

DISPENSA N° 1

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

# INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 1

<b>Introduzione</b>	pag.	1
<b>Dispositivi di segnalazione</b>	»	1
Che cosa è un elettromagnete	»	1
Il campanello elettrico	»	3
Domande	»	5
<b>Matematica</b>	»	5
1. Addizione e Sottrazione	»	5
2. Moltiplicazione	»	7
<b>Sorgenti di correnti deboli</b>	»	8
Pile e batterie	»	8
Elettricità di strofinamento	»	8
Elettricità di contatto	»	8
La pila di Volta	»	9
Il « circuito » della corrente	»	9
Che cosa avviene in una pila?	»	9
Domande	»	10
<b>Radiotecnica</b>	»	11
Della trasmissione e della ricezione	»	11
Trasmissione	»	12
Ricezione	»	13
<b>Magnetismo</b>	»	14
I poli	»	14
Il campo magnetico	»	15
La direzione delle linee di forza	»	16
Riunione di più magneti	»	16
Magnetizzazione di una sbarra di acciaio non magnetica	»	17
Domande	»	17
<b>Matematica (Continuazione)</b>	»	18
Le equazioni	»	18
<b>Elettrotecnica generale</b>	»	20
Intensità di corrente - Tensione - Resistenza	»	20
Intensità di corrente	»	22
Tensione	»	23
Resistenza	»	24
<b>Matematica</b>	»	25
Le equazioni (continuazione)	»	25
<b>Conclusione</b>	»	26
<b>Norme per la soluzione e l'invio dei compiti alla correzione</b>	»	27
<b>Compiti</b>	»	28

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 1

## INTRODUZIONE

Voi incominciate oggi lo studio delle *Telecomunicazioni*, cioè della scienza che insegna a comunicare a distanza. Questa scienza è molto vecchia, ma fino al secolo scorso si è giovata di mezzi molto semplici. Ci si comunicava le notizie a distanza a mezzo di trombe o di fuochi e in seguito con altri mezzi che sfruttavano le proprietà del suono e della luce. Solo con la conoscenza dei principi fondamentali dell'Elettricità e delle sue applicazioni, fu possibile sviluppare la tecnica delle comunicazioni a distanza in modo molto rapido. Con poche decine di anni di sviluppo si è arrivati al punto attuale: essa è uno dei più grandi aiuti dell'umanità. Non sarebbe più possibile concepire la vita moderna senza di essa.

Il campo di attività delle Telecomunicazioni è estremamente vasto: si estende dal campanello di casa all'SOS di una nave nell'oceano, dal telegrafo Morse alle telescriventi, al telefono, alla radio e alla televisione. Il telefono e il telegrafo con e senza fili, la radio e le cento altre tecniche legate alle comunicazioni vanno sempre più estendendosi, sfruttando le forze di elementi esperti. Migliaia e migliaia di tecnici trovano il loro lavoro in questo campo e c'è posto per altre migliaia di buoni specialisti.

È vero che lo sviluppo delle comunicazioni offre buone possibilità a chi lavora in questo campo, ma è anche necessario che chi lavora posseda delle buone cognizioni nel suo ramo. Per quanto l'abilità manuale possa essere importante, la sola pratica non basta: la comprensione dei fenomeni e la conoscenza delle loro relazioni sono i fondamenti indispensabili per il miglioramento delle condizioni e del lavoro del tecnico.

Voi imparerete questa scienza con il nostro corso di *Tecnica delle Telecomunicazioni*, la cui prima Dispensa è ora tra le vostre mani, e vi accorgete del piacere che vi darà il sapere. Imparerete a conoscere tutti i segreti, *studierete* tutta la materia con l'aiuto di queste dispense, che, diventate vostre, saranno da voi consultate come un maestro. Vi formerete in questa materia un'istruzione che vi permetterà di rispondere esattamente a qualunque domanda vi verrà rivolta in proposito.

La successione degli argomenti è stata attentamente studiata, in modo che voi possiate comprendere il corso e seguirlo con attenzione. Vi preghiamo di lavorare con molta cura, di non saltare nulla e di essere fedeli ai nostri consigli e ai nostri suggerimenti. Così avrete il massimo vantaggio dal vostro studio.

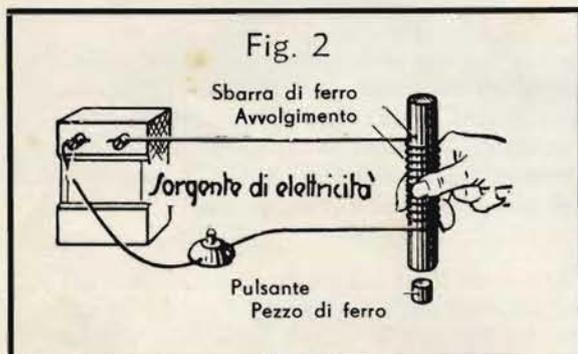
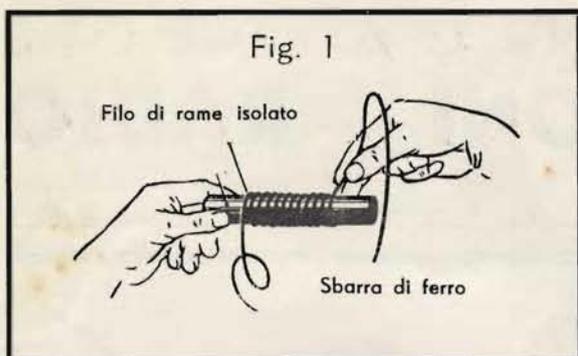
Può darsi che, nella prima Dispensa, vi sembri di conoscere già la materia; perlomeno vi parrà di sapere già molte cose in proposito. Vi preghiamo però di non prendere mai le cose con leggerezza e di ricordarvi sempre che i *fondamenti sono la parte più importante* per la comprensione di quello che verrà dopo e per la riuscita nello studio degli argomenti più difficili, che verranno in seguito. È molto meglio dedicarsi con attenzione allo studio delle cognizioni fondamentali, piuttosto che scorgerle superficialmente; di ciò avreste infatti presto a pentirvi. Ed ora incominciamo.

## DISPOSITIVI DI SEGNALAZIONE

Cominciamo con un esperimento, che per la scienza delle comunicazioni ha una importanza fondamentale. Ci verrà in aiuto l'« elettricità », questa straordinaria forza, il cui segreto non è ancora stato scoperto. Ci costruiremo un *elettromagnete*.

### Che cosa è un elettromagnete

Pensate per un momento di aver avvolto, intorno a una sbarretta di ferro, del filo di rame isolato, del comune filo da campanelli (fig. 1). Colleghiamo ora i due estremi del filo a una sorgente di elettricità, una pila da



chè le calamite sono sempre magnetizzate. Negli elettromagneti, per magnetizzare il ferro bisogna ogni volta chiamare in aiuto la corrente elettrica. Invece le calamite sono sempre magnetizzate; si chiamano « magneti permanenti ».

Noi abbiamo immaginato di costruire un elettromagnete veramente in modo piuttosto sommario. In realtà un elettromagnete viene costruito con maggior cura. Il filo di rame non viene avvolto direttamente sul ferro, ma



lampadina tascabile o un piccolo accumulatore, e interrompiamo il collegamento con un pulsante da campanello (fig. 2).

(Vi spiegheremo in seguito che cosa sono le pile e gli accumulatori).

Premete ora il pulsante. Un elettrotecnico vi dirà che voi avete « chiuso il circuito elettrico ». Con la chiusura del circuito, in questo caso premendo sul pulsante, voi date all'elettricità prodotta nella pila la possibilità di percorrere i fili e l'avvolgimento.

« Che cosa è successo? » vi domanderete voi. A prima vista non è successo nulla. Proprio nulla? Avete notato che nella fig. 2, sotto alla sbarretta di ferro circondata dall'avvolgimento di filo di rame, c'era un pezzetto di ferro? E allora guardate attentamente e vedrete che nell'istante in cui voi premete il pulsante e chiudete il circuito, il pezzetto di ferro salta e si attacca alla sbarretta (fig. 3). Il pezzetto di ferro viene attratto.

La sbarretta di ferro circondata dall'avvolgimento di filo di rame è diventata improvvisamente magnetizzata. Ricaviamo da ciò il seguente insegnamento:

Se si circonda una sbarretta di ferro con un avvolgimento di filo di rame isolato e si collegano i due terminali a una pila, il ferro si magnetizza. In tale stato il ferro può attirare altri pezzi di ferro. Noi abbiamo fabbricato un *elettromagnete*.

La corrente elettrica rende magnetico il ferro. Chiameremo questo fenomeno *elettromagnetismo*.

Conoscerete certamente le calamite che hanno la forma di un ferro di cavallo. Esse differiscono dagli elettromagneti, perchè le calamite sono sempre magnetizzate; si chiamano « magneti permanenti ». Per il nucleo di ferro di un elettromagnete, si prende di solito il così detto « ferro dolce ». Un po' più in là vi spiegheremo che cosa è il « ferro dolce » e perchè si sceglie proprio questa qualità di ferro. Per adesso limitiamoci al fatto e rimandiamo la spiegazione.

Per il nucleo di ferro di un elettromagnete, si prende di solito il così detto « ferro dolce ». Un po' più in là vi spiegheremo che cosa è il « ferro dolce » e perchè si sceglie proprio questa qualità di ferro. Per adesso limitiamoci al fatto e rimandiamo la spiegazione.

E ora vi domanderete: che cosa ce ne facciamo dell'elettromagnete che abbiamo fabbricato? come potremo impiegarlo?

Eccovi subito un'applicazione.

## Il campanello elettrico

Tutti sapete, almeno in pratica, che cosa è un campanello elettrico. Andate per esempio a trovare un vostro amico; troverete la porta della sua casa chiusa. Accanto alla porta trovate un piccolo bottone e basterà che voi premiate il bottone; il campanello nell'interno suonerà e il vostro amico saprà che c'è qualcuno davanti alla sua porta e verrà ad aprire. Una cosa molto semplice e molto pratica. Per costruire un *campanello elettrico* abbiamo bisogno di un elettromagnete.

È possibile costruire un campanello elettrico solo se si dispone di un elettromagnete. La conoscenza del funzionamento e della costruzione di un elettromagnete è la premessa per la costruzione di un campanello elettrico.

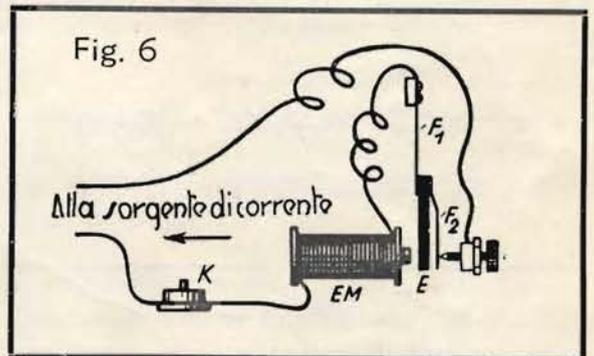
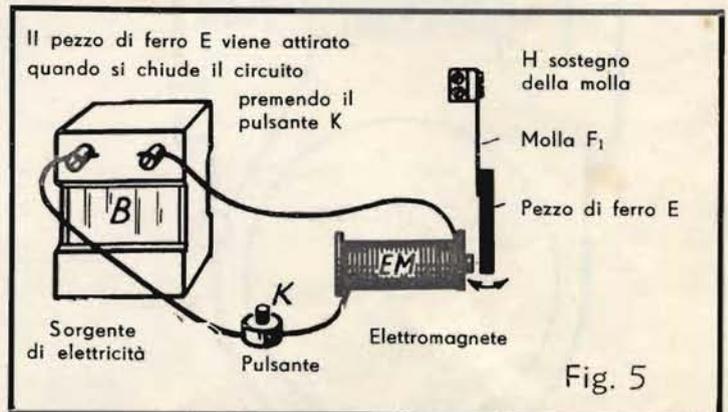
Vediamo ora, come si costruisce un campanello elettrico. Sappiamo già come è fatto un elettromagnete, indicato nella fig. 5 con *EM*. L'elettromagnete *EM* è collegato con una sorgente di elettricità *B* e il collegamento è interrotto dal pulsante *K*. Davanti al nucleo dell'elettromagnete, a una certa distanza, si trova un pezzo di ferro *E* fissato a un sostegno nel punto *M* a mezzo di una molla  $F_1$ . Il pezzo di ferro *E* può dunque muoversi, avvicinandosi e allontanandosi dal nucleo, come è indicato dalla doppia freccia.

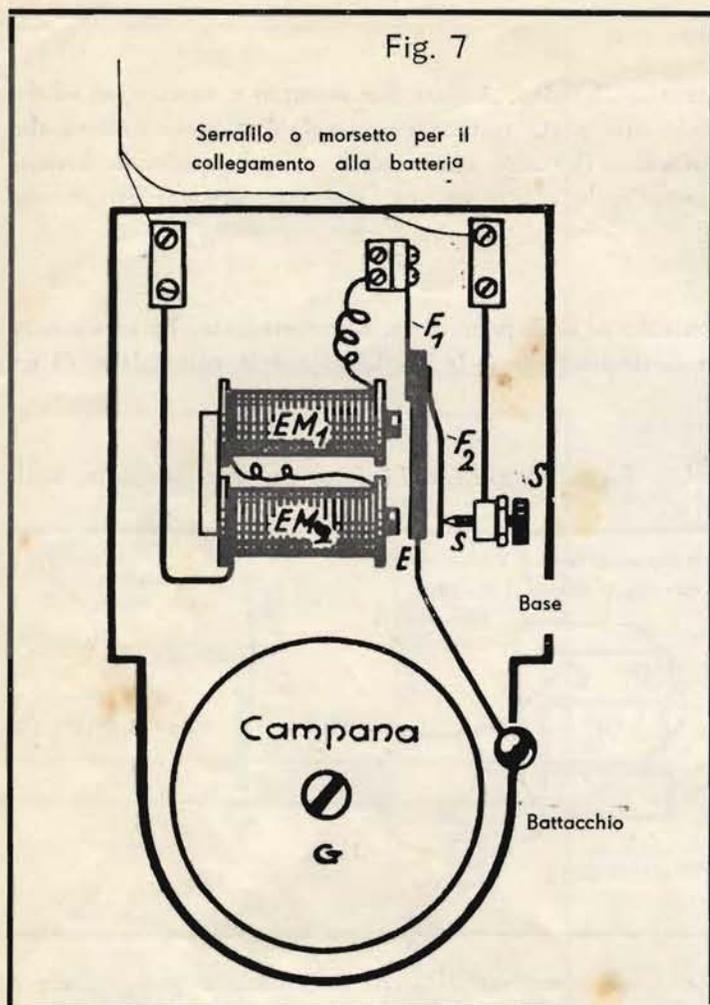
Premiamo sul pulsante *K*, in modo da chiudere il circuito elettrico; la corrente circola nei fili e nell'avvolgimento dell'elettromagnete e il nucleo di questa diventa magnetico. Questo lo sappiamo già. Però avviene qualche cosa d'altro. Sapete pure che una sbarretta di ferro magnetizzato può attirare a sé dei piccoli pezzi di ferro. Infatti l'elettromagnete attira il ferro *E*, il quale resta attaccato al nucleo dell'elettromagnete finché voi premete sul pulsante *K*. Abbandonato il pulsante si interrompe il circuito elettrico; di conseguenza il nucleo dell'elettromagnete perde la proprietà di attirare il ferro e il ferro *E* viene riportato dalla molla nella posizione di prima. Questo movimento del ferro *E* avviene ogni volta che si preme il pulsante e che lo si lascia libero. Il dispositivo da noi ora costruito non è ancora un campanello elettrico: per arrivarci dobbiamo fare ancora un passo avanti.

Fissiamo al ferro *E* una seconda molla  $F_2$ , come si vede nella fig. 6. Sulla molla appoggia la punta di una vite *S*, che si chiama vite di contatto. Cambiamo anche il collegamento dei fili alla pila. Il filo che esce dall'elettromagnete non colleghiamolo più con la batteria direttamente, ma con la molla  $F_2$ ; congiungiamo invece la vite di contatto *S* con la batteria. L'altro filo che va dalla batteria all'elettromagnete resta collegato come prima.

Che cosa avviene ora, quando si preme sul pulsante *K*?

Il circuito si chiude e la corrente percorre l'avvolgimento dell'elettromagnete, magnetizzando il nucleo di ferro, che attira il pezzo di ferro *E*. Però nell'istante in cui *E* si muove per avvicinarsi all'elettromagnete, la molla  $F_2$  si stacca dalla vite di contatto *S*, interrompendo la corrente. La corrente non circola più, il nucleo dell'elettromagnete perde il suo magnetismo e non attira più il ferro *E*, che torna indietro. Appena la molla  $F_2$  torna a contatto della vite *S*, il circuito si chiude di nuovo; la corrente circola nel circuito, il nucleo di ferro



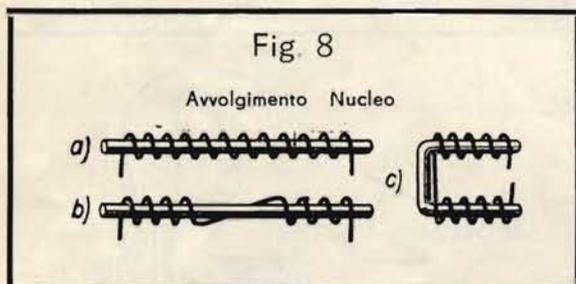


diventa nuovamente magnetico e attira di nuovo il ferro  $E$ . E avviene ancora che, appena  $E$  si è allontanato dalla vite di contatto, il circuito si interrompe. Il nucleo diventa ancora una volta non magnetico, il ferro  $E$  ritorna indietro e chiude il circuito un'altra volta e così via. Finché il pulsante  $K$  resta premuto, il ferro  $E$  va avanti e indietro tra il nucleo dell'elettromagnete e la vite di contatto, aprendo e chiudendo successivamente il circuito. Questo è tutto il « segreto » del campanello elettrico.

La fig. 7 rappresenta un campanello elettrico nella sua forma abituale. In essa voi vedete due elettromagneti  $EM_1$ ,  $EM_2$ . Questa è l'unica differenza rispetto alla fig. 6, oltre la pallina attaccata ad  $E$  e la campana, che è applicata sullo stesso supporto del dispositivo elettrico.

Abbiamo parlato un momento fa di *due* elettromagneti. In realtà le due bobine della fig. 7 sono infilate su un unico nucleo di ferro. Il nucleo possiede due bobine, ma anche le due bobine possono essere immaginate come una unica bobina, nel modo che vi è indicato nella fig. 8.

La fig. 8-a rappresenta una lunga barra di ferro con il suo avvolgimento. Se dal centro allontaniamo le spire spingendole verso le due estremità, otteniamo un nucleo di ferro che nel centro non ha avvolgimento (fig. 8-b). Il « comportamento elettrico » del dispositivo non è cambiato. Il nucleo di ferro diventa magnetico, quando inviamo la corrente nel circuito, sia che l'avvolgimento è della forma 8-a oppure 8-b. Se pieghiamo la sbarra di ferro in forma di U, secondo la fig. 8-c, otteniamo l'elettromagnete impiegato nel campanello elettrico della fig. 7.



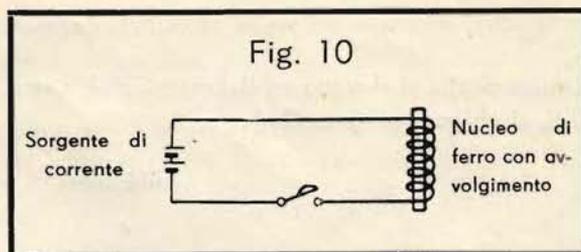
Il campanello elettrico funziona anche con un elettromagnete dritto e non è necessario che l'elettromagnete abbia la forma di U. Nella costruzione di un elettromagnete a forma di U non è necessario di impiegare *un unico* pezzo di ferro per fare il nucleo; esso può essere costruito come è indicato nella fig. 9 con tre pezzi di ferro collegati insieme. Il pezzo che collega insieme i due nuclei si chiama giogo. Nella fig. 8 abbiamo fatto uso per la prima volta di una rappresentazione schematica. Tale rappresentazione non semplifica solamente il disegno nella sua esecuzione, ma lo rende più chiaro e ciò è più importante. Per esempio, nella fig. 8 è possibile riconoscere il senso dell'avvolgimento, cosa che non era possibile nella fig. 6.



Il tecnico preferisce il disegno schematico per la sua chiarezza. Chiunque abbia da fare con tali disegni di circuiti o « schemi », come vengono comunemente chiamati, può comprendere anche un semplice schizzo fatto a mano libera, se si è stabilito il significato da dare ai singoli segni. Si è stabilito una volta per tutte, come debbano essere rappresentate le differenti parti di un circuito. Nella fig. 10 vi diamo un disegno schematico

a mano libera, se si è stabilito il significato da dare ai singoli segni. Si è stabilito una volta per tutte, come debbano essere rappresentate le differenti parti di un circuito. Nella fig. 10 vi diamo un disegno schematico

del dispositivo rappresentato nella fig. 2. Vogliamo confrontare insieme i due disegni? Vedete subito come il disegno è diventato più chiaro. Il segno del pulsante fa subito capire che si tratta di una interruzione del circuito che si può facilmente chiudere. Si vede anche subito che gli avvolgimenti sono intorno a un nucleo di ferro. Non potete ancora comprendere il significato del segno che corrisponde alla batteria (sorgente di elettricità); ritorneremo su questo in una delle prossime dispense. In generale questi segni si chiamano *simboli*.



Prima di andare avanti, rispondete da soli alle domande che vengono qui sotto. Nel corso di queste dispense troverete frequentemente domande ed esercizi. Prendete un quaderno, in cui scriverete le risposte alle domande prima di andare a vedere le risposte. Siete così in grado di vedere, se avete risposto giusto e potrete correggere le vostre risposte da soli; farete contemporaneamente la parte dello scolaro e quella del maestro.

### Domande.

1. In che modo si può magnetizzare una sbarra di ferro?
2. Esponete rapidamente la costruzione e il funzionamento di un campanello elettrico.
3. Di quali parti è formato un impianto di suoneria elettrico?

## MATEMATICA

Non vi spaventa un po' questo titolo? Se, invece di scrivere *Matematica*, noi avessimo scritto: « Far di conto », non vi sareste spaventati. La matematica che vi insegneremo in queste pagine, vi metterà in grado di fare dei facili calcoli. Dapprima vi richiameremo alla memoria quello che già sapete dalle scuole e in seguito andremo avanti per quello che vi è necessario per il vostro studio.

Senza un po' di calcolo non si va avanti. Ad ogni passo nella tecnica voi vi incontrerete con formule e con numeri! Alla base di ogni progetto di costruzione stanno i calcoli, la matematica. In ogni libro o in ogni rivista di elettrotecnica voi troverete numeri e formule. E proprio a causa di tali formule e tali numeri, questi libri vengono guardati con terrore e si dice: « Non fa per me, è troppo elevato ».

Questo è successo a molti giovani anche capaci, perchè essi avevano creduto di poter andare avanti senza le conoscenze fondamentali della matematica. Eppure non c'è nulla di difficile, come potrebbe sembrarvi a prima vista.

Voi dovete cercare di comprendere bene e noi vogliamo aiutarvi su questa strada. Noi vogliamo battere nel dominio della matematica una nuova strada, come del resto nelle altre parti di questo corso. Noi vogliamo insegnarvi la matematica in una maniera semplice e chiara e non metteremo mai a dura prova la vostra pazienza con lunghi discorsi e con noiosi esercizi. A noi interessa solo di introdurvi in modo da poter presto utilizzare le vostre conoscenze matematiche per i nostri scopi tecnici.

*Seguiteci con grande attenzione!* Anche se in principio le cose vi sembrano molto facili, non saltate nulla. Non siate troppo superbi e risolvete gli esercizi proposti, anche se da principio vi sembrano troppo semplici. Noi ve li mettiamo davanti, perchè vi diventino chiare anche quelle cose che prima vi potevano sembrare degli indovinelli.

### 1. Addizione e sottrazione

Le due operazioni di impiego più frequente sono l'*addizione* e la *sottrazione*. Come si fa l'*addizione* e la

sottrazione dei numeri ve lo ricordate dalle scuole e dalla vita di tutti i giorni. Per esempio,  $4 + 5 = 9$ .

I numeri che si devono addizionare, cioè i numeri 4 e 5 si chiamano addendi, il numero che si ottiene, cioè il 9, si chiama somma. Così:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{(addendo)} & + & \text{(addendo)} & = & \text{(somma)} \\ 4 & + & 5 & = & 9 \end{array}$$

Il segno  $+$  tra il numero 4 e il numero 5 si legge: più; il segno  $=$  si legge: uguale. Diremo dunque: quattro più cinque uguale nove.

Ora un esempio di sottrazione:  $8 - 2 = 6$ . Il primo numero 8 si chiama minuendo, il secondo numero 2 il sottraendo e il risultato 6 la differenza. Il segno  $-$  si legge meno. Duque:

$$\begin{array}{ccccccc} 8 & - & 2 & = & 6 \\ \text{(minuendo)} & - & \text{(sottraendo)} & = & \text{(differenza o resto)} \\ \text{otto} & \text{meno} & \text{due} & \text{uguale} & \text{sei} \end{array}$$

Sull'addizione e sottrazione dei numeri avete fatto nelle scuole molti esercizi e non vogliamo fermarci di più. Nei calcoli tecnici avviene spesso che non si debba fare operazioni su numeri determinati (2, 3, 4 ecc.), ma con grandezze che verranno precisate, quando il calcolo verrà eseguito in casi particolari. Allora non si può calcolare con i numeri direttamente, ma bisogna impiegare le parole o delle abbreviazioni di parole, cioè delle lettere.

Come esempio considerate la seguente regola: per trovare la lunghezza della circonferenza bisogna moltiplicare per 3,14 il diametro del cerchio. La formula per il calcolo della circonferenza di un cerchio si scrive:

$$\text{Circonferenza} = 3,14 \times \text{diametro del cerchio}$$

Poichè questa è una formula che si scrive spesso, è inutile scrivere ogni volta in disteso: circonferenza e diametro; cerchiamo delle abbreviazioni, che in questo caso possono essere le lettere iniziali delle parole: la formula si scriverà in breve così:

$$\boxed{C = 3,14 \cdot d} \quad \dots \dots \dots \text{Formula (1)}$$

In questa formula ci sono delle lettere e dei numeri e precisamente un numero da moltiplicare per una lettera. Questo vi sembra incomprensibile. Abbiate pazienza, presto il calcolo con le lettere non sarà per voi più difficile del calcolo con i numeri. Cominciate con questi esercizi.

**Esercizio N. 1:** Quante mele si ottengono, se a 3 mele si aggiungono altre 4 mele?

La risposta è facile: 3 mele + 4 mele = 7 mele.

Scriviamo una abbreviazione al posto di mela:  $m$ . Il calcolo diventa:

$$3m + 4m = 7m$$

**Esercizio N. 2:**  $2p + 3p = ?$

Diamo alla lettera  $p$  il significato di pera; avremo:

$$2 \text{ pere} + 3 \text{ pere} = 5 \text{ pere}$$

$$2p + 3p = 5p$$

**Esercizio N. 3:**  $3m + 4p = ?$

Diamo ancora ad  $m$  il significato di mela e a  $p$  il significato di pera. Allora 3 mele + 4 pe-

re = ? Capite subito che non c'è nulla da addizionare.

3 mele e 4 pere resteranno sempre 3 mele e 4 pere e noi non possiamo dire che sono diventate nè 7 mele nè 7 pere, perchè non è vero. La soluzione dell'esercizio è semplicemente  $3m + 4p$  e nient'altro. Sono due cose diverse e non ha senso sommare. E state bene attenti di non fare il *gravissimo errore* di scrivere  $3m + 4p = 7mp$ , che è sbagliato.

**Esercizio N. 4:**  $5m + 6p + 3m = ?$

5 mele + 6 pere + 3 mele = 8 mele + 6 pere

$5m + 6p + 3m = 8m + 6p$

Invece di scrivere per esempio 1 m si scrive semplicemente  $m$ , di modo che una lettera da sola significa sempre 1 m. Adesso noi possiamo applicare le regole trovate per  $m$ , e per  $p$  a qualunque lettera e calcolare con tutte le lettere. Per ricavare il maggior frutto dagli esercizi seguenti, fatene la soluzione nel vostro quaderno dei compiti, senza guardare la soluzione che si trova sotto. Coprite con un foglio di carta le soluzioni. Solo dopo aver risolto gli esercizi, togliete il foglio di carta e confrontate le vostre soluzioni con quelle scritte qui sotto.

**Esercizi:** 5)  $19a + 17a + a = ?$

6)  $35x + 3x + 37x = ?$

7)  $11a + b + 3b - 6a = ?$

8)  $6r + 2m + 4r - m - 5r = ?$

**Soluzioni:** 5)  $37a$       6)  $75x$       7)  $5a + 4b$       8)  $5r + m$

## 2. Moltiplicazione

Due numeri che debbono essere moltiplicati tra loro si chiamano *fattori*. Moltiplicare due numeri significa sommare il primo fattore tante volte quante sono le unità del secondo fattore. Si debba moltiplicare 2 per 4. I numeri 2 e 4 si chiamano fattori. Il secondo fattore, 4, è formato di quattro unità; per moltiplicare 2 per 4 dovremo sommare il numero 2 quattro volte:

$$2 \cdot 4 = 2 + 2 + 2 + 2 = 8$$

Si può anche sommare due volte il fattore 4; il risultato è lo stesso.

Il risultato si chiama *prodotto*.

**Esempi:** 1) 3 mele  $\cdot$  4 = 12 mele (il punto rappresenta il segno della moltiplicazione e si legge « per »).

Scriviamo ancora una volta  $m$  al posto di tutta la parola mela:

$$3m \cdot 4 = 12m$$

$$2) 7x \cdot 5 = 35x$$

$$3) 8y \cdot 6 = 48y$$

Se dobbiamo moltiplicare due lettere tra loro, per esempio  $a \cdot b$ , noi scriviamo semplicemente  $ab$  come risultato, lasciando via il segno della moltiplicazione. Quando non troviamo tra due lettere nessun segno di operazione (il segno  $+$  o il segno  $-$  o il segno  $:$ ) significa che le due lettere si debbono *moltiplicare* tra loro.

Invece di  $x \cdot y$  si scriverà dunque sempre  $xy$

$7x \cdot y$  si scriverà dunque sempre  $7xy$

$5z \cdot b$  si scriverà dunque sempre  $5zb$

Se i fattori contengono *lettere e numeri* si moltiplicano prima i numeri tra loro e poi le lettere tra loro.

**Esempi:** 1)  $3a \cdot 5b = 15ab$

$$2) 6x \cdot 4y = 24xy$$

$$3) 4a \cdot 3b \cdot 3c = 36abc$$

Si moltiplica prima  $4 \cdot 3 = 12$ , poi si moltiplica  $12 \cdot 3 = 36$  e poi si mettono le lettere di seguito. Il prodotto è  $36abc$ .

$$4) a \cdot 6b \cdot \frac{1}{2}c = ?$$

Anche qui si moltiplicano prima i numeri:  $1 \cdot 6 \cdot \frac{1}{2} = 3$ . Poi vengono le lettere: il prodotto è  $3abc$ .

## SORGENTI DI CORRENTI DEBOLI

### Pile e batterie

In elettrotecnica si fa una distinzione fondamentale tra *sorgenti di correnti deboli* e *sorgenti di correnti forti*. Le correnti intense sono prodotte dalle grandi macchine chiamate dinamo e generatori, mentre le correnti deboli sono prodotte da pile e batterie. Le nostre lampade elettriche sono alimentate da correnti forti, mentre i campanelli elettrici, in generale, sono alimentati da correnti deboli.

Prima di passare agli apparecchi con correnti deboli, noi vogliamo fermarci un momento sulle sorgenti di correnti deboli.

### Elettricità di strofinamento.

Se noi strofiniamo con una pezza di lana una bacchetta di ebanite, questa acquista la proprietà di attirare dei corpi leggeri, come pezzetti di carta, cenere ecc. Questi corpi leggeri dopo essere venuti a contatto per un attimo con l'ebanite, vengono di nuovo respinti. La stessa proprietà si riscontra nel vetro strofinato con della seta, nella ceralacca strafinata con lana o feltro, nella carta ben secca strofinata con la mano ecc. Si dice che questi corpi per azione dello sfregamento si caricano di elettricità e si chiama elettricità la causa che produce tali effetti. Già 600 anni prima di Cristo uno dei sette sapienti della Grecia, Talete di Mileto, aveva fatto una simile osservazione, adoperando un pezzo di ambra. In greco ambra si chiama « *electron* » e da questa parola è derivata « elettricità ». Sapete ora che cosa si intende con l'espressione « elettricità di strofinamento ».

Noi siamo sempre in condizione di produrre elettricità con questo mezzo, ma la quantità di elettricità che si ricava è talmente piccola, da non far funzionare nemmeno il campanello della fig. 6. Si tratta in generale di dispositivi capaci di dare una corrente per una durata brevissima, come per esempio una scintilla. Per l'elettrotecnico pratico però ha ragione d'essere solo un dispositivo che produca una corrente elettrica per un tempo notevole.

Un modo di ottenere tale corrente è quello di sfruttare la trasformazione dell'energia chimica in energia elettrica, come avviene nelle pile.

### Elettricità di contatto.

La scoperta dell'elettricità di contatto risale all'anno 1780, quando, il medico italiano *Luigi Galvani* osservò per caso che i muscoli della coscia di una rana si contraevano se si collegava il muscolo con il nervo a mezzo di un circuito formato da due metalli diversi.

Galvani a quel tempo studiava il modo di rivelare l'essenza della celebre « forza vitale ». A questo scopo egli attaccò una coscia di una rana con un filo di rame a una ringhiera di ferro. Ogni volta che la coscia toccava per caso uno dei ferri della ringhiera, i muscoli si contraevano violentemente. Galvani osservò il fenomeno e pensò di averne trovato la spiegazione in quella forza vitale, in cui allora si credeva; egli rimase poi sempre fedele a questa sua interpretazione che si è dimostrata errata.

Un altro fisico del tempo, *Alessandro Volta*, penetrò più profondamente nell'essenza di questo fenomeno, determinò le condizioni in cui esso si produceva e arrivò alla scoperta della corrente elettrica. Egli dimostrò che la contrazione dei muscoli della coscia della rana avveniva solo quando si adoperavano due metalli diversi per fare il collegamento; cioè, quando si chiudeva il circuito formato dal muscolo della coscia e da due metalli diversi. Ma perchè lavorare proprio con il muscolo della rana? Erano solo le coscie delle rane che possedevano questa proprietà? I successivi esperimenti di Volta dimostrarono che questo non era vero.

Invece di adoperare il muscolo di una rana, egli ottenne lo stesso risultato impiegando dell'acqua salata come ne esiste in tutti i tessuti animali. Si tratta in conclusione di immergere due metalli diversi in un liquido salino e di stabilire un contatto tra i due metalli. Quando ciò avviene, si sviluppano nel circuito gli stessi fenomeni osservati da Galvani per la prima volta.

Si può fare un facile esperimento dello stesso genere. Prendiamo un verme, un lombrico, e mettiamolo su una lastra di rame. Se prendiamo un pezzetto di zinco, lo bagnamo con un po' d'acqua salata e lo mettiamo pure sulla lastra di rame, vediamo che quando il verme cammina sul rame e viene a toccare lo zinco, si contrae violentemente, come se fosse sottoposto a una scarica elettrica.

Dallo studio di questi fenomeni, Volta arrivò alla costruzione della prima pila.

## La pila di Volta.

La prima pila costruita da Volta era formata da dischi di due metalli diversi, zinco e rame, tra cui era interposto un disco di feltro bagnato con acqua acidulata. Questa pila era in condizione di erogare della corrente elettrica.

Per aumentare l'efficacia di questa pila, Volta riunì insieme parecchi di questi elementi e li dispose uno sull'altro in modo da formare una colonnina. Egli prese un disco di rame, del diametro di una paio di centimetri, ci mise sopra un disco delle stesse dimensioni di feltro imbevuto con acqua inacidita con un un po' di acido solforico, al di sopra pose un disco delle stesse dimensioni di zinco, e poi di nuovo rame, feltro bagnato, zinco e così via, fino a formare una piccola colonna terminante con un disco di zinco. Questa fu la prima batteria e ricevette il nome di *pila di Volta*.

Anche voi potete costruirvi facilmente una pila di Volta. Invece di prendere dischi di rame, potete impiegare dei dischi di ottone, invece del feltro, basta della carta assorbente, bagnata con dell'acqua, in cui siano state versate alcune gocce di acido solforico. Se collegate anche solo pochi elementi con due sottili fili e poi toccate con la punta della lingua gli estremi dei due fili, sentirete un gusto caratteristico prodotto sulla vostra lingua dalla corrente elettrica. È più difficile arrivare ad accendere una piccola lampadina elettrica, ma con un po' di cura si può arrivare anche a questo. Attenzione però nell'uso dell'acido solforico.

Per molto tempo la pila di Volta rimase la migliore sorgente di corrente. Una forma più perfezionata, che dava maggiore corrente e che era una pila di tipo moderno, era quella formata con un recipiente di vetro riempito con acqua acidulata con alcune gocce di acido solforico; vi si immergeva una lastra di rame e una lastra di zinco, badando che le due lastre non si toccassero nell'interno del recipiente. Collegando le due lastre con due fili, all'estremità di essi si poteva ottenere una corrente (fig. 11).

Nella fig. 11, la pila alimenta una piccola lampadina elettrica.

Le due lastre metalliche si chiamano *elettrodi*; la connessione, a cui si applica il filo, si chiama *polo*. Nella pila si ha un *polo positivo* che si indica con il segno + e un *polo negativo* che si indica con il segno -.

### Il « circuito » della corrente.

La corrente elettrica circola in un filo elettrico, che appartiene a un circuito chiuso. Per farvi un'idea di quello che avviene in un circuito elettrico, pensate a una conduttura d'acqua. Nella nostra pila della fig. 11 la lastra di rame è il polo positivo, la lastra di zinco il polo negativo. La corrente elettrica scorre dal polo positivo attraverso i fili alla lampadina elettrica e, ancora attraverso i fili, al polo negativo. Allora bisogna pensare che nell'interno della pila la corrente circoli dal polo negativo, zinco, attraverso il liquido al polo positivo, rame, chiudendo così il circuito.

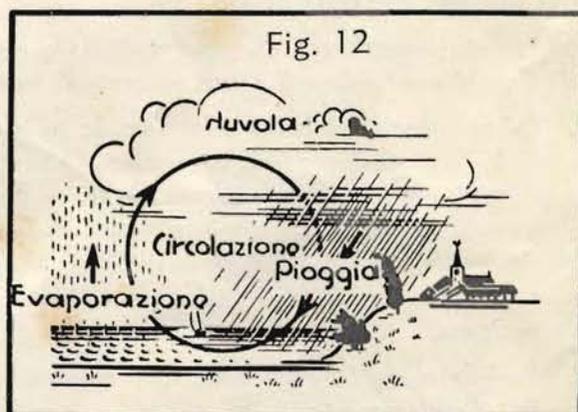
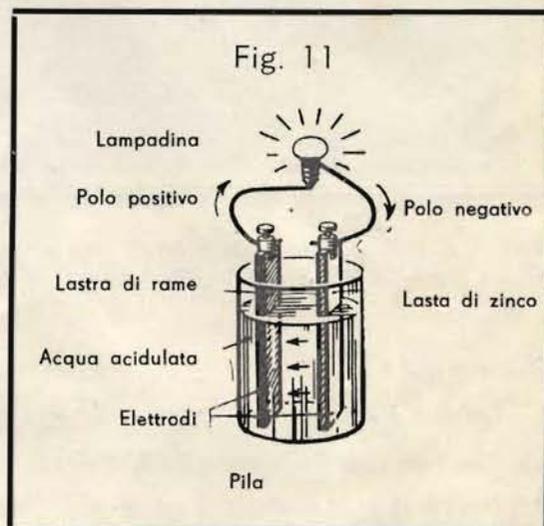
Un circuito analogo si trova in natura. La pioggia cade dalle nuvole sulla terra, dove viene trasformata in vapore e sale nel cielo a formare le nuvole, da cui una volta ritornerà sulla terra sotto forma di pioggia (fig. 12).

### Che cosa avviene in una pila?

La corrente prodotta da una pila non dura eternamente: la corrente elettrica non può essere formata dal nulla.

Che cosa avviene nell'interno di una pila?

Quando il circuito è chiuso e la pila fornisce corrente, nel suo interno avvengono delle reazioni chimiche; dopo un certo tempo di funzionamento è necessario cambiare il liquido e in seguito viene anche il giorno in cui oc-



corre cambiare gli elettrodi di metallo; questi infatti si consumano e dopo un certo tempo si riducono completamente in polvere.



già capito dove vogliamo arrivare: al segno convenzionale che indica la pila negli schemi. Se ogni volta noi rappresentassimo la pila come nella fig. 13-a, dopo un po' diremmo: ma perchè debbo sempre fare il cerchio intorno? E lasciandolo, noi arriviamo al simbolo della fig. 13-b. Poichè è più semplice fare un trattino che un grosso punto, si arriva in conclusione al simbolo contenuto nella fig. 13-c. E questo è realmente il simbolo che è stato preso per indicare la pila. I due segni orizzontali a destra e a sinistra della pila sono i due fili; il segno corto rappresenta il polo positivo, che si indica con il segno +. E per questo il segno del polo positivo è più spesso del segno del polo negativo. Per il polo negativo il segno è più sottile e lungo.

Parleremo in una Dispensa successiva delle reazioni chimiche che avvengono nell'interno della pila. Per adesso vi bastano le nozioni che vi abbiamo dato. Torneremo anche in seguito sui particolari tecnici della costruzione di una pila; per adesso diciamo solo, che l'elettrodo di rame viene generalmente sostituito con un cilindretto di carbone.

Se voi guardate dall'alto una pila, gli elettrodi di zinco e di carbone si presentano come nella fig. 13-a. Avrete

Questa è la convenzione dei segni europea; in America si indicano i due poli con i segni contrari dei nostri. Per evitare confusioni, noi prenderemo l'abitudine di segnalare oltre al simbolo *sempre* anche il segno + oppure — della polarità.



Nella fig. 14-a trovate il simbolo di una piccola batteria formata da due pile; nella fig. 14-b si tratta di una grossa batteria formata dal collegamento di parecchie pile.

**Domande.**

1. Come è formato un elemento della pila di Volta
2. Che cosa si intende per pila di Volta?
3. Qual'è il polo positivo e quale il polo negativo di una pila?

**Risposta alle domande di pag. 5.**

1. Si può magnetizzare una sbarra di ferro circondandola con un avvolgimento di filo di rame isolato, i cui estremi sono collegati a una sorgente di corrente elettrica.
2. Un campanello elettrico è formato da un elettromagnete, che alla chiusura del circuito attira una piastrina di ferro posta davanti al suo nucleo. Quando la piastrina si muove, attirata dall'elettromagnete, il circuito si apre, perchè si toglie il contatto tra una molletta fissata alla piastrina di ferro e una vite. Allora l'elettromagnete non attira più la piastrina di ferro e questa ritorna nella sua posizione originaria, per azione di una molla, chiudendo nuovamente il circuito. L'elettromagnete attira di nuovo la piastrina di ferro e il gioco continua. Alla piastrina di ferro è collegata una sferetta che nel suo movimento oscillatorio batte contro una campana.
3. Un impianto di suoneria elettrico è formato da una sorgente di corrente, da un campanello elettrico e dai fili di collegamento.

## RADIOTECNICA

### Della trasmissione e della ricezione

Dall'immenso campo delle telecomunicazioni, la radiotecnica è senza dubbio la parte più importante. Non dovette temere di non essere in grado di seguirci, se già dalla prima dispensa noi incominciamo a intrattenervi di questo. Per adesso noi incominciamo a trattarvi l'argomento nelle linee generali, parlando della trasmissione e della ricezione; i fenomeni che interessano nei particolari verranno affrontati in seguito.

Facciamo insieme una visita a uno studio. Un silenzio assoluto regna nel fabbricato. Delle lampade rosse avvertono dappertutto: Silenzio! Si trasmette! La persona che ci accompagna apre con cautela una porta e noi entriamo, senza far rumore, in punta di piedi, nella sala di trasmissione: l'auditorio (fig. 15). La trasmissione è incominciata; noi ci sediamo tranquillamente, ci guardiamo in giro e ascoltiamo.



Franz Lehar dirige la radio orchestra svizzera (Solista Riccardo Tauber, in piedi in primo piano).

In realtà quello che vediamo non ha nulla di eccezionale: l'orchestra suona, il direttore dirige i suonatori come qualunque altro direttore; suonano bene e noi ci lasciamo trascinare dalla musica e dimentichiamo il nostro scopo: vedere da vicino, renderci conto di quello che avviene durante una trasmissione, di quella cosa meravigliosa che si chiama radio.

Con un accordo squillante si chiude la prima parte della trasmissione. Adesso, con un po' di calma, possiamo vedere da vicino come è organizzata la cosa. Ci colpisce subito che non vi è un solo microfono, ma ce ne sono parecchi, uno qui, uno là, un terzo in fondo. « Ma servono tutti? » domandiamo noi. « Sì » ci risponde la nostra guida. « Perché? ». « Un momento di pazienza e ve lo spiegheremo ».

Cerchiamo per un momento di renderci conto come funziona un microfono; stiamo attenti a quello che ci dice la persona che ci accompagna:

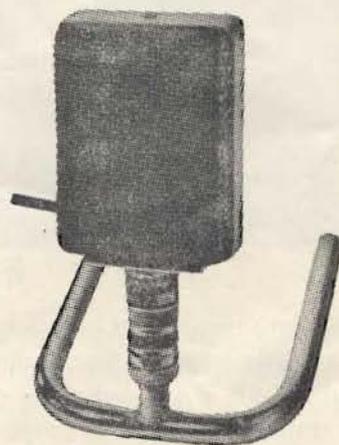
« Ecco un microfono (fig. 16). Quando si parla in questa sala, o si suona della musica, le onde sonore arrivano ai microfoni. Questo strumento trasforma le onde sonore in correnti elettriche, correnti foniche o correnti musicali, e queste correnti vengono inviate dentro un filo. (Ecco lo scopo dei microfoni). Attraverso i fili le correnti prodotte dai suoni vengono trasmesse a distanze maggiori di quelli a cui potrebbero arrivare i suoni direttamente ».

In sè la cosa vi è nota; basta che pensiate a un ricevitore del comune telefono. Anche nel telefono c'è un microfono, che è un principio del tutto simile a quello impiegato nella radio, solo che è alquanto più semplice.

Per farvi capire il modo di funzionare del microfono, vogliamo fare questo paragone:

Pensiamo di essere sulla riva di un fiume, le cui acque scorrano tranquille, e vi gettiamo dentro delle pietre, grosse e piccole. Vediamo che cosa avviene alla superficie dell'acqua, che prima scorreva liscia

Fig. 16



e calma. Il fiume scorrendo porta con sè le onde, che i sassi formano cadendo nell'acqua. Pensate adesso di aver mandato un vostro amico a guardare quello che succede un centinaio di metri più a valle. Egli guarda la superficie e cerca di capire quello che fate voi. Le onde che arrivano sono a volte molto grosse, a volte molto piccole. Il vostro amico penserà: « Ecco, adesso ha gettato nel fiume una pietra grossa; invece adesso si tratta di una piccola ».

Come vedete si tratta di una interpretazione straordinariamente semplice dei fatti. Noi troviamo, sotto altra forma, gli stessi fenomeni nel caso del microfono. Al posto dell'acqua del fiume che scorre indisturbata, abbiamo qui l'invisibile corrente elettrica; il suono, ossia le onde sonore, sostituisce le pietre, grandi e piccole.

Dovete cercare di comprendere bene che le onde sonore producono una perturbazione nella corrente elettrica che percorre il microfono e che in assenza di suoni scorre via liscia. Diciamo che la corrente elettrica assume una forma a onde, diventando una corrente ondulatoria. Nel caso dell'acqua la perturbazione era visibile all'occhio, nel caso della corrente elettrica, non lo è. La perturbazione resta invisibile e si propaga lungo il circuito elettrico.

Dai microfoni esce un filo, che va all'emittente, la quale può trovarsi anche in un'altra località. Naturalmente non ha importanza che il microfono si trovi nello studio o in qualunque altro luogo: occorre solo che esso sia collegato da un filo alla stazione trasmittente. (La stazione trasmittente ha altri compiti da adempiere e su questi torneremo tra un momento. I microfoni possono essere collegati per esempio su un campo di corse e l'annunciatore trasmette da lì le notizie ai suoi ascoltatori.

### Trasmissione.

Abbiamo visto, nella nostra visita all'auditorio, che parecchi microfoni sono distribuiti nella sala. L'accompagnatore ci fornisce un'altra spiegazione. « Per avere una buona fusione dei suoni prodotti dai diversi strumenti che costituiscono l'orchestra, i microfoni vengono distribuiti in diversi luoghi della sala. In un'altra stanza,

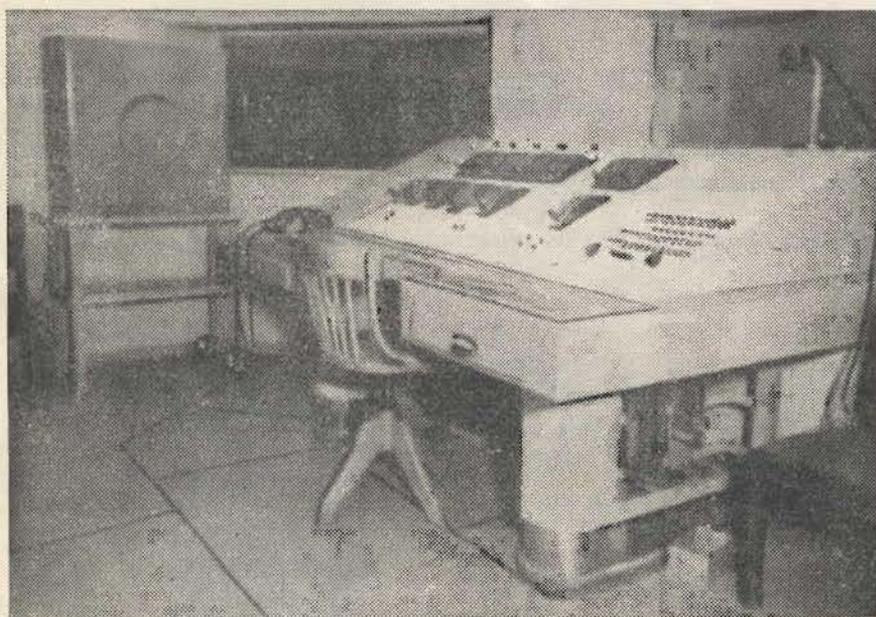


Fig. 17

separata dall'auditorio e protetta da tutti i rumori, la così detta sala di regia, sta il supervisore, che ascolta in un altoparlante quanto si suona nell'auditorio. Egli è seduto davanti a un tavolo di comando (fig. 17), dove sono collocati numerosi dispositivi, per mezzo dei quali egli può controllare l'intensità dei suoni che vengono raccolti e inviati dai singoli microfoni. Questo controllo è importante, perchè non succeda per esempio che i contrabbassi prendano il sopravvento sui primi violini. Regolate in questo modo le correnti dei singoli microfoni, i suoni vengono inviati alla stazione trasmittente.

Qui dobbiamo rifarci ancora all'esempio del suono. Tutti sappiamo che le onde sonore vanno diminuendo di intensità a mano a mano che si allontanano dalla sorgente, finchè diventano talmente deboli che non si sentono più. Allo stesso modo le correnti oscillanti nel filo si indeboliscono con il crescere della distanza. Nel loro cammino verso la stazione trasmittente bisogna rinforzarle. A questo scopo sono stati costruiti dei dispositivi che si chiamano amplificatori, nei quali le oscillazioni elettriche, che vi arrivano deboli, vengono trasformate in oscillazioni forti. Vi diremo in seguito come sono costruiti gli amplificatori.

Quando arrivano alla stazione trasmittente, i suoni, trasformati in oscillazioni elettriche e amplificati negli amplificatori, sono di nuovo diventati delle deboli oscillazioni elettriche. Queste vengono amplificate un'altra volta e all'uscita dell'amplificatore alimentano un altoparlante di controllo che riproduce tutto quello che viene trasmesso dall'auditorio.

Una visita alla stazione trasmittente, cioè al complesso di apparecchiature che permette di irradiare i suoni a tutto il mondo, introduce noi profani (perchè per adesso siamo ancora profani) in un mondo di meraviglie tecniche fatte di vetro e di metallo (fig. 18). Vedete che abbiamo da imparare una grande quantità di cose; per adesso vogliamo raccontarvi solo le più importanti.

Nelle pagine precedenti avete imparato che le onde sonore, trasformate in oscillazioni elettriche, vengono inviate alla stazione trasmittente attraverso dei fili. Le oscillazioni elettriche vengono amplificate e con l'aiuto di un altoparlante vengono di nuovo trasformate in suoni, che si possono udire. Ricordatevi bene queste cose.

L'emittente ha il compito di produrre delle onde che possano abbandonare i conduttori e irradiarsi nello spazio. Il tecnico dice che la stazione trasmittente produce oscillazioni elettriche d'alta frequenza. Le oscillazioni elettriche, prodotte dal suono, si chiamano oscillazioni di bassa frequenza, e non possono venire irradiate nello spazio. Anche di questi termini vi daremo al momento opportuno una spiegazione più precisa.

La stazione trasmittente, a mezzo di valvole termoioniche grandi e piccole, produce le oscillazioni ad alta frequenza e le invia all'antenna, sostenuta da un altissimo pilone. Di qui le onde vengono irradiate nello spazio (fig. 19).

Il compito dei tecnici che curano la trasmissione è quello di sovrapporre alle oscillazioni ad alta frequenza le oscillazioni a bassa frequenza prodotte dai suoni e inviate all'emittente dallo studio, attraverso i fili. Le onde irradiate dalla stazione portano le oscillazioni a bassa frequenza; queste onde non si vedono e non si sentono.

Anche sulla tecnica dell'alta frequenza imparerete molte cose nel corso di queste dispense; per adesso ricordate che le onde vengono irradiate dall'antenna in un modo che corrisponde a quello delle onde che si producono su uno specchio di acqua quando voi vi gettate dentro un sasso: si formano tanti cerchi che si vanno allargando.

Le onde elettriche si propagano con la velocità di 300.000 km al secondo. *come la luce*

### Ricezione.

I tecnici delle trasmissioni possono produrre onde di diversa lunghezza: *altre* corte, medie e lunghe; ogni stazione trasmette con una propria lunghezza d'onda. Con l'apparecchio ricevente si può scegliere la lunghezza d'onda che si vuole, tra tutte quelle che sono irradiate nello spazio. Questo è uno dei compiti dell'apparecchio ricevente, al quale arrivano le onde raccolte dall'antenna.

Un secondo compito del ricevitore è quello di amplificare le onde ricevute, poichè esse si sono molto indebolite nel loro viaggio fino all'apparecchio ricevente. È la stessa cosa che avete già visto nella trasmissione. Come terzo compito, l'apparecchio deve ricavare le oscillazioni a bassa frequenza che sono sovrapposte a quelle ad alta frequenza, deve cioè separare le due specie di oscillazioni.

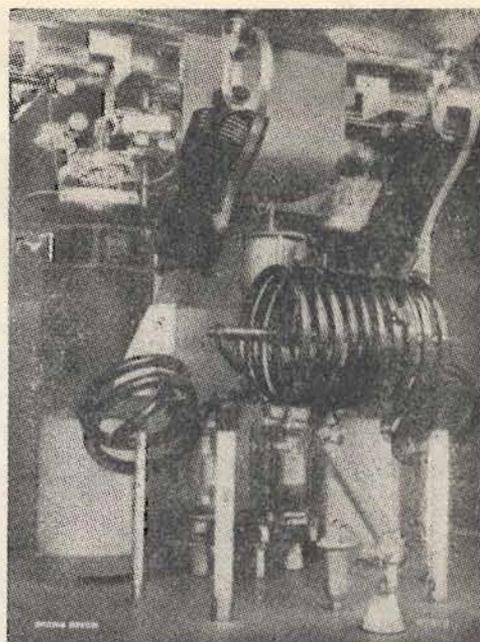


Fig. 18

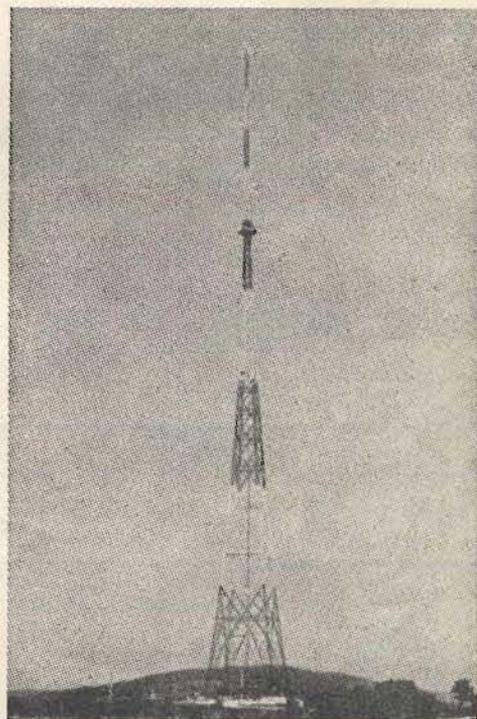


Fig. 19

Le oscillazioni a bassa frequenza, così isolate, sono troppo deboli per azionare un altoparlante e debbono essere ancora amplificate. Questo è l'ultimo compito dell'apparecchio ricevente; l'amplificatore può essere grande quanto si vuole.

All'uscita dell'amplificatore escono di nuovo delle onde sonore, come quelle che erano state raccolte dal microfono.

Mentre nella trasmissione il compito del microfono è quello di trasformare le onde sonore in oscillazioni elettriche a bassa frequenza, il compito dell'altoparlante è quello di trasformare le oscillazioni elettriche a bassa frequenza in onde sonore.

Eccovi, proprio nelle grandi linee, quello che avviene nella trasmissione e nella ricezione. Ciascuno di questi fenomeni, ciascuno degli apparecchi che occorrono per la trasmissione e la ricezione, vi verranno spiegati anche nei più piccoli particolari, in modo da mettervi in condizione di costruirvi da voi stessi un apparecchio trasmettente o ricevente.

### Risposta alle domande di pag. 10.

1. Un elemento di Volta consiste in due dischi di metalli diversi, tra cui viene messo uno strato di feltro, imbevuto di acqua acidulata con acido solforico.
2. La pila di Volta è formata dalla sovrapposizione di tanti elementi; si può dire che la pila è una batteria di tanti elementi riuniti a contatto.
3. In una pila formata da una lastra di rame e una lastra di zinco in acqua acidulata, il rame è il polo positivo e lo zinco il polo negativo.

## MAGNETISMO

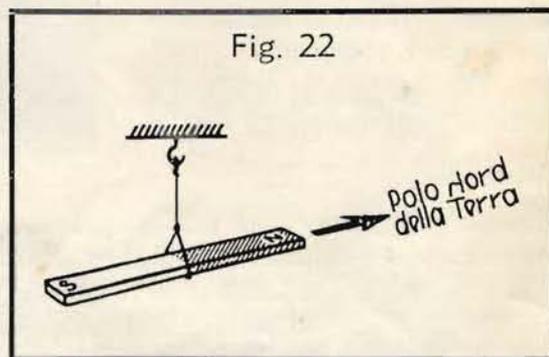
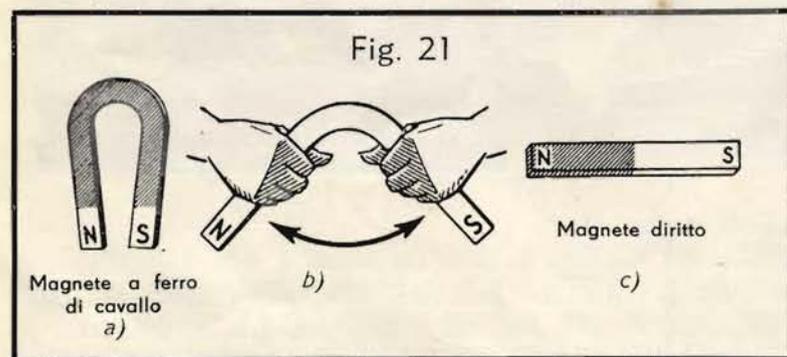
### I poli.

Voi sapete già che cosa si intende con la parola elettromagnetismo, anche se non sapete nulla di che cosa sia realmente il magnetismo. Vogliamo vedere ora qualche maggior particolare di questa forza della natura.



Oltre alle *calamite a ferro di cavallo*, che voi conoscete, esistono anche delle *calamite diritte* (fig. 20); queste si possono pensare formate raddrizzando una calamita a ferro di cavallo (fig. 21). La forza di attrazione delle due estremità di un magnete dritto è la stessa. Le due estremità si chiamano poli del magnete. Uno dei poli si chiama polo nord e l'altro polo sud.

Se noi sospendiamo una calamita dritta con un filo, in modo che sia libera di girare come vuole, essa si dispone in una direzione ben definita (fig. 22). Nella posizione di riposo, un'estremità del magnete è rivolta ver-



so il polo nord della terra, l'altra verso il polo sud. Se noi prendiamo l'estremità diretta verso il nord e la portiamo a guardare verso il polo sud, finché noi la teniamo con la mano, ci starà, ma appena la lasciamo libera, ritornerà a dirigersi verso il polo nord. Con questo esperimento noi abbiamo visto che le due estremità del magnete hanno proprietà diverse e precisamente: una estremità si dirige sempre verso il nord e l'al-

tra estremità si dirige sempre verso il sud, naturalmente, quando si dà al magnete la possibilità di muoversi liberamente. L'estremità che si orienta verso il nord, la indichiamo con N e si chiama polo nord, l'estremità che si rivolge verso il sud, la indichiamo con S e si chiama polo sud.

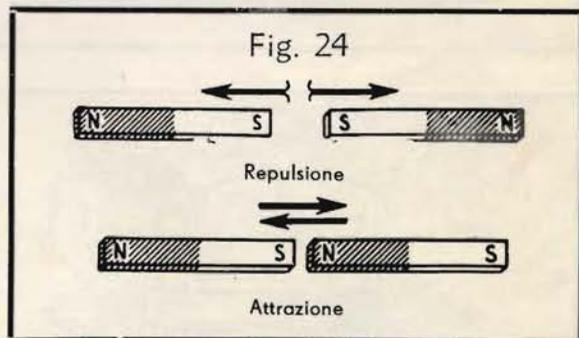
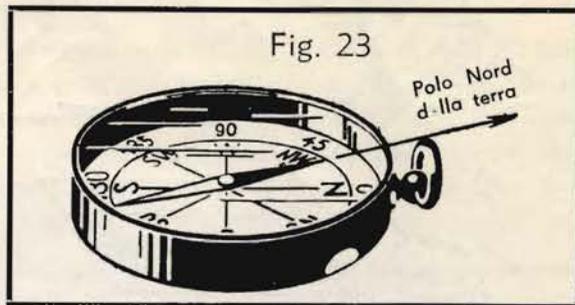
Ogni magnete ha un solo polo nord e un solo polo sud, sia esso grande o piccolo, spesso o sottile, lungo o corto.

L'ago della bussola non è altro che un piccolo e leggero magnete, sostenuto nel suo mezzo su una punta, in modo da potersi muovere liberamente (fig. 23).

Se prendiamo due magneti diritti e avviciniamo i due poli sud, vediamo che essi *si respingono*; lo stesso avviene, se tentiamo di avvicinare i due poli nord. Invece il polo nord e il polo sud si *attirano* (fig. 24).

Possiamo fare lo stesso esperimento con un magnete diritto e l'ago di una bussola. Ricaviamo da questi esperimenti la seguente conclusione:

Poli di nome diverso si attirano.  
Poli dello stesso nome si respingono.



## Il campo magnetico

Può darsi che voi stiate leggendo questa Dispensa, seduti vicino a una stufa accesa. Può anche darsi di no, ma se voi siete seduti vicino a una stufa, voi sentite l'azione della stufa. Quanto più lontano voi siete dalla stufa, e tanto minore è il calore che voi ricevete da essa. Il calore che voi ricevete dalla stufa è grande vicino alla stufa e diminuisce, a mano a mano che voi vi allontanate da essa. Questa è una cosa che sapete tutti.

« Che cosa c'entra tutto questo con i magneti? » vi domanderete voi ed eccovi la risposta. I fisici hanno dimostrato che nello spazio intorno a un magnete esiste un invisibile campo, chiamato *campo magnetico*. Quando sentirete parlare del campo magnetico, pensate alla stufa accesa e al calore della stufa.

Il *campo magnetico* può essere messo in evidenza dai suoi effetti. Uno dei tanti suoi effetti è l'attrazione sul ferro. Noi possiamo mettere in evidenza il campo magnetico in questo modo. Prendiamo un magnete diritto (fig. 25) e mettiamoci sopra un foglio di carta rigida; prendiamo poi un cartoccio di limatura di ferro sottile e spargiamola sopra il foglio. I granellini di limatura di ferro si disporranno secondo delle linee, che si chiamano *linee di forza* (fig. 26 e 27).

Se muovete il foglio di carta, le linee di forza si spostano sul foglio. Così avete ottenuto una fotografia delle linee di forza, prodotte da un magnete diritto (fig. 28).

La fig. 29 vi rappresenta le linee di forza di un magnete a ferro di cavallo.

Voi potete mettere in evidenza le linee di forza in un altro modo, se avete a disposizione tanti piccoli aghi da bussola. Disponeteli intorno al magnete ed essi si orientano secondo le linee di forza (fig. 30).

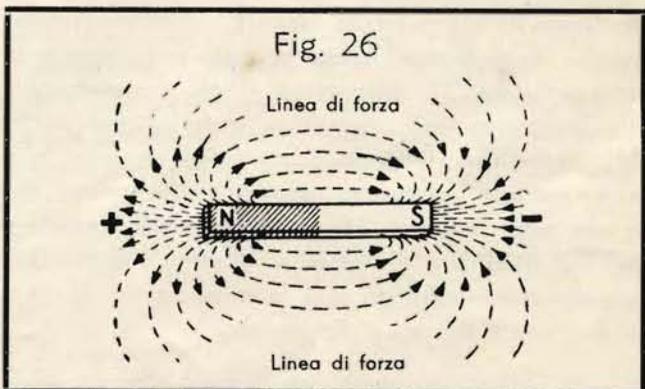
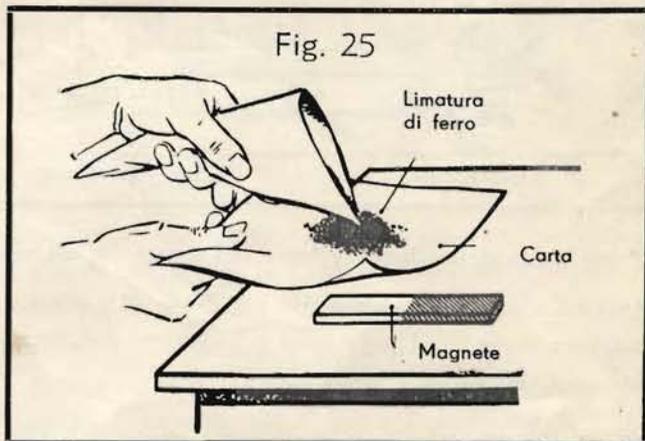




Fig. 28

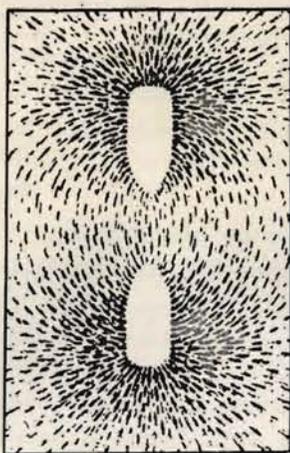
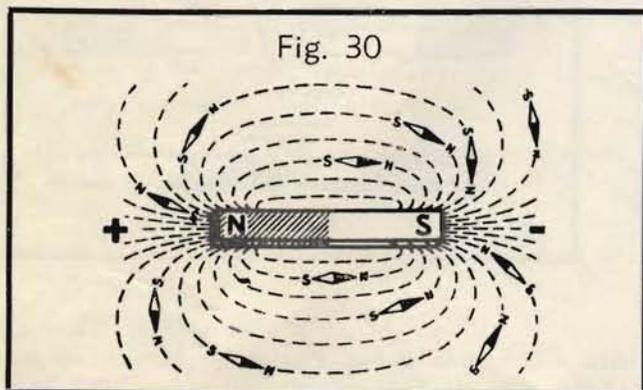
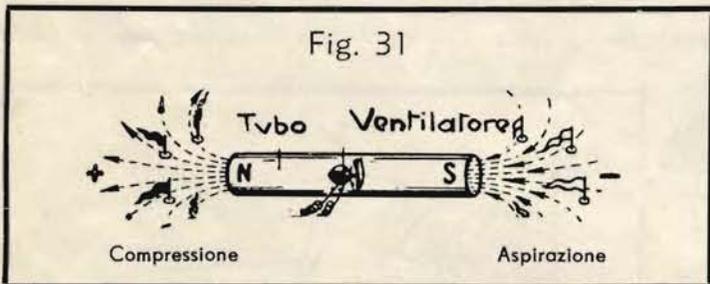


Fig. 29



**La direzione delle linee di forza**

Tutte le linee di forza nel campo di un magnete vanno dal polo nord al polo sud del magnete. Immaginate di mettere, nell'interno di un tubo da stufa, un piccolo ventilatore (fig. 31). Da una parte del tubo, a destra, l'aria viene aspirata, mentre dall'altra parte l'aria viene soffiata fuori. Chiamiamo estremità S la prima, quella che aspira l'aria ed estremità N la seconda, quella da cui l'aria viene soffiata fuori.



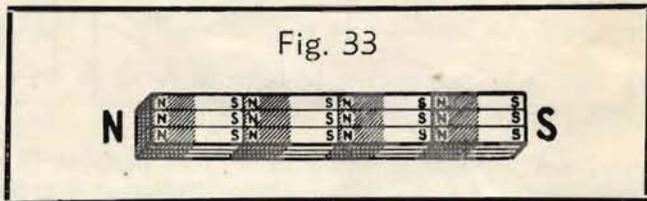
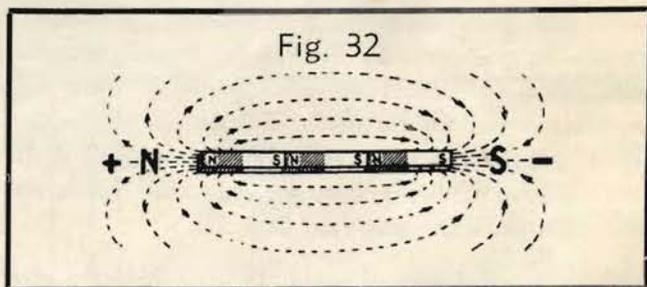
Questa aspirazione produce un movimento nell'aria al di fuori del tubo. Ciò significa che dalla parte dell'aspirazione si stabilisce in un primo momento una zona di bassa pressione e dalla parte opposta una zona di compressione. L'aria intorno tenderà a riportare le cose allo stato normale. Le particelle d'aria della zona di pressione non restano più lì, ma per la via più breve tendono ad andare nella zona di bassa pressione dove c'è più posto. Noi vediamo dunque che le masse d'aria in movimento fuori del tubo si comportano nello

stesso modo delle linee di forza del campo di un magnete.

Avete dunque ben compreso che le linee di forza di un magnete escono dal polo nord e rientrano nel magnete dal polo sud.

**Riunione di più magneti**

Mettiamo in fila parecchi magneti, in modo che di seguito a un polo nord venga un polo sud, come è indicato nella fig. 32. Otteniamo allora un magnete più grande che possiede un campo e delle linee di forza dello stesso tipo di quelli di un unico magnete. Si può anche mettere insieme un magnete molto grosso, disponendo, come nella fig. 33, parecchi piccoli magneti uno accanto all'altro e più strati uno sopra l'altro. Questo magnete così combinato avrà la stessa azione di un unico magnete delle stesse dimensioni.



## Magnetizzazione di una sbarra d'acciaio non magnetica

Si può magnetizzare qualunque sbarra di acciaio. Basta strofinare la sbarra con un magnete ordinario, purché abbastanza forte. Basta anche lasciare la sbarra da magnetizzare sotto l'azione di un campo magnetico per un certo tempo e allora la sbarra si magnetizza da sola.

Ora voi sapete che anche la nostra terra è un grande magnete con il suo polo nord e il suo polo sud. Su questo fatto si basa l'impiego dell'ago magnetizzato, come indicatore della direzione del nord. Potrebbe venire in mente a qualcuno, che si crede molto furbo, di magnetizzare una sbarra di acciaio non magnetico, disponendola nella direzione nord-sud e sottoponendola così all'azione del *campo magnetico della terra*. Questa idea non è poi tanto stramba, e infatti si trova che dopo alcune settimane la sbarra di acciaio, che prima non era magnetizzata, è diventata magnetica. Come si spiega questo fatto? Eccone la spiegazione:

Ogni sbarra di acciaio non magnetica è formata in realtà da un numero grandissimo di particelle molto piccole e magnetiche, disposte in modo disordinato e a caso, una vicino all'altra e una sopra l'altra (fig. 34). Se una tale sbarretta viene strofinata con un magnete o, come nel nostro ultimo esempio, disposta nella direzione nord-sud e sottoposta così al campo magnetico terrestre, i piccoli magneti si girano e mentre prima erano disposti disordinatamente e a caso, poi si dispongono con tutti i loro poli nord da una stessa parte e tutti i poli sud dalla parte opposta (fig. 35). E con questo la sbarra, che prima non era magnetica, diventa poi magnetizzata.

È anche possibile sentire i piccoli magneti che si orientano.

Questo è possibile naturalmente con mezzi complicati. Per rendere percettibile il suono prodotto dai piccoli magneti che si muovono, si adoperano dei dispositivi di amplificazione dei suoni; nel corso di queste dispense voi imparerete a conoscere alcuni di questi dispositivi. Con questi apparecchi si sente lo scricchiolio prodotto durante la magnetizzazione di una sbarra di acciaio non magnetica. Questo movimento, ostacolato dall'attrito interno dell'acciaio, deve produrre anche del calore durante la magnetizzazione e anche questo è accertato.

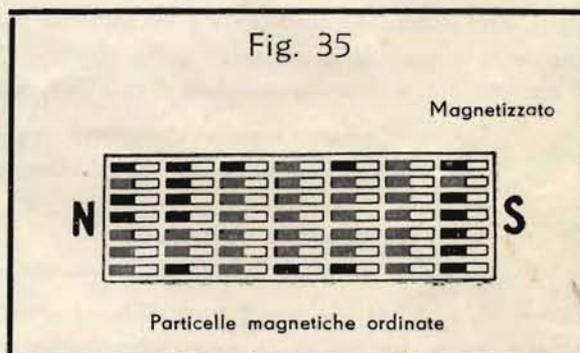
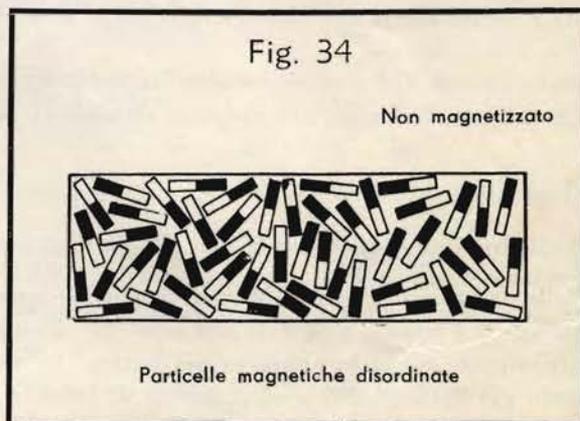
Le diverse qualità di ferro si comportano diversamente, se sottoposte alla operazione di magnetizzazione. La qualità di ferro che si chiama « ferro dolce » diventa magnetica solo temporaneamente; perde il magnetismo molto rapidamente. Invece l'acciaio conserva permanentemente il magnetismo ricevuto. Lo stato disordinato dei piccoli magneti è lo stato normale del « ferro dolce ». I piccoli magneti di un pezzo di acciaio restano allineati e conservano il proprio allineamento; l'acciaio conserva il magnetismo.

Il modo più semplice di magnetizzare un pezzo di ferro è di seguire la tecnica della fig. 3 di questa Dispensa: si circonda la sbarra di ferro con parecchie spire di filo isolato, attraverso cui si invia la corrente elettrica. Se la sbarretta è di *acciaio*, conserverà il magnetismo ricevuto, mentre una sbarretta di ferro dolce non conserverà praticamente più il magnetismo, appena tolta la corrente dal filo.

Questo è il motivo per cui si impiega solo ferro dolce per fabbricare il magnete di un campanello elettrico, descritto nel primo capitolo di questa Dispensa. Il nucleo dell'elettromagnete deve essere magnetico, cioè attirare un altro pezzo di ferro, solo durante il tempo in cui la corrente circola nella bobina. Quando la corrente viene interrotta, il nucleo dell'elettromagnete deve perdere il suo magnetismo.

### Domande.

1. Che cosa avviene quando si sospende con un filo un magnete a sbarra in modo che sia libero di girare in un piano orizzontale?
2. Quali sono i poli di un magnete a sbarra?
3. Quale è la legge che regola l'attrazione e la repulsione di due magneti?
4. Come si comportano le diverse qualità di ferro, se sottoposte all'azione di un campo magnetico?



## MATEMATICA (Continuazione da pag. 8).

L'ultimo paragrafo che trattava della matematica vi ha fatto studiare dapprima l'addizione e la sottrazione e poi la moltiplicazione. Il passo successivo sarebbe quello della divisione, ma, ben sapendo quello che facciamo, rimandiamo la divisione alla Dispensa successiva e trattiamo adesso delle *equazioni*. E per questo vi raccomandiamo la massima attenzione! State ben attenti e leggetevi questa parte, riga per riga, con la massima cura.

### Le equazioni

Come avete visto dal titolo, passiamo a studiare le equazioni. Cominciamo col domandarci che cosa è una uguaglianza.

Ma è molto semplice: una uguaglianza ci dice che due cose sono *uguali*, come per esempio:

$$\begin{aligned}2 &= 2 \\2 \cdot 4 &= 8 \\3 \cdot x &= 12 \\x &= 4 \\C &= 3,14 \cdot d\end{aligned}$$

Nelle due prime uguaglianze non c'è che l'affermazione che due cose sono uguali e non si fa nessuna domanda.

Nella terza uguaglianza c'è una domanda: quando è, che 3 moltiplicato  $x$  è uguale a 12? Evidentemente, quando  $x$  è uguale a 4. Solo nel caso che si verifichi quest'ultima condizione, che cioè  $x = 4$ , la terza è una uguaglianza e noi lo abbiamo già notato. La quinta uguaglianza è una nostra vecchia conoscenza: è la formula (1) della pag. 7 e ci permette di calcolare la lunghezza della circonferenza: essa è *uguale* a 3,14 moltiplicato per il diametro del cerchio.

Ogni uguaglianza ha un primo e un secondo membro; il primo membro è quello che sta alla sinistra del segno = e il secondo membro è quello che sta alla destra. Nella seconda uguaglianza  $2 \cdot 4$  è il primo membro, il numero 8 è il secondo membro. Tra i due membri dell'uguaglianza si interpone sempre il segno = (uguale).

Consideriamo ancora la seconda uguaglianza  $2 \cdot 4 = 8$ : moltiplichiamo per il numero 3 *tutti e due i membri dell'uguaglianza*. Abbiamo:

$$2 \cdot 4 \cdot 3 = 8 \cdot 3$$

ed eseguendo le operazioni  $24 = 24$

I due membri dell'uguaglianza sono ancora uguali tra loro.

Invece di moltiplicare per 3 *tutti e due i membri dell'uguaglianza*, noi possiamo moltiplicarli per qualunque altro numero, purchè sia lo stesso numero per i due membri, e otteniamo sempre che i due membri sono uguali. Se invece noi dividiamo per 2 i due membri della nostra uguaglianza, i due membri restano pure uguali:

$$\begin{aligned}2 \cdot 4 &= 8 \\2 \cdot 4 &= 8 \\ \frac{2}{2} & \quad \frac{2}{2} \\4 &= 4\end{aligned}$$

Regola 1-a:

Se si moltiplicano i due membri di una uguaglianza per lo stesso numero, i due membri sono ancora uguali.

Regola 1-b:

Se si dividono i due membri di una uguaglianza per lo stesso numero, i due membri sono ancora uguali.

Voi non avrete mai imparato abbastanza queste due regole; nei calcoli tecnici troverete a ogni passo applicazioni di queste regole, perchè sono il nocciolo di tutto il calcolo delle equazioni.

Se in una uguaglianza c'è una sola quantità che non conosciamo, noi la possiamo calcolare. Consideriamo ancora una volta l'uguaglianza  $C = 3,14 \cdot d$ .

Se noi sappiamo la lunghezza del diametro  $d$ , possiamo calcolare la lunghezza della circonferenza.

Se per esempio il diametro è di 10 mm, la lunghezza della circonferenza è  $C = 3,14 \cdot 10 = 31,4$  mm.

Noi chiamiamo *equazioni* le uguaglianze che contengono una quantità sconosciuta; con l'aiuto dell'equazione noi possiamo calcolare la quantità sconosciuta, chiamata *incognita*.

Una equazione molto semplice è questa:

$$10 \cdot x = 20$$

I numeri 10 e 20 sono quantità note, conosciute, mentre «  $x$  » è l'incognita che noi non conosciamo. Questa equazione si può tradurre in parole così:

Il numero 10 deve essere moltiplicato per un altro numero, che chiamiamo  $x$ , in modo che il risultato sia 20. Quale è il numero  $x$ ? In questo caso la risposta è facile: il numero 10 deve essere moltiplicato per 2, per fare 20. La incognita da determinare,  $x$ , è dunque uguale a 2 ossia, scrivendo in breve,  $x = 2$ . E così abbiamo risolto l'equazione  $10 \cdot x = 20$  e abbiamo ottenuto  $x = 2$ . Ripetiamo come abbiamo fatto a ottenere il risultato.

Il primo membro dell'equazione era  $10 \cdot x$  e in seguito è diventato solo  $x$ . Ma la  $x$  è la decima parte di 10.  $x$  come una mela è la decima parte di 10 mele. Il secondo membro era prima 20 e poi è diventato 2. Anche il 2 è la decima parte di 20.

Per ottenere  $x = 2$  noi abbiamo diviso i due membri dell'equazione per 10 e per la regola 1-b questo è permesso.

Supponiamo che l'equazione fosse stata  $5 \cdot x = 10$ ; allora avremmo dovuto dividere i due membri per 5, per calcolare  $x$ . Noi possiamo concludere che bisogna dividere i due membri dell'equazione per quel numero che sta a moltiplicare l'incognita  $x$ .

Questo procedimento si chiama *soluzione di una equazione* e serve per calcolare il valore dell'incognita. Facciamo un altro esempio di soluzione di una equazione. Sia data da risolvere la seguente equazione:

$$6x = 18; \text{ la domanda è: « qual'è } x? \text{ » e si scrive: } x = ?$$

Poichè nel primo membro il numero che moltiplica  $x$  è 6, noi dividiamo i due membri dell'equazione per 6:

$$\begin{array}{r} 6 \cdot x = 18 \\ \frac{6 \cdot x}{6} = \frac{18}{6} \end{array}$$

Nel primo membro abbiamo 6 diviso 6, che fa 1 e l'equazione diventa

$$\begin{array}{r} 1 \cdot x = \frac{18}{6} \\ 1 \cdot x = 3 \end{array}$$

e come vi abbiamo già insegnato, invece di  $1 \cdot x$  si scrive semplicemente  $x$ .

Ripetiamo ancora una volta: per risolvere un'equazione, bisogna fare in modo che al primo membro si trovi la incognita  $x$  da sola e nel secondo membro tutte le quantità note. Vi preghiamo di risolvere i seguenti esempi nel vostro quaderno degli esercizi tante volte, finchè avrete capito chiaramente il meccanismo della soluzione delle equazioni.

### Esempi.

Voi già sapete che si può tralasciare tra un numero e una lettera il segno di moltiplicazione, costituito da un punto. Noi scriveremo in seguito  $6x$  invece di  $6 \cdot x$ .

$$\begin{array}{l} 1) \quad 8x = 24 \\ \quad \frac{8x}{8} = \frac{24}{8} \\ \quad x = 3 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 2) \quad 6x = 6 \\ \quad \frac{6x}{6} = \frac{6}{6} \\ \quad x = 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 3) \quad 4x = 2 \\ \quad \frac{4x}{4} = \frac{2}{4} \\ \quad x = \frac{1}{2} \end{array}$$

Se guardate un po' attentamente a questi esempi, vedrete che bisogna dividere i due membri dell'equazione per il numero che sta a moltiplicare l'incognita.

Per sapere se voi avete risolto giustamente un'equazione, basta introdurre il valore trovato per l'incognita nel-

l'equazione originaria ed eseguire i calcoli; i risultati dei due membri devono essere uguali. Facciamo questa prova nell'esempio 1:

Introduciamo il valore dell'incognita  $x = 3$  nell'equazione

$$\begin{aligned}8x &= 24 \\8 \cdot 3 &= 24 \\24 &= 24\end{aligned}$$

I due membri sono uguali e il risultato è giusto.

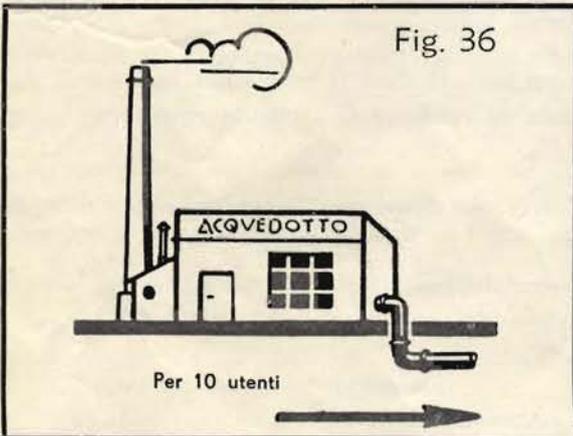
## ELETTROTECNICA GENERALE

Avete sentito parlare frequentemente di corrente elettrica. Prima di procedere con le spiegazioni di radiotecnica, dovete diventare ben padroni dei concetti fondamentali e delle proprietà della corrente elettrica.

### Intensità di corrente – Tensione – Resistenza

Possiamo paragonare la corrente elettrica con una corrente d'acqua. Pensate per un momento a un fiume. La corrente di un fiume ha le seguenti proprietà:

Il fiume può essere largo e la corrente d'acqua molto grande oppure il fiume può essere piccolo e la corrente d'acqua essere piccola. L'acqua del fiume può scorrere lentamente in pianura, oppure precipitare scrosciando per il fianco di un monte.



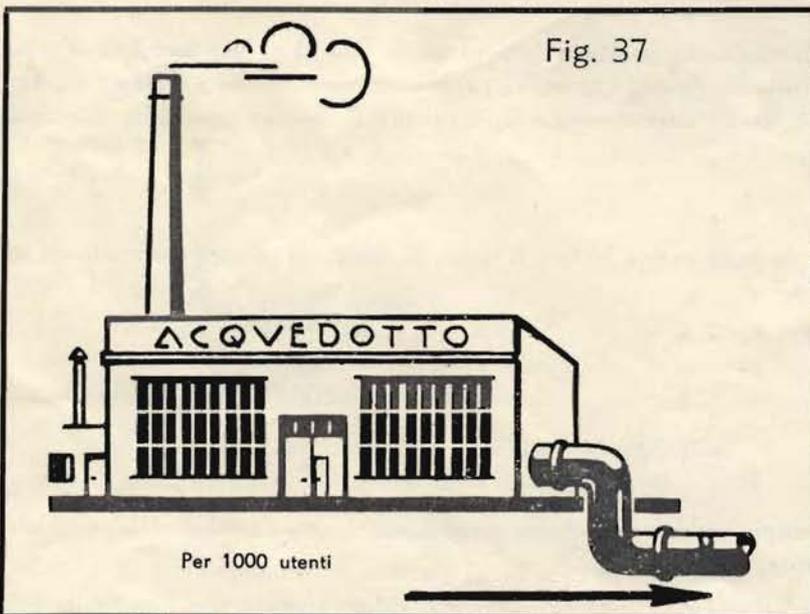
La corrente d'acqua può scorrere fino al mare, superando ostacoli come rupi, scogli ecc., oppure può incontrare sulla sua strada resistenze che ne rendono difficile il deflusso.

Può anche avvenire che l'acqua sia avviata attraverso condutture e le tubazioni offrono una resistenza: tanto più piccola è la sezione del tubo, tanto maggiore la resistenza (figure 36, 37, 38).

Avrete sicuramente già capito dove vogliamo arrivare; voi sapete meglio di noi che la corrente elettrica scorre attraverso le condutture e viene condotta lontano.

Pensate per un momento alle ruote mosse dall'acqua, come forse ne avrete costruite anche voi da ragazzi. Esse vengono

messe sotto un rubinetto d'acqua. La minuscola turbina gira velocemente e con essa si può far muovere un giocattolo, anche tutta una serie di giocattoli, una piccola officina. Noi diciamo che sotto il getto d'acqua, che scende dal rubinetto sulle palette della ruota, c'è una pressione. Se la pressione dell'acqua che cade fosse minore, la piccola turbina non girerebbe così



in fretta e non potrebbe muovere la nostra piccola officina, o per lo meno non potrebbe muovere tutti i nostri giocattoli. Ed è una vera fortuna che nella nostra condotta d'acqua ci sia una pressione così grande.

Però la nostra condotta d'acqua non sarebbe capace di mettere in moto la grande ruota del mulino: occorre una pressione molto più grande per muovere la ruota del mulino che trascina con sé la macina, per macinare.

Il ruscello che mette in moto la ruota del mulino può avere una pendenza o una caduta forte oppure piccola. Con una pendenza piccola si ha una piccola pressione d'acqua sulla ruota del mulino; per un

ruscello che scende impetuosamente, la *pressione dell'acqua è grande* e così pure la potenza.

Per un corso d'acqua si deve tenere conto di due grandezze: la *quantità d'acqua (portata)* e la *caduta (differenza di livello)*.

Torniamo ancora una volta alla nostra piccola turbina:

È ormai chiaro che occorre avere una grande pressione sotto il getto d'acqua che scende dal rubinetto e batte sulle palette della ruota. Altrimenti la piccola turbina non potrebbe avere una potenza sufficiente per muovere tutti i giocattoli. Se noi chiudiamo un po' di più il nostro rubinetto, noi diminuiamo la pressione del getto di acqua e la turbina non può più far camminare tutti i nostri giocattoli.

Che cosa facciamo noi quando chiudiamo un po' di più il rubinetto? Introduciamo una resistenza nella condotta, e la pressione dell'acqua riesce solo in parte a superare la resistenza introdotta.

Ecco una terza grandezza che deve essere presa in considerazione per comprendere quello che avviene in una condotta di acqua: la *resistenza della tubatura stessa*.

I tubi stretti presentano naturalmente una maggior resistenza al passaggio dell'acqua che non quelli larghi. Se noi fossimo ricchi, potremmo fare le tubazioni che conducono l'acqua nella nostra casa, molto larghe e così non dovremmo attendere un quarto d'ora perchè si riempia la vasca da bagno. Perchè allora l'acqua non dovrebbe superare le grandi resistenze che impediscono la sua corsa nei tubi stretti.

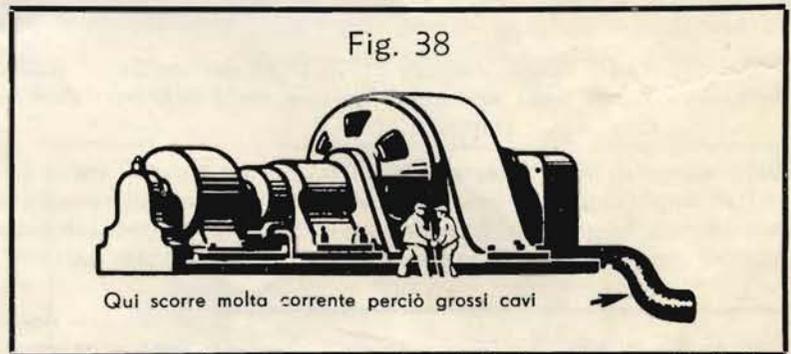
Nelle condutture d'acqua, le stazioni di pompa o di elevazione fanno sì che l'acqua scorra nelle condutture (fig. 36, 37): nel caso dell'elettricità, una centrale elettrica serve a far scorrere la corrente nei fili (fig. 38). Nel primo caso la distribuzione avviene a mezzo di condutture e tubazioni, nel secondo caso a mezzo di cavi e di fili. Nelle condutture di grande diametro, con poca resistenza, può scorrere più acqua e realmente scorre più acqua che non nei tubi sottili che conducono l'acqua nelle nostre case e offrono alla corrente d'acqua una resistenza maggiore. La quantità di acqua che scorre nella condotta grossa (che si chiama portata) può (attenzione: « può ») essere più grande che non nei tubi stretti.

La intensità della corrente elettrica nei grossi cavi (figura 38) che offrono piccola resistenza, può essere molto più grande che non nei fili più sottili che conducono la corrente elettrica nelle nostre case o quelli impiegati nei campanelli elettrici (fig. 39).

Come l'acqua viene pompata dalla stazione di pompe nelle condutture con una grande pressione, così la centrale elettrica spinge, preme la corrente elettrica nei fili. Però gli elettrotecnici non impiegano il termine « pressione » ma invece dicono « tensione ».

Se la pressione dell'acqua in una condotta è troppo piccola, avviene che nei punti più lontani della rete l'acqua arriva solo goccia a goccia; perchè nel lungo cammino che l'acqua deve percorrere, le resistenze delle lunghe tubazioni sono tanto forti che alla fine la scarsa pressione che spinge l'acqua non è più sufficiente per superarle. Le pompe servono per dare all'acqua la pressione sufficiente.

Qualche cosa di simile avviene nelle reti per la distribuzione dell'elettricità. Anche qui avviene che la corrente deve percorrere lunghi cammini e superare le resistenze offerte dai fili. Perciò la centrale elettrica deve produrre la corrente elettrica con la pressione sufficiente, perchè essa possa superare le resistenze. La corrente elettrica deve essere inviata nei fili con una grande « pressione ». È meglio, parlando di corrente elettrica, adoperare la parola *tensione* invece di pressione; perchè quello che nel caso dell'acqua viene indicato con il nome di « pressione », corrisponde, nel caso della corrente elettrica, alla « tensione ».



Per la corrente elettrica si hanno le tre seguenti grandezze:

*Intensità di corrente — tensione — resistenza.*

Vi consigliamo di ricordare sempre una cosa che vi sarà utile in moltissime circostanze: Quando avrete qualche difficoltà a comprendere un qualsiasi fatto che si riferisca al comportamento della corrente elettrica, e particolarmente alla sua intensità, alla tensione o alla resistenza, pensate alle grandezze corrispondenti nel caso della corrente d'acqua. Vedrete che allora vi sarà facile comprendere.

Le lunghezze si misurano in metri o in chilometri e nessuno troverà da ridire qualche cosa se voi dite: « lungo tre metri » oppure « lontano 4 chilometri ». Il concetto di misura è una cosa spontanea nell'uomo. Occorre ora che l'elettrotecnico abbia a disposizione tre altre unità di misura: *l'ampère, il volt e l'ohm.*

*Ampère è l'unità di misura per l'intensità di corrente*

*Volt è l'unità di misura per la tensione*

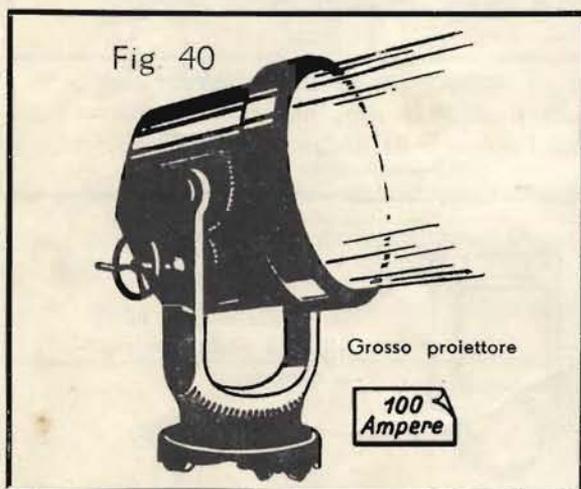
*Ohm è l'unità di misura per la resistenza*

### Intensità di corrente

Cominciamo a parlare della corrente elettrica. 10 ampère è una intensità di corrente maggiore di 1 ampère. È chiaro?

*Andrè Marie Ampère* (1775-1836) era un fisico francese che fece notevoli studi specialmente nel campo della allora giovane scienza dell'elettricità. In suo onore l'unità di intensità di corrente venne chiamata « ampère ».

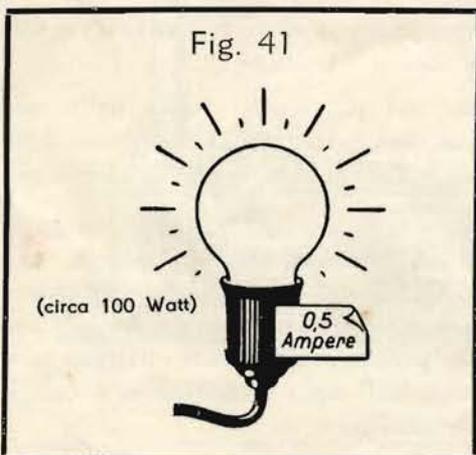
Supponiamo di voler misurare la portata di un corso d'acqua in ampère: un fiume verrà valutato a, diciamo, 10 000 ampère, un ruscello a 100 ampère e una piccola conduttura di acqua a 10 o anche 5 ampère. Inoltre una officina ad acqua abbisognerà di 1 000 ampère, per funzionare, una ruota da mulino 10 ampère e la turbina ad acqua di quando eravate ragazzi di forse mezzo ampère.



« Ma che razza di discorso mi fate? » penserete voi; « l'acqua non si misura in ampère ». Lo sappiamo anche noi che l'acqua non si misura in ampère, ma vi abbiamo fatto questo discorso per farvi un paragone.

Supponiamo di attaccare alla rete di corrente elettrica diversi motori. La tensione della rete è la stessa per tutti i motori. Vediamo che cosa succede per la intensità di corrente. Per esempio, un motore medio richiederà 10 ampère e bisogna dargli 10 ampère, altrimenti non lavora bene. Un piccolo motore, come quelli di un trapano di officina, richiede solo 1 ampère e con tale corrente fa il suo lavoro a meraviglia.

D'altra parte siccome quest'ultimo consuma meno e richiede meno ampère, svilupperà anche una potenza minore di un motore a 10 ampère. Un motore da giocattoli richiede solo 1/10 di ampère; è molto più economico come consumo, ma può produrre una potenza ridotta.



Per le lampade elettriche possiamo stabilire delle relazioni analoghe.

Un grosso proiettore (fig. 40) consuma 100 ampère e illumina a giorno il cielo notturno. Una lampada a incandescenza (fig. 41) consuma circa 0,5 ampère; essa è più economica come consumo, però produce un risultato molto più modesto di quello di un proiettore. Anche qui abbiamo supposto che tanto il proiettore, quanto la lampadina siano attaccati alla stessa rete di energia elettrica, cioè lavorino con la stessa tensione.

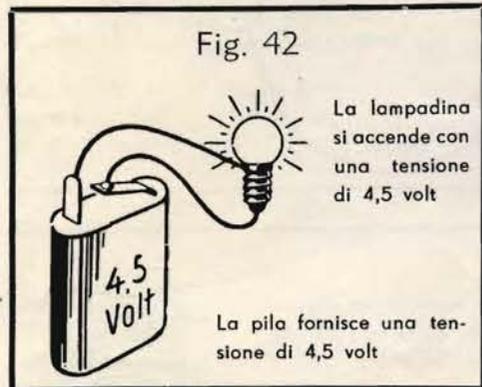
A casa vostra avete la luce elettrica e sulla conduttura è applicata una valvola. Vi sarete accorti che ogni tanto succede che una valvola si brucia e si deve sostituire; voi la dovete comprare e comprerete una valvola da 10 ampère o da 6 ampère secondo la necessità degli apparecchi elettrici collegati con la rete. Vedete che in pratica voi adoperate già la misura in ampère.

L'intensità di corrente è la quantità di elettricità che passa in un filo nell'unità di tempo, il secondo. Se facciamo il solito confronto con l'acqua, all'intensità di corrente corrisponde la portata, cioè la quantità d'acqua che passa attraverso una sezione del tubo nell'unità di tempo. Ricordiamo dunque la seguente definizione:

**I**ntensità di corrente è la quantità di elettricità che passa attraverso una sezione del filo nell'unità di tempo.

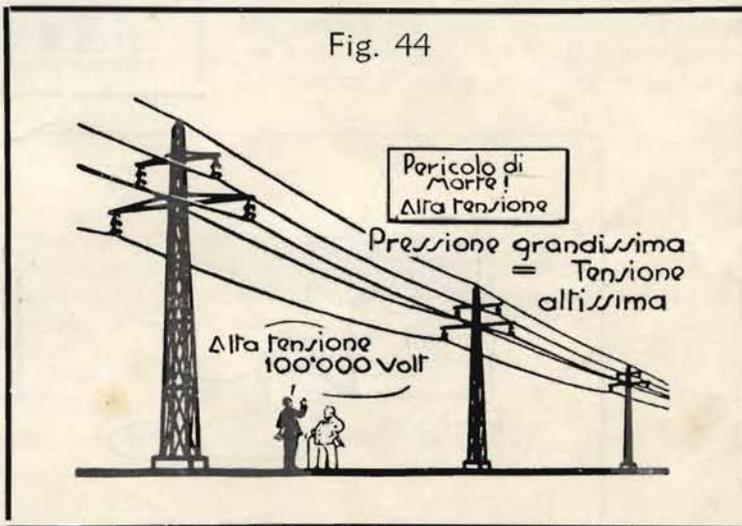
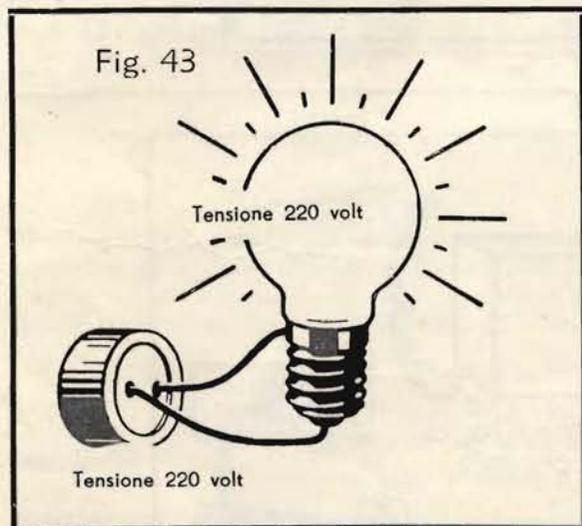
## Tensione

La pressione in una caldaia a vapore si misura in atmosfere; la tensione della corrente elettrica si misura in volt. Non è più necessario ormai, fare sempre il paragone con l'acqua e perciò parleremo senz'altro di « tensione » e di « volt ». « Vorrei una pila per una lampadina tascabile da 4,5 volt » dice la gente (fig. 42). « Datemi una lampadina elettrica da 220 volt » dice un tale (fig. 43), mentre un altro va a comprare un ferro da stiro per la tensione di 220 volt.



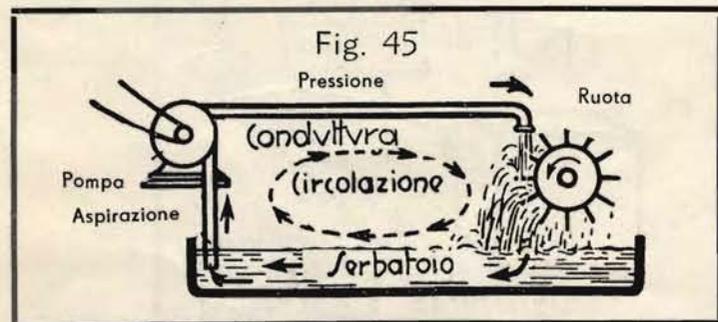
« Pericolo di morte! Alta tensione » trovate scritto su certi pali delle condutture elettriche, e noi sappiamo che nei fili sostenuti da quei pali passa la corrente elettrica con una tensione elevata di 10.000 volt o anche 100.000 volt: alta tensione (fig. 44).

Queste sono cose di tutti i giorni. Nello studio delle Dispense, voi imparerete che vi sono delle regole precise per la tensione. Voi sapete già che nella rete domestica per la luce la corrente elettrica scorre con una « pressione » di 125 volt oppure 160 volt o anche 220 volt.



Anche senza voler tornare continuamente al paragone dell'acqua dobbiamo osservare che questa viene spinta nei tubi con una determinata pressione, che può variare di volta in volta, per motivi che potete voi stessi immaginare. Torniamo dunque alla nostra tensione. Fissiamo bene l'idea che ci siamo fatti della tensione:

**I**per tensione in una conduttura di corrente elettrica si intende la pressione, con cui la corrente elettrica viene spinta nel circuito.



Avete fatto conoscenza con due dei tre concetti fondamentali: intensità di corrente, tensione; vi manca di conoscere la *resistenza elettrica*. Ma prima di parlare della resistenza, vogliamo chiarire il concetto di *circuito elettrico*.

Una pompa aspira l'acqua da un bacino e la immette sotto pressione nella tubazione (fig. 45). Alla fine della tubazione l'acqua viene fuori e cade sulla ruota di un mulino, la muove e cade di nuovo nel bacino. Noi possiamo parlare di una circola-

zione di acqua o di un circuito di acqua. Seguite la direzione della freccia nella fig. 45; essa vi indica il percorso dell'acqua, cioè il circuito.

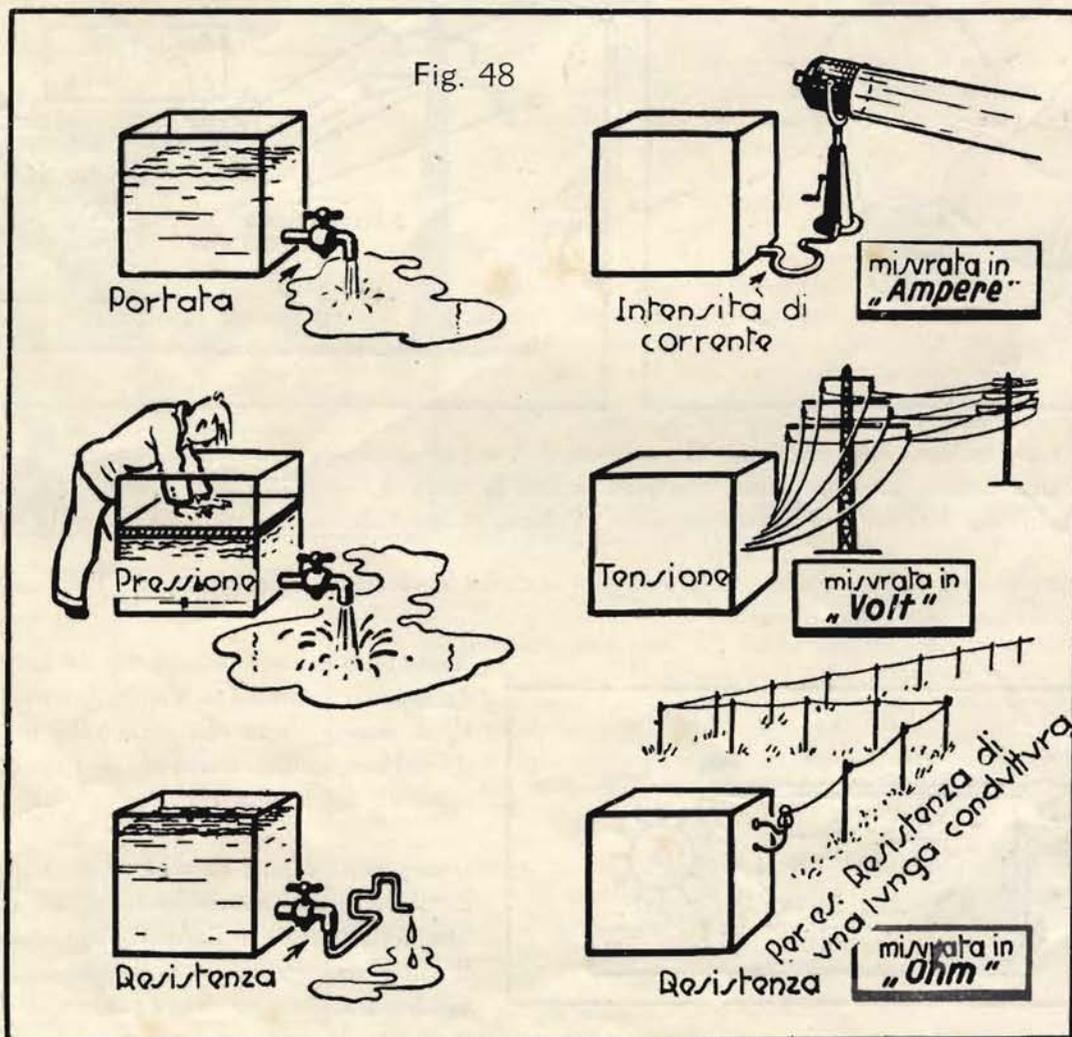
Nel circuito elettrico le condizioni sono simili (fig. 46 e 47). La corrente elettrica lascia la centrale con una certa tensione, porta, sul suo cammino, una lampada all'incandescenza e ritorna alla centrale. Anche qui si ha una circolazione, un circuito.

### Resistenza

Trattiamo adesso del terzo concetto fondamentale: *resistenza*. La resistenza si misura in *ohm*. Questo nome proviene dal nome del fisico tedesco *Giorgio Simone Ohm*, come avviene per il volt, chiamato così dal fisico italiano *Alessandro Volta*.

Se voi pompate l'acqua con una certa pressione in una conduttura, alla fine di questa, che supponiamo molto lunga, la pressione non è più quella che c'era alla partenza: la pressione è diminuita. Perché?

Le goccioline, che formano gli strati superficiali dell'acqua pompata sotto pressione nel tubo, strofinano contro le pareti dello stesso; esse vengono trattenute da piccole irregolarità delle pareti, poi sfuggono, poi vanno ad arrestarsi un po' più avanti e così via. Le altre goccioline d'acqua che si muovono verso il mezzo del



tubo sotto la spinta della pressione, urtano contro le goccioline ferme aderenti alle irregolarità delle pareti. Devono spendere una parte della loro pressione per vincere la resistenza offerta dalle goccioline ferme. Così avviene che alla fine di una lunga tubazione, la pressione della massa d'acqua che si muove lungo il tubo non è più uguale alla pressione che c'è in principio: è molto minore. A causa della resistenza della tubazione è andata perduta una parte della pressione.

Voi capite che lo stesso avviene per la corrente elettrica. Le condutture attraverso cui scorre la corrente elettrica presentano una resistenza; alla fine della linea elettrica la tensione è diminuita. Adesso siete in grado di capire che cosa si intende per resistenza:

**Resistenza elettrica di un conduttore è la resistenza che il conduttore oppone al passaggio della corrente elettrica.**

In questo capitolo voi avete fatto la conoscenza con tre nuovi concetti: intensità di corrente, tensione e resistenza. Le unità di misura sono rispettivamente: ampère, volt e ohm.

Per adesso ne avete imparato abbastanza. Riposatevi un po', lasciate una pausa di un giorno prima di mettervi a studiare il prossimo capitolo di questa Dispensa. Queste pause sono molto utili. Nel frattempo voi andate ripassando nella vostra mente quello che avete imparato finora. Sarete forse anche in grado di fare degli interessanti confronti, come per esempio quelli della fig. 48. Anche se in apparenza non studiate, questo ripassare nella mente vi farà fare un buon tratto di strada avanti. Vi servirà per « digerire » bene la materia studiata.

## MATEMATICA

### Le equazioni (Continuazione da pag. 20).

Quando avevate da risolvere un'equazione, come per esempio:  $4x = 36$ , voi lo facevate finora nel seguente modo:

$$\begin{aligned} 4x &= 36 \\ \frac{4x}{4} &= \frac{36}{4} \\ x &= \frac{36}{4} \\ x &= 9 \end{aligned}$$

Considerate attentamente lo sviluppo di questo calcolo; nella prima equazione voi trovate il numero 4 che *moltiplica* la  $x$ ; nella terza riga il quattro si trova nel secondo membro, ma questa volta *divide* il numero 36. Andate adesso a riguardarvi tutti gli esempi già risolti nella Dispensa e vi accorgete che il numero che moltiplica la  $x$  nel primo membro, *viene portato nel secondo membro, ma a dividere*; da

$$4x = 36 \text{ si passa a } x = \frac{36}{4}$$

**Regola 2-a:** *I numeri che stanno in un membro dell'equazione a moltiplicare, possono essere trasportati nell'altro membro a dividere.*

**Esempi:**

4) $5x = 30$	5) $4x = 40$	6) $12x = 24$	7) $9x = 3$
$x = \frac{30}{5}$	$x = \frac{40}{4}$	$x = \frac{24}{12}$	$x = \frac{3}{9}$
$x = 6$	$x = 10$	$x = 2$	$x = \frac{1}{3}$

Sono esempi completamente uguali a quelli del N. 1-3. La differenza sta solo che abbiamo meno da scrivere e si fa più presto. Questo è il vantaggio di adoperare la regola 2-a. Naturalmente si può invertire la regola e ottenere la seguente:

**Regola 2-b:** *I numeri che stanno in un membro dell'equazione a dividere, possono essere portati nell'altro membro a moltiplicare.*

**Esempi:**

8) $\frac{x}{2} = 3$	9) $\frac{x}{5} = 4$	10) $\frac{x}{10} = 6$	11) $\frac{x}{2} = \frac{1}{20}$
$x = 3 \cdot 2$	$x = 4 \cdot 5$	$x = 6 \cdot 10$	$x = \frac{2}{20}$
$x = 6$	$x = 20$	$x = 60$	$x = \frac{1}{10}$

### Risposta alle domande di pag. 17.

1. Se sospendiamo un magnete a sbarra a un filo e lo lasciamo libero di ruotare, si dispone nella direzione nord-sud.
2. Un magnete ha due poli: il polo nord e il polo sud.
3. Per l'attrazione e la repulsione di due magneti vale la seguente regola: poli di nome diverso si attirano, poli dello stesso nome si respingono.
4. Il ferro dolce diventa magnetico solo temporaneamente e perde subito la sua magnetizzazione. L'acciaio o « ferro duro » conserva invece il magnetismo che ha ricevuto.

## CONCLUSIONE

Eccovi arrivati alla fine della prima Dispensa; guardatevi bene però di passare subito alla seconda Dispensa. Voi dovete prima imparare e ripetere bene la materia contenuta in questa Dispensa. Dovete infatti, per così dire, « digerire » tanti nuovi concetti, affinché vi diventino familiari. Lasciate passare un po' di tempo, durante il quale andrete ripetendovi nella mente la materia studiata nella prima Dispensa.

Dovrete fare poi la stessa cosa con ogni Dispensa che studierete. Non andate troppo avanti: ripetete ancora una volta la Dispensa e pensateci su. Penetrerete così sempre più profondamente nella materia e sarete in grado di ripassarla completamente.

Se seguirete questi consigli, voi arriverete a essere padroni completamente della materia della prima Dispensa e allora il vostro successo nella continuazione dello studio sarà assicurato. E vi meraviglierete della facilità con cui andrete avanti nello studio. Per chi è diventato sicuramente padrone dei fondamenti, il resto nello studio diventa un gioco.

Fate tutti gli esempi che trovate nella Dispensa, non solo, ma fatevi da voi stessi degli esempi e cercate di risolverli da soli per vostro esercizio. E imparatevi anche i segni che sono di impiego normalizzato.

A pagina 28 troverete alcuni esercizi che voi cercherete di risolvere.

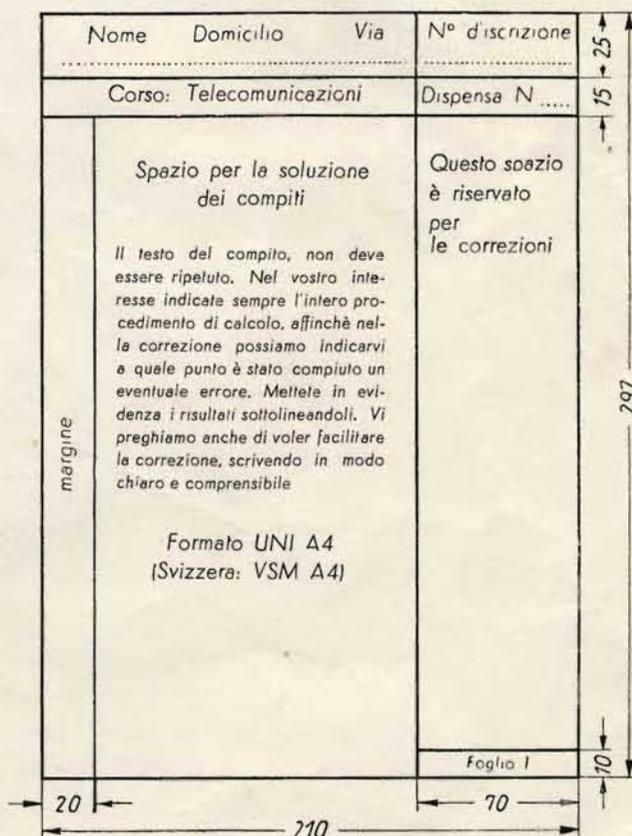
Potete mandare le soluzioni al nostro Ufficio correzioni. Troverete a pag. 27 le norme per la soluzione e l'invio dei compiti. Se nel corso del vostro studio o nella soluzione dei compiti trovate qualche cosa che non comprendete bene, scrivete al nostro Ufficio correzioni che vi spiegherà quanto occorre.

## NORME PER L'ESECUZIONE E L'INVIO DEI COMPITI ALLA CORREZIONE

1. Le soluzioni dei compiti che ci invierete per la correzione dovranno essere scritte su fogli di carta larghi 21,0 cm e alti 29,7 cm. Questo è il formato unificato UNI A-4 (per la Svizzera VSM A-4). Nella figura che segue è indicata la disposizione del foglio. I fogli già stampati vi faciliteranno il lavoro che sarà così anche più ordinato. Potete ordinarci tali fogli in base al bollettino allegato.
2. Nell'apposito spazio, in alto, scrivete: Cognome e nome, Comune, Via e n.° e il vostro numero di iscrizione che vi è stato comunicato con la nostra lettera di accettazione.  
Più sotto a sinistra, scrivete: Corso Telecomunicazioni e a destra il numero della Dispensa alla quale appartengono i compiti, p. es. « Dispensa N. 2 ».
3. Scrivete su una sola facciata del foglio. Non è necessario trascrivere il testo delle domande. Su di un foglio possono essere indicate più soluzioni, lasciando un breve spazio fra l'una e l'altra.
4. Ricordate che per ogni Dispensa debbono essere risolti indistintamente TUTTI i compiti e che essi devono essere inviati alla correzione tutti insieme, in una sola volta. Ciò è indispensabile per potervi attribuire la giusta votazione. Mancando qualche soluzione i compiti vengono restituiti non corretti e non classificati.
5. Non inviate alla correzione i compiti di più di tre Dispense alla volta; se la soluzione dei compiti vi presenta qualche difficoltà, limitatevi ad inviare i compiti di una Dispensa per volta.
6. Non limitatevi ad indicare il risultato finale, ma esponete anche tutto il procedimento seguito ed i calcoli attraverso i quali siete giunto al risultato; solo in questo modo sarà possibile indicarvi l'errore commesso e « dove » è stato commesso.
7. Ponete particolare cura e ordine nella esecuzione e presentazione dei disegni, che possono essere eseguiti a matita o a inchiostro di China.
8. Richieste di spiegazioni e di consulenza sulla materia di studio devono essere inviate separatamente come lettere ordinarie, unendo sempre per la risposta una busta affrancata e con il vostro indirizzo per la risposta.
9. Rammentate che i voti riportati nella correzione dei compiti servono per il rilascio del certificato di studio finale. Eseguite quindi le vostre soluzioni con cura, dopo avere studiato attentamente, e con-

trollatele scrupolosamente prima di inviarle alla correzione. Otterrete certo risultati migliori.

10. Le soluzioni dei compiti potranno essere inviate alla correzione *entro tre anni* dalla data di iscrizione al corso. L'invio delle Dispense da parte dell'Istituto avviene indipendentemente dalla presentazione dei compiti.
11. Vi preghiamo di *non* inviarci soluzioni di *singoli* compiti scelti da una Dispensa.
12. I compiti possono essere spediti come « MANOSCRITTI APERTI » con notevole risparmio, e ad ogni invio deve essere allegata una busta, con il vostro indirizzo e sufficientemente affrancata per il ritorno. A richiesta, con modica spesa, l'Istituto fornisce una solida cartella con custodia per la spedizione continua dei compiti. Essa ci potrà essere ordinata con il bollettino allegato.
13. Vi preghiamo di **INDICARE SEMPRE IL VOSTRO NUMERO DI ISCRIZIONE** su tutti i compiti e su tutte le corrispondenze o pagamenti che avrete occasione di inviarci.



## COMPITI

- Qual'è la differenza tra un magnete permanente e un magnete temporaneo?
  - A che cosa serve la vite di contatto S nelle figg. 6 e 7?
    - Perchè è mobile la vite di contatto?
  - Che cos'è una pila e che cos'è una batteria?
  - Come si possono rendere visibili le linee di forza di un magnete?
  - In che direzione vanno le linee di forza di un magnete: dal polo nord al polo sud o viceversa?
  - $7a \cdot \frac{1}{a}b = ?$
    - $8ab \cdot 5c = ?$
    - $5x \cdot 6yz = ?$
  - $7y = 14$   
 $y = ?$
    - $6x = 1$   
 $x = ?$
    - $15 = 20x$   
 $x = ?$
  - Conserva di più il magnetismo una sbarra di acciaio o una sbarra di ferro dolce?
  - Che cosa si intende per intensità di corrente e per tensione?
  - $\frac{x}{5} = \frac{4}{5}$   
 $x = ?$
    - $\frac{x}{2} = \frac{3}{6}$   
 $x = ?$
    - $4x = 1$   
 $x = ?$
    - $\frac{4x}{5} = \frac{6}{3}$   
 $x = ?$
-

## FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 1

Formula N.

(1) Circonferenza  $C = 3,14 \cdot d$  . . . . . pag. 6

---

**Stampato come manoscritto**

Ogni alienazione, prestito o diffusione in genere di questa Dispensa,  
anche in riassunto, è proibita.

Tutti i diritti, in particolare la traduzione in lingue straniere, sono  
riservati.

---

**TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI**

**OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO, 9  
VARESE**

DISPENSA N° 2

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

## INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 2

<b>Riassunto delle materie trattate nella dispensa precedente</b>	pag. 1
<b>Sorgenti di correnti nella tecnica delle telecomunicazioni</b>	» 1
Pile e batterie	» 1
Materiali e costituenti gli elettrodi delle pile	» 2
Liquidi usati nelle pile	» 2
Pila Leclanché	» 2
Pila Bunsen	» 3
Pila Daniell	» 3
Pila a secco	» 3
Domande	» 4
<b>Matematica</b>	» 4
3. Le equazioni (continuazione)	» 4
<b>Tecnica dei collegamenti</b>	» 5
Collegamento di pile	» 5
Collegamento in serie	» 6
Collegamento in parallelo	» 7
Alcuni esempi d'applicazione	» 8
Domande	» 10
Collegamento di impianti di campanelli	» 10
Collegamento semplice delle pile	» 10
Collegamento « misto » delle pile	» 12
Dispositivo di chiamata a cartellini	» 12
Domande	» 13
<b>Radiotecnica</b>	» 13
Le onde elettriche	» 13
Che cos'è l'« etere »?	» 16
Domande	» 17
<b>Matematica</b>	» 17
4. La moltiplicazione dei numeri interi	» 17
5. La divisione dei numeri interi	» 17
6. La moltiplicazione dei numeri decimali	» 18
7. La divisione dei numeri decimali	» 18
<b>Impianti telegrafici</b>	» 19
Il telegrafo Morse	» 19
L'alfabeto Morse	» 20
Costituzione di un impianto telegrafico	» 20
L'amplificazione delle correnti	» 22
Collegamenti telegrafici a correnti di lavoro e di riposo	» 22
Domande	» 24
<b>Conclusione</b>	» 25
<b>Compiti</b>	» 25

### TABELLE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 2

Tabella N. 1: Serie elettrolitica delle tensioni	» 2
Tabella N. 2: Pile galvaniche	» 4

---

Stampato come manoscritto

Ogni alienazione, prestito o diffusione in genere di questa dispensa, anche in riassunto, è proibita.

Tutti i diritti, in particolare la traduzione in lingue straniere, sono riservati.

---

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 2

## RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Terminato lo studio della prima Dispensa, avrete avuto agio, nell'intervallo di alcuni giorni, di meditare le nozioni apprese. Vogliamo ripeterle ora brevemente.

La corrente elettrica circolando lungo un filo metallico isolato, avvolto attorno ad una sbarretta di ferro dolce, genera in questa ultima del magnetismo. Questa era la prima cosa che avete imparato. Dopo aver approfondito le vostre cognizioni sugli effetti e sulla costruzione di un elettromagnete (o elettrocalamita), siete già stati in grado di comprendere il funzionamento di un campanello elettrico.

Nel Capitolo seguente avete conosciuto alcune sorgenti di corrente debole e contemporaneamente avete imparato che cosa siano l'elettricità « di sfregamento » e l'elettricità « di contatto ». Voi sapete ormai bene che cosa significhino questi due termini. Alessandro Volta, grande scienziato italiano, costruì la prima pila, basandosi sugli esperimenti fatti da Galvani con le coscie di rana.

La « pila voltiana », come si chiamò questa prima pila, era costituita da piastrine di due metalli differenti, tra le quali era inserito un panno di feltro imbevuto di acqua acidulata. La pila voltiana fu l'inizio dello sviluppo di una serie di altre pile migliori, che vi descriveremo dettagliatamente.

Continuando nella lettura della prima Dispensa, siete stati condotti a visitare una stazione radio, allo scopo di avere un'idea delle operazioni che si compiono durante le trasmissioni e le ricezioni. Avete poi appreso i fondamenti del magnetismo e dell'elettromagnetismo. Vi è stato mostrato che poli uguali si respingono e poli opposti si attraggono. Inoltre vi è stato spiegato, cosa sono il campo magnetico e la direzione delle linee di forza; inoltre come si fa a magnetizzare, cioè a trasmettere il magnetismo ad un cilindro di acciaio che ne sia originariamente privo.

Un Capitolo particolare era dedicato allo studio della corrente elettrica, e avete così appreso i concetti di « intensità di corrente », « tensione » e « resistenza ».

Nel campo della matematica abbiamo trattato dapprima l'addizione, la sottrazione e la moltiplicazione, tutte operazioni che già conoscete sicuramente dalla scuola. Anche parlando delle « equazioni » non si è forse toccato un argomento del tutto nuovo per voi; tuttavia bisogna insistere, perchè vi fissiate bene in mente proprio questo Capitolo, poichè la trasformazione delle equazioni vi sarà molto utile anche per i calcoli più semplici.

È molto importante riflettere bene su tutte le nozioni e « maturare » così, quanto si è appreso. Questo consiglio è molto serio. Dovete meditare varie volte tutta la materia trattata in una dispensa, analizzare le questioni da questo o da quel punto di vista e chiedervi continuamente, se avete veramente ben compreso tutto. Solo dopo questo lavoro coscienzioso tutta la materia di studio sarà diventata vostra proprietà spirituale.

## SORGENTI DI CORRENTE NELLA TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI



### Pile e batterie

Voi conoscete già i principi secondo i quali sono costituite le pile. Avete infatti imparato come era composta e come funzionava la pila di Volta. Dalla pila voltiana ebbe origine, col tempo, una vera pila elettrica, capace di fornire una quantità assai maggiore di corrente. Ciò si otteneva, immergendo in un vaso di vetro, contenente acido solforico diluito, una piastra di zinco ed una piastra di rame. La piastra di rame costituiva il polo positivo, quella di zinco il polo negativo della pila.

Collegando le due piastre per mezzo di un circuito conduttore, si otteneva una corrente.

Le due piastre di metallo (quella di rame e quella di zinco) si chiamano « elettrodi ». La corrente che si forma nella pila, esce dal polo positivo e, attraverso il circuito conduttore, raggiunge il polo negativo; in altre parole, essa scorre dalla piastra di rame alla piastra di zinco.

Avete inoltre già appreso che, invece di una piastra di rame ed una di zinco, si possono pure usare, col medesimo risultato, una piastra di zinco ed una di carbone. Ora è necessario però apprendere altre cose sulle pile. Nell'ultimo capitolo avete già imparato che cosa si intenda per « tensione elettrica ». Ora fra i morsetti degli elettrodi di una pila esiste proprio una tensione elettrica, che si può perfino misurare con un apposito misuratore di tensione che vi spiegheremo in seguito.

## Materiali costituenti gli elettrodi delle pile.

La tensione fornita da una pila varia a seconda dei materiali che ne costituiscono gli elettrodi. Esistono certi materiali molto adatti per formare gli elettrodi, perchè, messi in una pila, forniscono tensioni relativamente elevate; altri materiali invece sono meno adatti. Con degli esperimenti si può trovare senz'altro, quali sono i materiali fra i quali, in una pila, si forma la tensione maggiore.

Tabella N. 1		Serie elettrolitica delle tensioni
Materiale		Tensione in volt verso l'alluminio
Alluminio	Metallo non nobile ↓ ↑ Metallo nobile	0,00
Zinco		0,69
Cromo		0,89
Ferro		1,02
Cadmio		1,03
Nichel		1,20
Piombo		1,32
Rame		1,80
Argento		2,25
Carbone		2,35
Oro		2,95

Nella tabella qui accanto sono elencati vari materiali da tenere in considerazione per la fabbricazione di pile.

In questo elenco questi materiali sono disposti in un certo ordine di successione, iniziando cioè con metalli « comuni » e terminando con metalli « nobili », in modo da formare quella che si chiama « serie elettrolitica delle tensioni ».

Osservate che in questa tabella il carbone è compreso tra i due metalli nobili argento e oro.

Non è necessario che impariate questa tabella a memoria, poichè potrete ritrovarla qui in questa dispensa ogni qual volta vi occorrerà.

Affinchè possiate meglio comprendere l'utilità di questa tabella, vi facciamo qualche esempio:

La pila che presenta la massima tensione, e precisamente 2,95 volt, è quella che possiede un elettrodo di alluminio e l'altro di oro. Dato il prezzo, non si usano naturalmente elettrodi d'oro; ma poichè nella « serie delle tensioni » il carbone precede immediatamente l'oro, si possono usare elettrodi di carbone invece che elettrodi d'oro.

Ed eccovi una regola generale:

Si devono sempre scegliere per gli elettrodi dei materiali che siano distanti il più possibile fra loro nella « serie delle tensioni ».

Più vicini sono i materiali nella serie, e più piccola è la tensione sviluppata tra di essi in una pila.

Dalla tabella risulta che la tensione esistente tra rame e piombo è uguale a solamente  $1,8 - 1,33 = 0,48$  volt. La tensione tra rame e zinco è invece di  $1,80 - 0,69 = 1,11$  volt.

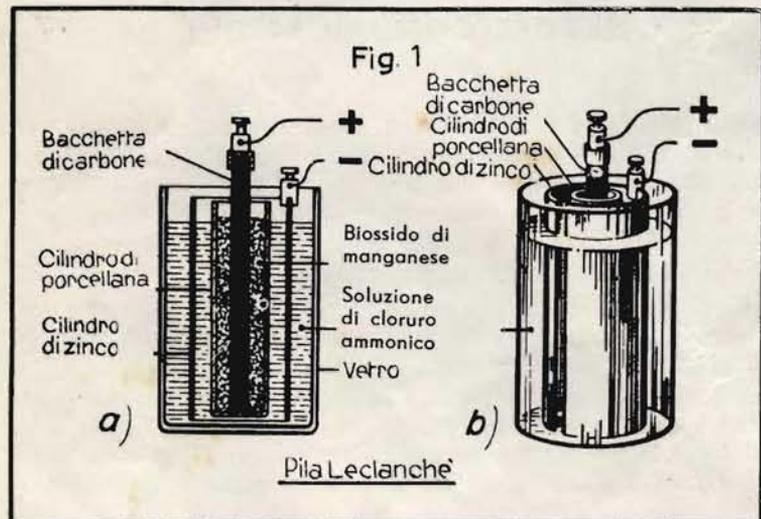
La ragione per cui si usa lo zinco invece dell'alluminio, che è molto più diffuso in natura, non occorre venga spiegata qui.

## Liquidi usati nelle pile.

Oltre all'acido solforico diluito vengono usati nelle pile altri liquidi, o elettroliti, per usare il termine tecnico, ossia altri acidi diluiti e anche soluzioni di certi sali.

Quando una pila fornisce corrente, nell'interno di essa si sviluppano sempre delle reazioni chimiche, durante le quali uno dei due elettrodi, e precisamente quello costituito da metallo meno nobile, si consuma.

Quando vi diciamo che una pila (costituita da una piastra di zinco ed una di rame, con soluzione diluita di acido solforico come elettrolita) fornisce una tensione di 1,1 volt, dovete però tener sempre presente che la intensità di corrente sviluppata è minuscola. Inoltre questo tipo di pila non è indicato per l'uso pratico, perchè in seguito alla reazione chimica, presso l'elettrodo di zinco si sviluppa continuamente idrogeno; ora questo gas, mescolandosi con l'aria, forma la cosiddetta miscela detonante che può esplodere con facilità. Inoltre le bollicine di idrogeno si depositano sulla superficie dell'elettrodo di rame, isolandolo in tal modo, dopo un certo tempo, dal contatto con l'acido. Una pila di questo genere si esaurisce quindi rapidamente, finchè la sua tensione scompare completamente. Questo effetto non desiderato si chiama polarizzazione della pila. Nei capitoli seguenti vedrete in che modo si può ridurre questo inconveniente.



## Pila Leclanché.

Una pila molto usata in pratica è la cosiddetta « pila Leclanché », che si incontra spesso per esempio negli impianti di campanelli.

Forse voi la conoscete meglio in un'altra sua forma assai comune, quella della pila per

lampadine tascabili. La pila Leclanché è costituita da un bastoncino di carbone ed un bastoncino di zinco immersi in soluzione di cloruro ammonico. L'esperienza dimostrò che è meglio circondare il bastoncino di carbone con un cilindro di terracotta contenente granuli di biossido di manganese. (Il biossido di manganese, detto anche pirolusite, ha la proprietà di fissare l'idrogeno che si forma nella pila; esso serve quindi a ritardare la polarizzazione della pila e a far sì che la tensione diminuisca meno rapidamente). Il bastoncino di zinco viene generalmente sostituito con un cilindro di zinco (fig. 1-b). In luogo del cilindro di terracotta si può usare anche un sacchetto contenente i pezzetti di biossido di manganese legato attorno all'elettrodo di carbone. Nella fig. 2 (pag. 3) si vede un siffatto elettrodo di carbone a sacchetto.

#### Pila Bunsen.

Un altro tipo di pila si chiama « pila Bunsen » dal nome del suo inventore. È costituito da un recipiente di vetro nel quale sono contenuti un robusto cilindro di zinco e un cilindro poroso di terracotta. Nell'interno di quest'ultimo si trova un bastoncino di carbone. Il recipiente principale è riempito di acido solforico diluito; il cilindro di terracotta contiene acido nitrico concentrato. La pila Bunsen fornisce quasi 1,9 volt e la sua tensione non varia quasi per niente.

#### Pila Daniell.

Va ricordata pure la « pila Daniell », costituita da un cilindro di terracotta circondato da un cilindro di rame e immerso in un vaso di vetro contenente soluzione satura di solfato di rame. Nell'interno del cilindro di terracotta, riempito con acido solforico diluito o con soluzione di solfato di zinco, si trova un bastoncino di zinco. La tensione della pila può raggiungere 1,11 volt.

Le pile finora descritte sono tutte cosiddette pile « a liquido »; di questo genere ne esistono d'altronde numerosi altri tipi, alcuni dei quali sono elencati nella tabella N. 2 a pag. 4.

#### Pile a secco.

Oltre alle pile « a liquido » esistono pure le cosiddette « pile a secco ». In queste pile non esiste il vaso di vetro destinato a contenere il liquido elettrolitico; e lo stesso elettrodo di zinco che fa da recipiente, in quanto assume la forma di un bicchierino (fig. 3). In questo bicchierino di zinco è infilato un sacchetto contenente un miscuglio di carbone e biossido di manganese, nonché un bastoncino di carbone che fa da elettrodo e che sporge dalla parete superiore dell'elettrodo di zinco, come si vede nella fig. 3. La pila a secco è poi riempita con segatura oppure gelatina imbevuta di una soluzione di cloruro ammonico o simile. Il cilindro di zinco, che ha il fondo come un bicchiere, è richiuso in alto con un dischetto di cartone e sigillato con uno speciale mastice o vernice (fig. 4).

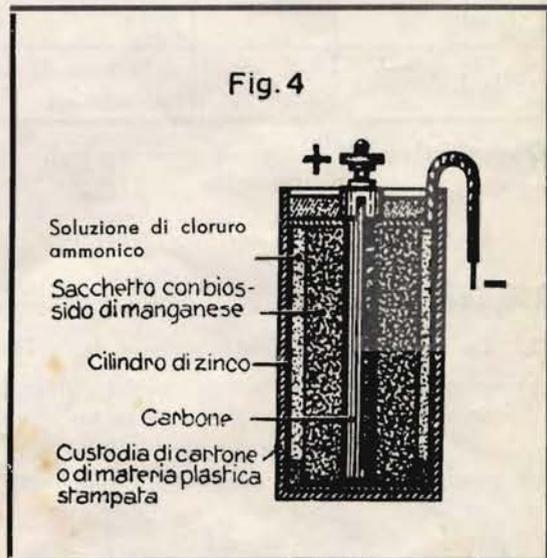
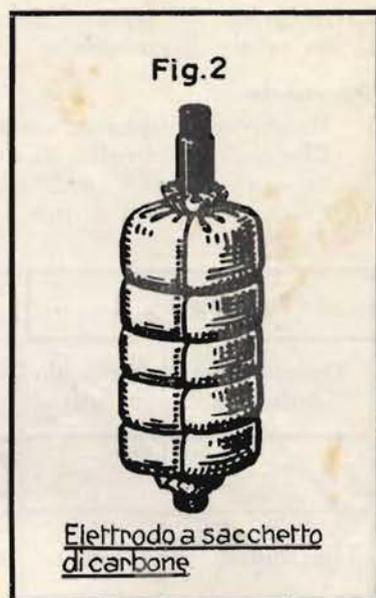
Le « batterie per lampadine tascabili » sono costituite da parecchie (generalmente tre) di queste pile. Le cosiddette « batterie anodiche » per apparecchi radio, che forse già conoscete, sono costituite da molte di queste pile.

D'altra parte si fabbricano anche pile a secco di dimensioni maggiori, usate generalmente per l'alimentazione di impianti di campanelli e di segnalazione.

Nella Tabella N. 2 (pag. 4) sono elencate le più importanti pile « a secco » e « a liquido ». Nella tabella sono anche indicati i tipi di elettrodi e di elettroliti usati.

Nei casi, in cui trovate indicati due diversi elettrodi nella medesima pila, essi sono generalmente separati per mezzo di un cilindro di terracotta.

Nella penultima colonna della tabella si trovano i dati sulla cosiddetta « resistenza interna » delle pile. A questo proposito è necessaria una breve delucidazione. Come già avete appreso, ogni conduttore elettrico oppone una certa resistenza al passaggio della corrente. I conduttori che collegano tra di loro gli elettrodi di una pila, p. es. attraverso un campanello oppure una lampadina, costituiscono la parte esterna del circuito. Ma, come abbiamo già accennato una volta, il circuito della corrente si chiude nell'interno della pila. Esattamente come la parte esterna del circuito, anche la parte interna oppone una certa resistenza al passaggio della corrente.



La resistenza della parte interna del circuito si chiama « resistenza interna » della pila.  
Il suo valore dipende dalle dimensioni della pila e dalla disposizione degli elettroliti.

### Domande

1. Da che cosa dipende la tensione di una pila?
2. Che cos'è l'elettrolita di una pila?
3. In quali generi si suddividono i vari tipi di pila? in pratica!
4. Citate alcuni tipi di pile « a liquido » che si usano in pratica!

Tabella N. 2		Pile galvaniche				
Designazione della pila	Elettrodo negativo	Elettrolita		Elettrodo positivo	Resistenza interna della pila in ohm	Volt
Pila Daniell	Zinco	Acido solforico al 25%	Solfato di rame	Rame	5	1,7
Pila Bunsen	Zinco	Acido solforico	Acido nitrico fumante	Carbone	0,24	1,88
Pila Meidinger	Zinco	Solfato di magnesio	Solfato di rame	Rame	7,5-10	1,06
Pila Krüger	Zinco	Solfato di zinco	Solfato di rame	Rame	3-8	1,06
Pila Leclanché	Zinco	Soluzione di cloruro ammonico		Carbone (e biossido di manganese)	0,5	1,5
Pila a sacchetto	Zinco	Soluzione di cloruro ammonico		Carbone (e biossido di manganese)	0,06-0,09	1,5
Pila a secco	Zinco	Soluzione di cloruro ammonico		Carbone (e biossido di manganese)	0,15-0,5	1,5
Pila all'acido cromatico	Zinco	Acido solforico diluito	Bicromato di potassio	Carbone	0,04	2
Pila Lalande	Zinco	Soluzione di potassa caustica	Ossido di rame	Ferro	0,01-0,06	0,7-0,9

**Osservazione:** I valori di tensione indicati nella tabella si riferiscono a pile di grandezza uguale comunemente usata.

## MATEMATICA

### 3. Le equazioni (Continuazione dalla Dispensa N. 1, pag. 25).

Avete appreso per ultimo due regole, di cui la regola 2-a diceva quanto segue:

« I numeri che stanno in un membro dell'equazione a moltiplicare, possono essere trasportati nell'altro membro a dividere ».

Un esempio vi servirà meglio a richiamare alla memoria la regola:

$$\begin{aligned} 7x &= 35 \\ x &= \frac{35}{7} \\ x &= 5 \end{aligned}$$

La regola 2-a si può usare anche all'incontrario, e diventa allora la regola 2-b. Eccone un esempio:

$$\begin{aligned} \frac{x}{4} &= 2,5 \\ x &= 2,5 \cdot 4 \\ x &= 10 \end{aligned}$$

Alle volte capita che l'incognita  $x$  sia nello stesso tempo moltiplicata per un numero e divisa per un altro, p. es. nel seguente caso:

$$\frac{x \cdot 2}{3} = 6$$

Anche questa equazione si può risolvere usando le regole che abbiamo imparate. Dobbiamo trasformarla in modo che alla fine rimanga nel primo membro soltanto l'incognita  $x$ .

Cominciamo con l'eliminare il 3, che si trova sotto la linea di frazione. Usando la regola 2-b, eliminiamo il 3 moltiplicando per 3 il secondo membro; l'equazione  $\frac{2x}{3} = 6$  si trasforma quindi nella seguente:

Ora però la  $x$  non è ancora isolata, poichè si trova ancora unita al fattore 2. Usando la regola 2-a eliminiamo questo 2 dividendo il secondo membro dell'equazione per 2, e pertanto l'equazione  $2x = 6 \cdot 3$  diventa

$$x = \frac{6 \cdot 3}{2}$$

Possiamo ora calcolare il secondo membro ed otteniamo il risultato cercato:

$$x = 9$$

**Esempi:**

$$\frac{7x}{3} = 7$$

$$7x = 7 \cdot 3$$

$$x = \frac{7 \cdot 3}{7}$$

$$x = 3$$

$$\frac{5x}{2} = 25$$

$$5x = 25 \cdot 2$$

$$x = \frac{25 \cdot 2}{5}$$

$$x = 10$$

$$\frac{3x}{6} = 2$$

$$3x = 2 \cdot 6$$

$$x = \frac{2 \cdot 6}{3}$$

$$x = 4$$

### Risposta alle domande di pag. 3

1. La tensione di una pila dipende principalmente dai materiali che costituiscono gli elettrodi.
2. L'elettrolita è liquido, nel quale sono immersi gli elettrodi di una pila. P. es. l'acido solforico diluito è un elettrolita.
3. Le pile si dividono in pile « a liquido » e pile « a secco ».
4. La pila Leclanché e la pila Bunsen sono pile a liquido usate in pratica.

## TECNICA DEI COLLEGAMENTI

I collegamenti, di cui si tratta nella elettrotecnica, riguardano la connessione reciproca delle sorgenti di corrente e degli utilizzatori di corrente fra di loro e con la relativa rete di conduttori.

Nella Dispensa N. 1 e nel primo Capitolo di questa Dispensa avete conosciuto le più semplici sorgenti di corrente, le cosiddette « pile ». Ora dovete apprendere come si possono collegare tra di loro parecchie di queste pile in modo da formare delle batterie. Di questo trattano appunto i Capitoli seguenti.

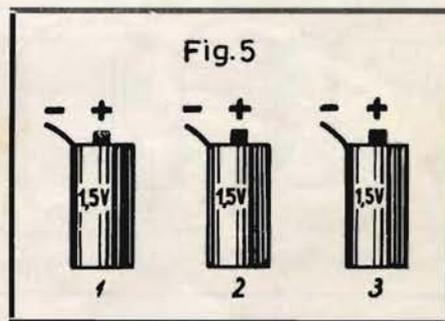
### Collegamento di pile

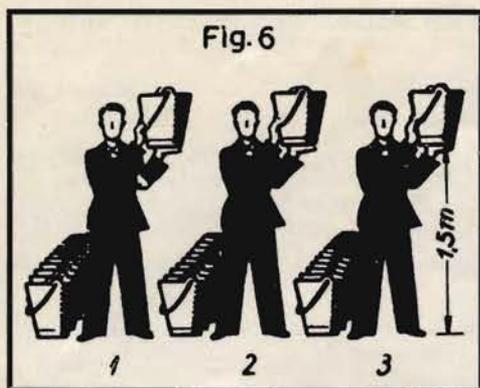
La fig. 5 mostra tre pile isolate. Ognuna di queste pile ha una tensione di 1,5 volt, in altre parole ognuna di queste pile è capace di « spingere » l'elettricità con una certa forza che si misura appunto in volt. La corrente fornita da una pila non deve però superare una certa intensità.

D'altra parte l'intensità di corrente dipende dalle proprietà dell'utilizzatore di corrente allacciato. Esistono infatti utilizzatori che per funzionare consumano molta corrente, altri che ne abbisognano di poca.

Pensate per analogia ad una fontana a zampillo. Una piccola fontana ha una piccola corrente d'acqua, una grande fontana ha una grande corrente d'acqua. E per quanto riguarda la pressione dell'acqua, possiamo pure fare una analogia: se la pressione è forte, l'acqua zampillerà molto in alto, se invece è debole, ne conseguirà un'altezza limitata dello zampillo. Quello che nel caso della fontana è la pressione dell'acqua, nel caso della corrente elettrica è la « tensione ».

Qui però si vuole parlare di sorgenti di corrente. Paragoniamo le nostre tre sorgenti di corrente, cioè le tre pile della fig. 5, a tre uomini capaci di sollevare ciascuno un secchio pieno di acqua all'altezza di 1,5 metri (fig. 6).





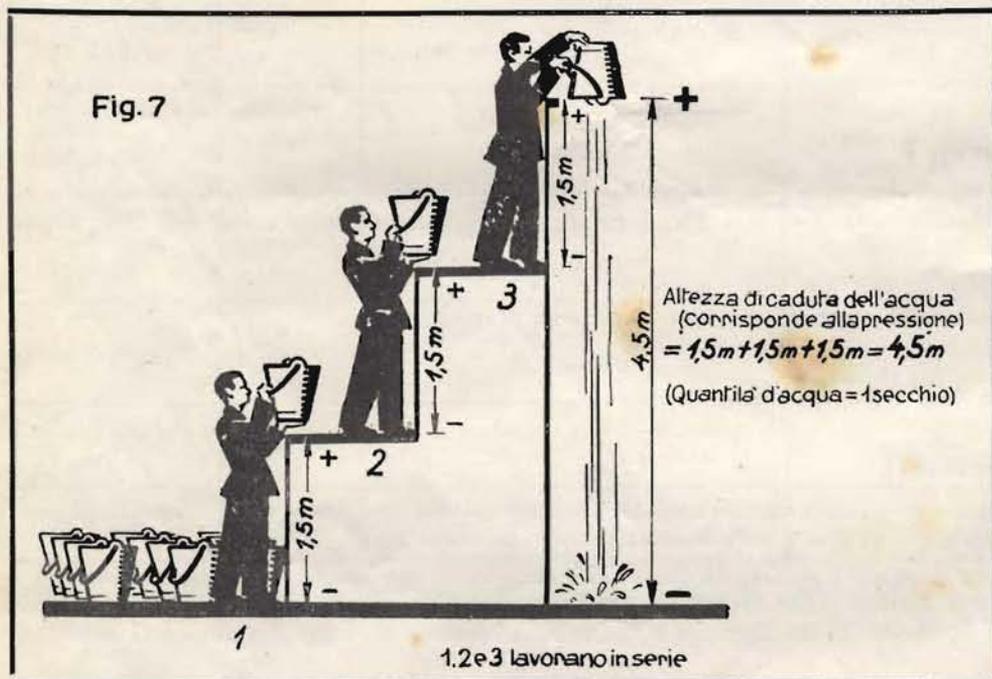
Per il momento le nostre pile della fig. 5 non erogano ancora alcuna corrente, però esse si trovano « sotto tensione ». Anche i tre uomini della fig. 6 non erogano ancora nulla della loro acqua. Ciononostante, l'acqua nei secchi sollevati possiede già una certa pressione che si può utilizzare; basterebbe infatti che gli uomini rovesciassero i secchi e lasciassero scorrere l'acqua.

#### Collegamento in serie.

La pressione esercitata dall'acqua rovesciata dai secchi, sarà tanto più forte, quanto maggiore sarà l'altezza, alla quale gli uomini avranno sollevato i secchi e dalla quale avranno rovesciato l'acqua.

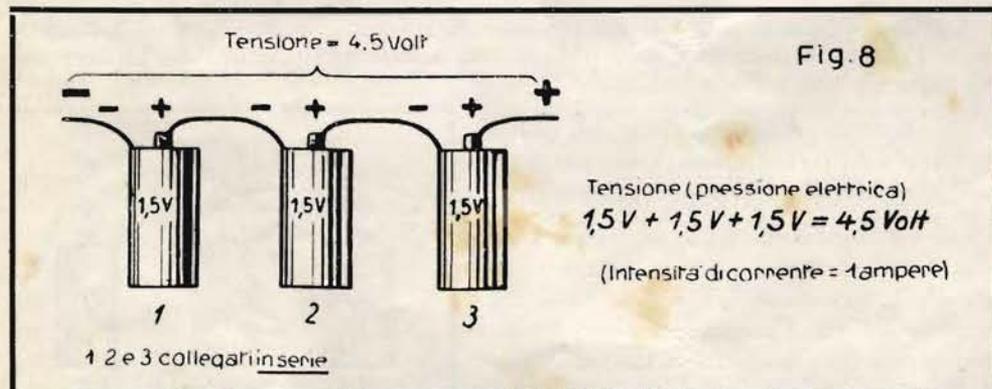
I tre uomini che abbiamo paragonato alle tre pile tengono sollevati i secchi all'altezza di 1,5 metri. La tensione di ciascuna delle pile della fig. 5 ammonta a 1,5 volt.

Se ora i tre uomini si dispongono in maniera adeguata, unendo i loro sforzi, ossia mettendosi nel giusto collegamento tra loro, essi saranno in grado di sollevare l'acqua ad un'altezza tre volte superiore, ossia di triplicare la pressione dell'acqua rovesciata. La fig. 7 dimostra come devono procedere i tre uomini. L'uomo « 1 » porge il suo secchio all'uomo « 2 »; questo lo passa all'uomo « 3 ». In definitiva, mentre l'uomo « 1 » è capace di sollevare il secchio d'acqua ad un'altezza di 1,5 metri soltanto, per mezzo della collaborazione con il suo compagno « 2 » può portare il secchio a 3 metri (1,5 metri + 1,5 metri); se poi partecipa anche il compagno « 3 », l'altezza complessiva di caduta dell'acqua aumenterà ancora e diventerà uguale a 4,5 metri.



a 4,5 metri. Invece la quantità d'acqua che i tre uomini sono in grado di rovesciare, è sempre uguale a quella contenuta in un secchio. Possiamo dunque fare la seguente constatazione: *Nel modo, in cui collaborano i tre uomini della fig. 7, passandosi il secchio, uno dopo l'altro, è possibile aumentare solamente la pressione dell'acqua.* I tre uomini si sono disposti « uno dietro l'altro »; l'effetto della loro azione è: aumento della pressione dell'acqua in seguito all'aumento dell'altezza di caduta dell'acqua stessa.

Torniamo ora alle nostre tre pile. Ogni pila possiede, come sappiamo, una tensione (pensate alla pressione dell'acqua!) di 1,5 volt. Spesso però non si può far nulla con una tensione di solo 1,5 volt. Per esempio vorremmo accendere una piccola lampadina; ma la tensione che occorre a questo scopo, ammonta almeno a 4,5 volt.



Poichè però disponiamo di tre pile da 1,5 volt ciascuna, basta collegare le tre pile una dietro l'altra per ottenere una tensione di 4,5 volt.

osserviamo in proposito la fig. 8. Il polo positivo della prima pila è collegato col polo negativo della terza. Questo collegamento di una pila dietro l'altra è quello che in elettrotecnica si chiama: **collegamento in serie**. Si dice quindi che le tre pile sono collegate in serie. La tensione elettrica complessiva che viene fornita da tre pile da 1,5 volt collegate in serie è uguale a 4,5 volt.

Supponiamo che una delle tre pile possa fornire al massimo una corrente di 1 ampère. Allora anche le tre pile collegate in serie non possono fornire più di 1 ampère. Infatti se osservate di nuovo la fig. 7 vedete che i tre uomini hanno sollevato un solo secchio (quantità d'acqua = 1 secchio) all'altezza di 4,5 metri e l'hanno rovesciato da quell'altezza. Invece la pressione esercitata dall'acqua è aumentata, essendo aumentata a 4,5 metri l'altezza, dalla quale essa viene rovesciata. E la conclusione, riportata in termini elettrotecnici, è la seguente:

*Nel collegamento in serie di pile, la tensione è uguale alla somma delle singole tensioni. La intensità di corrente invece rimane inalterata.*

Viste dall'alto, le tre pile collegate in serie e costituenti in tal modo una batteria, corrispondono alla fig. 9-a. Voi conoscete però fin dalla prima Dispensa la rappresentazione schematica, nella quale il polo positivo è raffigurato da un tratto corto e grosso, quello negativo da un tratto lungo e sottile. Usando questa rappresentazione, otteniamo la fig. 9-b. Negli schemi elettrici si fa però a meno delle lunghe linee di collegamento fra le singole pile, e si disegna la batteria così come è indicato nella fig. 9-c.

### Collegamento in parallelo.

Nella fig. 10 si vede un altro modo, in cui possono collaborare i tre uomini coi loro secchi. Anche ora ognuno di loro è capace di sollevare un secchio all'altezza di 1,5 metri. Questa volta però essi non si sono disposti uno dietro all'altro, bensì uno accanto all'altro, parallelamente, e rovesciano assieme il contenuto dei loro secchi. In tal modo i tre uomini non hanno aumentato l'altezza dalla quale viene rovesciata l'acqua, che è sempre 1,5 metri, però invece di rovesciare un solo secchio ne rovesciano tre assieme, e hanno quindi aumentato la quantità di acqua. La pressione dell'acqua invece rimane la stessa. È dunque chiaro che, nel modo in cui collaborano i tre uomini nella fig. 10, cioè uno accanto all'altro, « in parallelo », per dirla con termine elettrotecnico, è possibile soltanto aumentare la quantità d'acqua rovesciata, ma non la pressione esercitata dall'acqua, che rimane inalterata.

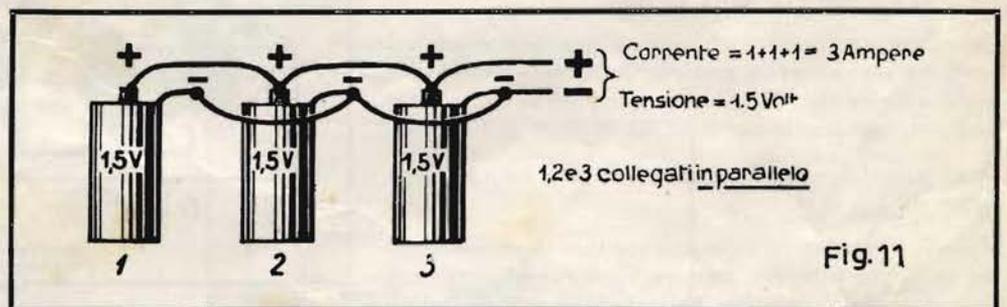
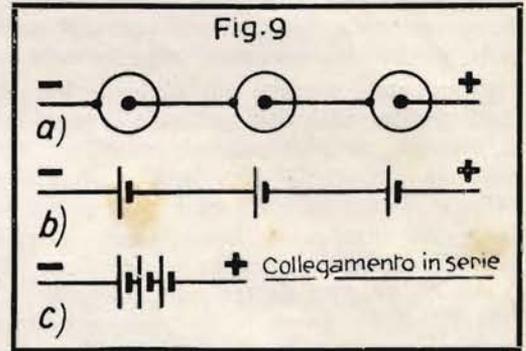
Anche nel caso delle nostre pile è la stessa cosa. Osservate infatti la fig. 11, nella quale le tre pile sono collegate una accanto all'altra, cioè « in parallelo ». Ciascuna pila fornisce una tensione di 1,5 volt. Le tre pile in parallelo forniscono pure soltanto 1,5 volt, poichè la tensione elettrica, analogamente alla pressione dell'acqua nel caso degli uomini coi secchi, rimane inalterata. Invece la intensità di corrente che le tre pile possono erogare assieme, è più grande di quella che può dare una singola pila. Infatti, se pensate ancora al paragone della figura 10, notate che i tre uomini lavorano assieme, in parallelo, e rovesciano assieme i loro secchi d'acqua. Quindi la quantità d'acqua è maggiore. La stessa cosa avviene per le tre pile.

Se ognuna delle pile è capace di erogare da sola una corrente di 1 ampère, le tre pile collegate in parallelo potranno dare insieme 3 ampère.

Ed ecco quindi la conclusione:

*Nel collegamento in parallelo di varie pile, la corrente risultante è uguale alla somma delle correnti erogate dalle singole pile. La tensione invece rimane inalterata.*

Osservate di nuovo, dall'alto, le tre pile collegate in parallelo. Si presentano come è disegnato nella fig. 12-a. Tutti i poli positivi sono collegati fra di loro. Noterete inoltre, e questo può servirvi d'aiuto alla memoria, che i conduttori di collegamento tra le singole pile sono paralleli tra loro. La fig. 12-b mostra la giusta rappresentazione schematica della batteria, costituita dalle pile collegate in parallelo, e nella fig. 12-c si vede ancora, co-



me negli schemi si risparmia spazio, avvicinando tra loro i simboli delle singole pile. Riassumendo, sono da tener presenti le seguenti regole:

Nel collegamento in serie di varie pile si sommano le tensioni.

Nel collegamento in parallelo di varie pile si sommano le correnti.

### Alcuni esempi d'applicazione.

Un esempio pratico di collegamento in serie di pile singole è la batteria per lampadine tascabili, nella quale sono riunite tre pile da 1,5 volt in modo da dare una tensione risultante di 4,5 volt. Dieci singole « celle » o « elementi » (come si chiamano anche le pile singole) collegati in serie danno una tensione di 15 volt. Se ogni singola cella eroga 2 volt e si mettono in serie 6 di tali celle, allora alle estremità della batteria si hanno 12 volt.

Sicuramente conoscete già anche le batterie d'accumulatori, sia quelle della radio che quelle dell'automobile o della moto. Forse sapete pure che esistono batterie d'accumulatori da 4 volt, altre da 6 volt e anche da 12 volt. Nella fig. 13 si vede una batteria d'accumulatori da 4 volt.

In realtà tutte queste batterie sono costituite sempre da varie celle. Ogni cella d'accumulatore eroga una tensione di 2 volt. Pertanto una batteria da 6 volt è costituita da tre celle collegate in serie (fig. 14). Per determinati scopi esistono perfino grosse batterie d'accumulatori che danno una tensione di 220 volt. È ormai facile per voi calcolare che una siffatta batteria deve essere costituita da 110 elementi.

Sia gli accumulatori che le pile sono sorgenti di corrente. Tuttavia esiste fra di essi una differenza sostanziale: le pile però forniscono corrente da esse stesse generata, mentre nel caso degli accumulatori occorre dapprima introdurre in essi una certa quantità di corrente, che essi sono in grado di restituire più tardi. Come dice la stessa parola, gli accumulatori accumulano, cioè immagazzinano corrente che può così essere tenuta in serbo per usarla più tardi. In un capitolo successivo apprenderete maggiori e più precisi particolari sugli accumulatori.

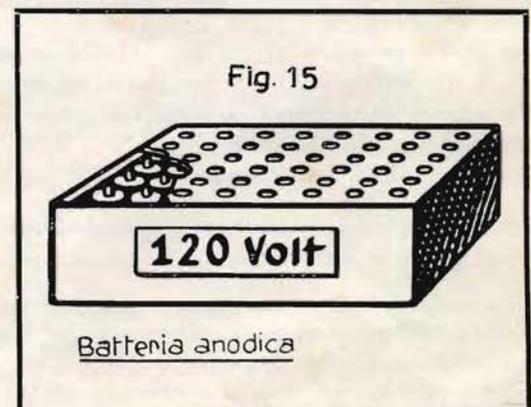
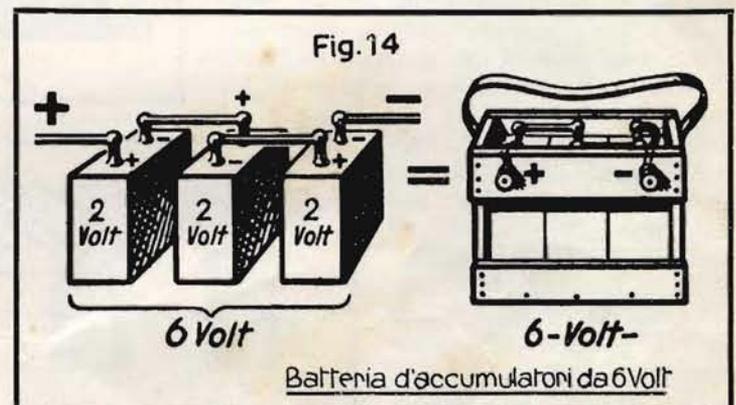
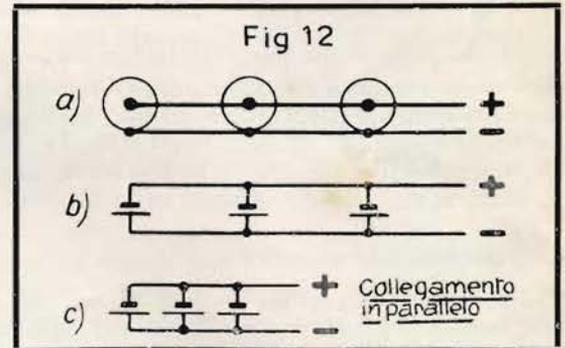
Come abbiamo prima parlato di batterie d'accumulatori a tensione elevata, così dobbiamo ricordare che esistono anche batterie costituite da un gran numero di piccole pile a secco simili a quelle delle figure 5 e 8, capaci di erogare esse pure tensioni elevate. Si tratta delle « batterie anodiche », che forse conoscete già dalla radio.

Una batteria anodica di questo genere, usata nei cosiddetti « ricevitori radio a batteria », è rappresentata nella fig. 15. Si costruiscono batterie anodiche p. es. per le tensioni di 90, 100 o 120 volt.

Ogni singola cella di queste batterie ha una tensione di 1,5 volt.

Ora vi si presenterà sicuramente una domanda: come mai, per ottenere una tensione elevata, in certi casi si usano le costose batterie d'accumulatori, e in altri casi le batterie anodiche, che costano molto meno? La ragione è assai semplice: le batterie d'accumulatori, più grosse e voluminose, possono dare più corrente, ossia erogare un'intensità di corrente maggiore delle batterie anodiche oppure delle batterie per lampadine tascabili, composte di piccole, deboli pile a secco.

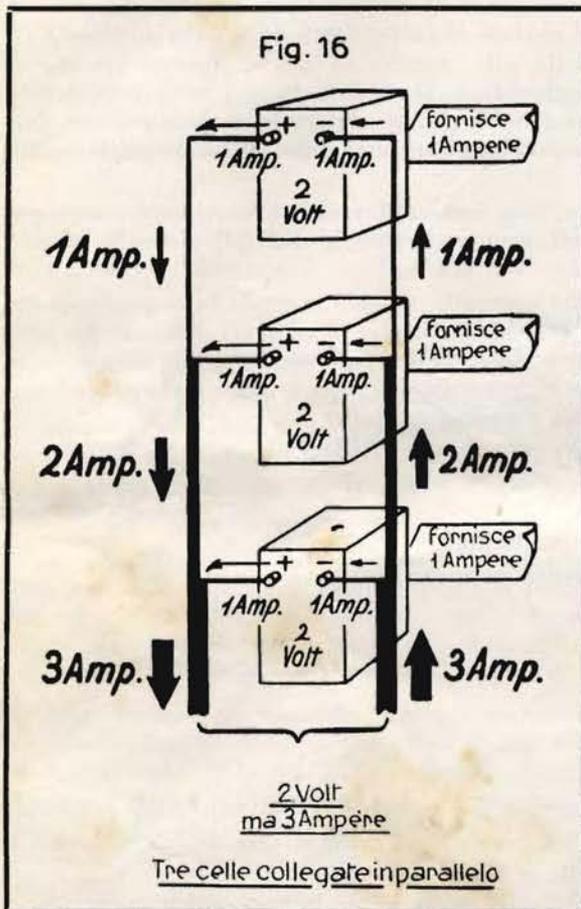
Poichè nelle batterie anodiche si vuole ottenere soltanto una tensione elevata, si collegano gli elementi in serie. Se invece occorresse una forte intensità di corrente, si collegherebbero in parallelo. Questo scopo si può raggiungere in pratica in modo anche più semplice, costruendo una sola cella grossa in luogo di tante piccole celle collegate in parallelo. Così per esempio una grossa pila a secco del tipo descrittovi nel primo capitolo di questa Dispensa può erogare una corrente



molto più forte di quella che può fornire una cella di una batteria tascabile.

Anche le celle degli accumulatori si fabbricano di tipi piccoli e grandi, secondo che si richieda l'erogazione di correnti piccole o grandi. Per determinate ragioni non si supera però mai una certa grandezza massima e pertanto, se si vuole ottenere ugualmente una corrente superiore, occorre collegare le celle della batteria in parallelo (fig. 16).

Voi sapete ormai che, collegando in parallelo varie pile, le loro correnti si sommano. La stessa cosa avviene anche, collegando in parallelo varie celle d'accumulatori. L'intensità di corrente che percorre l'estremità dei conduttori uscenti, è uguale a 3 ampère, poichè ciascuna cella eroga 1 ampère. La tensione invece (la « pressione » elettrica) rimane inalterata, ossia uguale a 2 volt. Quindi: una sola cella d'accumulatore eroga l'intensità di corrente di 1 ampère; le tre celle in parallelo possono erogare un'intensità di corrente di 1 ampère + 1 ampère + 1 ampère = 3 ampère.



Anche se voi metteste in parallelo 100 celle d'accumulatore da 2 volt, la tensione rimarrebbe sempre 2 volt, mentre la intensità di corrente che potreste prelevare ammonterebbe a 100 ampère.

Come già sapete, ogni pila possiede due poli, cioè il polo + e il polo -, ossia il polo positivo e il polo negativo. Anche nelle batterie si distinguono sempre un polo positivo ed un polo negativo (fig. 17).

Avete certamente già sentito che in elettrotecnica esistono due specie di correnti, la corrente continua e la corrente alternata. Quando si lavora con correnti continue deboli, si applica la tecnica delle correnti deboli; così pure, quando si lavora con deboli correnti alternate.

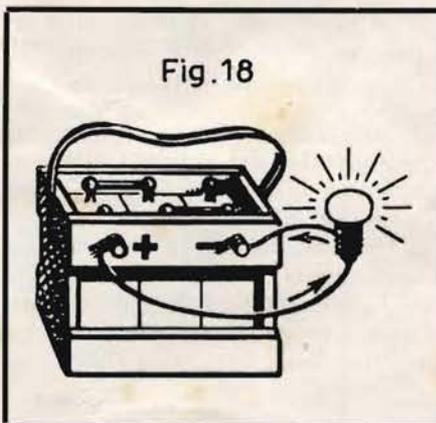
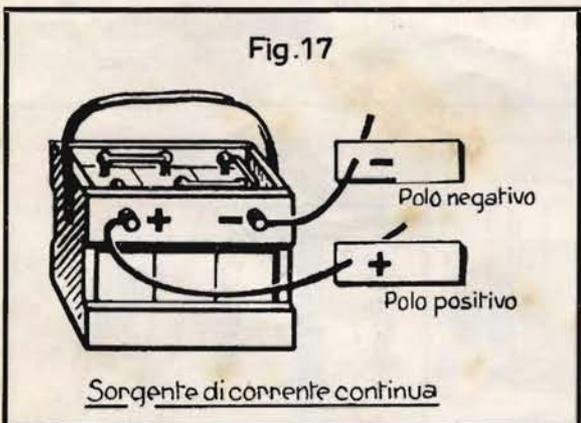
Il campo della tecnica delle correnti forti abbraccia invece l'applicazione delle correnti forti, siano esse continue come alternate. Sovente i due campi si sovrappongono, e non è più possibile tracciare un limite esatto tra di essi. Per ora vogliamo occuparci soltanto di corrente continua, e precisamente della tecnica delle correnti deboli nell'ambito della corrente continua. Solo più tardi parleremo delle correnti alternate.

Quando colleghiamo una piccola lampadina a incandescenza ad una sorgente di corrente continua (fig. 18), la corrente scorre, partendo dal polo positivo, lungo i fili di collegamento attraverso la lampadina e torna al polo negativo della sorgente stessa. Il circuito si chiude poi nell'interno della batteria.

Se la tensione fosse uguale a zero, non potrebbe scorrere alcuna corrente. Infatti, pensando ancora al paragone con l'acqua, sarebbe come se

non esistesse nessuna pendenza, nessuna caduta, nessun dislivello. È soltanto il dislivello che fa scorrere l'acqua dei fiumi e dei ruscelli (fig. 19). Più alta è la montagna dalla quale scorre o precipita l'acqua, più grande insomma è il dislivello, e maggiore diventa anche la pressione dell'acqua.

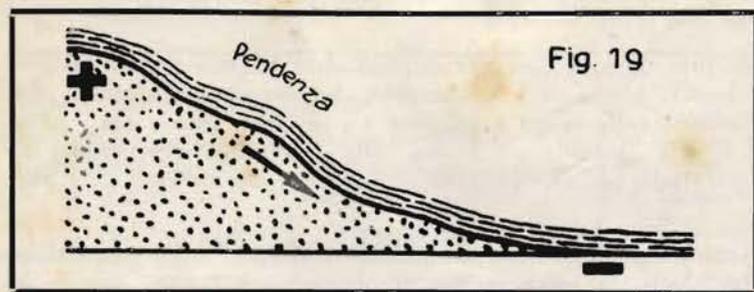
(Pensate anche ai tre nomi della fig. 7).



Ora si disegnerà con « più » ciò che è in alto, con « meno », quanto si trova in basso. Nel caso della corrente elettrica, il dislivello che produce a sua volta la pressione si chiama, come sapete, tensione. La corrente elettrica scorre dal più al meno. Non è affatto difficile dimostrare che l'elettricità scorre in un senso ben determinato, e che questo senso della corrente è subordinato sempre a certe leggi. Fin dall'inizi delle indagini sull'elettricità, gli scienziati scoprirono l'esistenza della corrente elettrica, pur senza po-

ter meglio conoscere l'essenza dell'elettricità stessa, e per poter procedere nei loro studi, si aiutarono col paragone dell'acqua corrente.

Si disse quindi che anche la corrente elettrica doveva scorrere dall'elettrodo situato al livello elettrico superiore all'elettrodo situato al livello inferiore.



Si trattava quindi di mettersi d'accordo nel definire, quale dei due poli di una pila fosse da ritenersi situato al livello elettrico superiore. L'uso comune portò a designare come livello elettrico superiore quello del metallo meno aggredito dalla soluzione elettrolitica: il rame. In base a questo ragionamento, la piastra di rame doveva essere sede di una carica elettrica maggiore, ossia di un sovrappiù d'elettricità, per cui si chiamò il rame elettrodo o polo positivo (+) della pila, mentre lo zinco, ritenuto situato al livello elettrico inferiore, venne chiamato elettrodo o polo negativo (-). Da questa ipotesi sulla pila deriva subito il concetto della corrente che scorre dal rame (+) allo zinco (-), e rimane determinata la direzione della corrente. Non dimentichiamo però che si tratta solo di una costruzione convenzionale, di un'immagine utile per fissare le idee, ma priva di un'effettiva realtà fisica.

Una rilevante differenza di livello (ossia, per la corrente elettrica, una forte differenza di tensione) si esprime con un alto « voltaggio », cioè con un numero elevato di volt; all'incontro il piccolo dislivello, cioè la piccola differenza di tensione, si esprime con un basso « voltaggio ».

La moderna teoria dell'elettricità dimostra che l'ipotesi dei nostri antenati, secondo la quale la corrente scorre dal più al meno, è errata, poichè nella maggioranza dei casi le cariche elettriche elementari si muovono proprio nel senso opposto, cioè dal meno al più. Tuttavia noi accetteremo per ora la vecchia convenzione della corrente che scorre dal più al meno, poichè essa è di più facile comprensione e non implica del resto alcuna modifica all'interpretazioni dei fenomeni che verranno descritti nei prossimi capitoli.

### Domande

1. Quali specie di collegamenti di pile conoscete?
2. Collegando in serie varie pile la tensione aumenta o rimane inalterata?
3. Se quattro pile, capaci ciascuna di erogare 1 ampère di corrente, vengono collegate in serie, qual'è la corrente che potrà erogare l'intera batteria?

## COLLEGAMENTO DI IMPIANTI DI CAMPANELLO

Nella Dispensa N. 1 avete conosciuto un impianto semplice di campanello, costituito dalla suoneria, dal contatto a pulsante, dalla batteria e dalle linee. Nel presente capitolo si farà un passo avanti e si tratterà dei collegamenti degli impianti di campanelli.

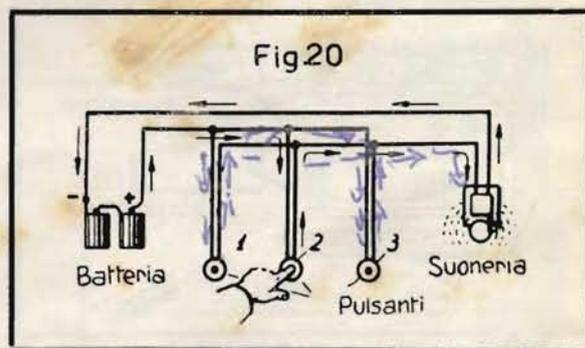
### Collegamento semplice delle pile

Se si deve poter far suonare un campanello elettrico, non da un posto solo, ma da vari posti, ci devono essere naturalmente più pulsanti per poter stabilire il contatto. Il collegamento si esegue allora conformemente alla figura 20.

Seguite ora nella figura il circuito della corrente, nell'ipotesi che il contatto venga stabilito per mezzo del pulsante mediano « 2 ». La direzione della corrente è indicata nella figura con piccole frecce. Pensate poi, come sarà il circuito premendo i pulsanti « 1 » oppure « 3 ». Questa domanda è un compito per voi! (vedasi i compiti per questa Dispensa a pag. 25). Disegnate in entrambi i casi lo schema completo e indicate la direzione della corrente con frecce. Tenete presente che la corrente parte dal polo positivo della batteria e ritorna al polo negativo della stessa.

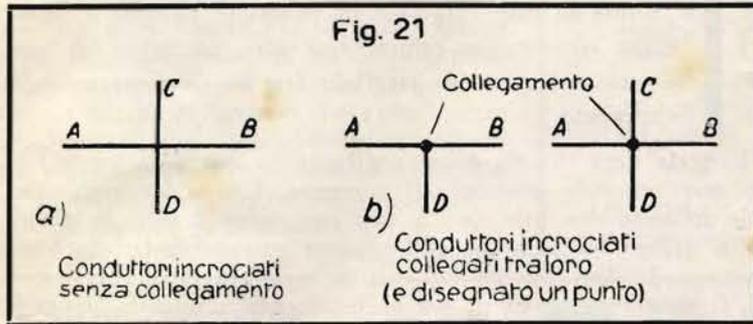
Nello schema della fig. 20 è schizzata una batteria costituita da due pile collegate in serie. Ricordate le proprietà del collegamento in serie e del collegamento in parallelo di pile? Collegando più pile in serie, si sommano le tensioni (voltaggio) delle singole pile, mentre, collegandole in parallelo, si sommano le correnti (amperaggio). Pensate ai tre uomini coi secchi d'acqua!

Per poter disegnare i vostri schemi, dovete sapere che negli schemi elettrici le linee che si incrociano, non



significano che esse siano in collegamento fra loro (fig. 21-a. Quindi la corrente non può passare da « A » a « C » oppure « D », ma soltanto verso « B ». Essa non può neppure passare da « D » ad « A » o « B », ma solo a « C », e rispettivamente da « C » a « D ». Non esiste quindi alcun collegamento tra il conduttore « A » — « B » ed il conduttore « C » « D ». Fissiamo quindi la seguente convenzione:

Negli schemi, le linee semplicemente incrociate indicano che fra di loro non esiste alcun collegamento elettrico.



Se si vuole invece indicare che due linee sono collegate elettricamente nello schema, bisogna segnare nel punto d'incrocio, cioè proprio dove dovrebbe esserci il contatto, un grosso punto (fig. 21-b). (Immaginatevi che il punto rappresenti la saldatura tra le due linee collegate).

In questo caso, cioè nella rappresentazione della fig. 21-b (a sinistra), la corrente può passare da « A » in « B » e in « D » come pure da « B » in « A » e in « D ». Lo schema a destra nella fig. 21-b indica due linee che si intersecano e

che sono nello stesso tempo collegate elettricamente. La corrente può passare dal punto d'incrocio, contemporaneamente in « B », « C » e « D ». Essa potrebbe anche scorrere, provenendo da « D », verso « A », « C » o « B ». Concludendo :

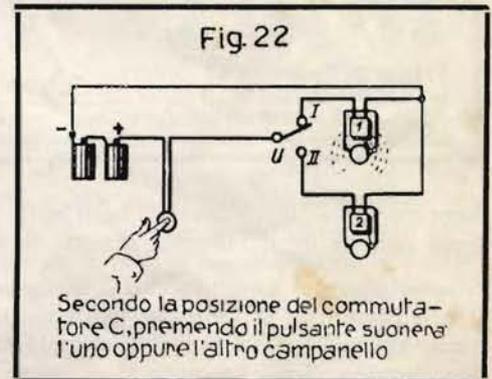
Negli schemi, le linee che si incrociano e che presentano nell'intersezione un grosso punto, indicano che esse sono collegate tra loro.

In certi casi può essere richiesto un impianto dotato di due campanelli ma predisposto in modo che, quando si preme il pulsante, suoni sempre soltanto o l'uno o l'altro di essi. Per raggiungere questo scopo si usa un commutatore, come schizzato nella fig. 22. Questo commutatore lascia passare la corrente attraverso la suoneria « 1 » oppure alla suoneria « 2 », secondo la posizione, in cui si trova, e si presenta all'incirca come è mostrato nella fig. 23.

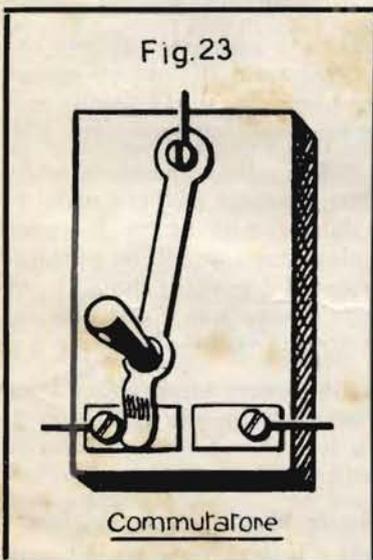
Disegnate ora nel vostro quaderno d'esercitazione (che dovrebbe sempre trovarsi a portata di mano durante lo studio delle Dispense) il collegamento della fig. 22 e indicate con le frecce il percorso della corrente per entrambe le posizioni del commutatore. Ciò vi potrà servire d'esercizio.

Quando si desidera che, premendo il pulsante, suonino contemporaneamente due campanelli situati in locali diversi, bisogna effettuare il collegamento della fig. 24. Premendo indifferentemente, sia il pulsante « 1 », come il pulsante « 2 » suoneranno in ogni caso entrambi i campanelli. Dallo schema risulta inoltre chiaramente che le due suonerie sono collegate in serie tra loro.

Alle volte potrebbe darsi che la tensione delle due pile collegate in serie non fosse sufficiente per far funzionare i due campanelli. In questo caso non esiste altro rimedio che quello di aumentare la tensione, il che si ottiene, aggiungendo altre pile in serie.



Secondo la posizione del commutatore C, premendo il pulsante suonerà l'uno oppure l'altro campanello



Commutatore

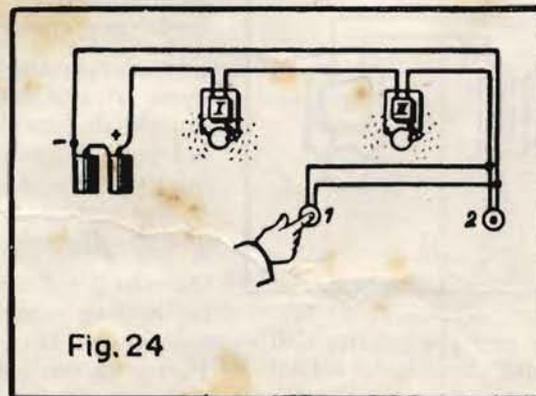


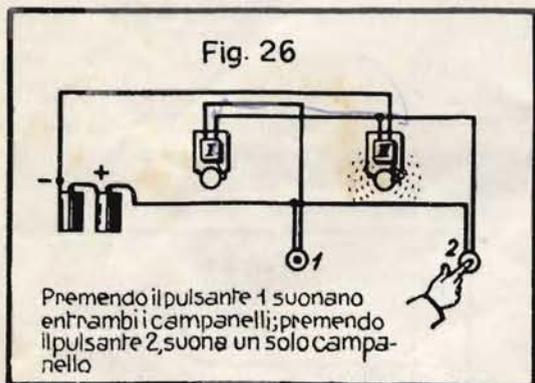
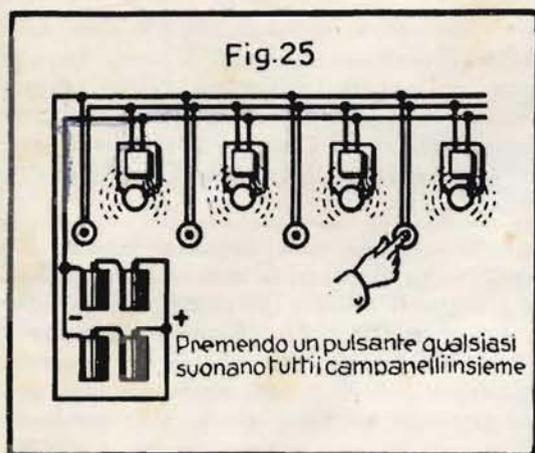
Fig. 24

Per comprendere meglio quest'affermazione, pensate ai tre uomini coi secchi pieni d'acqua. Se essi si dispongono uno dietro l'altro (cioè in serie), l'altezza di caduta e quindi la pressione dell'acqua diventano maggiori. La « pressione » dell'acqua corrisponde alla « pressione » elettrica, cioè alla tensione. Collegando quindi più pile in serie, è possibile aumentare la tensione e ottenere il valore sufficiente per il funzionamento di entrambe le suonerie.

Disegnate ora nel quaderno il medesimo impianto a commutazione con due campanelli collegati in serie come nella fig. 24, e con una batteria costituita da quattro celle

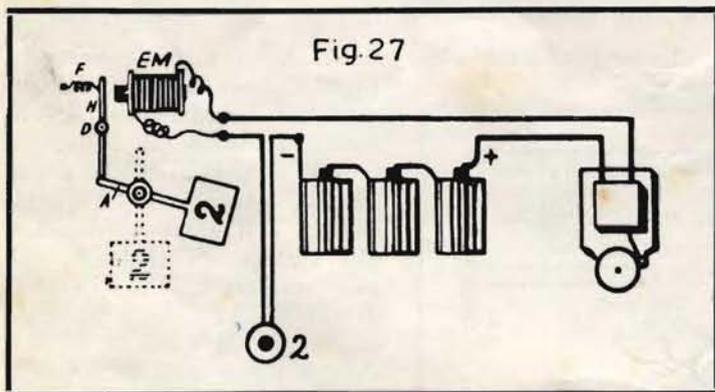
## Collegamento «misto» delle pile

Se ci sono parecchi campanelli che devono suonare tutti contemporaneamente, quando si preme uno qualsiasi di vari pulsanti, bisogna di solito eseguire i collegamenti segnati nella fig. 25. In questo caso tutte le suonerie sono collegate in parallelo. Occorre quindi che la batteria sia in grado di erogare un'intensità di corrente superiore che non nel solito caso, poichè:



mera proviene la chiamata. In questi casi si usa assai spesso un cosiddetto dispositivo « a cartellini », che si trova sovente negli alberghi e negli ospedali.

Supponiamo per esempio che vi siano sei camere, dalle quali sia possibile azionare il campanello col dispositivo a cartellini. Allora questo dispositivo dovrà contenere p. es. i numeri dall'1 al 6, in corrispondenza alla numerazione delle camere. I numeri rimangono invisibili fintantochè non venga premuto uno dei pulsanti. Se per esempio viene premuto il pulsante nella camera numero 2, allora comparirà la cifra « 2 » in una finestra dell'indicatore a cartellini.



riposo perchè tirata dalla molla F e non più attratta dall'elettromagnete. Invece la leva A ed il cartellino col « 2 » rimangono nell'ultima posizione, dimodochè è facile verificare da quale camera proviene la chiamata.

Nella fig. 28 si vede un impianto di chiamata a cartellini per tre pulsanti. La figura mostra anche in forma semplificata il funzionamento meccanico del dispositivo. In realtà gli elettromagneti e le leve vengono sistemati

Come le pile collegate in parallelo possono erogare una corrente maggiore, così gli utilizzatori di corrente collegati in parallelo fra loro consumano più corrente.

La batteria deve quindi essere collegata in modo da poter fornire una notevole quantità di corrente. Ciò si ottiene, mettendo in serie due pile da 1,5 volt per avere 3 volt. In parallelo a questa batteria ne colleghiamo una seconda costituita essa pure da due pile da 1,5 volt in serie tra loro, e abbiamo così il primo esempio di un collegamento « misto » di pile. Spesso si richiede la costruzione di un impianto di campanelli nel quale premendo l'uno dei due pulsanti vengano azionate due suonerie, premendo l'altro pulsante funzioni una suoneria sola. Si eseguisce allora il collegamento come è indicato nella fig. 26. Se le due suonerie sono uguali, premendo il pulsante « 1 » esse suoneranno più piano di quanto suoni la suoneria sola quando si preme il pulsante « 2 ». Ciò è facilmente comprensibile, in quanto nel primo caso le due suonerie sono collegate in serie, mentre nel secondo caso vi è una sola suoneria alimentata però sempre dalla medesima batteria. Infatti:

Come le pile collegate in serie erogano una tensione superiore, così gli utilizzatori di corrente collegati in serie tra loro richiedono una tensione superiore.

## DISPOSITIVO DI CHIAMATA A CARTELLINI

Spesso accade che un campanello si debba poter azionare da vari locali, nei quali sono situati altrettanti pulsanti. Contemporaneamente si desidera anche che venga indicato da quale camera proviene la chiamata.

Come è costituito un dispositivo di questo genere?

Un piccolo elettromagnete è collegato in serie con la suoneria (fig. 27). Premendo il pulsante numero 2, la corrente passa non solo attraverso alla suoneria, ma anche attraverso l'elettromagnete EM.

Una piccola levetta di ferro H, imperniata in D, viene attratta dall'elettromagnete e libera un altro braccio di leva A. Alla estremità libera di questo braccio è fissata una piastrina o cartellino portante la cifra « 2 ». Per azione del proprio peso, il cartellino cade e compare dietro una finestrella del quadro, di modo che diventa visibile la cifra « 2 ».

Quando il pulsante nella camera viene abbandonato, la leva torna di scatto nella sua posizione di

in un modo un po' diverso, più raccolto. Il principio rimane però sempre il medesimo.

Naturalmente il quadro indicatore della chiamata è munito anche di un dispositivo meccanico, mediante il quale è sempre possibile riportare i cartellini numerati nella posizione primitiva, nella quale essi non sono visibili. La fig. 29 rappresenta la disposizione di un impianto di chiamata a cartellini indicatori, previsto per sei locali. Il bottone che sporge lateralmente a destra della cassetta dei cartellini serve a riportare le levette numerate nella posizione primitiva, ossia a « cancellare » i numeri nelle finestrelle.

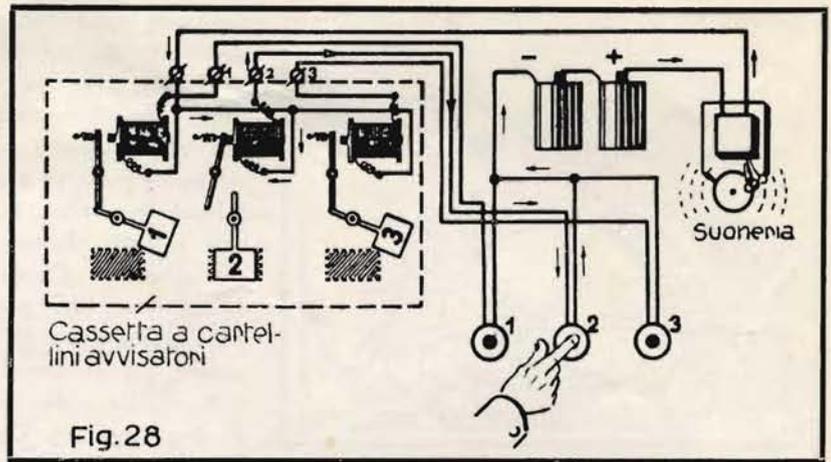


Fig. 28

### Domande

1. Quando più suonerie di un impianto di campanelli sono collegate in parallelo tra loro, come vanno collegate le pile della batteria?
2. Come si chiama un dispositivo che permette di indicare da quale camera sia stato suonato il campanello?

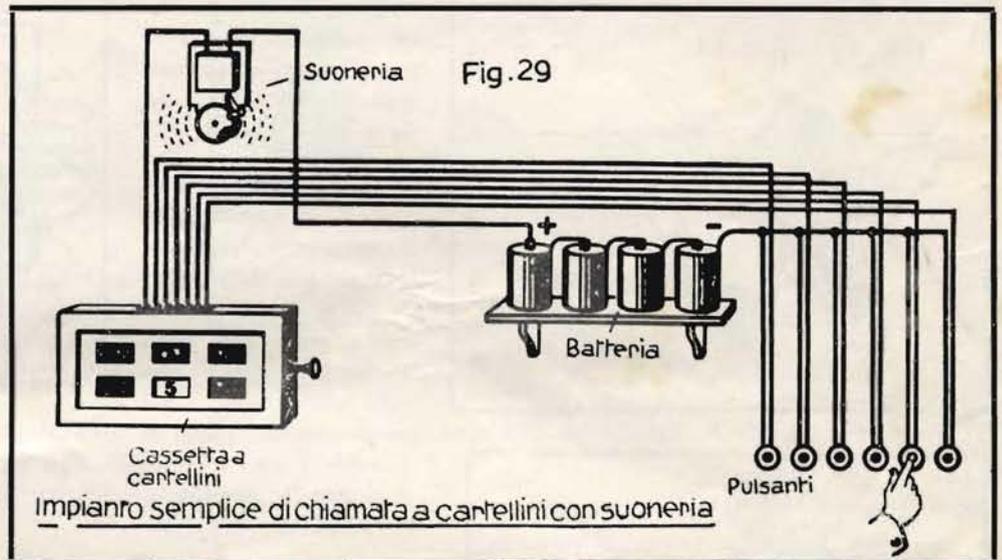


Fig. 29

## RADIOTECNICA

Nella Dispensa precedente siete stati introdotti nel vasto campo della radiotecnica col Capitolo « Trasmissione e Ricezione ». Fin dall'introduzione di quella Dispensa vi è stato detto di non temere di non riuscire a seguire il corso. Infatti si tratta dapprima soltanto di rendervi familiari, nei loro aspetti principali, alcuni fenomeni fisici. Ciò vale anche per questo Capitolo nel campo della radiotecnica. I procedimenti tecnici invece verranno trattati in dettaglio più avanti.

La radiotecnica è, come sicuramente già sapete, la tecnica delle onde elettriche; dobbiamo dunque, come prima cosa, conoscere queste onde:

### Le onde elettriche

Come sapete, le antenne delle stazioni radio irradiano delle invisibili onde elettriche. Queste onde non sono però tutte uguali. Infatti esse possono trasportare non solo dei programmi radiofonici, ma anche dei segnali di qualsiasi specie, poichè oltre alle vere e proprie stazioni radiofoniche, esistono pure i trasmettitori radiotelegrafici, i radiotrasmettitori d'immagini, i trasmettitori di televisione nonché trasmettitori per numerosi altri scopi (fig. 30).

Per comprendere più rapidamente, cosa sono le onde elettriche e conoscere le loro proprietà, conviene ancora osservare le onde nell'acqua, le quali, nella loro formazione e propagazione, hanno molte somiglianze con le onde elettriche.

Quando un sasso viene fatto cadere nell'acqua (fig. 31), si formano attorno al punto di caduta delle onde concentriche che si vanno allontanando sempre più.

Immaginatevi che nell'acqua sia sistemata una grande parete di vetro, dietro la quale possiate contemplare i fenomeni della formazione e della propagazione delle onde, come in un acquario (figura 32).

Lasciando cadere in acqua un sassolino piccolo, si formano delle onde piccole (fig. 32). Se invece si butta un sasso grosso, si formano delle grosse onde con alte creste e profondi avvallamenti frammezzo (fig. 33).

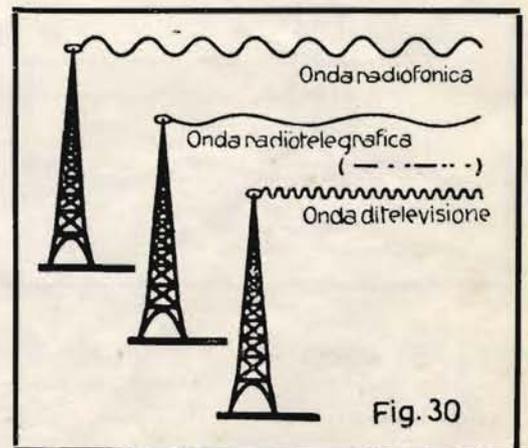


Fig. 30

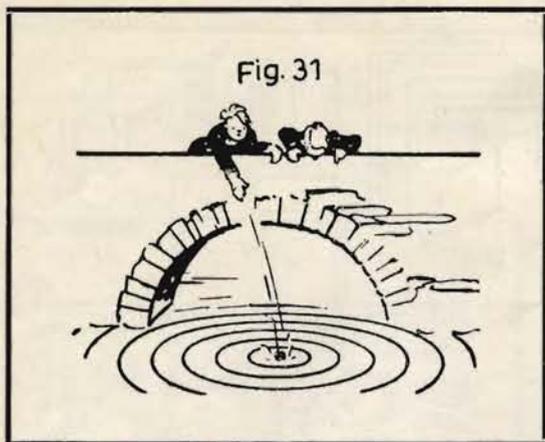


Fig. 31

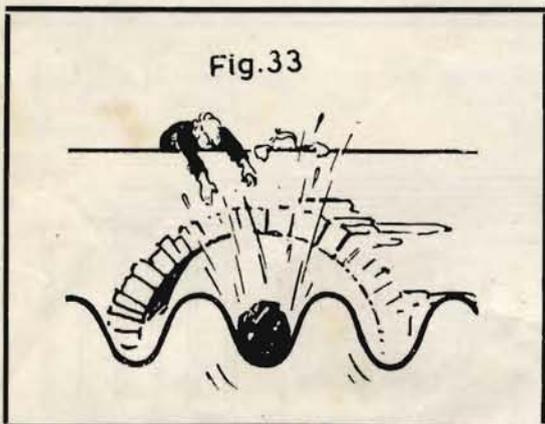


Fig. 33

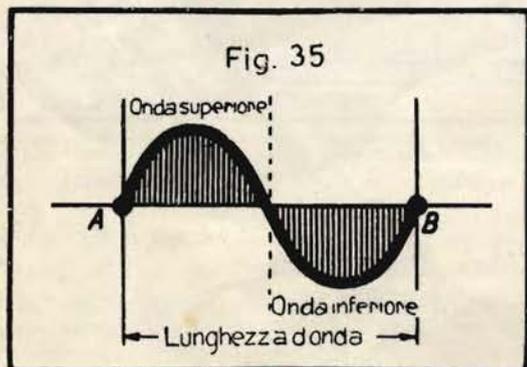


Fig. 35

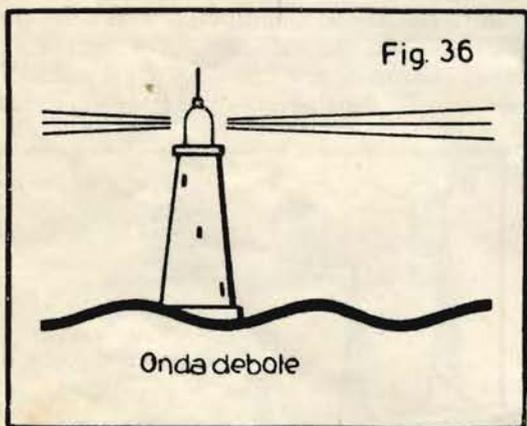


Fig. 36

Le onde sono dunque costituite da monti e valli (fig. 34) ossia, in linguaggio elettrotecnico, da semionde (mezze onde) positive e semionde negative. I fisici infatti chiamano « lunghezza d'onda » la distanza che passa tra l'inizio « A » di un monte ed il termine « B » della valle successiva (fig. 35). Ogni lunghezza d'onda è costituita da un monte ed una valle, e ciascuno di questi costituisce quindi una mezza onda o semionda.

Ora possono esistere onde con monti bassi o con monti alti, come si vede già dalle figure 32 e 33. E quindi anche con valli poco profonde oppure con valli profonde. Nel

primo caso si parla di onde deboli (fig. 36), nell'altro caso di onde forti (fig. 37). Più alte sono le semionde positive e profonde le semionde negative, e più forti diventano le onde (fig. 38).

È necessario tenere ben presente che la lunghezza d'onda non ha nulla a che vedere con la intensità (o ampiezza) delle onde. Con identica lunghezza d'onda si possono avere onde forti e deboli, come risulta dalla figura 39. Più le onde si allontanano dal punto di caduta della pietra (detto « punto di perturbazione ») e più deboli diventano. Ciò è rappresentato schematicamente nella fig. 40. Osservate che la lunghezza delle onde rimane sempre la stessa, per quanto le onde vadano diventando sempre più deboli.

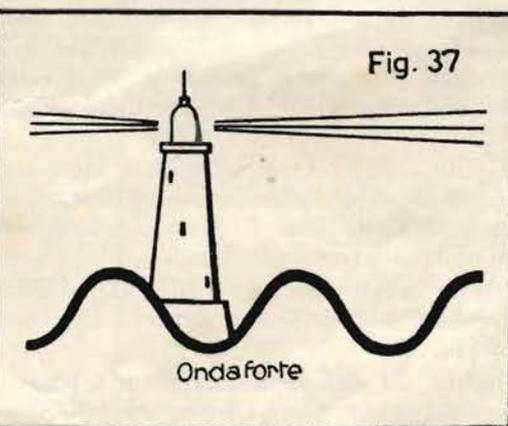


Fig. 37

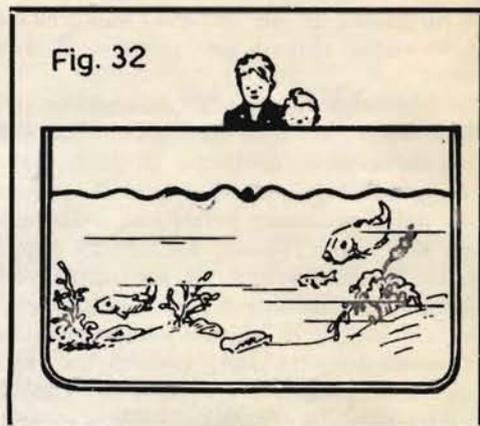


Fig. 32

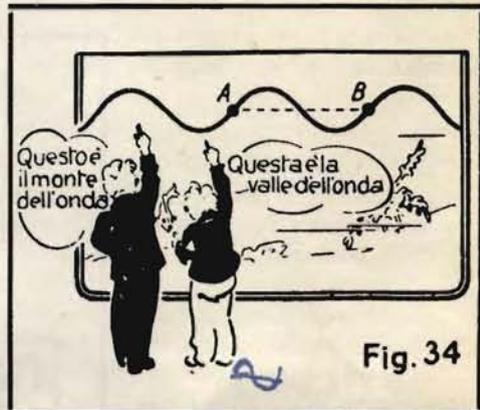
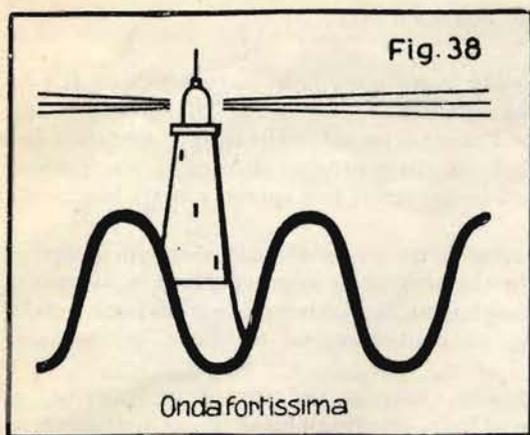


Fig. 34

onde che, avanzando, diventano più piccole. È indifferente, per quale direzione venga tracciata la sezione: l'aspetto delle onde che vanno man mano smorzandosi, è sempre lo stesso, supponendo naturalmente che esse non incontrino alcun ostacolo.



Una stessa onda possiede sempre la medesima lunghezza; un'altra onda può naturalmente avere un'altra lunghezza, poichè alle volte si formano delle onde corte, altre volte delle onde lunghe (fig. 42).

Della differente lunghezza delle onde verrà trattato dettagliatamente in seguito.

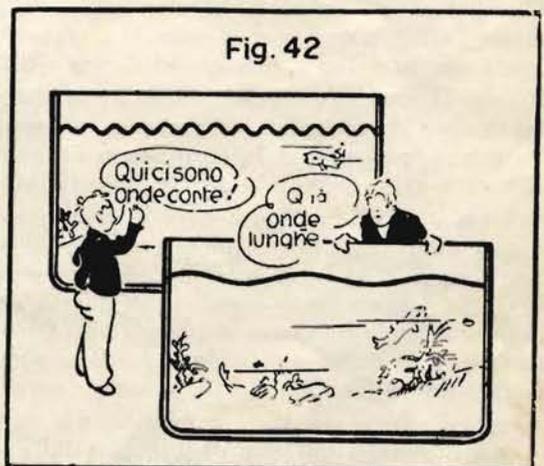
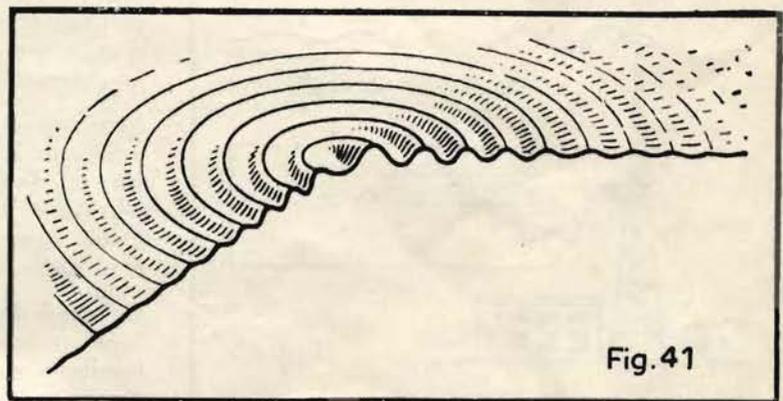
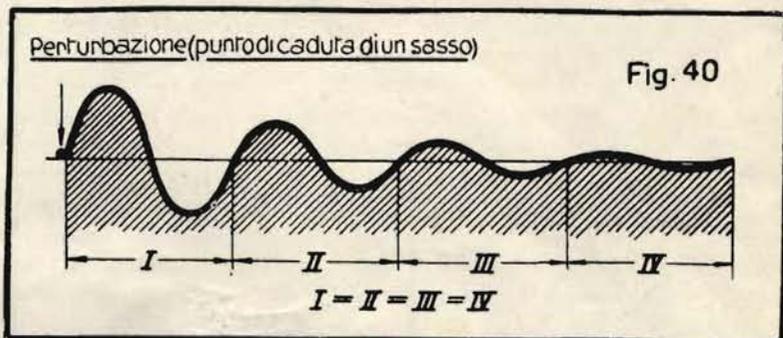
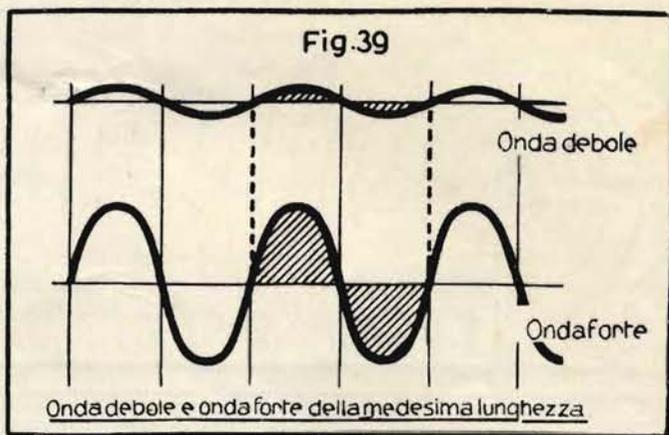
Finora abbiamo trattato delle onde nell'acqua, che sono visibili. Bisogna ora aggiungere che esistono (oltre a quelle elettriche) altre onde invisibili, p. es. le onde sonore.

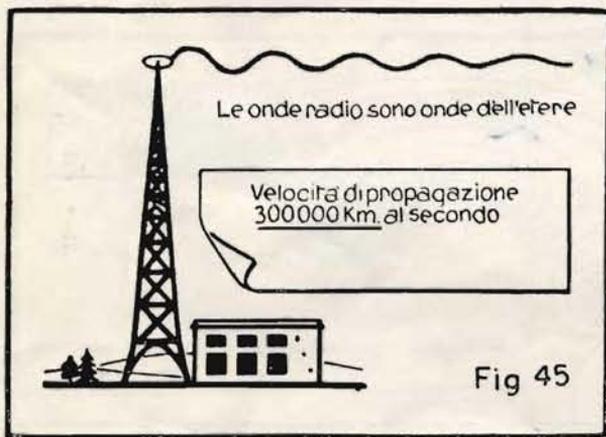
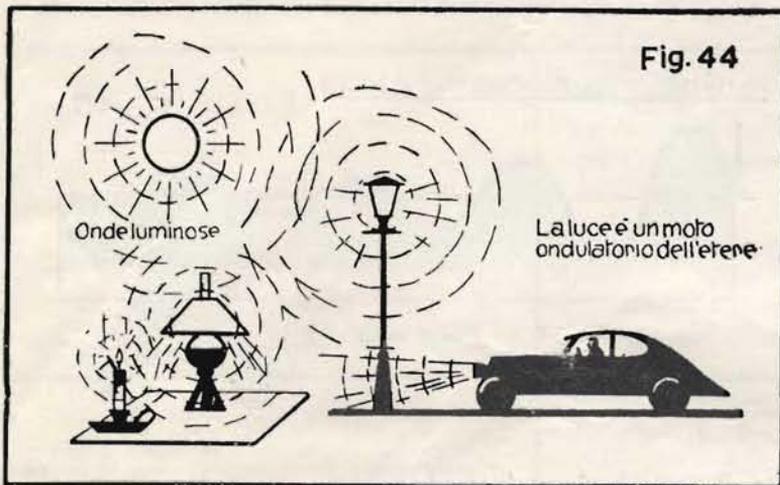
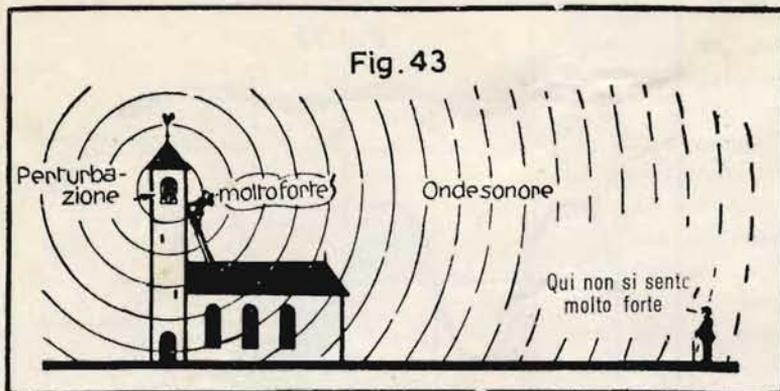
Le onde sonore si propagano, partendo dal punto di perturbazione, in modo analogo alle onde dell'acqua. La « perturbazione » nel caso delle onde sonore è sempre una sorgente sonora, p. es. una campana (fig. 43).

Contrariamente alle onde dell'acqua, le onde sonore non si propagano su un piano ma in tutte le direzioni e quindi anche lateralmente, verso il basso e verso l'alto. Anche le onde sonore, allontanandosi dal punto di perturbazione si indeboliscono sempre più, proprio come le onde dell'acqua.

Questo smorzamento delle onde sonore non si può percepire con l'occhio; esiste invece un organo apposito per la sensazione del suono, cioè l'orecchio. Più noi ci allontaniamo dalla sorgente delle onde sonore, cioè dal punto di perturbazione, e più debole diviene il suono che udiamo; ciò significa appunto, che l'onda sonora si è indebolita durante il percorso dalla sorgente al nostro orecchio (fig. 43).

Anche la luce è un moto ondulatorio; la luce però non è costituita da onde dell'aria, bensì da onde dell'etere. Verrà spiegato subito che cosa si intenda per « etere ». Ad ogni modo basta constatare che anche le onde luminose si propagano in modo simile alle onde sonore ed alle onde dell'acqua (fig. 44). Anche le onde della radio sono onde invisibili dell'etere (fig. 45, pag. 16). Esse si propagano, come le onde luminose, con l'incredibile velocità di 300 000 chilometri al secondo. Le onde sonore invece sono assai più lente: la loro velocità di propagazione raggiunge soltanto i 330 metri al secondo.





### Che cos'è l'« etere »?

È stata usata poco fa la parola « etere ». Che cosa si intende per etere? Si direbbe quasi che l'etere è un concetto un po' astratto, immaginato, in mancanza di meglio, dagli scienziati imbarazzati per spiegare certi fenomeni.

L'etere è un « qualcosa » ignoto e invisibile che dovrebbe compenetrare ogni cosa e riempire tutto l'universo, e che pure non si può nè contenere, nè misurare, nè toccare.

Quando, usando un'espressione poetica, si parla della rondine che si libera nell'etere, si usa appunto una locuzione poetica, non si fa una constatazione fisica. In verità la rondine si solleva nell'aria, non nell'etere. Essa può sollevarsi a grande altezza, ma solo fin dove, per mezzo delle sue ali, essa può sostenersi sull'aria che la circonda. Più grande è l'altezza dal livello del terreno, e più leggera diviene l'aria, finchè alla fine non esiste addirittura più. E allora?

Noi sappiamo che la terra è circondata da uno strato d'aria, l'atmosfera. Pertanto è come una palla munita di un involucro d'aria, sospesa nello spazio vuoto dell'universo. Così almeno diciamo noi profani; gli scienziati invece dicono e suppongono che l'universo non sia vuoto e che lo spazio sia ripieno di un « qualche cosa » indefinibile, appunto l'etere.

Essi dicono che non è possibile che in qualche luogo dell'universo non vi sia nulla; dappertutto vi è qualche cosa, e per dare un nome a questo « qualche cosa », essi lo chiamano « etere ».

Limitiamoci quindi all'ipotesi che l'etere riempia l'intero universo. Esso non comincia soltanto là, dove finisce l'aria; no, l'aria stessa che circonda la nostra terra è compenetrata d'etere, e lo è pure la materia che costituisce il globo stesso. Ogni corpo solido è compenetrato d'etere, ogni muro, ogni tavolo, ogni albero.

L'etere è dappertutto! Solo così è possibile spiegare che la luce attraversa il corpo-solido « vetro », dato che le onde luminose non sono altro che onde dell'etere; e così pure che le onde elettriche — le radioonde — passano attraverso le pareti delle case.

L'aria non può essere il veicolo della luce, poichè, dato che tra il sole e la terra si trova uno spazio immenso privo d'aria, in questo caso dovrebbe regnare presso di noi la più impenetrabile oscurità; ma veicolo della luce non è appunto l'aria, ma qualche cosa d'altro, l'etere.

Il suono invece, a differenza delle onde elettriche e della luce, ha come suo veicolo l'aria. Infatti il vento può far deviare il suono dal suo percorso, ma non può far deviare la luce o le onde elettriche. Può tirare un vento fortissimo, può esservi la tempesta o l'uragano, ma le onde radio arrivano ugualmente alla nostra antenna ed al nostro apparecchio: infatti le onde radio sono onde dell'etere.

Ora voi osserverete: « qui però ci deve essere un errore. Infatti la luce non attraversa i muri, mentre prima è stato detto che l'etere, che è il veicolo della luce, è contenuto anche in ogni corpo solido, e quindi anche nei muri. Se così fosse, la luce dovrebbe pure attraversare i muri, come le onde elettriche ».

Il vostro ragionamento è giusto: in questa spiegazione è stata infatti trascurata una cosa. Il fatto è, che le onde radio e le onde luminose si comportano talvolta in modo simile, altre volte in modo completamente differente. Entrambe le onde, quelle della radio e quelle della luce, hanno le proprietà delle onde, ma di onde tanto differenti tra di loro quanto lo possono essere le onde dell'oceano e quelle nella catinella del lavabo.

Se consideriamo una terza specie di onde dell'etere, e precisamente i cosiddetti raggi X o raggi Röntgen, vediamo che anche questi si distinguono dalla luce e dalle onde radio per le loro proprietà; essi infatti passano attraverso anche a corpi solidi non trasparenti.

La spiegazione del diverso comportamento delle varie specie di onde è semplice. Tutto dipende dalla rapidità delle vibrazioni delle onde, e cioè, se sono molte o poche le onde che passano in un secondo.

Le onde luminose sono onde dell'étere che hanno certi dati numeri di vibrazioni o di periodi al secondo; le onde Röntgen o raggi Röntgen compiono un altro numero di vibrazioni al secondo; le onde radio a loro volta un numero differente ancora.

**La diversità del numero di vibrazioni al secondo è la causa del diverso comportamento delle onde dell'étere.**

I tre tipi di onde citati a titolo d'esempio, onde luminose, onde radio e onde Röntgen, non hanno altro di differente che il numero delle vibrazioni al secondo, rispettivamente la loro lunghezza d'onda. Spiegheremo più tardi la relazione che sussiste tra il numero delle vibrazioni e la lunghezza d'onda.

È però vero che non è l'étere da solo il veicolo delle onde elettriche. L'esperienza insegna che differenti condizioni dell'aria, particolarmente dell'umidità, e differenti conformazioni del terreno (montagne, boschi, mari o laghi ecc.) esercitano una notevole influenza sulla propagazione delle onde elettriche.

Non si può dire senz'altro, fino a qual punto gli stessi corpi solidi (sassi, metalli, alberi), siano i veicoli delle onde elettriche o onde radio. Si può però fare la seguente ipotesi: che cioè in alcuni corpi solidi la supposta sostanza eterea sia più densa, e che perciò questi corpi siano migliori conduttori delle onde elettriche. In altri corpi l'étere sarebbe invece meno denso; questi sarebbero pertanto meno conducenti per le onde.

Forse il tempo non è lontano, in cui anche la scienza potrà darci maggiori ragguagli sull'étere, il quale, benchè possa dirsi una scappatoia all'imbarazzo degli scienziati, è pure diventato un importante fondamento di molte leggi della fisica. E così questo concetto puramente teorico ha giustificato la sua esistenza. Non è qui il luogo per trattare più ampiamente questi problemi, che verranno forse ripresi in seguito.

Prima di proseguire nello studio, è bene vedere chiara l'importanza delle onde in generale. Conosceremo esattamente delle correnti elettriche che obbediscono alle leggi delle onde; la loro intensità varia come le onde dell'acqua, eppure esse sono del tutto differenti dalle onde dell'étere. Anche il calore è un fenomeno ondulatorio.

Dagli spazi dell'universo giungono sulla terra onde invisibili e ancora poco note. Il movimento ondulatorio è una meravigliosa legge della natura che incontreremo di frequente. Dalle onde dell'acqua, alle onde sonore, della radio, del calore, della luce, giungiamo alle onde Röntgen ed a sempre più misteriose onde provenienti dalle profondità del cosmo. Ma sempre i concetti fondamentali della lunghezza d'onda e dell'ampiezza dell'onda rimangono i medesimi. È soprattutto la lunghezza d'onda che determina gli effetti. Vi parrà forse dapprima un po' strano che il suono, la luce, il calore appartengano tutti alla medesima « famiglia ». Imprimetevi però bene nella mente i concetti qui trattati, per poter essere ben agguerriti in seguito.

### Domande

1. Quali sono le parti che compongono un'onda?
2. Che relazione passa tra la lunghezza d'onda e l'ampiezza dell'onda?
3. Come si chiama il punto da cui si dipartono le onde?
4. Le onde sonore sono onde dell'aria o dell'étere?
5. Qual è la velocità di propagazione delle onde luminose?
6. Che cos'è il significato fisico di « étere »?

## MATEMATICA

Ora viene un capitoletto molto facile; eppure vi sarà ugualmente utile di ripetere alcune nozioni che avete già imparato a scuola e che adoperate continuamente nella vita di tutti i giorni.

### 4. La moltiplicazione dei numeri interi

Come è già stato detto nella Dispensa N. 1, dei numeri che debbono essere moltiplicati tra loro, si chiamano fattori. Il risultato si chiama prodotto.

$$\begin{array}{rcccl} 4 & \cdot & 5 & = & 20 \\ \text{(fattore)} & & \text{(fattore)} & & \text{(prodotto)} \end{array}$$

Esempio:

$$\begin{array}{r} 33 \cdot 28 \\ \hline 64 \\ 256 \\ \hline 896 \end{array}$$

Dovendo moltiplicare tra loro numeri di più cifre, p. es. 32, 28, bisogna moltiplicare ciascuna cifra del secondo fattore con ciascuna cifra del primo fattore. È inutile spiegare ciò più dettagliatamente.

### 4. La divisione dei numeri interi

Cosa sia la divisione, non vi è stato ancora detto, ma voi lo sapete già. La divisione è l'operazione inversa della moltiplicazione, allo stesso modo che la sottrazione è l'operazione inversa dell'addizione: quindi

moltiplicazione:  $2 \cdot 4 = 8$

divisione:  $8 : 4 = 2$  oppure  $\frac{8}{4} = 2$

Le parole: « diviso per » si esprimono col segno « : » oppure con la linea di frazione; si scrive quindi

$$8 : 4 = 2$$

$$\text{oppure } \frac{8}{4} = 2$$

Dividendo il numero 42 per il numero 6 si ottiene 7, o meglio « 7 interi ». Infatti il 6 è contenuto senza resto nel 42.

Dividendo invece il 50 per 6, rimane un resto di 2; nel numero 2 il 6 non è più contenuto un numero intero di volte, ma solo  $\frac{1}{3}$  ossia 0,33 volte.

$$\begin{array}{r} 50 : 6 = 8,33 \\ 48 \\ \hline 20 \\ 18 \\ \hline 20 \\ 18 \\ \hline 2 \end{array}$$

La divisione è eseguita qui di fianco. Il numero 8,33 è costituito da 8 interi, 3 decimi e 3 centesimi. La prima cifra a sinistra della virgola (8) esprime le unità. Se alla sinistra della virgola ci sono altre cifre, la seconda esprime le decine, la terza le centinaia, la quarta le migliaia e così via. La prima cifra a destra della virgola (3) esprime i decimi, la seconda i centesimi, la terza i millesimi e così via.

## 6. La moltiplicazione dei numeri decimali

Una espressione numerica che contiene non solo interi, ma anche cifre a destra della virgola, si chiama « numero decimale ». Le cifre a destra della virgola si chiamano « decimali ».

Dovendo moltiplicare un numero intero con un numero decimale, si esegue la moltiplicazione senza riguardo alla virgola e si separano poi i decimali nel prodotto in medesima quantità come nel fattore, contando da destra verso sinistra.

**Esempio:**  $25 \cdot 4,36$

$$\begin{array}{r} 25 \cdot 4,36 \\ 100 \\ 75 \\ 150 \\ \hline 109,00 \end{array}$$

Il numero decimale 4,36 possiede due decimali, cosicchè bisogna separare con la virgola due cifre, contando da destra, nel numero 10900. Il risultato è pertanto 109,00, oppure semplicemente 109.

**Esempio:**  $4,25 \cdot 5,02$

$$\begin{array}{r} 4,25 \cdot 5,02 \\ 21250 \\ 850 \\ \hline 21,3350 \end{array}$$

Dovendo moltiplicare tra loro due numeri decimali, si esegue allo stesso modo la moltiplicazione delle due espressioni numeriche. Nel prodotto si separano tanti decimali, quanti sono complessivamente i decimali dei fattori. Ciascun fattore ha due decimali, per cui bisogna separare quattro decimali nel prodotto. Il risultato è quindi 21,3350.

**Esempio:**  $4630,21 \cdot 0,00042$

$$\begin{array}{r} 4630,21 \cdot 0,00042 \\ 1852084 \\ 926042 \\ \hline 1,9446882 \end{array}$$

Nel terzo esempio un fattore possiede due decimali e l'altro cinque, per cui nel prodotto bisogna separare sette decimali. Il risultato è quindi 1,9446882.

## 7. La divisione dei numeri decimali

Dovendo dividere un numero intero per un numero decimale, oppure un numero decimale per un numero intero, si comincia a mettere una virgola in fondo al numero intero aggiungendo dopo la virgola tanti zeri quanti sono i decimali del numero decimale. Dopodichè si possono cancellare le virgole e si esegue la divisione allo stesso modo come per i numeri interi.

**Esempio:**  $456 : 3,21 = ?$

Poniamo una virgola in fondo al numero intero 456 e aggiungiamo due zeri, perchè la frazione 3,21 possiede appunto due decimali. Si ha allora:

$$456,00 : 3,21$$

Poichè ora c'è la stessa quantità di decimali dopo la virgola in entrambe le espressioni numeriche, possiamo tralasciare le virgole ed eseguire la divisione come per i numeri interi.

$$\begin{array}{r} 45600 : 321 = 142,05 \\ 321 \\ \hline 1350 \\ 1284 \\ \hline 660 \\ 642 \\ \hline 1800 \\ 1605 \\ \hline 195 \end{array}$$

**Esempio:**  $3,618:42 = ?$

Facciamo seguire il 42 da una virgola e tre zeri (perchè il numero possiede tre decimali dopo la virgola)  $3,618:42,000$ .

Ora si possono cancellare le virgole:  $3618:42000 = ?$

Ed ora si eseguisce la divisione con questi due numeri interi.

$$3618 : 42000 = 0,086$$

361800

336000

258000

252000

6000

## IMPIANTI TELEGRAFICI

Che cosa è e cosa *significa* « telegrafia »? Chi conosce le lingue antiche, ci dirà che l'espressione è composta dalle parole greche « tele » = « lontano » e « grafein » = « scrivere », e che quindi essa significa la trasmissione a distanza di segni di scrittura.

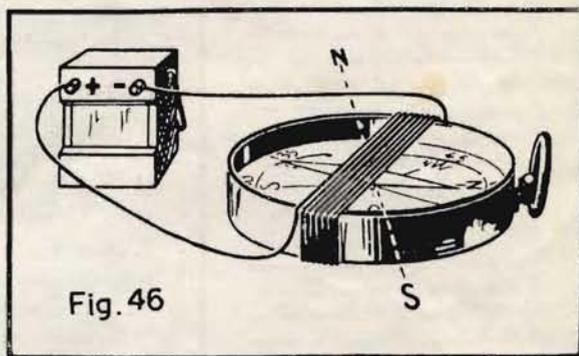
A che serve la telegrafia? A trasmettere delle notizie con la massima velocità possibile in luoghi lontani. E come si può far ciò? Occorrerà certamente una forza capace di agire in distanza. Questo ragionamento ci porta sulla strada giusta, che segue nello stesso tempo lo sviluppo storico della telegrafia. La segnalazione a distanza si inizia già presso l'uomo primitivo mediante grida emesse a gran voce da un punto all'altro della foresta; ma questi suoni sono udibili a distanze assai limitate. Ed ecco l'uomo sviluppare un sistema di vera telegrafia acustica, capace di superare distanze maggiori, e di cui abbiamo l'esempio ancor oggi nelle segnalazioni eseguite dagli indigeni dell'Africa col tamburo. Tuttavia l'uomo civile va alla ricerca di mezzi sempre più efficienti.

Più che il suono, la luce sembra adatta a superare grandi distanze, come dimostra anche il luccichio delle stelle che da infinite distanze mandano a noi il loro messaggio luminoso, nel cielo notturno; e pertanto si utilizza la luce per la trasmissione di segnali, cominciando con i fuochi accesi sulle alture, e terminando con l'uso del cannocchiale e del riflettore. Il telegrafo ottico ha però pure i suoi difetti. Per superare le grandi distanze sono necessarie numerose stazioni intermedie che devono essere in collegamento visivo tra di loro, e quando per esempio scende la nebbia, le comunicazioni non sono più possibili. Ecco perchè, quando si scoprì che la corrente elettrica era un portatore ideale di notizie a distanza, i mezzi ritenuti fino allora buoni, vennero abbandonati e sostituiti dal mezzo migliore.

Il primo telegrafo che utilizzava la corrente elettrica per la trasmissione delle notizie venne inventato nel 1809 da **Tommaso von Sömmering**. Questo apparecchio era però assai complicato e richiedeva una quantità di linee di trasmissione, per cui non assunse mai importanza pratica. Fortunatamente, l'idea di Sömmering venne raccolta e sviluppata da altri scienziati, fra cui il filosofo e matematico **F. G. Gauss**, il quale dopo aver un giorno visitato Sömmering, riconobbe il valore dell'invenzione. Assieme al suo amico **Guillermo Weber**, professore di fisica a Gottinga, Gauss perfezionò il telegrafo di Sömmering. Egli seguì però una via differente.

I due scienziati sapevano infatti che l'ago di una bussola viene deviato dalla sua direzione, quando si fa circolare una corrente attraverso delle spire di filo avvolte attorno alla bussola (figura 46). Inoltre sapevano che la deviazione è maggiore o minore, a seconda che la corrente inviata nelle spire è più o meno intensa, e che, invertendo il senso della corrente, cambia il senso della deviazione dell'ago. Essi pensarono quindi di utilizzare codesto « strumento », cioè la bussola munita di spire sovrapposte, per la trasmissione a distanza di notizie. Infatti un tale « strumento » si può azionare anche a distanza; basta solo disporre i fili di collegamento abbastanza lunghi.

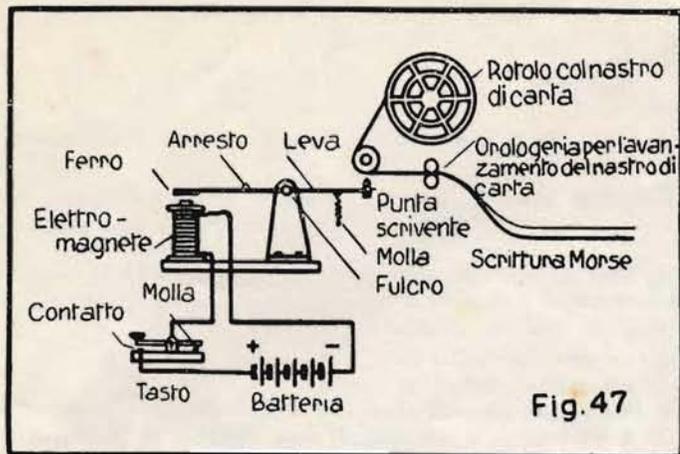
Presto però si vide che anche questo semplice dispositivo telegrafico non era sufficiente. Fu solo il telegrafo scrivente di Morse che riuscì ad imporsi veramente nella pratica.



### Il Telegrafo Morse

Il pittore americano **Samuele Morse**, un uomo di valore, che nutriva vivo interesse anche per le questioni di fisica, parlando con amici, espresse nell'anno 1832 il pensiero che la corrente elettrica si potesse utilizzare per la trasmissione di segnali. Il suo apparecchio telegrafico, il cosiddetto ricevitore scrivente Morse, ha raggiunto una diffusione enorme in tutti i paesi, e dobbiamo a lui l'invenzione del vero, pratico telegrafo elettromagnetico. I primi esperimenti di Morse non ebbero i risultati sperati, ed egli stava già per abbandonare i suoi lavori, quando venne a conoscenza di un concorso indetto nel febbraio 1837 dal Congresso americano, allo scopo di ottenere proposte per la realizzazione di impianti telegrafici. Morse decise immediatamente di partecipare al concorso e si applicò con tale impegno al perfezionamento della sua costruzione, da essere in grado già

nel settembre del medesimo anno di invitare a prendere visione del suo apparecchio. Il successo fu grande. Nel 1846 poi Morse poté far brevettare un secondo modello ancora ulteriormente migliorato, che rappresenta il prototipo di quello che, con lievi modifiche non sostanziali, è tuttora in uso ovunque.



In fondo il telegrafo Morse è un dispositivo semplicissimo. Un elettromagnete è la parte principale del ricevitore.

Nella fig. 47 è rappresentato schematicamente un ricevitore Morse. Quando nell'avvolgimento dell'elettromagnete passa corrente, viene attratta una leva che può oscillare attorno ad un perno. All'altro braccio della leva è fissata una punta scrivente che rimane premuta contro una striscia o nastro di carta, fintantochè l'elettromagnete trattiene la leva. Il nastro di carta viene fatto avanzare da un'orologeria, e scorre sopra un rullo che serve da appoggio per la punta scrivente.

Se ora si aziona l'elettromagnete solo per un tempo breve, rimane sulla carta una linea molto corta, ossia un punto. Se si aziona l'elettromagnete per un tempo abbastanza lungo, si forma sulla carta una linea abbastanza lunga. Così Morse fece un alfabeto costituito da punti e linee, il cosiddetto alfabeto Morse, che è riportato nella fig. 48.

### L'alfabeto Morse

Fig. 48

e .	v ....
i ..	3 .....-
s ...	
h ....	b .....-
5 .....-	7 .....-
t -	4 .....-
m -	6 .....-
o - - -	r . . . .
o - - - - -	k . . . .
(Zero)	p . . . .
a - -	x . . . .
w - - -	e' . . . .
j . . . .	l . . . .
1 . . . .	f . . . .
	y . . . .
	q . . . .
	c . . . .
n . . .	d . . . .
g - - -	Segni d'interpunzione
6 - - - .	. . . . .
9 - - - - .	, . . . . .
	: . . . . .
u . . . .	? . . . . .
u . . . . .	. . . . .
2 . . . . -	. . . . .
	. . . . .
d - - -	( ) . . . . .
z - - - .	" . . . . .
8 - - - - .	/ . . . . .

Ci sono vari metodi per imparare i segnali Morse ossia l'alfabeto Morse. Quello più sicuro è il metodo acustico.

Bisogna ascoltare i segnali, che vanno dati dapprima lentamente e poi sempre più presto, in modo da imprimerli bene nella memoria. Poichè è difficile avere a propria disposizione un apparecchio Morse per questo scopo, si consiglia di ripetere a voce i segnali dell'alfabeto Morse dicendo: « di » per un punto e « dah » per una linea. Se vi eserciterete soltanto seguendo questo metodo, vi accorgete dei vantaggi soprattutto quando sarete in grado di ricevere dei messaggi telegrafici « a orecchio », invece di leggerli dalle striscie registratrici di carta, come si usa nella radiotelegrafia.

Provate con alcune lettere e vedrete come si può raggiungere rapidamente lo scopo a questo modo. Per esempio per la lettera « R » ripetete ad alta voce: « di dah di », per la lettera « V »: « di di di dah »; e così via. Bisogna esercitarsi con costanza; si trova facilmente il tempo per farlo, per esempio recandosi o tornando dal lavoro, o quando si deve attendere da qualche parte. È soltanto l'esercizio che permette di ottenere la padronanza di un'arte!

### Costituzione di un impianto telegrafico

Vogliamo infine farvi ancora presente che esistono dei dischi da grammo-fono per l'insegnamento dell'alfabeto Morse. Per ora però più che la pratica della telegrafia Morse è importante per voi di apprendere i fondamenti tecnici.

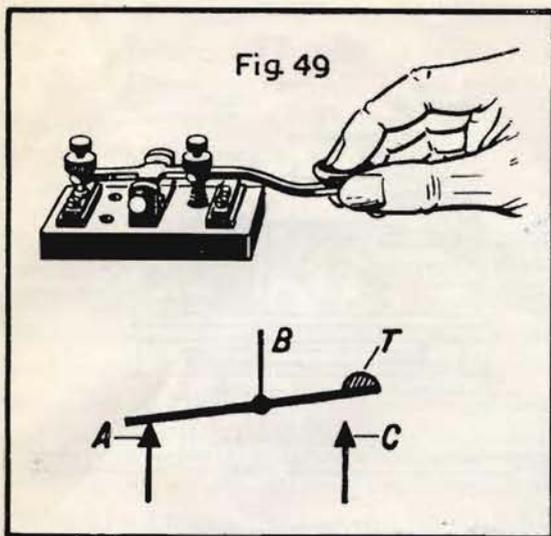
L'apertura e la chiusura del circuito elettrico si fa, nella telegrafia Morse, non per mezzo di un comune bottone di contatto o pulsante, ma con l'aiuto di un cosiddetto « tasto Morse » o « manipolatore Morse », come quello raffigurato nella fig. 49.

Quando non si aziona il tasto, la levetta appoggia al contatto A, e viene trattenuta da una piccola molla. Premendo il pomello T del tasto, avviene il contatto in C. È possibile collegare dei conduttori nei punti di contatto A e C, come pure alla leva stessa, in B.

Il simbolo per il tasto Morse, che è riportato nella fig. 49 in basso, non è usato nelle figure seguenti: verranno però riportati più avanti degli schemi, nei quali si trova tale simbolo.

La fig. 50 rappresenta un impianto telegrafico semplice. Nella Stazione A si trovano la batteria ed il tasto Morse.

Questa stazione si chiama « trasmettitore ». Nella stazione B si trova l'apparecchio scrivente Morse detto appunto « ricevitore ».



I collegamenti sono i medesimi della fig. 47; è possibile risparmiare però un filo di collegamento (quello che, nella figura, è tratteggiato). A questo scopo basta collegare con la terra nella stazione A il polo libero della batteria, nella stazione B l'estremità libera dell'avvolgimento dell'elettromagnete. Il conduttore di ritorno rimane quindi sostituito dalla terra che, per questi scopi, si è dimostrata ottimamente conduttrice.

Bisogna però far sì che la « messa a terra » sia buona, ossia che si abbia un collegamento elettrico veramente efficiente con la terra. Il mezzo migliore consiste nel sotterrare una piastra di metallo collegata per mezzo di un filo metallico al trasmettitore od al ricevitore. Verranno dati più tardi ulteriori particolari sugli impianti di « terra ».

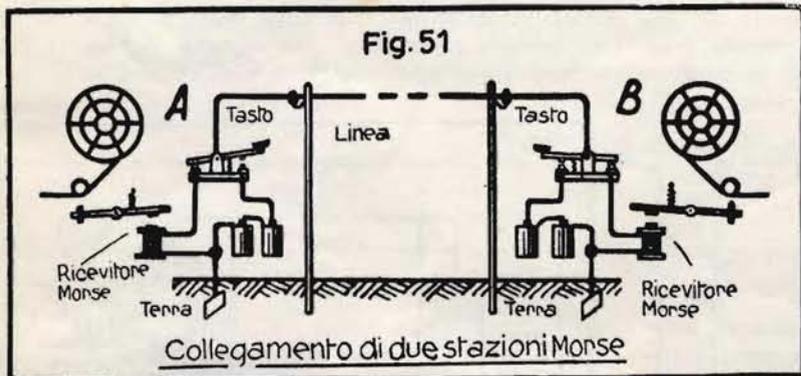
Osservate ancora un momento la fig. 50 e seguite il circuito elettrico. Questo è chiuso nel momento in cui viene premuto il pomello del tasto nella stazione A. Nel medesimo istante l'elettromagnete del ricevitore in B attira la leva e la punta scrivente traccia sul nastro di carta, che scorre a contatto della stessa, una linea oppure un punto, secondo la durata del tempo, in cui il tasto rimane premuto.



Ora si vuole però avere la possibilità di telegrafare non solo dalla stazione A alla stazione B, ma anche da B ad A. Occorrono allora due ricevitori Morse, due manipolatori e alle volte anche due batterie. Si eseguisce il collegamento conformemente alla fig. 51.

Come vedete in questo caso si utilizzano tutti e tre i morsetti del trasmettitore Morse. Seguite nuovamente il

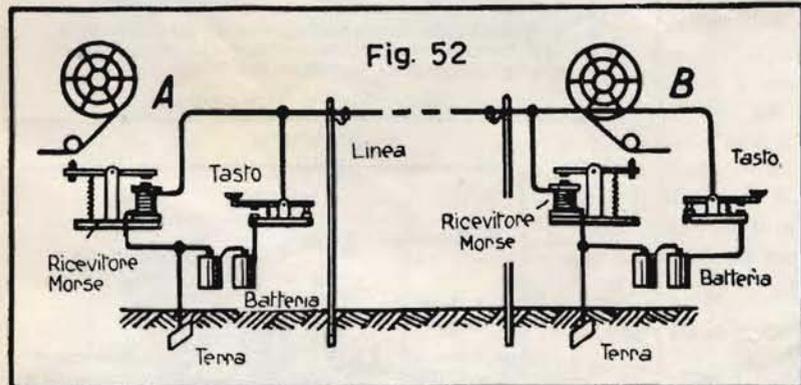
circuito, nel caso che venga trasmesso da A come pure se viene trasmesso da B.



I collegamenti si possono anche effettuare in modo diverso, e cioè, utilizzando due soli morsetti del trasmettitore (fig. 52).

Chiudendo il circuito in A, la corrente passa attraverso la linea alla stazione B, fa funzionare il ricevitore Morse e passa alla terra, attraverso la quale ritorna ad A.

Contemporaneamente però arriva la corrente anche al ricevitore della stazione trasmittente A, di modo che questo registra esso pure i segnali trasmessi. Occorre che in ciascuna stazione sia sistemata una batteria. Usando questo collegamento è dunque possibile controllare i segnali trasmessi.



Nei telegrafi usati in pratica, invece di una punta scrivente, si trova una rotellina scrivente che traccia sul nastro di carta i segnali trasmessi, nel ritmo degli impulsi di corrente. Il nastro di carta è sempre fatto avanzare da una orologeria.

La fig. 53 rappresenta schematicamente un comune ricevitore Morse. La rotellina scrivente è situata sul braccio sinistro della leva, e intinge in un recipiente contenente inchiostro oleoso. L'altro braccio della leva porta un'ancoretta di ferro, che viene attratta dall'elettromagnete giacente sotto di essa. Quando ciò avviene, la rotellina rimane premuta contro la striscia di carta (detta anche « zona »), guidata da due rulli azionati dal meccanismo d'avanzamento a molla.

## L'amplificazione delle correnti

Quando una corrente elettrica deve scorrere lungo una linea molto lunga essa si indebolisce. Più lunga è la linea, e più piccola è l'intensità della corrente che circola in essa.

Facciamo ancora una volta un semplice paragone: un uomo compie una volta un cammino breve, un'altra volta un cammino lungo. Quando ha percorso il cammino breve, egli si sente altrettanto fresco e in forze come all'inizio della passeggiata; se invece il cammino è stato lungo, egli arriva alla meta stanco e debole, incapace a compiere del lavoro.

Le cose sono simili anche nel caso della corrente elettrica. Se la corrente ha percorso una distanza molto lunga, essa non è più in grado di compiere del lavoro. Nell'impianto telegrafico, la corrente dovrebbe poter azionare l'elettromagnete del ricevitore Morse, anche dopo aver superato un percorso forse assai lungo. Non sempre ciò sarà possibile, e allora per superare questa difficoltà gli elettrotecnici inventarono il cosiddetto « relè » (dal francese « relais » = stazione di ricambio dei cavalli nella posta dei secoli scorsi), da loro inserito nel corso della linea allo scopo di amplificare la corrente telegrafica.

Per ritornare al nostro paragone: il viandante giunto alla meta stanco e incapace di eseguire un lavoro, è però ancora in grado di trasmettere un ordine. Quest'ordine viene poi eseguito da un altro uomo che non sia stanco.

Anche il relè trasmette in un certo senso un ordine, che viene eseguito da un impianto più robusto. In pratica ciò avviene così: al posto del ricevitore Morse, che abbisogna di una corrente intensa per il suo funzionamento, si inserisce nella linea un relè (fig. 54), il quale non è altro che un elettromagnete che deve attrarre una leva molto legge-

ra. A differenza dell'elettromagnete del ricevitore Morse, l'elettromagnete del relè deve solo compiere un lavoro leggero, dovendo attrarre soltanto una piccola leva. La corrente telegrafica, per quanto indebolita dal lungo percorso, è tuttavia ancora in grado di magnetizzare il nucleo dell'elettromagnete e di attirare la piccola leva.

E questa piccola leva attratta, chiude il contatto di un circuito elettrico separato, dotato di una propria sorgente di corrente: la cosiddetta batteria locale.

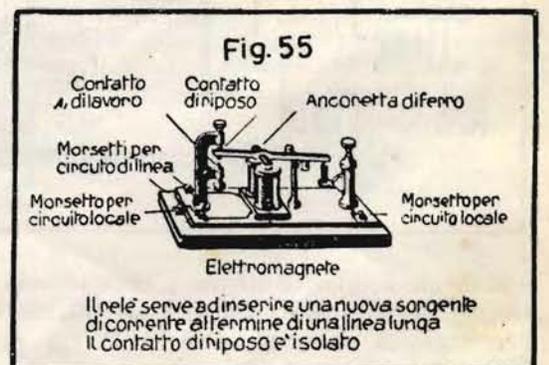
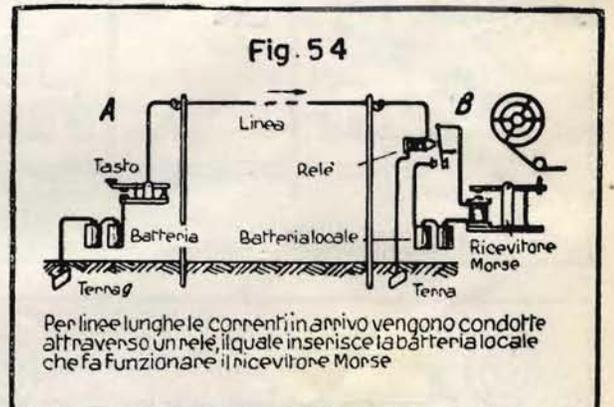
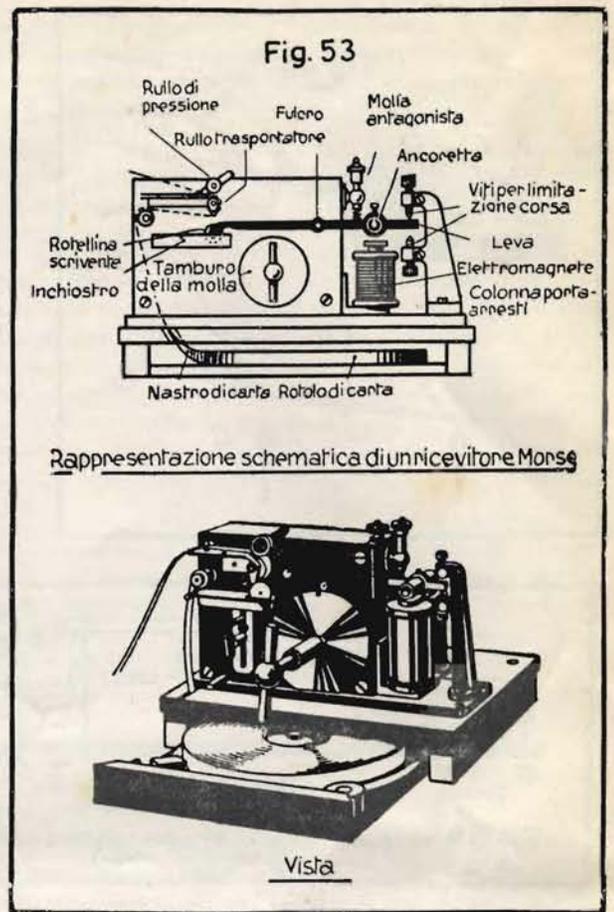
Il ricevitore Morse è inserito in questo circuito separato.

La fig. 55 mostra schematicamente l'aspetto di uno di questi relè. In verità la distanza tra l'ancoretta di ferro fissata alla leva ed i nuclei dei due elettromagneti è minuscola, per cui basta effettivamente una corrente molto debole per attrarre l'ancoretta.

La fig. 54 rappresenta un semplicissimo impianto telegrafico con relè, nel quale è possibile trasmettere i segnali soltanto dalla stazione A alla stazione B; la fig. 56 mostra invece lo schema di un impianto per la comunicazione nelle due direzioni, nel quale cioè è possibile trasmettere i segnali sia da A verso B come da B verso A. Vogliate seguire anche in questa figura il circuito della corrente elettrica, tanto nel caso di trasmissione partente da A, quanto in quello di trasmissione partente da B.

## Collegamenti telegrafici a correnti di lavoro e di riposo

Prima di continuare vorremmo farvi conoscere alcuni segni grafici o simboli normalizzati. Finora conoscete già i simboli per le batterie, per i contatti semplici e per i tasti o trasmettitori Morse. Vi manca ancora il simbolo per i « ricevitori Morse », che registrano i segnali su una striscia di carta. La fig. 57 rappresenta il segno grafico per i ricevitori Morse.



Come vedete esistono due simboli differenti. Il simbolo *a*) si chiama: « a corrente di lavoro »; quello *b*) invece: « a corrente di riposo ». « Corrente di lavoro » e « corrente di riposo » sono due concetti nuovi per voi, che diverranno subito comprensibili, se osserverete i collegamenti delle figure 58 e 59.

La fig. 58 rappresenta un collegamento telegrafico a corrente di lavoro, la fig. 59 invece un collegamento telegrafico a corrente di riposo. Per potervi aiutare all'inizio a capire con più facilità gli schemi disegnati con i simboletti esatti, abbiamo ripetuto sotto gli schemi simbolici i medesimi collegamenti, disegnati però con il vecchio sistema di rappresentazione.

Tutti i collegamenti che avete conosciuto finora, erano collegamenti « a corrente di lavoro ».

Ciò significa che la corrente circola soltanto, quando si preme uno dei tasti. Come mostreremo in seguito, basta però un piccolo artificio per riuscire ad ottenere un notevole risparmio nelle batterie occorrenti. Bisogna solamente eseguire i collegamenti conformemente alla fig. 59, ossia per corrente di riposo.

Nei collegamenti telegrafici a corrente di riposo la corrente circola continuamente lungo la linea. Non appena si preme uno dei tasti, il circuito rimane interrotto e l'ancoretta, che con questo tipo di collegamento rimane di solito attratta dalla elettrocalamita del ricevitore Morse, resta improvvisamente libera. Con questo genere di collegamento è necessario che le levette con la rotella scrivente siano costruite in modo alquanto diverso, come risulta anche dalla fig. 59. Si usano leve doppie, come quella schizzata a fig. 60. Del resto, negli schemi basta l'impiego dei simboli adatti per distinguere, come nelle figg. 58 e 59, che in un caso si tratta di un ricevitore Morse per corrente di lavoro, nell'altro di un ricevitore Morse per corrente di riposo.

Nella fig. 61 (pag. 24) è disegnato un impianto con due stazioni intermedie, funzionante a corrente di lavoro. Premendo uno

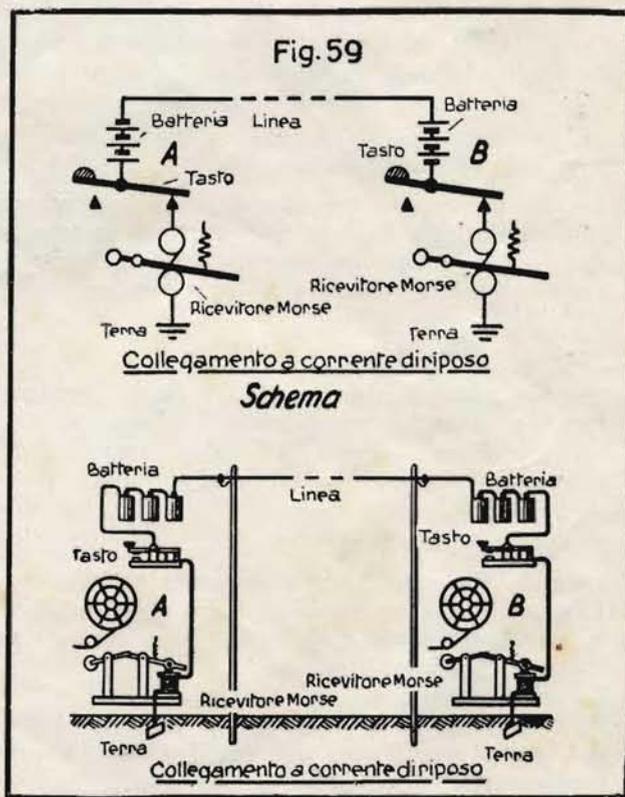
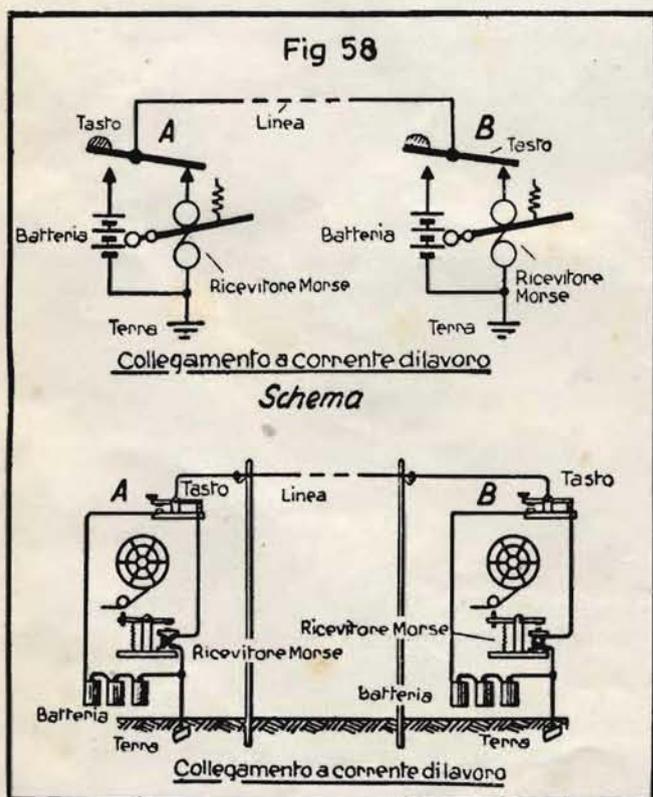
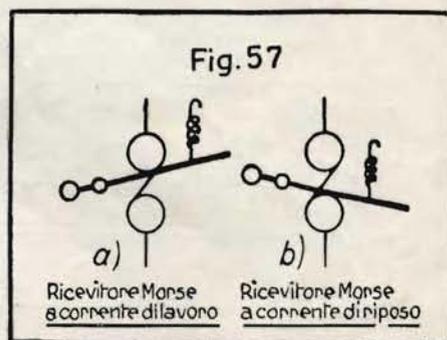
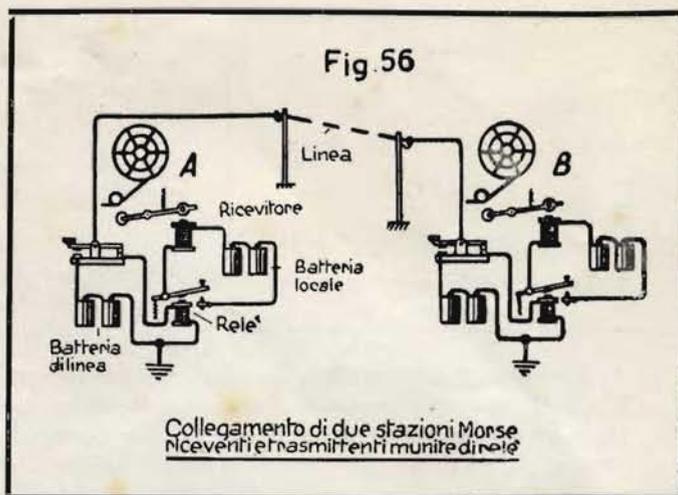
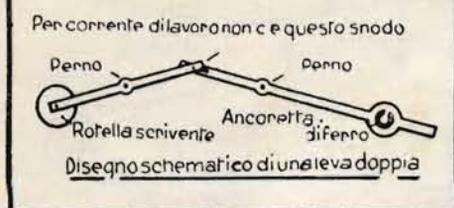


Fig. 60



qualsiasi dei tasti, passa corrente nella linea e di conseguenza vengono attratte le ancorette di tutti i ricevitori e le rotelle scriventi toccano il nastro di carta. L'apparecchio della stazione trasmittente non registra i segnali.

Siete ora pregati di seguire il circuito nell'ipotesi che sia stato premuto per esempio il tasto della prima stazione intermedia.

Nella fig. 62 si vede invece un impianto telegrafico con stazioni intermedie, predisposte per esercizio a corrente di riposo.

In generale è preferibile l'esercizio a corrente di lavoro negli impianti che possiedono linee di notevole lunghezza, ma senza o soltanto con poche stazioni intermedie. Ognuna delle stazioni di collegamento deve in questo caso essere dotata di una propria batteria, la quale deve essere capace di superare l'intera distanza della linea.

L'esercizio a corrente di riposo è invece consigliabile, quando esistono parecchie stazioni intermedie. In questo caso è sufficiente un'unica batteria per l'alimentazione di tutto quanto l'impianto. I singoli elementi della batteria si possono però distribuire fra le varie stazioni; basta che essi siano tutti collegati in serie. Nell'intero impianto circola continuamente una corrente di riposo, che viene interrotta brevemente soltanto durante la trasmissione dei messaggi, nel ritmo dei segnali Morse.

Fig. 61

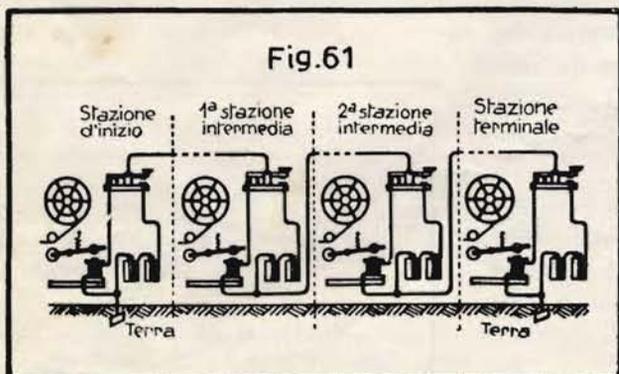
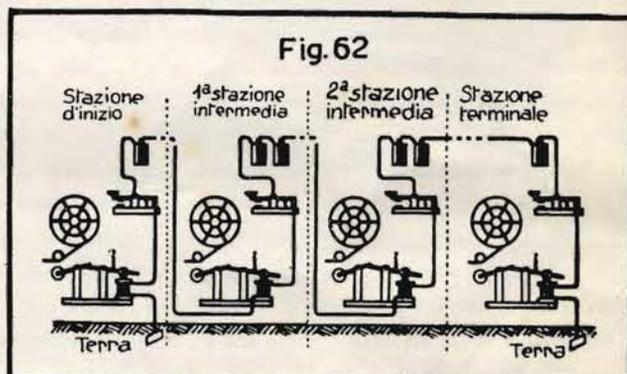


Fig. 62



### Domande

1. Chi fu l'inventore del telegrafo scrivente che viene usato ancora oggi?
2. Qual'è il principio fondamentale che permise la realizzazione di questo telegrafo?
3. In che modo si può risparmiare il conduttore di ritorno in un impianto telegrafico?
4. Quali sono i due tipi di collegamento per impianti telegrafici?

### Risposte alle domande di pag. 10.

1. Le pile possono essere collegate in serie o in parallelo.
2. Collegando in serie varie pile, aumenta la tensione.
3. Collegando in serie quattro pile, capaci ciascuna di erogare un ampère di corrente, anche la batteria risultante non potrà erogare più di un ampère.

### Risposte alle domande di pag. 13.

1. Quando più suonerie di un impianto di campanelli sono collegate in parallelo, anche le pile della batteria vanno collegate in parallelo.
2. Un dispositivo che permetta di indicare, da quale camera sia stato suonato il campanello si chiama: « impianto di chiamata a cartellini ».

### Risposte alle domande di pag. 17.

1. Un'onda è costituita dalla semionda positiva e dalla semionda negativa (« monte » e « valle »).
2. La lunghezza d'onda non ha nulla a che vedere con l'ampiezza dell'onda.
3. Il punto, dal quale si dipartono le onde, si chiama « punto di perturbazione » (nell'acqua essa può essere il punto di caduta di un sasso).
4. Le onde sonore sono onde dell'aria.
5. L'onda luminosa si propaga con una velocità di 300 000 chilometri al secondo.
6. In fisica si intende per « étere » la sostanza ipotetica che riempie ogni spazio ed è contenuta anche in ogni oggetto.

### Risposte alle domande di pag. 24.

1. L'inventore del telegrafo scrivente è l'americano Samuele Morse.
2. L'applicazione dell'elettromagnete costituì la soluzione migliore per la trasmissione elettrica di segnali.
3. Il conduttore di ritorno in un impianto telegrafico si può risparmiare utilizzando in luogo di esso la terra.
4. Si distinguono l'esercizio a corrente di lavoro e l'esercizio a corrente di riposo.

### CONCLUSIONE

Ecco che avete terminato lo studio anche della seconda dispensa. Prima che vi dedichiate alla soluzione dei compiti, vogliamo indicarvi ancora una volta i principi fondamentali di uno studio proficuo. D'altronde ognuno affronterà questo compito a suo modo, secondo il temperamento personale.

Non può essere che di vantaggio, se vi ripetiamo i seguenti consigli:

1. Non leggete la dispensa tutta d'un sol fiato, e non risolvete i compiti subito dopo. Se anche voi azzeccate i risultati e le risposte esatte, correreste però il rischio di dimenticare in breve la materia. Suddividete quindi lo studio nel corso dell'intero mese e ripetete ogni volta quanto avete già appreso, prima di continuare a studiare la dispensa.
2. Dopo aver studiato un certo argomento, provate a fare una piccola conferenza su di esso, come se foste voi l'insegnante.
3. Rispondete da solo a tutte le domande contenute nella dispensa notando le risposte nel vostro quaderno. Potrete così controllare da solo i vostri errori e stabilire così voi stesso, dove si trovano le lacune del vostro sapere: là dovrete quindi insistere maggiormente.
4. Finora siete ancora all'inizio dello studio. I fenomeni finora trattati sono quasi tutti di facile comprensione e si apprendono rapidamente. Però si possono anche dimenticare con facilità. Tenete perciò sempre presente che è proprio ora il periodo più importante dello studio. Più tardi, quando verrete introdotti nella conoscenza dei fenomeni più complessi, avrete bisogno delle basi solide. Le nozioni fondamentali dovranno allora essere in vostro completo possesso; solo in tal modo lo studio vi sarà leggero fino al suo termine. Diverrete così con facilità, a poco a poco, un abile specialista. E per raggiungere questa meta, vale la pena di studiare sistematicamente e con costanza fin dagli inizi.

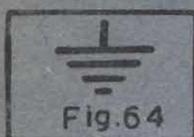
### COMPITI

1. In qual modo si devono collegare più pile per aumentare la tensione?
2. Quale tipo di collegamento si applica, quando si vuole ottenere da una batteria la massima intensità di corrente con tensione relativamente bassa?
3. a)  $\frac{16z}{4} = 6;$   
 $z = ?$
- b)  $\frac{5x}{3} = 5;$   
 $x = ?$
- c)  $\frac{20y}{3} = 4;$   
 $y = ?$
4. Quali sono i poli delle pile e delle batterie?
5. Le batterie anodiche hanno una tensione elevata, oppure sono in grado di erogare una forte intensità di corrente?
6. Disegnate il circuito elettrico della fig. 20 a pag. 10 di questa Dispensa, quando sono chiusi i contatti « 1 » e « 3 ». Disegnate ogni volta lo schema completo. Indicate il senso della corrente con delle frecce. Rappresentate la batteria col suo simbolo giusto.



Disegnate lo schema di un impianto di campanelli con due suonerie collegate in serie come nella fig. 24, ma con una batteria costituita da quattro celle. Il simbolo per la suoneria è riprodotto nella fig. 63.

7. Disegnate lo schema di un impianto di campanelli con due suonerie collegate in parallelo, due contatti a pulsante ed una batteria. Ciascuno dei due pulsanti deve comandare entrambe le suonerie. La batteria deve essere costituita da quattro celle. Badate al collegamento delle celle.
8. Come va collegata la batteria, quando in un impianto di campanelli vi sono più suonerie collegate in serie?
9. Qual'è la differenza fondamentale tra le onde sonore e le onde radio?
10. Le onde luminose sono onde dell'aria o dell'etere?
11. Come è fatta la levetta di un ricevitore Morse per esercizio a corrente di riposo?



Disegnate l'impianto telegrafico semplice della fig. 50, che è un impianto a corrente di lavoro, usando i giusti simboli per il tasto Morse, per la batteria e per il ricevitore Morse. Il simbolo della terra è indicato nella fig. 64.

Prima di inviarci le vostre soluzioni per la correzione, rileggete le « Istruzioni » a pag. 27 della dispensa N. 1.

**TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI**

**OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO, 9  
VARESE**

DISPENSA N° 3

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

## INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 3

<b>Riassunto delle materie trattate nella dispensa precedente</b>	pag. 1
<b>Tecnica delle misure</b>	» 1
La misura della intensità di corrente con l'amperometro	» 1
Costruzione e funzionamento di un amperometro	» 2
La taratura degli amperometri	» 3
Strumenti a ferro mobile	» 4
Domande	» 4
Costruzione e funzionamento di un voltmetro	» 5
<b>Elettrotecnica Generale</b>	» 7
La legge di Ohm	» 7
L'applicazione della legge di Ohm	» 9
Esempi per l'applicazione della legge di Ohm	» 10
Domande	» 10
Risposte alle domande di pag. 4	» 10
<b>Acustica ed elettroacustica</b>	» 11
Il suono	» 11
Domande	» 18
Risposte alle domande di pag. 10	» 18
<b>Matematica</b>	» 18
3. Le equazioni (continuazione)	» 18
<b>Telefonia</b>	» 20
Il microfono	» 20
Il microfono di Hughes	» 21
Il microfono a granuli di carbone	» 21
Altri tipi di microfoni	» 22
Il ricevitore telefonico	» 23
Domande	» 24
<b>Matematica</b>	» 25
3. Le equazioni (continuazione)	» 25
Risposte alle domande di pag. 24	» 28
<b>Compiti</b>	» 28

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 3

## RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

L'introduzione nella tecnica delle telecomunicazioni è continuata nella Dispensa N. 2. Nel Capitolo sulle « Sorgenti di corrente debole », la cui trattazione era stata iniziata fin dalla prima Dispensa, sono state descritte varie specie di pile; fra queste la più importante è la pila Leclanché.

Il Capitolo sulla « Tecnica dei collegamenti » vi ha introdotti in un campo nuovo. Avete appreso che le pile si possono collegare in serie oppure in parallelo e vi siete fissati in mente la seguente proporzione: nel collegamento in serie di più pile, si sommano le singole tensioni; nel collegamento in parallelo invece si sommano le singole intensità di corrente.

Fin dalla Dispensa N. 1 avevate conosciuto un semplice impianto di campanello. Nella Dispensa N. 2 abbiamo fatto un passo avanti e si sono trattati i collegamenti negli impianti di campanelli. Vi è stato così spiegato che gli utilizzatori di corrente collegati fra loro in parallelo consumano più corrente, allo stesso modo che le pile collegate in parallelo possono erogare una corrente maggiore. E viceversa, che gli utilizzatori collegati in serie abbisognano di una tensione superiore, allo stesso modo come le pile collegate in serie danno una tensione più elevata. La conoscenza di questi due principî è molto importante per il giusto collegamento degli impianti di campanelli.

Nel Capitolo sulla « Radiotecnica » avete conosciuto la natura delle onde elettriche. Vi è stato spiegato anche il differente comportamento dell'aria e dell'etere. Avete così appreso che le onde della radio sono onde dell'etere che si propagano con la velocità di 300.000 chilometri al secondo. La velocità di propagazione delle radioonde è quindi la medesima della luce.

Nel Capitolo sugli « Impianti telegrafici » siete stati introdotti in un ramo molto importante della tecnica delle telecomunicazioni. Avete conosciuto dapprima il telegrafo Morse. Con l'aiuto di un disegno vi sono state mostrate le parti che costituiscono un ricevitore Morse.

Trattando dei collegamenti telegrafici, vi è stata spiegata la differenza tra gli impianti telegrafici a corrente di lavoro e quelli a corrente di riposo. L'esercizio a corrente di lavoro è adatto nel caso di impianti dotati di una rete molto estesa, ma totalmente o quasi sprovvista di stazioni intermedie. L'esercizio a corrente di riposo è invece preferibile, quando vi sono numerose stazioni intermedie disposte nel corso della linea.

Questo, in brevi tratti, era il contenuto della Dispensa N. 2 sulle telecomunicazioni, da voi ora terminata.

A questo punto vogliamo esortarvi ancora una volta a meditare tutta la materia appresa nella Dispensa N. 2 a fondo, prima di continuare lo studio. Esaminate coscienziosamente, se avete davvero ben compreso tutto della Dispensa precedente. Solo quando vi sentirete in grado di rispondere affermativamente a questa domanda, potrete iniziare lo studio della Dispensa successiva.

## TECNICA DELLE MISURE

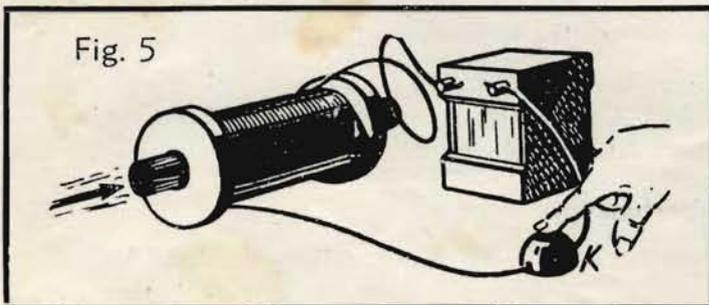
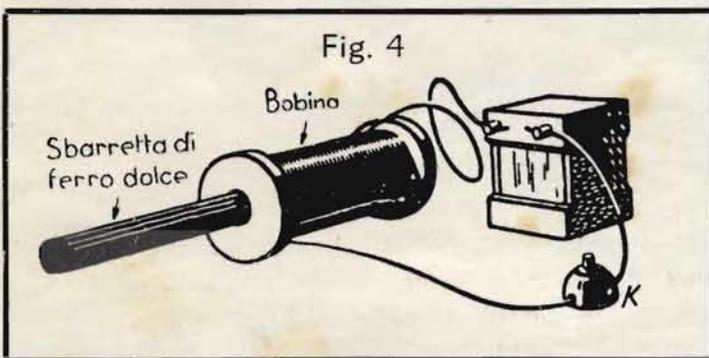
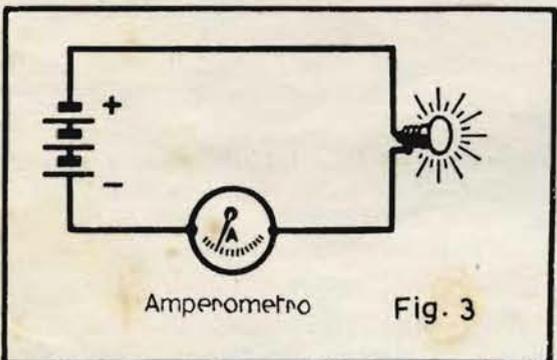
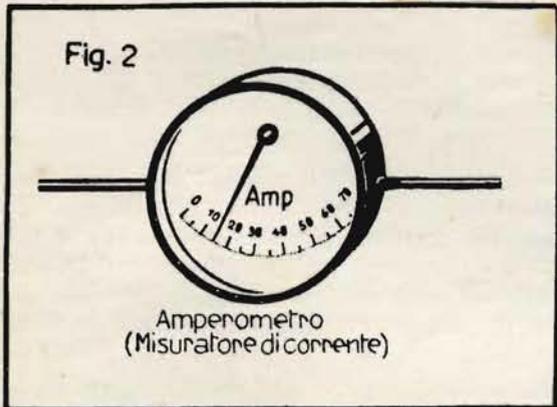
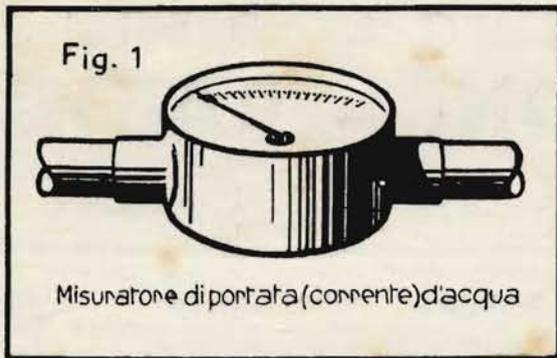
Avete ormai appreso svariate nozioni nel campo della tecnica delle telecomunicazioni e dell'elettrotecnica generale. Conoscete alcune sorgenti di corrente e sapete che una pila possiede questa o quella tensione, o che un utilizzatore consuma questa o quella corrente. Vi è pure noto che la tensione si misura in volt e l'intensità di corrente in ampère.

Vi capiterà ora assai spesso di dover misurare la tensione o la corrente di una pila. Esistono a questo scopo strumenti di misura che indicano la corrente in ampère oppure la tensione in volt.

Lo strumento che misura l'intensità di corrente in ampère si chiama « misuratore di corrente » o « amperometro »; lo strumento per le tensioni si chiama « misuratore di tensione » o « voltmetro ». Vi spiegheremo ora, come sono fatti questi due strumenti di misura.

### La misura della intensità di corrente con l'amperometro

Prima di occuparci direttamente della misurazione della intensità di corrente e della costruzione degli amperometri è bene chiarire meglio alcune cose, facendo nuovamente un paragone con la corrente d'acqua.



Immaginatevi una condotta nella quale scorra costantemente una corrente d'acqua. Naturalmente tanto il consumatore di acqua, cioè l'utente, quanto il fornitore, cioè l'acquedotto, hanno necessità di potere conoscere in ogni momento la quantità d'acqua che scorre nella condotta in una determinata unità di tempo, ad esempio in un minuto secondo, per poterne stabilire l'effettivo consumo.

Ciò significa che entrambi vogliono potere sapere in ogni momento quanta acqua è possibile prelevare dalla « rete idrica » in un determinato tempo. A tale scopo viene inserito nella condotta un misuratore della corrente d'acqua o « misuratore di portata » (fig. 1). Quando si apre un rubinetto e si consuma dell'acqua, questo « misuratore di portata » indica in ogni momento la quantità d'acqua che scorre nella condotta in ogni unità di tempo, ad es. ogni minuto secondo.

La misura della intensità di corrente elettrica avviene in modo simile e, se paragoniamo la corrente elettrica alla corrente d'acqua, potremo allora comprendere con facilità il principio su cui si fonda la misura della intensità della corrente elettrica. Infatti, così come il « misuratore di portata » viene inserito nella condotta d'acqua, anche il « misuratore di corrente elettrica » (amperometro) viene inserito nella condotta elettrica ed esso indica allora l'intensità della corrente che scorre nella linea elettrica.

Poniamo che si voglia conoscere l'intensità di corrente che scorre attraverso una lampadina. Basterà allora inserire un « amperometro » in un punto qualsiasi del circuito (fig. 3) e sulla scala dello strumento si potrà leggere il numero di ampère di corrente che scorrono nella lampadina.

Pensando nuovamente al paragone fatto con la corrente d'acqua, si può facilmente comprendere come l'intensità sia sempre uguale in tutti i punti della condotta d'acqua come nel circuito elettrico. Non ha quindi importanza il punto nel quale l'amperometro viene inserito nel circuito. Esso può indifferentemente trovarsi presso la batteria oppure accanto all'apparecchio che consuma la corrente (ad es. la lampadina); in qualsiasi punto, a monte o a valle della lampadina, l'amperometro segnerà sempre la medesima intensità di corrente.

### Costruzione e funzionamento di un amperometro

Prima di descrivere la costruzione di un amperometro di tipo semplicissimo, facciamo una esperienza. Nella fig. 4 è rappresentata una bobina costituita da molte spire di filo la quale è collegata con una batteria attraverso un interruttore a pulsante *K*.

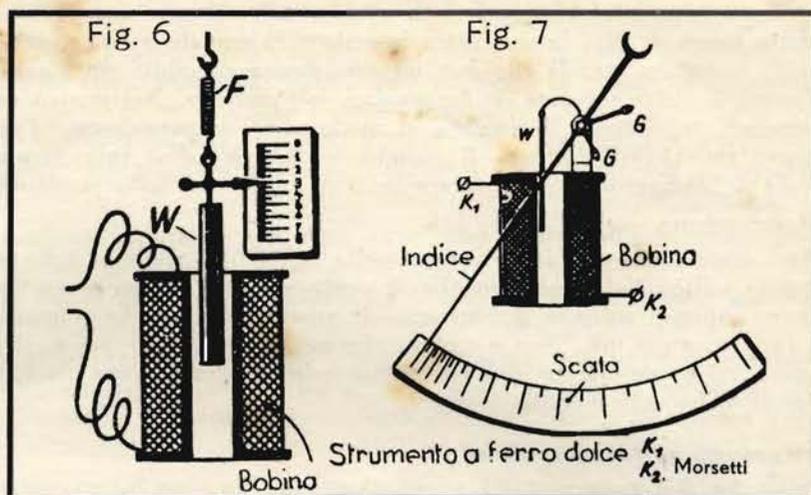
Una sbarretta di ferro dolce è infilata nella bobina per un piccolo tratto e ne sporge per la maggior parte della propria lunghezza. Se premendo il pulsante dell'interruttore *K* noi chiudiamo il circuito e facciamo circolare corrente nella bobina, la sbarretta di ferro viene improvvisamente « succhiata » nell'interno della bobina stessa.

Se mentre teniamo abbassato il pulsante, cioè mentre la corrente circola nella bobina, tentiamo di estrarre da questa la sbarretta di ferro, notiamo che per poterlo fare occorre un certo sforzo. La sbarretta infatti viene trattenuta nella bobina finchè in questa circola la corrente e, solo dopo

che il circuito è stato aperto e la corrente interrotta, sarà facile poterla estrarre.

La costruzione dei più semplici strumenti di misura è basata appunto su questa proprietà posseduta da una bobina percorsa da corrente di attirare nel suo interno una sbarretta di ferro dolce.

La fig. 6 mostra schematicamente il funzionamento di un cosiddetto « strumento a ferro dolce ». Una sbarretta di ferro dolce  $W$  appesa ad una molla a spirale  $F$  penetra per un tratto della sua lunghezza nell'interno di una bobina. Un indice fissato sulla sbarretta segna su di una piccola scala gli spostamenti fatti dalla sbarretta stessa sia verso l'alto che verso il basso.



Non appena si invia della corrente nella bobina, la sbarretta viene attratta nell'interno della bobina più o meno profondamente a seconda dell'intensità della corrente che in essa è stata fatta circolare. La penetrazione è tanto maggiore quanto più intensa è la corrente impiegata.

Naturalmente nella pratica non si usano apparecchi così rudimentali perchè essi sono poco precisi.

La fig. 7 rappresenta invece un sistema migliore. Anche qui abbiamo una sbarretta di ferro dolce  $W$  il cui peso è controbilanciato per mezzo di piccoli contrappesi  $G$ , che penetra in parte in una bobina.

Maggiore è la corrente che viene fatta circolare nella bobina, tanto più profonda sarà la penetrazione della sbarretta e altrettanto più grande la escursione, cioè la deviazione dell'indice che segna su di una scala il valore della corrente circolante.

### La taratura degli amperometri

La taratura degli amperometri è molto semplice da eseguire se si dispone di uno strumento già tarato in precedenza il quale deve essere inserito nello stesso circuito con lo strumento da tarare e collegato in serie ad esso. In questo modo entrambi gli strumenti vengono attraversati dalla medesima corrente e quindi devono indicare sulle rispettive scale i medesimi valori di intensità.



Se facendo circolare la corrente nel circuito l'apparecchio già tarato indica 2 ampère, si segna allora lo stesso valore sulla scala dell'apparecchio da tarare nella posizione assunta in quel momento dal suo indice. In altre parole la taratura consiste nel far corrispondere sulla scala dell'apparecchio da tarare le posizioni assunte di volta in volta dall'indice dell'apparecchio già tarato riportandovi i medesimi valori.

Per potere eseguire con più facilità tale operazione di taratura che deve essere fatta per tutti i differenti valori della scala dello strumento, cioè per tutto il cosiddetto « campo di misura », occorre disporre di una corrente la cui intensità possa essere regolabile a piacere da un valore massimo allo zero. Ciò si può ottenere inserendo nel circuito come « apparecchio utilizzatore di corrente » una « resistenza variabile » o « reostato ».

Regolando il valore della « resistenza variabile » è quindi possibile potere disporre di volta in volta di determinate intensità di corrente che permettono di tarare l'amperometro e di stabilire sulla sua scala l'esatta graduazione in corrispondenza delle indicazioni dell'amperometro già tarato.

Naturalmente in relazione alla corrente massima di cui si dispone, quanto più grande è il valore della resistenza inserita, altrettanto più piccola diventa la corrente circolante nel circuito.

Ancora una volta il paragone con la corrente d'acqua potrà aiutarvi a comprendere il funzionamento delle « resistenze variabili » o « reostati » che dir si voglia. Infatti collegando ad un serbatoio una conduttura di grande diametro in essa passerà una forte corrente d'acqua, se invece allo stesso serbatoio colleghiamo una conduttura di piccolo diametro la corrente che vi passerà sarà più piccola della precedente. Nel primo caso la conduttura oppone all'acqua una piccola resistenza mentre nel secondo caso il tubo più piccolo rappresenta per l'acqua una resistenza più elevata.

Il medesimo effetto si può ottenere anche in modo diverso. Supponiamo che dal solito serbatoio partano due tubi di uguale sezione ma che uno sia corto e l'altro invece molto lungo. Comanderete certo facilmente che la corrente d'acqua incontrerà nel tubo corto una resistenza assai minore che non nel tubo lungo e che quindi, nello stesso tempo, attraverso il tubo corto scorrerà più acqua che attraverso quello lungo.

Le correnti elettriche si comportano allo stesso modo. Quando il « cursore » o contatto scorrevole del reostato

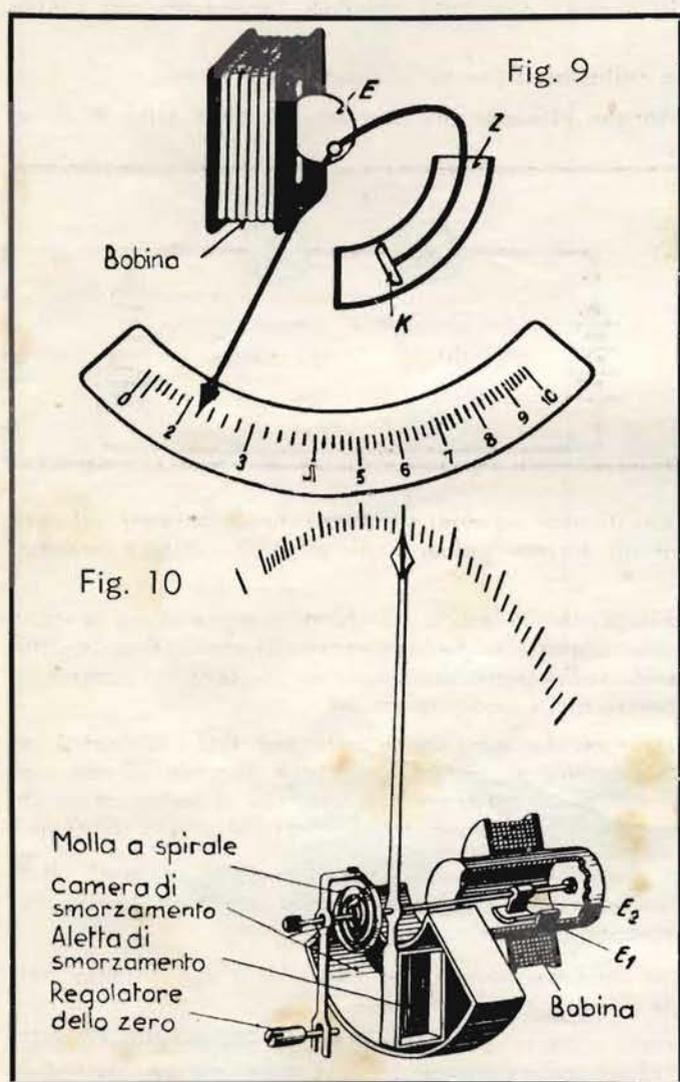
(resistenza variabile) è regolato in modo che fra il suo morsetto di entrata e quello di uscita sia compreso un tratto lungo di filo, la resistenza inserita sarà grande e l'intensità di corrente resta limitata ad un valore piccolo. È chiaro quindi che con una resistenza variabile di questo genere noi possiamo modificare a piacere l'intensità della corrente da far passare nel circuito. Nel nostro caso, per effettuare la taratura di un amperometro, regoleremo il reostato in modo che l'amperometro già tarato segni dapprima 1 ampère, poi 2 ampère e così via. Dopo la lettura di ognuno dei singoli valori sullo strumento tarato si segna un eguale valore sulla scala dell'amperometro da tarare in corrispondenza della posizione assunta dal suo indice.

#### Osservazione.

Non avete notato nulla di strano nella fig. 8? Il simbolo della batteria vi è disegnato in modo differente da quello solito: l'elettrodo positivo è contrassegnato da un lungo tratto sottile, quello negativo da un breve tratto grosso; quindi proprio il contrario di quanto abbiamo fatto finora. In molti paesi si usa infatti il simbolo come è rappresentato qui. Non è escluso che anche nel nostro paese si possa un giorno adottare questo segno diverso, ed è per questo che l'abbiamo voluto riportare qui per farvelo conoscere. In seguito useremo però sempre il segno nella vecchia forma.

#### Strumenti a ferro mobile

Nella fig. 9 è rappresentata schematicamente un'altra forma costruttiva di strumento a ferro mobile. Invece di una sbarretta abbiamo qui un dischetto di ferro dolce  $E$  imperniato eccentricamente, cioè fuori del suo centro.



Per smorzare il più possibile le oscillazioni dell'indice, questi è solidale con un pistoncino  $K$  che si sposta in un tubo a sezione circolare di forma adeguata. Il cuscinetto d'aria compresso dal pistoncino rallenta il movimento dell'indice e permette di ottenere lo smorzamento desiderato.

La figura 10 mostra un altro sistema. Il funzionamento dello strumento di misura che vi è rappresentato non è identico a quello degli strumenti di misura descritti precedentemente, ma il principio informatore è però sempre il medesimo. Lo strumento è dotato di una bobina «toroidale», cioè a forma di anello, nella quale sono disposti due nuclei di ferro,  $E_1$  fissato al corpo della bobina ed  $E_2$  fissato invece su di un albero girevole al centro della bobina il quale, ad una sua estremità porta l'indice dello strumento.

Quando la bobina è percorsa dalla corrente che si vuole misurare, i due nuclei  $E_1$  ed  $E_2$  si magnetizzano con polarità uguale e, come due poli dello stesso nome cercano di respingersi a vicenda. In conseguenza di ciò il nucleo mobile tende ad allontanarsi da quello fisso facendo ruotare l'albero girevole sul quale è fissato anche l'indice dello strumento sino a quando la forza crescente di una molla spirale equilibra la forza con cui i due nuclei  $E_1$  ed  $E_2$  si respingono.

In questa posizione di equilibrio, l'indice segna sulla scala il valore della corrente. Anche qui c'è un dispositivo di smorzamento ad aria (freno pneumatico) che ferma rapidamente l'indice dopo ogni escursione. Invece che di un pistoncino, esso è costituito da un'aleffa frenante che si muove in una camera chiusa (fig. 10). Per poter far sì che in assenza di corrente l'indice stia sempre sul valore « zero », lo strumento è dotato di un'apposita « vite di messa a zero » azionabile dall'esterno.

I sistemi rappresentati nelle figg. 9 e 10 sono quelli oggi più usati per gli strumenti di questo genere. Il principio del funzionamento di entrambi si basa sulla rotazione di un nucleo di ferro dolce, e per questo si chiamano «strumenti a ferro mobile», designazione che manterremo anche in futuro. Questi strumenti si chiamano anche «elettromagnetici», perchè dotati di un elettromagnete.

#### Domande

1. Come si chiama lo strumento che serve a misurare l'intensità della corrente elettrica?
2. Con quale strumento si misurano le tensioni elettriche?
3. Qual'è la proprietà di una bobina percorsa da corrente che consente la costruzione di un semplice «strumento a ferro mobile»?

## Costruzione e funzionamento di un voltmetro

Come sapete, oltre agli amperometri esistono anche i « misuratori di tensione » o « voltmetri ». Come sono costituiti e come funzionano questi strumenti di misura? È questa la domanda alla quale vogliamo ora rispondere.

Il funzionamento degli amperometri e dei voltmetri è identico. Infatti lo spostamento dell'indice di entrambi gli strumenti è dovuto al passaggio della corrente elettrica. Il compito dei due tipi di strumenti è però differente:

L'amperometro deve indicare la quantità di corrente che passa nell'unità di tempo attraverso una sezione del conduttore.

Il voltmetro invece deve misurare la pressione elettrica, ossia la tensione esistente tra due punti del circuito.

Da questi compiti differenti consegue la necessità che amperometro e voltmetro siano inseriti in modo differente fra di loro. L'amperometro viene inserito, come sapete, nel corso di una linea, come un misuratore della portata d'acqua. Esso deve misurare la « quantità di corrente » che attraversa la sezione della linea; è chiaro quindi che tutta la corrente da misurare deve attraversare il dispositivo di misura ossia l'amperometro.

Nella fig. 11 si vede come viene inserito nel circuito un amperometro. Questa figura rappresenta lo schema dell'intero circuito. Bisogna ora osservare che la corrente indicata dall'amperometro dipende dall'apparecchio consumatore allacciato. Se la corrente che passa nell'apparecchio consumatore è forte, l'amperometro segna un valore elevato; ma se invece il consumatore non lascia passare che una piccola corrente, anche l'amperometro, fedelmente, indica che nel circuito scorre solo poca corrente.

Al solito le cose diventano più chiare, se pensiamo un momento al paragone con l'acqua. Se voi, consumatore d'acqua, aprite completamente il rubinetto del vostro lavandino, avrete una grande quantità d'acqua che passa attraverso la sezione delle condutture, sia di entrata che di scarico; se invece limitate il consumo (limitando l'apertura del vostro rubinetto) attraverso le condutture passerà poca acqua.

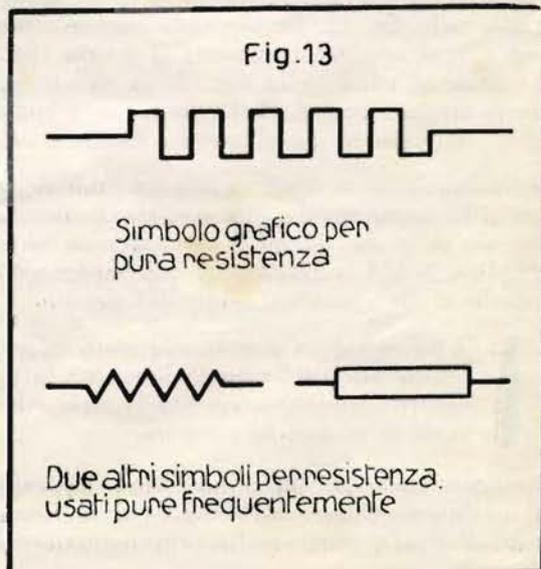
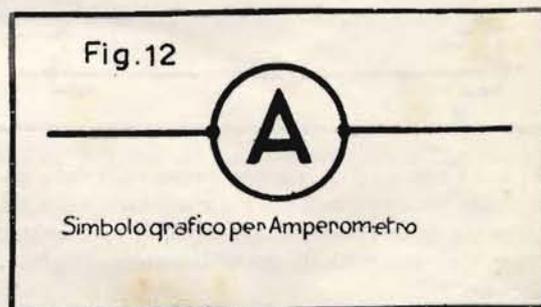
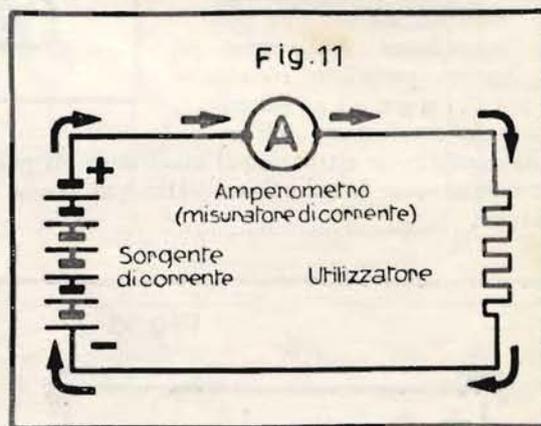
Lo schema della fig. 11 mostra inoltre anche altre cose. Vi si vede anzitutto il giusto simbolo di un amperometro. Esso è disegnato un'altra volta da solo nella fig. 12, ed è costituito da un cerchio con dentro una grossa « A ».

L'apparecchio consumatore, che potrebbe essere per es. una lampadina elettrica, un termoforo, un bollitore ecc., è rappresentato da una linea a « greca » (fig. 11). Questo segno, che è disegnato nuovamente nella fig. 13, significa una resistenza.

Vi chiederete ora, per quale ragione si usi il simbolo di una resistenza per rappresentare un consumatore di corrente. Ciò dipende dal fatto che qualsiasi consumatore o utilizzatore di corrente oppone una certa resistenza al passaggio della stessa. Naturalmente, a seconda dei casi, questa resistenza può essere più o meno grande. Per questo il simbolo di un consumatore è identico a quello di una resistenza.

L'amperometro è attraversato dall'intera corrente circolante nel circuito elettrico. La resistenza propria dell'amperometro deve essere piccola, poichè altrimenti si avrebbe una « caduta di tensione », analoga alla diminuzione della pressione dell'acqua che si ha nel passaggio della stessa attraverso una strozzatura. In effetti, una leggera caduta di tensione vi sarà sempre; bisogna però far sì che essa sia la più piccola possibile. Più piccola sarà la resistenza interna dell'amperometro, e minore sarà la caduta di tensione da esso determinata.

Bisogna cercare di facilitare il passaggio della corrente attraverso l'amperometro, e ciò si fa, costruendo le bobine per gli amperometri con poche spire di filo grosso.

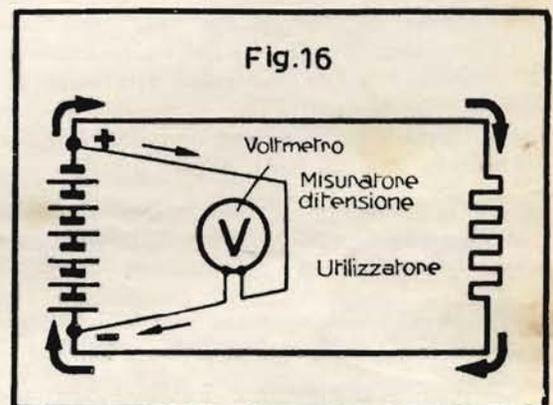
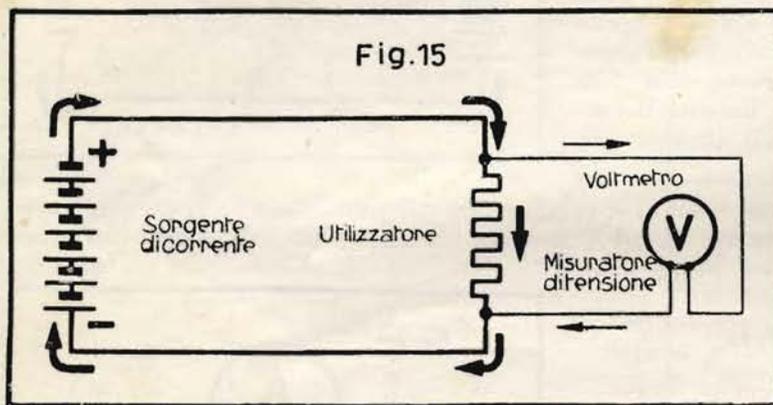


Facciamo ancora una volta il paragone con la condotta d'acqua! Immaginatevi una condotta d'acqua costituita da un grosso tubo. Si desidera misurare la quantità d'acqua che passa per il tubo nell'unità di tempo, e si dispone a questo scopo di un « misuratore di portata » (fig. 14).

Supponiamo però che gli attacchi di questo misuratore di portata siano molto più stretti della tubazione. Occorrono quindi due giunti di riduzione che permettano di inserire il misuratore di portata nella condotta (fig. 14).

Il risultato della misura effettuata con questa disposizione sarà certamente errato, poichè i raccordi troppo stretti che collegano lo strumento di misura alla tubazione oppongono una resistenza troppo forte al passaggio della corrente d'acqua, resistenza molto maggiore che nella tubazione larga. Pertanto la resistenza complessiva è aumentata e quindi la corrente d'acqua diminuisce.

Quanto sopra si può constatare praticamente perchè la quantità dell'acqua che scorre nel consumatore, p. es. quella che esce dal rubinetto, è molto minore che non in precedenza. La corrente invece potrebbe restare quasi uguale soltanto se la condotta dell'acqua continuasse attraverso il misuratore di portata con una sezione pressapoco uguale. Quest'esempio vi fa comprendere come la pressione dell'acqua venga ridotta, a causa della maggior resistenza provocata dalla strozzatura.



Il voltmetro invece viene collegato in un modo del tutto differente da un amperometro. Col voltmetro si vuole infatti misurare la tensione esistente tra due punti del circuito. Si desidera per esempio misurare la tensione ai morsetti di una batteria o di un generatore (tensione resa da una sorgente di corrente); oppure ai morsetti di un utilizzatore (caduta di tensione) o in generale la tensione tra due punti qualsiasi del circuito.

Volendo per esempio misurare la tensione ai morsetti di un utilizzatore, collegheremo il voltmetro come è mostrato nella fig. 15. Desiderando invece conoscere la tensione di una sorgente di corrente applicheremo il voltmetro direttamente ai morsetti di questa (fig. 16). Se volesse determinare la tensione della sorgente, collegando il voltmetro come nella fig. 15, la misura sarebbe sicuramente sbagliata; infatti, nelle lunghe linee di collegamento tra la sorgente ed il punto, ove è applicato il voltmetro, si forma una caduta di tensione e quindi in tal caso l'indicazione del voltmetro risulterà inferiore alla reale tensione esistente ai morsetti.

Nelle figg. 15 e 16 avete notato un simbolo nuovo per voi. Si tratta del segno per il voltmetro, che è disegnato un'altra volta da solo nella fig. 17 ed è costituito da un cerchio con una grande « V ». I collegamenti sono rappresentati dalle due linee che si dipartono dal fondo del cerchio.

**Il voltmetro va sempre allacciato in parallelo alla parte del circuito, della quale si misura la tensione. L'amperometro invece va inserito in serie entro il circuito del quale si misura la corrente.**

Facciamo anche in questa occasione il paragone con l'acqua. Immaginiamoci una condotta a circolazione d'acqua (un circuito d'acqua), come quella rappresentata nella fig. 18. Sup-



poniamo che nella colonna ascendente sia installata una pompa, destinata a sollevare l'acqua dal tubo inferiore a quello superiore. Nella colonna in discesa è inserita una turbina, azionata dall'acqua in discesa. L'energia prodotta dalla turbina dipende in misura rilevante dalla pressione dell'acqua sulle pale della turbina stessa.

Ci interessa quindi di poter conoscere questa pressione, e desideriamo misurarla. Lo strumento di misura che adoperiamo a questo scopo, è costruito in modo analogo a un voltmetro e viene collegato in parallelo all'utilizzatore. Una parte dell'acqua sollevata dalla pompa passerà quindi attraverso al misuratore di pressione, anziché attraverso la turbina. È evidente che cercheremo di ridurre il più possibile il quantitativo dell'acqua che non passando nella turbina rimane in tal modo inutilizzata. Faremo quindi la tubazione che conduce l'acqua attraverso al misuratore di pressione molto stretta, affinché ve ne possa passare solo poca.

Ma ciò non significa altro che aumentare fortemente la resistenza al passaggio dell'acqua attraverso il misuratore di pressione.

Se invece, usando una tubazione troppo grande, lasciassimo passare attraverso al misuratore di pressione una quantità d'acqua uguale a quella che scorre nella turbina, questa ultima non potrebbe fornire che la metà della energia data precedentemente; questa disposizione sarebbe quindi assai poco conveniente.

Nel circuito elettrico abbiamo le medesime condizioni. Anche qui è necessario che la corrente che passa nel voltmetro, collegato in parallelo all'utilizzatore, sia assai piccola, in modo da poter sfruttare il massimo quantitativo disponibile di corrente a favore dell'utilizzatore.

Attraverso ad un voltmetro deve dunque passare poca corrente, altrimenti esso diventa un consumatore supplementare; la resistenza interna di un voltmetro deve quindi essere elevata. Al contrario, un amperometro deve essere attraversato dalla corrente senza che questa subisca perdite di tensione.

La principale differenza tra i misuratori di corrente e quelli di tensione è dunque rappresentata dalla loro resistenza interna.

Ricordiamoci:

■ *Amperometro: piccola resistenza interna.*

*Voltmetro: grande resistenza interna.* ■

La bobina di un voltmetro è costituita da molte spire di filo sottile; la bobina di un amperometro da poche spire di filo grosso.

## ELETTROTECNICA GENERALE

Nella Dispensa N. 1 avete appreso in un esteso capitolo i concetti di « intensità di corrente », « tensione » e « resistenza ». Avete inoltre imparato che, come si misura una lunghezza in metri, così si misurano l'intensità di corrente in ampère, la tensione in volt, la resistenza in ohm.

Queste tre grandezze, intensità di corrente, tensione o resistenza, sono legate tra loro da una determinata relazione, di cui tratta la legge di Ohm, una delle più importanti dell'Elettrotecnica.

### La legge di Ohm

Prima di occuparci della legge di Ohm e delle sue applicazioni, dobbiamo premettere che, per intendersi più rapidamente, si sono fissate delle abbreviazioni, cioè dei simboli letterali, da usare in luogo delle parole « intensità di corrente », « tensione » e « resistenza ».

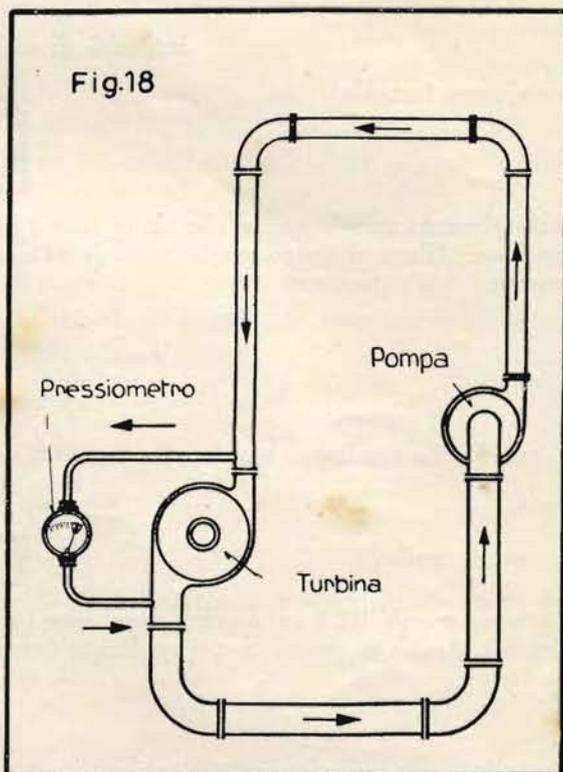
In pratica, invece di « intensità di corrente », si scrive la lettera maiuscola « I ». E in luogo della parola « tensione », si usa il simbolo « V ». La « resistenza » poi si abbrevia con l'iniziale « R ».

Queste abbreviazioni (di altro non si tratta) sono assai comode quando si vuol esprimere la legge di Ohm con una formula matematica. Poniamo dunque:

Per « intensità di corrente »	la lettera « I »
Per « tensione »	la lettera « V »
Per « resistenza »	la lettera « R »

La legge di Ohm dice:

*L'intensità di corrente è uguale alla tensione divisa per la resistenza.*



ossia:

$$\text{intensità di corrente} = \frac{\text{tensione}}{\text{resistenza}}$$

ossia come formula:

$$\boxed{I = \frac{V}{R}} \quad \dots \dots \dots \text{Formula (2)}$$

Naturalmente accade spesso che siano note l'intensità di corrente e la resistenza, e che si debba calcolare la tensione. Allora si trasforma la formula (2) in modo che la tensione « V » venga a trovarsi da sola in un membro dell'equazione.

$$I = \frac{V}{R}$$
$$I \cdot R = \frac{V \cdot R}{R} = V$$

E quindi: La tensione è uguale alla intensità della corrente moltiplicato per la resistenza

ossia:

$$\text{tensione} = \text{intensità} \times \text{resistenza}$$

e come formula:

$$\boxed{V = I \cdot R} \quad \dots \dots \dots \text{Formula (3)}$$

La terza possibilità è infine che siano note l'intensità di corrente e la tensione e che si debba calcolare la resistenza. Anche in questo caso si applica la legge di Ohm trasformando la formula (3) in modo da isolare « R »:

$$V = I \cdot R$$
$$\frac{V}{I} = \frac{I \cdot R}{I} = R$$

E quindi: La resistenza è uguale alla tensione divisa per l'intensità di corrente

ossia:

$$\text{resistenza} = \frac{\text{tensione}}{\text{intensità}}$$

e come formula:

$$\boxed{R = \frac{V}{I}} \quad \dots \dots \dots \text{Formula (4)}$$

Ecco che avete così appreso una legge importantissima dell'elettrotecnica. Non si insisterà mai abbastanza sull'importanza fondamentale che queste relazioni hanno nell'intero campo dell'elettricità.

Continuamente e dappertutto troviamo dei rapporti che sono espressi dalla legge di Ohm.

$$\text{Intensità di corrente} = \frac{\text{Tensione}}{\text{Resistenza}}$$

Questa è una base della vostra istruzione tecnica, e dovete essere in grado di disporne con assoluta sicurezza e in qualsiasi momento.

È necessario quindi approfondire ancora assieme una legge di tale importanza. Vorremmo infatti che non vi limitaste ad imparare a memoria le formule (2), (3) e (4), ma che ne comprendeste perfettamente il loro senso profondo, in modo da non potervi mai sbagliare nella loro applicazione. Ci siamo serviti spesso e con profitto del paragone con l'acqua corrente, e vogliamo tentarlo anche qui.

Immaginatevi per esempio un serbatoio d'acqua situato su una collina, dal quale si dipartono due tubazioni uguali che conducono l'una ad una casa nel quartiere alto del paese, l'altra ad una casa nel quartiere basso. Ecco ora che la massaia della casa nel quartiere alto e quella della casa nel quartiere basso aprono contemporaneamente e completamente i rubinetti delle rispettive fontane, per riempire dei recipienti uguali. Quale dei due recipienti si riempirà più in fretta? In quale dei due luoghi l'acqua scorrerà più rapidamente? Non avrete certo difficoltà a rispondere: naturalmente nel quartiere basso, perchè colà c'è la pressione più forte. Ora noi sappiamo che la pressione dell'acqua corrisponde alla tensione elettrica, e così possiamo dire senz'altro che in un circuito elettrico a parità di tutte le altre condizioni dei conduttori avremo una corrente tanto più intensa, quanto maggiore sarà la sua tensione.

Immaginiamo ora due case situate una accanto all'altra, allo stesso livello. La tubazione che porta l'acqua in una di queste due case è stretta, l'altra invece è larga. In questo caso risponderete subito che scorrerà una quantità maggiore d'acqua attraverso la condotta più grossa. La corrente d'acqua è più forte dove la resistenza è più piccola, poichè è chiaro che la tubazione più larga oppone una resistenza minore al passaggio dell'acqua. Viceversa la condotta stretta costituisce una resistenza elevata e quindi vi scorre una corrente minore. Esprimiamo ora queste osservazioni in termini elettrici:

*La corrente elettrica che scorre in un circuito è tanto più intensa, quanto più elevata è la tensione, a parità di condizione dei conduttori.*

La corrente elettrica che scorre in un circuito è tanto più intensa, quanto minore è la resistenza, a parità di condizioni di tensione.

Riuniamo queste due proposizioni in una sola, e diciamo quindi:

La corrente è tanto più intensa, quanto maggiore è la tensione e minore la resistenza.

Cerchiamo ora la giusta espressione matematica di questa legge e troviamo che non può essere che la seguente:

$$\text{Corrente} = \frac{\text{Tensione}}{\text{Resistenza}}$$

Fate la prova se l'espressione è giusta:

Raddoppiando la tensione deve scorrere, secondo il nostro ragionamento, la corrente doppia.

Raddoppiando la resistenza invece la corrente deve ridursi a metà.

Inserite dei numeri semplici come esempio e vedrete che il conto torna.

Ed ora usiamo le abbreviazioni:

$$\begin{array}{lll} \text{Corrente} = I & \text{Tensione} = V & \text{Resistenza} = R \\ \text{Corrente} = \frac{\text{Tensione}}{\text{Resistenza}} & & \text{ossia } I = \frac{V}{R} \end{array}$$

E ora non dimenticherete più questa legge, e sarete presto in grado di utilizzarla in pratica. Abbisognate soltanto ancora delle due formule trasformate per la tensione e per la resistenza:

$$V = I \cdot R \quad \text{e} \quad R = \frac{V}{I}$$

### L'applicazione della legge di Ohm

Pensiamo a un caso nel quale ci può servire la conoscenza della legge di Ohm.

Come sapete, nelle linee elettriche si inseriscono delle valvole che devono fondere nel momento di un pericolo.

Vi è pure noto che queste valvole (o fusibili) sono costruite per determinate intensità di corrente, p. es. per 1 ampère. Quando la corrente supera tale valore, la valvola fonde ed il circuito si interrompe.

Vogliamo ora usare una batteria per alimentare una lampadina elettrica. La batteria però verrebbe danneggiata se ne prelevassimo una corrente troppo forte. Supponiamo per esempio che la massima corrente che la batteria può erogare sia uguale a 1, ampère. Per evitare in ogni caso di guastare la batteria, inseriamo una valvola che fonde con 1 ampère. La tensione della batteria ammonta a 40 volt. La lampadina da allacciare è adatta per 40 volt ed ha una resistenza di 60 ohm. Qual è l'intensità della corrente circolante nel circuito quando si accende la lampadina?

$$I = \frac{V}{R}$$

La tensione della batteria =  $V = 40$  volt.

La resistenza della lampadina =  $R = 60$  ohm.

Otteniamo quindi:

$$I = \frac{40}{60} = \frac{2}{3} = 0,66 \text{ ampère.}$$

Abbiamo stabilito così che la corrente non raggiunge nemmeno 1 ampère, e che quindi la batteria è in grado di erogarla senza difficoltà e senza bruciare la valvola.

Se però per inavvertenza provochiamo un corto circuito, la valvola fonde, proteggendo la batteria dal danneggiamento. Il corto circuito può avvenire per esempio se si toccano tra loro le estremità dei fili ai quali deve essere allacciato il consumatore. In questo caso la corrente non incontra più alcuna resistenza, o solo una resistenza minima, e quindi cresce a dismisura.

Supponiamo che i conduttori abbiano una resistenza di 0,1 ohm.

In base alla legge di Ohm, la corrente di corto circuito ammonterebbe a

$$I = \frac{40}{0,1} = 400 \text{ ampère.}$$

Questo è un valore tanto elevato, che la batteria non è nemmeno capace di erogare una simile corrente; tuttavia la corrente diverrebbe certamente così forte da guastare la batteria, se non ci fosse la valvola a salvarla.

Per darvi un'idea delle correnti, delle tensioni e delle resistenze che si presentano in pratica, riportiamo ora alcuni di questi valori:

Tensioni in volt		Intensità di corrente in ampère	
Una pila Leclanché	1,5	Una lampadina tascabile	0,2
Una cella d'accumulatore	2	Una lampadina media	0,25
Una batteria per lampadina tascabile	4,5	Un apparecchio radio	0,3
Una batteria d'automobile	6	Un ferro da stiro	1 a 1,5
(3 celle d'accumulatore)		Una stufetta elettrica	4
Rete luce p. es.	100, 160, 220	Una vettura tramviaria	150
Rete forza industriale p. es.	220, 280, 380	Un forno elettrico di fusione per ferriera	100.000
Tramvie urbane p. es.	500	Resistenze in ohm	
Tubi fluorescenti al neon	5000	Una lampadina tascabile	20
Linee ad alta tensione p. es.	100.000	Una stufetta elettrica	55
		Un ferro da stiro	250
		Una lampadina media	880
		Una resistenza chimica di un apparecchio radio p. es.	1.000.000

### Esempi per l'applicazione della legge di Ohm

Per terminare vogliamo calcolare alcuni esempi:

1. **Problema:** A quale tensione va allacciata una lampadina la cui resistenza ammonta a 440 ohm, se la corrente dovrà essere uguale a 0,5 ampère?

**Soluzione:** Usiamo la formula (3)  $V = R \cdot I = 440 \cdot 0,5 = 220 \text{ volt}$ .

2. **Problema:** Qual'è la resistenza di un utilizzatore che, allacciato alla tensione di 220 volt, assorbe 1 ampère?

**Soluzione:** Applichiamo la legge di Ohm nella forma:  $R = \frac{V}{I}$ .

Inseriamo i valori e otteniamo

$$R = \frac{220}{1} = 220 \text{ ohm.}$$

Da questi esempi potete constatare, quanto sia utile l'applicazione della legge di Ohm, quando si tratta di determinare uno dei tre valori: intensità di corrente, tensione e resistenza nel caso siano noti gli altri due.

### Domande

1. Con quale simbolo si rappresenta negli schemi un consumatore qualsiasi?
2. Paragonando la resistenza di un amperometro con quella di un voltmetro, essa deve essere maggiore o minore?
3. Qual è lo strumento che viene inserito in serie nel circuito, l'amperometro o il voltmetro?
4. Quale tensione si deve applicare a una lampadina, la cui resistenza ammonta a 220 ohm e attraverso la quale deve scorrere la corrente di 0,5 ampère?
5. Calcolate il valore della resistenza di un consumatore, sapendo che sono: la tensione  $V = 440 \text{ volt}$ ; la corrente  $I = 2 \text{ ampère}$ .

### Risposte alle domande di pag. 4

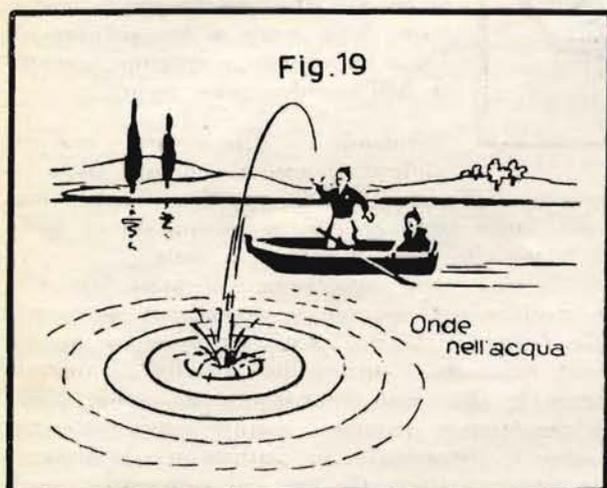
1. Lo strumento, col quale si misura l'intensità di corrente elettrica si chiama « misuratore di corrente » o « amperometro ».
2. Le tensioni elettriche si misurano col « misuratore di tensione » o « voltmetro ».
3. Il funzionamento di uno strumento a ferro dolce è basato sulla proprietà di una bobina, percorsa da corrente, di attrarre entro di sé una sbarretta di ferro.

## ACUSTICA ED ELETTROACUSTICA

Uno dei compiti principali della tecnica delle telecomunicazioni consiste nella trasmissione dei suoni, siano essi musica o parole. Per questa ragione è necessario che conosciate i fondamenti dell'acustica, cioè della scienza dei suoni. Quando queste nozioni saranno state sufficientemente approfondite, faremo un passo avanti e tratteremo dell'elettroacustica, cioè della trasformazione dei suoni in correnti elettriche e viceversa, e quindi della trasmissione del suono per via elettrica.

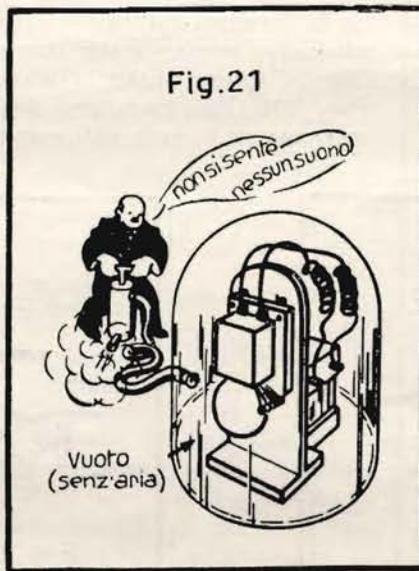
### Il suono

Il suono si presenta in molteplici forme, p. es. il canto degli uccelli, il rombo del cannone, lo strillo di un bimbo, il fragore di una cascata, l'armonia della musica. Lo studio di tutti questi suoni o rumori percepiti dal nostro orecchio rientra nel campo dell'acustica.



Se ci chiediamo: « cos'è il suono? » abbiamo pronta una risposta assai semplice, che voi già conoscete, in quanto l'avete appresa nel Capitolo sulle « Onde » della Dispensa N. 2. « Il suono è un moto ondulatorio dell'aria! ». Ricordate il paragone tra le onde sonore e le onde dell'acqua (fig. 19). Le onde d'acqua si propagano uniformemente partendo dal punto di perturbazione, cioè dal punto di caduta del sasso. A distanza crescente dal punto di perturbazione esse si indeboliscono sempre più.

Le onde sonore si propagano nell'aria in modo del tutto simile (fig. 20). Dal punto di perturbazione, che nella figura è situato a sinistra, là dove il martello colpisce la campana, le onde si dipartono sfericamente nello spazio. Anche queste onde dell'aria diventano sempre più deboli man mano che vanno allontanandosi: il suono si ode sempre più piano.



In certi casi possiamo osservare con facilità che effettivamente le onde sonore provocano proprio un movimento dell'aria. Quando per esempio un organo emette le note basse, « sentiamo » veramente le vibrazioni che si trasmettono agli oggetti e perfino al nostro corpo. Non parliamo del rombo delle esplosioni, che può infrangere i vetri delle finestre e perfino sfondare le pareti. Ad ogni modo la condizione indispensabile per la formazione delle onde sonore è sempre la presenza dell'aria.

Ciò si dimostra con un semplice esperimento. Se colleghiamo un campanello elettrico con una batteria, esso si metterà a suonare e quindi ad e-

mettere onde sonore. Copriamo ora campanello e batteria con una campana di vetro e da questa, per mezzo di una pompa, estraiamo l'aria.

Dopo aver fatto il vuoto d'aria, pur vedendo il martelletto agitarsi fortemente come prima, non sentiremo più il trillo del campanello (fig. 21). Manca infatti l'aria che possa trasmettere il suono.

Si possono dunque generare delle onde sonore facendo delle onde nell'aria. E questo si può fare in molti modi, Per esempio mediante una tromba, oppure, come abbiamo visto, mediante una campana, oppure un campanello. In ogni caso abbiamo un corpo, piccolo o grande, che vibra e trasmette le sue vibrazioni all'aria. Si formano così le onde dell'aria, cioè le onde sonore.

Si possono generare dei suoni in modo assai semplice, come è mostrato nella fig. 22. Prendete una riga, tenetene premuta una parte sul tavolo e fate vibrare la parte che sporge. Le vibrazioni della riga si trasmettono all'aria; le vibrazioni dell'aria colpiscono il nostro orecchio e noi percepiamo un ronzio, quindi un suono.



Più lunga è la parte vibrante dell'asticciola, e più lente sono le vibrazioni e basso il suono (fig. 22). Un'asta corta vibra più rapidamente; essa genera vibrazioni dell'aria più rapide e quindi suoni più alti (fig. 23).

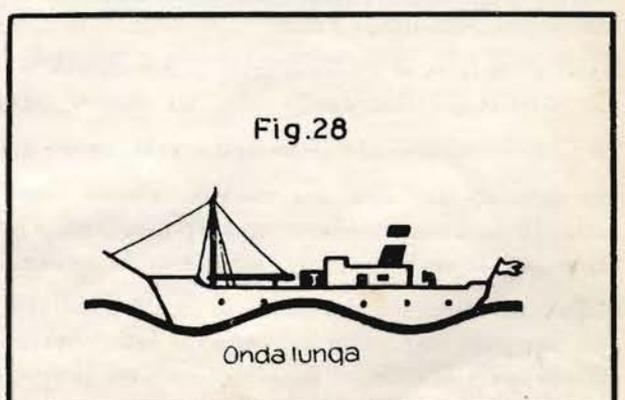
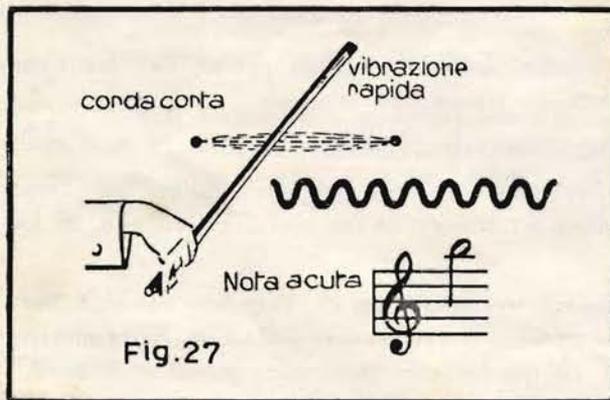
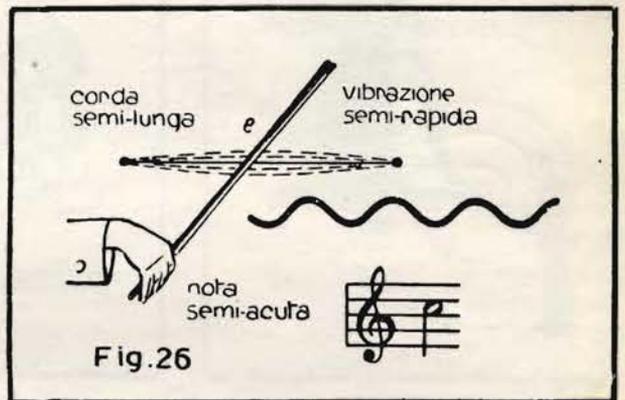
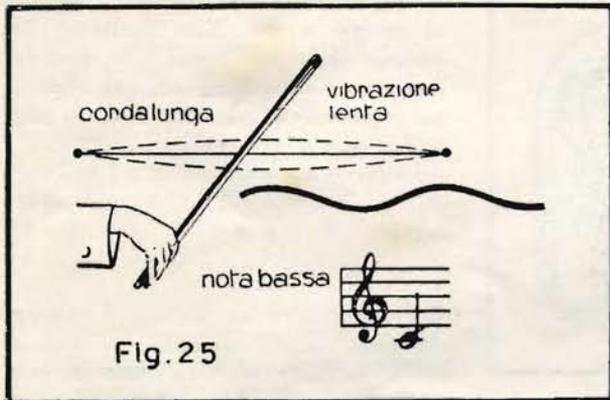
Potrete senz'altro eseguire quest'esperimento con l'asticciola. Potete anche perfezionare l'esperimento servendovi di un violino. Il violino è munito di corde che vengono tese e fatte poi vibrare con l'archetto o pizzicate col dito. Anche qui le vibrazioni della corda si trasmettono all'aria circostante e vengono percepite dall'orecchio come suoni.

Premendo col dito le corde tese del violino, si accorcia la loro parte vibrante.

Di due corde tese allo stesso modo, ma di differente lunghezza, la corda più lunga produrrà un suono più basso della corda corta, perchè le sue vibrazioni saranno più lente.

Infatti più lente sono le vibrazioni, e più basso è il suono. Una corda corta vibra più rapidamente ed emette quindi un suono più acuto (fig. 24). Nelle figure 25, 26 e 27 sono rappresentati ancora più chiaramente questi fenomeni. Come risulta dalla fig. 27, quando la corda è molto corta, le vibrazioni diventano assai rapide. Dalle figure vedete anche che le onde diventano sempre tanto più corte, quanto più rapide sono le vibrazioni. Ciò significa che la distanza dall'inizio di una semionda positiva alla fine della successiva semionda negativa diventa sempre più breve.

Se la distanza dall'inizio di una semionda positiva alla fine della successiva semionda negativa è lunga, abbiamo un'onda lunga (fig. 28). Se questa distanza invece è breve, abbiamo un'onda corta (fig. 29). Per intenderci meglio abbiamo riportato nelle figure nuovamente le onde dell'acqua. Come sapete, queste possono essere



più o meno forti. Una forte onda corta, disegnata schematicamente, è rappresentata nella fig. 30.

Una corda tesa, come quelle usate negli strumenti ad arco, può venir pizzicata piano o forte (fig. 31). Quando viene pizzicata forte, produce delle vibrazioni forti. Queste forti vibrazioni meccaniche, si trasmettono all'aria, che vibra fortemente anch'essa. Si formano quindi delle forti onde sonore (fig. 32).

Se la corda viene pizzicata piano le sue vibrazioni sono deboli; anche nell'aria si formano soltanto deboli vibrazioni ed il suono che ne risulta è debole (fig. 33). I « monti » dell'onda sonora non sono quindi alti, e le « valli » non sono profonde!

Come già sapete, le onde sonore hanno una velocità di 333 metri al secondo. Questo si riferisce alle onde sonore che si propagano nell'aria; il suono infatti può propagarsi anche in altri mezzi, nell'acqua, nel metallo o in altri materiali. Le onde dell'aria però si propagano con la velocità di 333 metri al secondo.

Osservate, nelle fig. 32 e 33, che la lunghezza dell'onda è rimasta la medesima, e che c'è solamente una differenza nella ampiezza dell'onda.

Se un uomo dista 333 metri da un cannone, egli ode lo sparo esattamente un secondo dopo la partenza del colpo (fig. 34).

Poichè la luce si propaga con l'enorme velocità di 300 000 km al secondo, quest'uomo vede il lampeggiare del cannone praticamente nel medesimo istante in cui esso avviene, mentre invece ode lo sparo solo dopo, un secondo più tardi (fig. 34).

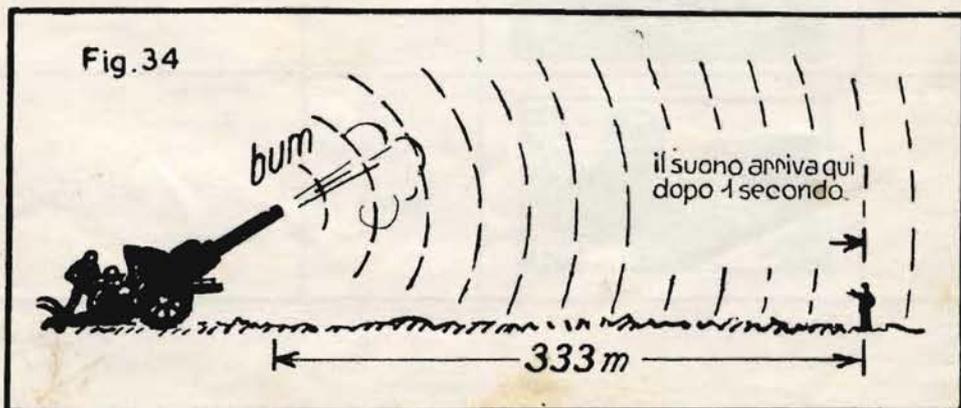
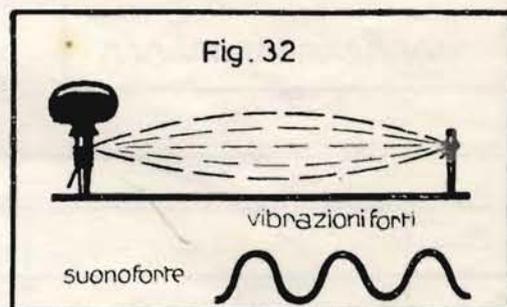
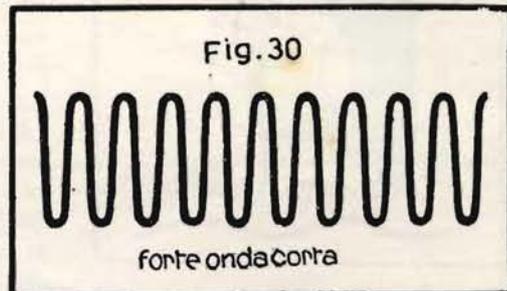
L'aria è il veicolo delle onde sonore le quali sono pertanto onde dell'aria. Secondo il numero delle vibrazioni meccaniche generate in un secondo, le vibrazioni dell'aria sono rapide o lente.

La nota più bassa che si può suonare col contrabbasso (fig. 35) fa circa 40 vibrazioni al secondo. Nel tempo di un secondo si formano quindi 40 semionde positive e 40 semionde negative.

Anche nel pianoforte esiste una nota composta da 40 vibrazioni al secondo; essa corrisponde ad uno dei tasti più bassi.

La nota più bassa di tutte utilizzata nella musica conta circa 16 vibrazioni al secondo. È il cosiddetto « do<sub>2</sub> », che si trova nell'organo. Il suono più acuto usato nella musica ha un numero di 4645 vibrazioni al secondo; è il cosiddetto « re<sub>7</sub> », che si può suonare col flauto (fig. 36). Tale nota è anche fra le più alte che si trovano nel pianoforte. La nota che si suona per accordare fra loro i vari strumenti di un'orchestra, e che corrisponde alla seconda corda del violino, è il « la<sub>3</sub> » e fa 435 vibrazioni al secondo (« corista » o « diapason normale »).

L'orecchio umano percepisce però anche suoni ancora più acuti, dei quali parleremo in seguito; per ora basta accennare che i suoni più acuti percepiti dall'orecchio umano corrispondono a circa 16 000 vibrazioni al secondo. Il suono più basso che possiamo percepire, compie invece circa 16 vibrazioni al secondo. Naturalmente le vibrazioni possibili non sono limitate a quelle percepibili. Si possono avere vibrazioni assai più rapide di 16 000 al secondo, e parimenti vibrazioni più lente di 16 al secondo. L'o-





recchio umano non è però in grado di percepirle.

Il numero delle vibrazioni effettuate dalle onde radio, che non sono onde dell'aria, bensì dell'etere, è assai elevato in confronto alle vibrazioni delle onde sonore udibili. Le comuni onde della radio effettuano da 150 000 a 1 500 000 vibrazioni al secondo.

*Il campo delle onde sonore, cioè delle onde con basso numero di vibrazioni, si chiama "bassa frequenza" o "frequenza acustica" o "audiofrequenza".*

*Il campo delle onde rapide e molto rapide, che compiono un alto numero di vibrazioni al secondo, si chiama "alta frequenza" o "radiofrequenza".*

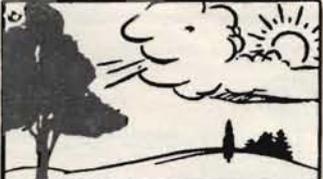
Vi sarà noto il significato del termine « frequenza » che comunemente indica il successivo ripetersi di una stessa azione ad intervalli più o meno ampi. Trattandosi di onde si parla della « frequenza delle vibrazioni » cioè del numero di vibrazioni che si ripetono in un minuto secondo. In pratica però si parla semplicemente di « frequenza d'onda ». Così, se ci sono poche vibrazioni, si parla di « bassa frequenza ». Se ci sono molte vibrazioni, si parla di « alta frequenza ».

L'unità di misura della frequenza è l'« hertz » che abbreviato si scrive « Hz ». Un hertz (1 Hz) significa quindi una vibrazione al secondo.

(Invece di « hertz » si dice sovente anche « periodi al secondo » o, specie in America, « cicli »). Così, per esempio, invece di dire: « 768 vibrazioni al secondo » basta dire: « 768 hertz » o scrivere: « 768 Hz ».

L'intensità di un suono dipende dall'ampiezza delle relative onde sonore. Queste possono essere così forti da perforare i timpani. L'unità di misura per l'intensità sonora è il « phon » (leggi fon). Nella fig. 37 sono indicate in phon varie intensità sonore. Il valore di zero phon corrisponde all'assenza di qualsiasi percezione uditiva. Il valore di 130 phon, che si raggiunge nello sparo di un pezzo pesante d'artiglieria, costituisce la cosiddetta soglia del dolore; a partire da questa intensità sonora, si ha nell'orecchio una sensazione dolorosa.

Fig. 37

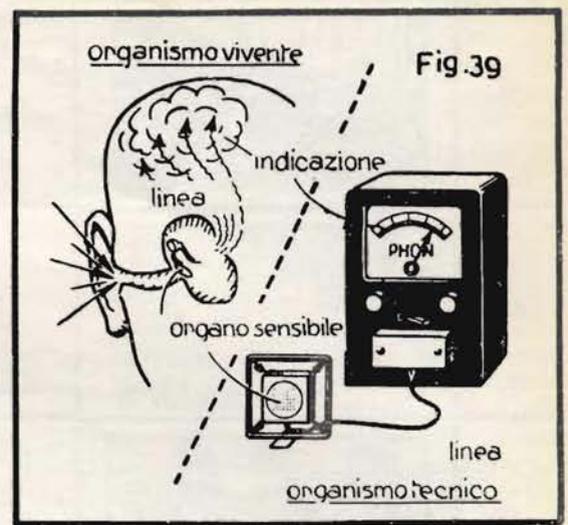
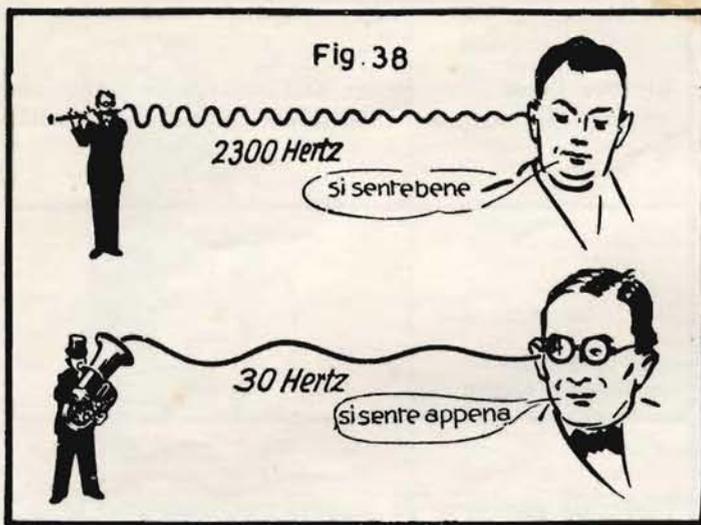
Phon		Segno musicale	Qualità del suono
0	Silenzio perfetto	—	Soglia uditiva
20		PPP pianissimo	Fruscio di foglie per brezza leggera
30		pp molto piano	Rumori stradali in una zona quieta
40		p piano	Leggera musica alla radio

50		mf mezzo forte	Rumore in un teatro prima dell'inizio della rappresentazione (oppure rumore stradale di media intensità)
60		f forte	Discorso a voce alta
70		ff molto forte	Parecchie macchine da scrivere nel medesimo locale, o rumore stradale in zona di gran traffico
80		fff fortissimo	Chiasso nella galleria di una stazione
100		—	Fragore massimo di una motocicletta
120		—	Motore d'aeroplano a 4 metri di distanza
130		—	Rombo di un cannone pesante (soglia del dolore: suono doloroso).

La parola « phon » è greca e significa « suono ». Dalla medesima radice deriva per es. la parola « fonetica », che significa « scienza della formazione dei suoni ».

La massima sensibilità dell'orecchio per suoni di debole intensità si trova sulla frequenza dei 2 300 hertz. In questo campo abbiamo per esempio le note dei pifferi e dei flauti. Invece i suoni più acuti o più bassi vengono percepiti meno bene dall'orecchio. Se per esempio si suona con la medesima intensità un suono di 2 300 hertz sul flauto e un suono di 30 hertz sul basso, a una certa distanza non è già quasi più possibile udire quest'ultimo, mentre il suono più acuto si percepisce perfettamente (fig. 38). Se invece dell'orecchio umano si collocasse alla medesima distanza un orecchio tecnico, per esempio un microfono collegato con uno strumento di misura, esso indicherebbe in entrambi i casi la medesima intensità sonora (fig. 39).

Molteplici sono le manifestazioni del suono, che vanno per esempio dai fruscii, ronzii, crepitii, alle melodie e all'armonia della musica. Tutti questi vari aspetti sotto cui si presenta il suono si possono raggruppare in tre categorie principali: suoni semplici, suoni composti e rumori; a questi si possono aggiungere le detonazioni.



Vogliamo esprimere in modo elementare la differenza che passa tra queste varie categorie di suoni:

I suoni puri o toni fondamentali sono vibrazioni sonore costituite da onde uniformi, come quelle che abbiamo ripetutamente riportate nelle nostre figure (fig. 40).

I suoni composti sono costituiti da più suoni semplici, sono quindi una sovrapposizione di varie vibrazioni. Un'onda sonora corrispondente ad un suono composto ha un aspetto più complicato, per esempio come quella segnata nella fig. 41.

I rumori sono vibrazioni irregolari dell'aria. L'onda di un rumore è una mescolanza disordinata di onde alte e basse, lunghe e corte (fig. 42).



Una detonazione infine altro non è che un improvviso e forte scuotimento dell'aria, che non si ripete periodicamente. La curva di una detonazione presenta l'aspetto visibile nella fig. 43.



Nell'acustica e nell'elettroacustica ci occupiamo principalmente dei suoni puri e dei suoni composti. A questo proposito dobbiamo osservare che praticamente non si hanno quasi mai suoni puri.

Ciò vi sarà facilmente comprensibile, se pensate che la medesima nota musicale *la* si può suonare in vari modi.

Supponete che la nota *la* venga cantata, suonata col violino e con la tromba. Musicalmente, si tratta sempre della stessa nota *la*, eppure possiamo benissimo distinguere tra loro il *la* cantato, dal *la* del violino, dal *la* della tromba (fig. 44).

Il carattere che distingue la medesima nota emessa da vari strumenti si chiama « timbro ». La varietà dei timbri è determinata dal fatto che ogni nota è costituita da un cosiddetto « tono fondamentale » al quale sono sovrapposte delle note più acute dette « armoniche superiori ». Secondo la qualità ed il numero delle armoniche varia il timbro di una nota musicale.

È perfino possibile modificare il timbro delle note emesse da uno stesso strumento. Per esempio col violino (fig. 45): se pizzichiamo la corda del « la » a metà della sua lunghezza, otteniamo un timbro diverso che se la pizzichiamo in un'altra posizione. Nella fig. 45 è stato supposto che la corda del « la » sia stata pizzicata dapprima nel mezzo (b), poi nel primo terzo della sua lunghezza (c), quindi nel primo quarto (d) e infine accanto al ponticello (e).

Nella figura sono indicate per ogni caso le corrispondenti onde.

Vedete che le onde, pur corrispondendo sempre alla nota « la », hanno di volta in volta aspetto differente.

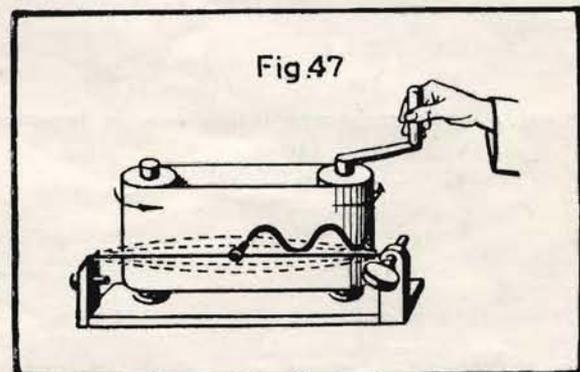
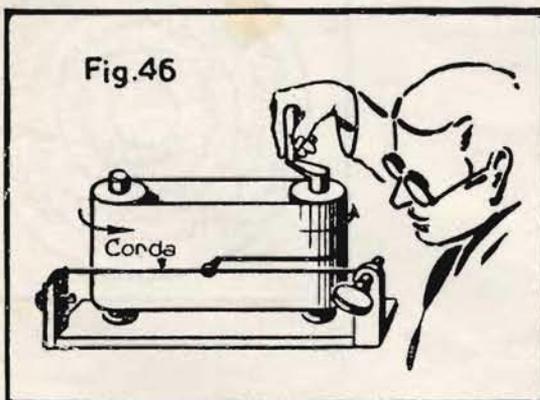
Durante questo esperimento è stato fatto in modo che l'intensità del suono fosse ogni volta la stessa, dimodochè l'ampiezza delle onde non varia. Varia invece la forma dell'onda, che diviene sempre più complicata, più la corda viene pizzicata verso l'estremità. Più è complicata la forma dell'onda, e più « chiaro », più « pieno » diviene il timbro della nota.

Le onde sonore si possono registrare graficamente, cioè per mezzo del disegno. È anche possibile registrare le vibrazioni di una corda di violino. Una curva così disegnata riproduce esattamente la forma dell'onda sonora. Queste registrazioni del suono si possono ottenere fissando una punta scrivente ad una corda vibrante e facendo scorrere un nastro di carta affumicata a contatto della punta.

Vediamo di costruire un dispositivo un po' migliore per la registrazione del suono! Nella fig. 46 vedete un dispositivo nel quale una mina da disegno è fissata alla corda vibrante. La punta della mina tocca un nastro di carta che viene spostato su rulli girando una manovella.

Se ora la corda viene fatta vibrare, per esempio, pizzicandola, la punta compie dei movimenti verticali che rimangono segnati sulla carta sotto forma di un tratto rettilineo. Se però si sposta nel medesimo tempo la carta da sinistra a destra (girando la manovella), la punta disegna una forma d'onda, che corrisponde alle vibrazioni del suono prodotto (fig. 47).

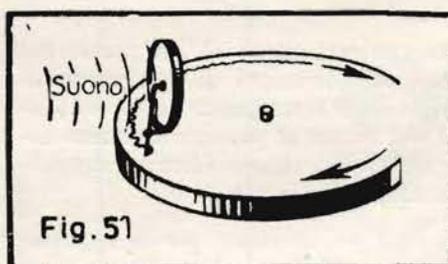
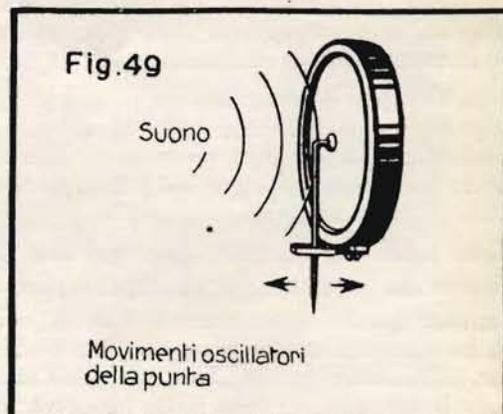
I primi apparecchi per la registrazione fonografica erano costruiti in un modo simile. Immaginatevi una membrana rotonda, che viene fatta vibrare dall'azione delle onde sonore che la colpiscono. Il ritmo delle vibrazioni della membrana corrisponde al ritmo delle onde sonore (fig. 48).



Nel centro della membrana, dove le vibrazioni sono maggiori, si fissa una piccola leva, impernata presso l'orlo inferiore della membrana (fig. 49). Quando le onde sonore colpiscono la membrana e la fanno vibrare, le vibrazioni si trasmettono alla piccola leva. Se quindi la punta inferiore della leva è costituita da una matita, facendo scorrere un nastro di carta sotto di essa, vi rimangono disegnate; anche in questo caso, le vibrazioni sonore (fig. 50).

Nella registrazione fonografica la punta incide le vibrazioni in un disco di cera rotante. Per mezzo di un dispo-

sitivo adatto, la membrana con la punta scrivente viene guidata in modo da tracciare una spirale sul disco (figura 51). Le registrazioni del suono si presentano quindi sotto forma di un solco a spirale segnato nella cera del disco. La fig. 52 rappresenta un disco inciso, nel quale, per maggior chiarezza, le vibrazioni sono disegnate in grandezza assai esagerata. In realtà le singole spire dell'incisione si trovano vicinissime le une alle altre.



### Domande

1. Una persona situata a 666 metri di distanza da un cannone ode il rombo dello sparo solo un certo tempo dopo aver osservata la vampata dell'esplosione. Quanto tempo impiega il suono per raggiungere l'osservatore?
2. Qual'è l'unità di misura con cui si designa il numero delle vibrazioni al secondo di un'onda?
3. Da che cosa dipende l'intensità di un suono?
4. Qual'è l'unità di misura per l'intensità dei suoni?

### Risposta alle domande di pag. 10

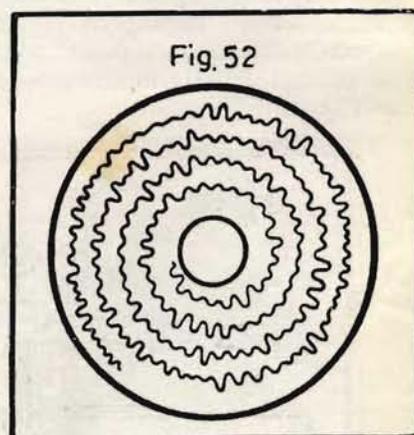
1. Un consumatore qualsiasi viene rappresentato negli schemi col simbolo di una resistenza.
2. La resistenza di un amperometro paragonata a quella di un voltmetro deve sempre essere la minore. Essa non solo deve essere minore della resistenza di un voltmetro, ma, in ogni caso, deve essere la più piccola che sia possibile usare.
3. È l'amperometro che viene collegato in serie nel circuito. Il voltmetro va collegato in parallelo al ramo da misurare.
4. Usiamo per il calcolo della tensione la legge di Ohm nella formula:

$$V = R \cdot I$$

$$V = 220 \cdot 0,5 = 110 \text{ volt.}$$

5. Per calcolare la resistenza utilizziamo la formula:

$$R = \frac{V}{I}; \quad R = \frac{110}{0,5} = 220 \text{ ohm.}$$



## MATEMATICA

### 3. Le equazioni (Continuazione dalla Dispensa N. 2, pag. 6).

Nelle Dispense N. 1 e N. 2 vi abbiamo spiegato il significato delle equazioni ed il sistema da adottare per la soluzione di alcune di esse. Prima di continuare questo capitolo è però utile che apprendiate l'esatta denominazione di ogni singola parte di una equazione e per questo vogliate osservare attentamente le annotazioni fatte alla seguente equazione.

$$\begin{array}{c} \text{membro} \quad \text{membro} \\ \overbrace{x + 3} + \overbrace{5} = \overbrace{12} - \overbrace{3} \\ \swarrow \quad \uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \quad \searrow \\ \text{termine} \end{array}$$

Nelle equazioni sinora trattate abbiamo considerato soltanto le moltiplicazioni e le divisioni; occorre quindi dimostrare come si risolvono le equazioni composte di addizioni o sottrazioni. Consideriamo perciò la seguente equazione:

$$2 + 7 = 9$$

Sommiamo ad ognuno dei due membri dell'equazione il numero « 4 » e l'equazione diventa:

$$2 + 7 + 4 = 9 + 4$$

cioè

$$13 = 13$$

I due membri dell'equazione hanno quindi conservato l'eguaglianza. Invece del numero 4 avremmo potuto sommare qualsiasi altro numero e i due membri sarebbero sempre rimasti uguali fra di loro. E se si sottrae da ogni membro, per esempio, il numero « 3 », anche in questo caso i due membri conservano la loro uguaglianza come si dimostra:

$$2 + 7 = 9$$

$$2 + 7 - 3 = 9 - 3$$

$$6 = 6$$

Possiamo formulare quindi le seguenti regole:

**Regola 3-a** Sommando ad ognuno dei due membri di una equazione un medesimo valore, si conserva l'uguaglianza fra i due membri.

**Regola 3-b** Sottraendo da ognuno dei due membri di una equazione un medesimo valore, si conserva l'uguaglianza fra i due membri.

Queste due regole corrispondono esattamente alle due regole 1-a e 1-b a pag. 18 della Dispensa N. 1 valevoli per le moltiplicazioni e le divisioni. Possiamo esprimere tutte le 4 regole con la regola principale seguente:

**Regola 4** Due membri di un'equazione si possono assoggettare alle medesime operazioni aritmetiche, conservando intatta l'equazione stessa.

Applichiamo le regole 3-a e 3-b risolvendo la seguente equazione:

$$x + 6 = 9$$

Dobbiamo operare in modo che l'incognita  $x$  si trovi da sola nel membro sinistro dell'equazione. Occorre quindi trasportare il numero 6 nel membro destro. Ciò si ottiene sottraendo da ambedue i lati il numero 6:

$$x + 6 = 9$$

Nel membro sinistro l'operazione  $+ 6 - 6$  dà zero. Quindi rimane solo l'incognita  $x$ , e l'equazione risulta trasformata in:

$$x = 9 - 6$$

cioè

$$x = 3$$

Possiamo trascrivere questa soluzione dell'equazione nel modo seguente:

$$\begin{array}{r} x + 6 = 9 \\ - 6 \quad - 6 \\ \hline x \quad = 9 - 6 \\ \quad \quad x = 3 \end{array}$$

**Esempi:**

$$\begin{array}{r} 1) \quad x + 3 = 12 \\ \quad - 3 \quad - 3 \\ \hline x \quad = 12 - 3 \\ \quad \quad x = 9 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2) \quad 5 + x = 16 \\ - 5 \quad - 5 \\ \hline x = 16 - 5 \\ \quad \quad x = 11 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3) \quad x + 9 = 15 \\ \quad - 9 \quad - 9 \\ \hline x \quad = 15 - 9 \\ \quad \quad x = 6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4) \quad 12 + x = 14 \\ - 12 \quad - 12 \\ \hline x = 14 - 12 \\ \quad \quad x = 2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5) \quad x + 15 = 28 \\ \quad - 15 \quad - 15 \\ \hline x \quad = 28 - 15 \\ \quad \quad x = 13 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6) \quad 26 + x = 41 \\ - 26 \quad - 26 \\ \hline x = 41 - 26 \\ \quad \quad x = 15 \end{array}$$

### Risposte alle domande di pag. 18

- Poichè il suono si propaga con la velocità di 333 metri al secondo, esso impiega 2 secondi a percorrere la distanza che separa il punto di perturbazione dall'osservatore.
- L'unità di misura per il numero di vibrazioni al secondo si chiama « hertz ».
- L'intensità di un suono dipende dall'ampiezza della relativa onda sonora.
- L'unità di misura per l'intensità sonora è il « phon ».

## TELEFONIA

Come già sapete, è possibile trasmettere segnali e messaggi attraverso linee elettriche, per esempio per mezzo di campanelli oppure di apparecchi Morse. Ora conoscerete un altro sistema di telecomunicazione: il telefono.

Il telefono consente di trasmettere attraverso al filo da un luogo all'altro la parola, il canto, la musica. La parte più importante del telefono è il **m i c r o f o n o**, che è già stato citato brevemente nel capitolo sulla « Radiotecnica » della prima Dispensa. Dovete ora familiarizzarvi con i particolari del microfono.

### Il microfono

La moderna tecnica delle telecomunicazioni non può quasi mai fare a meno del microfono. Dai primi microfoni fino alla realizzazione degli odierni perfetti dispositivi di ripresa del suono vi è stato un lungo cammino da superare. Lo sviluppo è stato difficile e non si è svolto nemmeno molto rapidamente.

Se chiedete a un competente, quale sia la funzione del microfono, egli vi risponderà che esso deve trasformare le vibrazioni sonore in corrispondenti correnti elettriche non più percepibili con l'udito.

La risposta è molto semplice, ma il compito della trasformazione del suono in correnti elettriche era tutt'altro che facile, anche per le menti più chiare di un tempo.

Proviamo un po' a trovarne noi la via. Immaginiamo un filo conduttore, attraverso il quale scorra una invisibile corrente elettrica. La corrente scorre lungo il filo nello stesso modo come una corrente d'acqua scorre in una tubazione; supposto che la pressione dell'acqua rimanga uguale, la portata della corrente d'acqua rimane sempre costante. Se però la pressione cessasse, la corrente d'acqua si fermerebbe. Inserendo un rubinetto di interruzione nella tubazione, noi ci mettiamo in grado di togliere la pressione, chiudendo il rubinetto.

Immaginatevi per esempio questa possibilità. In una casa è installata una tubazione d'acqua, che attraversa due camere. Nella camera dove sta il signor « A » c'è un rubinetto di interruzione; la tubazione termina nella camera del signor « B ». Ora questi due signori hanno trovato un sistema per trasmettersi dei segnali. Il signor « B » osserva l'acqua che esce dalla tubazione e capisce i segnali che gli vengono così trasmessi. Abbiamo in altre parole una specie di telegrafia Morse ad acqua.

La comune telegrafia Morse rappresenta infatti una soluzione simile, poichè non interessa tanto il modo in cui si manifestano i segnali all'estremità della linea, quanto il fatto che sia possibile la trasmissione di segnali comprensibili. In entrambi i casi si possono trasmettere soltanto segnali assai semplici, e cioè punti (correnti di breve durata) e linee (correnti di più lunga durata).

Questa trasmissione di segnali « grossolani » avviene nella « telegrafia ad acqua » aprendo e chiudendo il rubinetto, ossia per mezzo di interruzioni della corrente. Volendo invece trasmettere delle onde sonore, non bisogna interrompere la corrente, ma solo variarne l'intensità. Se vogliamo quindi far sì che le variazioni della pressione dell'acqua corrispondano esattamente alle onde sonore, dobbiamo scegliere un dispositivo differente.

Questo potrebbe essere costituito da una membrana elastica montata nella parte della tubazione, là dove c'era prima il rubinetto (nella camera del signor « A »). Premendo leggermente col dito sulla membrana, il passaggio della corrente d'acqua viene un poco impedito, e il signor « B » osserva che la quantità dell'acqua uscente dalla tubazione si riduce un po'. Così, se si preme più forte sulla membrana, l'acqua diminuisce rapidamente; anche l'uscita dell'acqua in « B » avverrà a colpi rapidi più o meno forti.

Anche questo sistema per la trasmissione di segnali sarebbe però sempre molto grossolano. Possiamo perfezionarlo, se, invece di esercitare la pressione sulla membrana col dito, la provochiamo con delle onde sonore, per esempio se **p a r l i a m o** contro questa membrana. Come sapete, parlando, noi emettiamo delle onde sonore che variano secondo l'altezza e l'intensità del suono, così come è stato spiegato nel capitolo precedente.

Le onde sonore, emesse dalle nostre corde vocali, colpiscono quindi la membrana montata nella tubazione e la fanno vibrare. La membrana seguirà ora le vibrazioni dell'aria altrettanto fedelmente, come prima seguiva la pressione esercitata col dito, solo che le vibrazioni sonore sono molto più rapide e più fini. Disponendo di apparecchi adatti, sarebbe possibile rilevare alla fine della tubazione, in « B », che l'uscita dell'acqua avviene con le medesime vibrazioni impresse nel punto « A ». Avremmo così una « telefonata ad acqua ».

Poichè però l'acqua è una sostanza che possiede un'inerzia assai superiore a quella dell'elettricità, la « telefonia ad acqua », da noi ora escogitata, incontrerebbe in pratica numerose difficoltà che non si riscontrano nel telefono elettrico. Soprattutto il nostro « microfono » (poichè la membrana inserita in « A » nella tubazione non è altro che un microfono) sarebbe probabilmente troppo rigido e troppo pesante, per riuscire a seguire veramente tutte le rapide e delicate vibrazioni, di cui è costituita la parola. Noi abbiamo immaginato e schizzato questo impianto di « telefonia ad acqua » solo come paragone, per farvi comprendere meglio ciò che avviene nella vera telefonia, quella elettrica.

Anche in un circuito elettrico noi possiamo inserire un « rubinetto », che qui però chiamiamo « interruttore ». Il « rubinetto » consente di far scorrere o fermare la corrente elettrica a piacimento. Sostituendo l'interruttore con un « tasto Morse », otteniamo la telegrafia Morse. E se vogliamo passare dalla trasmissione di segnali grossolani alla trasmissione perfezionata di segnali sonori, dobbiamo inserire nel circuito (invece dell'interruttore o del tasto Morse che servono soltanto a interrompere la corrente) un microfono che serva a modificare la corrente. Vedremo subito come ciò avvenga in pratica.

### Il microfono di Hughes

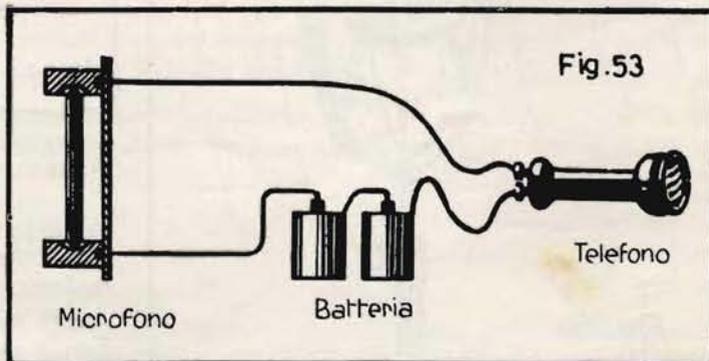
Il primo microfono utilizzabile è dovuto a Hughes. Esso era costituito da una sbarretta di carbone con le estremità appoggiate entro due piccole sedi di carbone, e inserita nel circuito (fig. 53).

È noto che il carbone è un conduttore dell'elettricità, e quindi la corrente poteva attraversare la sbarretta e scorrere nel circuito. Il problema consisteva ora nel potere agire sulla corrente che scorreva uniformemente in modo da variare l'intensità in corrispondenza di quella delle vibrazioni sonore. Il semplice dispositivo di Hughes permetteva di ottenere questo scopo.

Quando si parla davanti alla sbarretta di carbone, essa per effetto delle onde sonore si mette a vibrare. O meglio, otteniamo un tremolio della sbarretta che segue il ritmo delle onde sonore che la colpiscono. Ne consegue che la corrente elettrica, prima di intensità costante, subisce ora delle variazioni.

Essa compie delle « vibrazioni elettriche », che corrispondono alle vibrazioni meccaniche della sbarretta, e che si rilevano facilmente con l'aiuto del cosiddetto « telefono », inserito nel circuito. Il telefono ha il compito inverso di quello del microfono. Esso deve trasformare le variazioni della corrente elettrica, che non sono percepibili con l'udito, in vibrazioni sonore udibili.

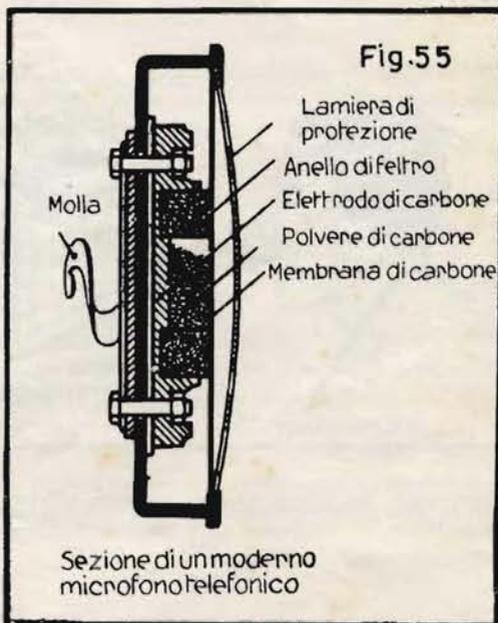
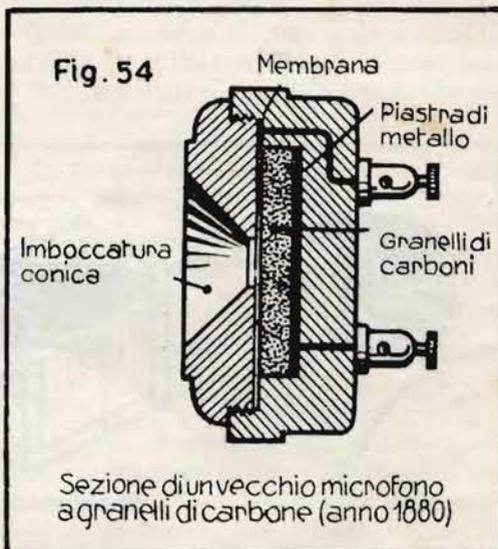
Apprenderete più tardi come ciò avvenga. Per ora vi basti rilevare che il telefono è l'organo adatto per trasformare le variazioni della corrente elettrica in onde sonore, e rendere quindi udibili le vibrazioni elettriche.



### Il microfono a granuli di carbone

Il primo microfono di Hughes si rivelò presto insufficiente. Era troppo rudimentale nella costruzione e nel funzionamento. Esso trasmetteva benissimo il ticchettio di un orologio, ma non era abbastanza sensibile per poter trasmettere in modo perfetto la voce umana. Soltanto il cosiddetto « microfono a granuli di carbone » fu all'altezza di trasmettere bene e in modo comprensibile il linguaggio parlato (fig. 54).

Il microfono a granuli di carbone è costituito da un piccolo recipiente contenente granellini di carbone. La corrente viene addotta da un lato alla piastra base di metallo, ed alla sottile membrana metallica dall'altro. La custodia, costituita di materiale isolante, presenta una imboccatura conica destinata a raccogliere le onde sonore e a convogliarle nel centro della membrana microfonica. In conseguenza di ciò, la membrana entra in vibrazione, e trasmette questo suo movimento alla polvere di carbone contenuta tra di essa e la piastra di metallo. I granuli di carbone rimangono quindi compressi più o meno fortemente, secondo l'intensità del suono. Quando i granuli di carbone sono molto compressi, essi conducono meglio la corrente elettrica; quando sono poco compressi, conducono meno bene. In altre parole, comprimendo più o meno fortemente i granuli, varia la resistenza del microfono e quindi l'intensità della corrente elettrica nel circuito.



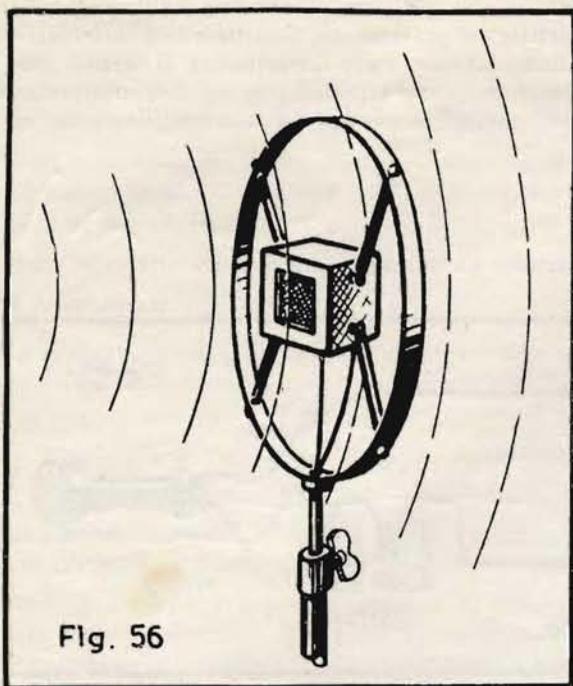


Fig. 56

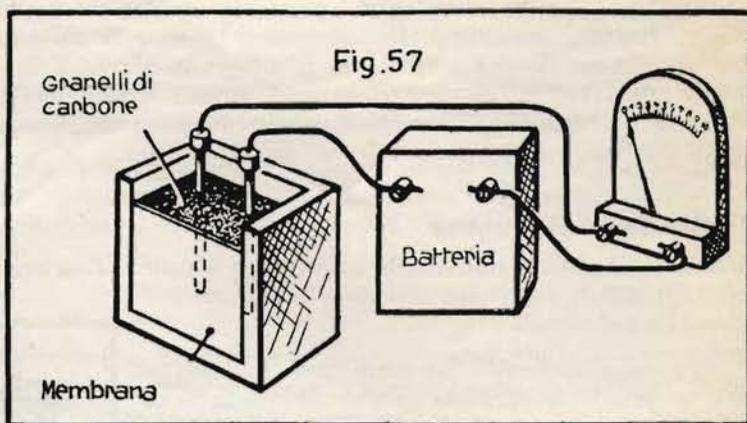


Fig. 57

### Altri tipi di microfoni

I microfoni usati negli apparecchi telefonici sono costituiti in modo simile al microfono a granuli di carbone ora descritto. La fig. 55 mostra in sezione una cosiddetta « capsula microfonica ».

Anche nella radiotecnica si utilizzarono dapprima dei microfoni a granuli di carbone, che vennero sostituiti però più tardi da altri tipi migliori, basati su principi differenti. Un microfono a granuli di carbone usato nella radio era costituito

all'incirca come si vede nella fig. 56. Il microfono vero e proprio è contenuto in un blocchetto di marmo appeso entro un anello metallico. Il blocchetto di marmo è ripieno di una fine polvere di carbone, nella quale pescano due « elettrodi metallici ». Sul davanti, il blocchetto presenta una apertura chiusa da una membrana di mica (fig. 57).

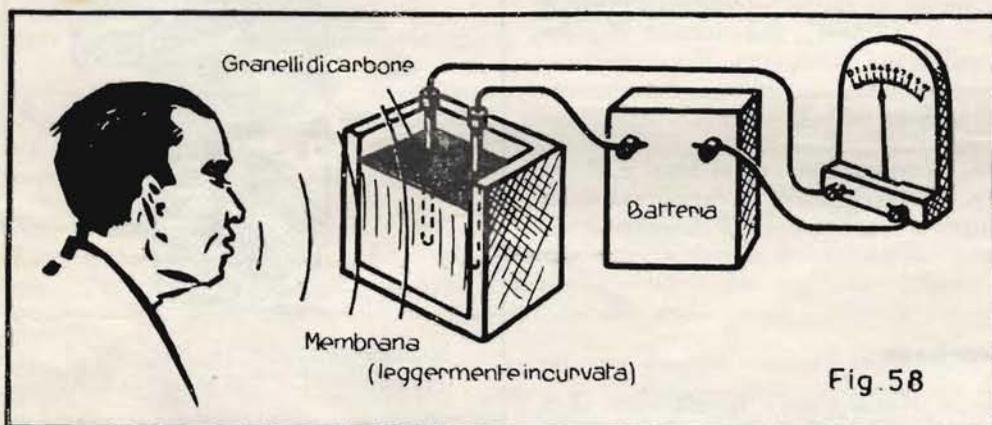


Fig. 58

Colleghiamo ora nel circuito, in luogo del « telefono » (come avevamo fatto nella fig. 53) un misuratore di corrente (figura 57). Finchè non si parla contro il microfono, l'amperometro segnerà una piccola corrente, perchè il passaggio di questa attraverso ai granuli di carbone non è facile. Essi oppongono infatti una resistenza relativamente elevata.

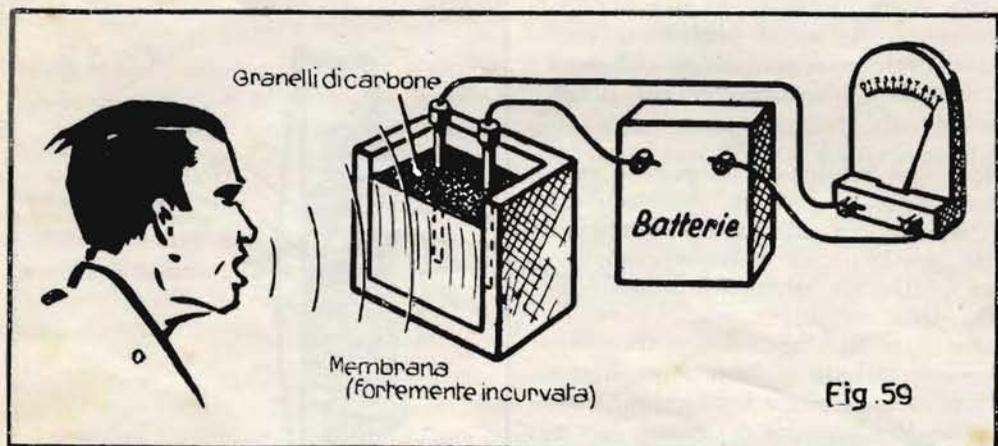


Fig. 59

Se ora si parla in prossimità del microfono, ossia si fa cadere su di esso un'onda sonora, la membrana si deforma un poco. Una piccola pressione sonora deformerà la membrana lievemente, una pressione maggiore la deformerà fortemente. La minore o maggiore deformazione della membrana provocherà una minore o maggiore compressione dei granuli di carbone.

Se questi saranno poco compressi, lo strumento di misura allacciato segnerà solo un lieve aumento della corrente (fig. 58); se invece la polvere di carbone sarà molto compressa, la corrente potrà passare meglio e quindi l'indicazione dell'amperometro sarà maggiore (fig. 59).

L'aumento della corrente quando si comprimono i granuli di carbone è dovuto quindi alla diminuzione della resistenza.

Per comprendere meglio questo fenomeno facciamo un paragone. Paragoniamo la corrente a un uomo che cammina nella sabbia. Egli avanza faticosamente. Non appena però può poggiare il piede su di un terreno compatto, egli riesce a marciare con molta maggior facilità. Nel primo caso la resistenza era elevata, nel secondo caso era bassa.

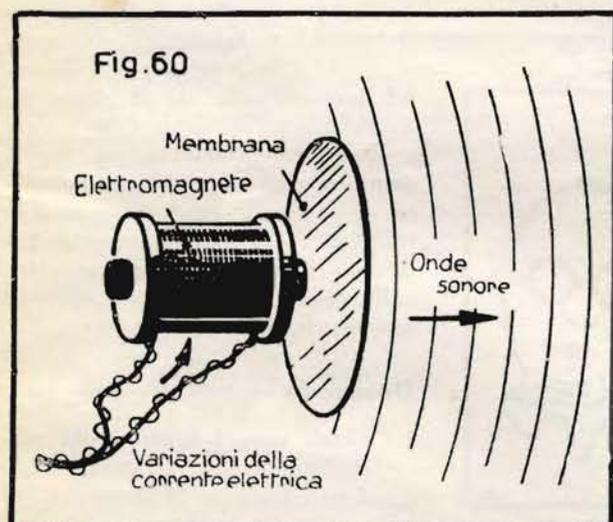
Ora le vibrazioni della membrana colpita dal suono, sono naturalmente assai rapide. E quindi altrettanto rapidamente varia la compressione dei granuli di carbone e quindi l'intensità della corrente circolante, la quale è ora più, ora meno forte, esattamente nel ritmo delle vibrazioni sonore.

La polvere di carbone è contenuta in una pesante custodia di marmo, per impedire che delle vibrazioni non desiderate (di altra origine che non quelle sonore) possano agire sul microfono. Questo è protetto inoltre dagli urti, essendo sospeso elasticamente mediante tiranti di gomma o molle a spirale.

Più avanti conoscerete anche altri tipi di microfoni, per esempio i cosiddetti microfoni a condensatore, che sono molto più sensibili dei microfoni a granuli di carbone e vengono oggi usati assai spesso per le radio-trasmissioni.

## Il ricevitore telefonico

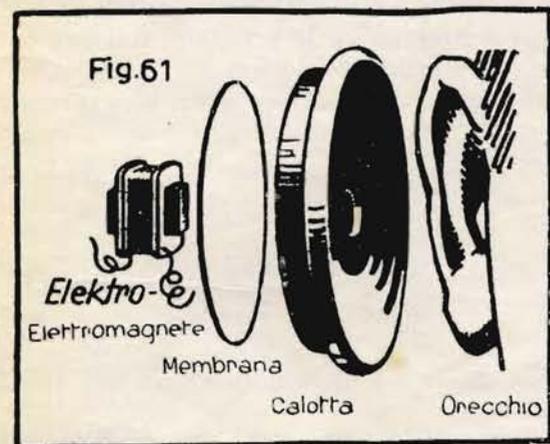
Naturalmente non basta il microfono per costituire un impianto telefonico. Questo infatti deve trasformare la parola in variazioni della corrente elettrica, la quale, dopo aver superato una lunga distanza, deve, nella stazione ricevente, venire trasformata nuovamente in onde sonore, ossia in parole. Occorre quindi, oltre ad un dispositivo atto a trasformare il suono in variazioni di corrente, anche un organo capace di ricostituire da queste il suono primitivo.



Quest'organo è il «ricevitore telefonico». Il ricevitore telefonico consiste in sostanza di un elettromagnete, davanti al quale si trova una membrana metallica (fig. 60).

Quando l'elettromagnete è percorso dalla corrente, la membrana viene attratta, e tanto più fortemente quanto maggiore è l'intensità della corrente. Se l'intensità della corrente oscilla, anche la membrana vibra nel medesimo ritmo.

Se, per effetto di un microfono si ottengono delle oscillazioni di corrente corrispondenti alle onde sonore, anche la membrana telefonica vibrerà nel ritmo delle onde stesse, e trasmetterà queste vibrazioni meccaniche all'aria circostante. In questo modo si formano delle onde sonore udibili.



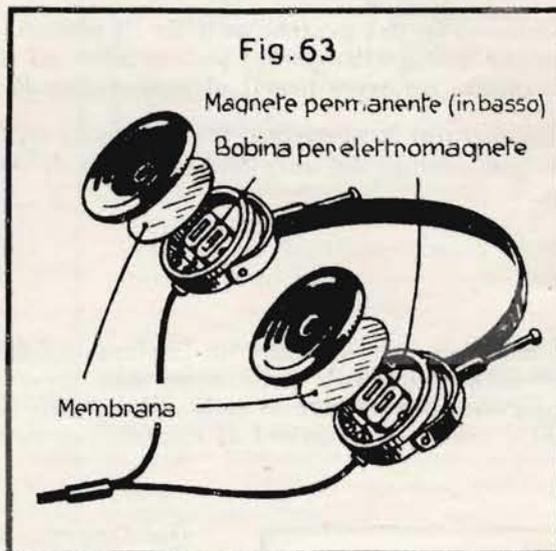
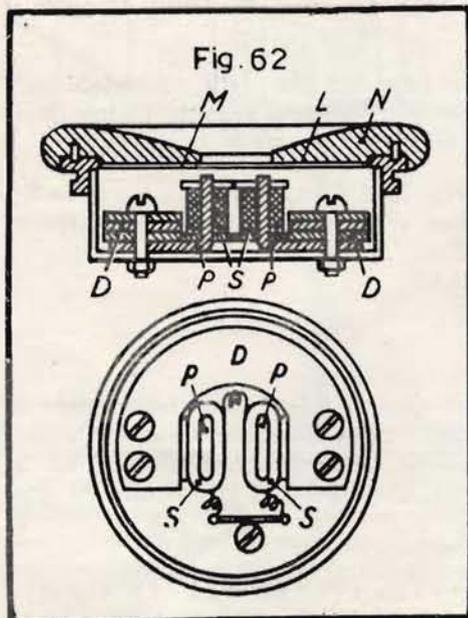
Il ricevitore telefonico è dunque costituito principalmente dall'elettromagnete, dalla membrana, dalla calotta auricolare e dalla custodia (fig. 61).

L'elettromagnete del ricevitore telefonico è fatto in modo da utilizzare entrambe le sue estremità, invece che una sola. Il suo nucleo è piegato perciò a forma di U, i due gambi del quale sono entrambi provvisti di avvolgimento, come era stato spiegato nella prima Dispensa. Inoltre, questo nucleo è un magnete permanente. Questo è un particolare che lo distingue dai comuni elettromagneti, nei quali, come sapete, il nucleo è sempre costituito da ferro dolce. In questi elettromagneti comuni il nucleo si magnetizza non appena passa una corrente nell'avvolgimento; quando non passa corrente, il nucleo non è magnetico. Usando invece come nucleo un magnete permanente, la magnetizzazione del nucleo viene semplicemente modificata da ogni corrente che passa

nell'avvolgimento. L'uso del magnete permanente, nel ricevitore telefonico, ha il vantaggio di un migliore adattamento delle vibrazioni meccaniche alle oscillazioni delle correnti che scorrono nelle bobine dell'elettromagnete.

Ci soffermeremo più avanti a trattare più dettagliatamente l'applicazione di questo magnete permanente.

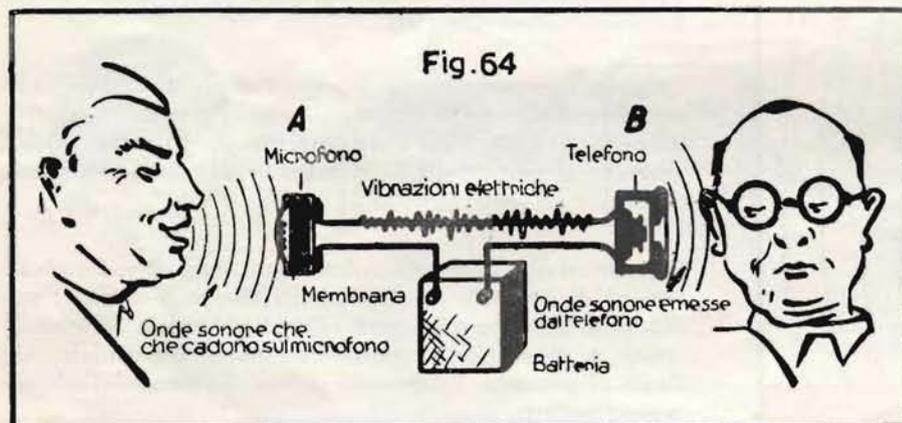
Un moderno ricevitore telefonico (fig. 62) contiene un magnete permanente D, le cui espansioni polari P (si chiamano così le estremità del magnete) e solamente quelle sono costituite da ferro dolce e circondate dalle bobine S collegate assieme.



Davanti alle espansioni polari giace la membrana M, costituita essa pure da ferro dolce e protetta dalla calotta N che viene appoggiata all'orecchio. Tra la calotta e la membrana si trova una piccola camera d'aria L. I più usuali ricevitori dei nostri telefoni sono costituiti in questo modo, e anche le cuffie telefoniche, che conoscete dalla radio, sono assai simili (fig. 63).

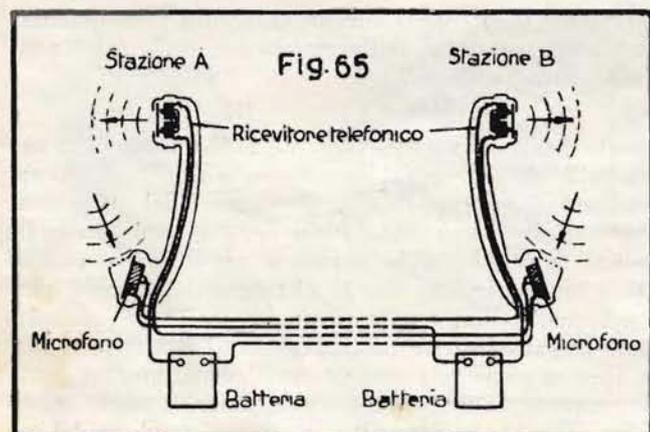
Nella fig. 64 si vede un semplicissimo impianto telefonico, nel quale è però possibile telefonare soltanto da A verso B.

Riunendo un microfono con un ricevitore telefonico in un unico complesso munito di impugnatura, si ottiene il moderno « microtelefono » che ben conoscete. La fig. 65 rappresenta un semplice collegamento di due stazioni comunicanti.



### Domande

1. Quali sono i compiti del microfono e del ricevitore telefonico?
2. Come funzionava il telefono di Hughes?
3. Descrivete brevemente il principio di funzionamento del ricevitore telefonico.



## MATEMATICA

### 3. Le equazioni (Continuazione da pag. 18).

Dagli ultimi esempi di pag. 19 potete rilevare che da ambedue i membri dell'equazione è stata sottratta la cifra sommata con l'incognita  $x$  mediante il segno « + ». Per accertarvi dell'esattezza dei risultati non avete da fare altro che introdurre il valore determinato per  $x$  nell'equazione data. Dimostriamo tale controllo per l'esempio N. 1:

#### Controllo:

Nell'equazione nota:  $x + 3 = 12$  introduciamo il valore di  $x$  che è risultato essere 9:  $9 + 3 = 12$ , cioè  $12 = 12$ . Il risultato è quindi esatto.

Per risolvere un'equazione del tipo  $x + 2 = 6$  abbiamo sinora proceduto nel modo seguente:

$$\begin{array}{r} x + 2 = 6 \\ - 2 \quad - 2 \\ \hline x = 6 - 2 \\ \underline{x = 4} \end{array}$$

Questo procedimento minuzioso è stato da noi scelto unicamente per rendervi facilmente comprensibile nei suoi dettagli il metodo adottato per risolvere le equazioni; per assicurare il progresso occorre iniziare lentamente ma in modo sicuro. Ma ora possiamo abbreviare il procedimento del calcolo, e voi stessi vi accorgete esaminando attentamente gli esempi svolti, che basta togliere dal membro destro dell'equazione l'addendo di  $x$  sottraendolo dal membro sinistro. Esprimiamo questo concetto nella seguente regola:

**Regola 5-a** *Il valore numerico sommato all'incognita  $x$  nel membro sinistro dell'equazione va riportato nel membro destro e sottratto.*

Ora siamo in grado di risolvere speditamente le seguenti equazioni da matematici esperti!

#### Esempi:

7)  $x + 5 = 12$

$$x = 12 - 5$$

$$\underline{x = 7}$$

8)  $x + 8 = 9$

$$x = 9 - 8$$

$$\underline{x = 1}$$

9)  $x + 10 = 20$

$$x = 20 - 10$$

$$\underline{x = 10}$$

E invertendo la regola 5-a otteniamo l'altra simile:

**Regola 5-b** *Il valore numerico sottratto dall'incognita  $x$  nel membro sinistro dell'equazione va riportato nel membro destro e sommato.*

Esercitemoci subito nell'applicazione di detta regola con gli esempi seguenti:

#### Esempi:

10)  $x - 2 = 3$

$$x = 3 + 2$$

$$\underline{x = 5}$$

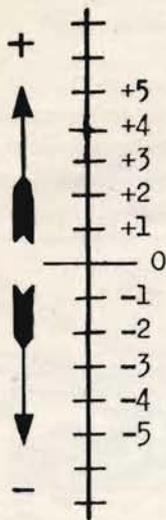
11)  $x - 18 = 2$

$$x = 2 + 18$$

$$\underline{x = 20}$$

Infine possiamo esprimere le due regole suddette nella

**Regola 6** *In una equazione, ogni termine può essere trasportato da un membro all'altro purchè lo si cambi di segno.*



*Valori positivi e valori negativi.*

Prima di proseguire nello svolgimento di altri esempi vogliamo soffermarci un attimo in merito all'addizione e sottrazione di cifre. Sottraendo da un numero un altro numero uguale al primo, rimane 0 (zero), p. e.  $8 - 8 = 0$ . Dovendo invece sottrarre dal numero 8 il numero 10, ci sarà forse qualcuno che negherà la possibilità di eseguire detta operazione perchè suppone erroneamente che il sistema numerico abbia termine con il valore zero. Ma non è così: 0 è il centro del sistema numerico; tutti i valori maggiori di 0 sono i valori positivi ed hanno il segno « + » e tutti i valori minori di 0 rappresentano i valori negativi ed hanno il segno « - ».

Il termometro rappresentato nella fig. 14 illustra chiaramente il concetto sopraesposto: i gradi con i quali si misura la temperatura sono positivi (+) se maggiori di 0 e negativi (-) se minori di 0.

È dunque possibile sottrarre dalla cifra 8 la cifra 10 scrivendo  $8 - 10 = - 2$ . Se il termometro segnasse  $+ 8^\circ$  e scendesse di  $10^\circ$  avremmo una temperatura di  $- 2^\circ$ .

**Esempi:**

$$5 - 5 = 0$$

$$6 - 9 = - 3$$

$$- 5 + 5 = 0$$

$$70 - 80 = - 10$$

Se la temperatura fosse per esempio  $5^\circ$  sotto zero, cioè  $- 5^\circ$  e scendesse di altri  $6^\circ$  avremmo una temperatura di  $11^\circ$  sotto zero oppure  $- 11^\circ$ . Ora siete in grado di comprendere anche gli esempi seguenti:

$$- 5 - 6 = - 11$$

$$- 18 - 7 = - 25$$

$$- 20 - 80 = - 100$$

$$- 63 - 14 = - 77$$

È necessario che queste dettagliate spiegazioni vi siano ben chiare per comprendere facilmente i calcoli seguenti.

**Esempi:**

$$12) \quad x - 4 = 0$$

$$x = 0 + 4$$

$$\underline{x = 4}$$

$$14) \quad x + 10 = 8$$

$$x = 8 - 10$$

$$\underline{x = - 2}$$

$$13) \quad x - 6 = - 3$$

$$x = - 3 + 6$$

$$\underline{x = 3}$$

$$15) \quad x + 7 = 7$$

$$x = 7 - 7$$

$$\underline{x = 0}$$

Ora siamo notevolmente progrediti nel nostro intento di spiegarvi la soluzione delle equazioni e desideriamo riepilogare il contenuto delle precedenti lezioni. Voi siete in grado di risolvere le equazioni nelle quali compare l'incognita:

X con un valore sommato

X con un valore sottratto

X moltiplicato per un valore

X diviso per un valore

Dopo che avete imparato correntemente le regole valide per la soluzione di simili equazioni, vi sarà pure facile risolvere le equazioni dove occorre eliminare, non un valore solo, ma più valori, per avere nella parte sinistra solo il termine con la  $x$ . Infatti, applicando ordinatamente le regole suddette, è sempre possibile trasformare una equazione in modo da ottenere nel membro di sinistra un solo termine con la  $x$  e nel membro di destra solo un termine con un valore numerico, come ad es.:

$$3x = 9$$

Vi preghiamo di seguire attentamente lo svolgimento dei seguenti esempi.

**Compito:**  $3x + 2 = 11$ .

**Soluzione:** In primo luogo trasportiamo il numero « 2 » col suo segno opposto dalla parte destra:

$$3x = 11 - 2$$

$$3x = 9$$

Ora eliminiamo anche il numero « 3 » trasportandolo nella parte destra, applicando la regola 2-a, cioè dividendo il membro destro dell'equazione per 3

$$x = \frac{9}{3}$$

$$\underline{x = 3}$$

**Esempi:**

$$\begin{aligned} 16) \quad 5x - 3 &= 17 \\ 5x &= 17 + 3 \\ 5x &= 20 \\ x &= \frac{20}{5} \\ \underline{x &= 4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 18) \quad 7 + 12x &= 31 \\ 12x &= 31 - 7 \\ 12x &= 24 \\ x &= \frac{24}{12} \\ \underline{x &= 2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 17) \quad 37 + 2x &= 7 \\ 2x &= 7 - 37 \\ 2x &= -30 \\ x &= -\frac{30}{2} \\ \underline{x &= -15} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 19) \quad 3 + 4x &= 5 \\ 4x &= 5 - 3 \\ 4x &= 2 \\ x &= \frac{2}{4} \\ \underline{x &= \frac{1}{2}} \end{aligned}$$

Sino ad ora però noi abbiamo risolto solo equazioni che contengono un solo termine con la  $x$  come quella

$$3 + 4x = 15$$

ma potremo risolvere facilmente anche le equazioni che contengono più termini con la  $x$  adottando il principio fondamentale di trasformarle in modo da giungere alla più semplice espressione e cioè ad ottenere nel membro di sinistra un solo termine con la  $x$  e nel membro di destra un solo termine numerico.

**Esempio:**

$$20) \quad 9 + 5x = 16 + 4x$$

Per ottenere, come per le equazioni precedenti, che il membro sinistro contenga solo i valori di  $x$  ed il membro destro solo i valori noti, occorre trasportare il numero 9 nel membro destro col suo segno cambiato ed il valore  $4x$  nel membro sinistro pure con il suo segno cambiato:

$$9 + 5x = 16 + 4x$$

$$5x - 4x = 16 - 9$$

$$\underline{x = 7}$$

## Risposte alle domande di pag. 24

1. Il compito del microfono consiste nel trasformare le vibrazioni sonore dell'aria in corrispondenti oscillazioni della corrente elettrica. Il ricevitore telefonico invece deve ritrasformare le oscillazioni della corrente elettrica in onde sonore.
  2. Il microfono di Hughes era costituito da una sbarretta di carbone appoggiata liberamente in due sedi di carbone. Parlando in prossimità della sbarretta, essa vibrava nel ritmo del suono, lasciando passare più o meno corrente nella linea.
  3. Un ricevitore telefonico è costituito in principio da un elettromagnete e da una membrana di ferro, che è fissata ad una determinata distanza dall'elettromagnete. Quando l'elettromagnete è percorso da una corrente più o meno forte, la membrana viene attratta più o meno fortemente. In tal modo essa segue le oscillazioni della corrente corrispondenti alle vibrazioni sonore.
- 

## COMPITI

1. Che cosa distingue i misuratori di corrente da quelli di tensione?
  2. Come vengono collegati due amperometri, dei quali si debbano confrontare le indicazioni?
  3. Come si fa a variare l'intensità di corrente nella taratura degli amperometri?
  4. Un forno elettrico ha la resistenza di 44 ohm. Qual'è la corrente che lo attraversa, quando è allacciato alla tensione di 220 volt?
  5. Durante un temporale passano 21 secondi dal momento in cui si vede il lampo a quello in cui si ode il tuono. A quale distanza si trova il temporale?
  6. Da che cosa dipende il numero di vibrazioni al secondo di una corda musicale?
  7. Che cosa significa la frase: « un suono ha la frequenza di 400 hertz »?
  8. Da che cosa è determinata l'altezza di un suono?
  9. Che cosa si intende per « bassa frequenza » e « alta frequenza »?
  10. Quali sono le note più basse e quelle più acute che si possono normalmente percepire?
  11. Che cosa distingue la chiarezza di un suono puro da quella di un suono composto o da un rumore?
  12. Che cosa costituisce il timbro di un suono?
  13. Come si possono registrare le onde sonore?
  14. 

a) $25 + x + 18 = 45;$	b) $14 + x + 40 = 90;$	c) $87 + x + 5 + 12 = 106;$
$x = ?$	$x = ?$	$x = ?$
d) $18 - x = 4$	$x = ?$	e) $12x = 36; x = ?$
		f) $5 + 3x = 17 - 3x; x = ?$
  15. In che modo le vibrazioni sonore vengono trasformate dal microfono a granuli di carbone in oscillazioni della corrente?
  16. Disegnate un semplice impianto telefonico, nel quale si utilizzi soltanto un microfono, una batteria ed un ricevitore telefonico.
-

## FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 3

Formula N.

*Legge di Ohm*

- (2) Intensità di corrente:  $I = \frac{V}{R}$  . . . . . pag. 8
- (3) Tensione:  $V = I \cdot R$  . . . . . » 8
- (4) Resistenza:  $R = \frac{V}{I}$  . . . . . » 8

---

Stampato come manoscritto

Ogni alienazione, prestito e diffusione in genere di questa Dispensa, anche in riassunto, è proibita.

Tutti i diritti, in particolare la traduzione in lingue straniere, sono riservati.

---

**TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI**

**OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO, 9  
VARESE**

DISPENZA N.° 4

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

## INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 4

<b>Riassunto delle materie trattate nella dispensa precedente</b>	pag.	1
<b>Impianti di segnalazione</b>	»	1
Impianti di chiamata luminosa	»	1
<b>Elettrotecnica generale</b>	»	4
La legge di Ohm	»	4
<b>Radiotecnica</b>	»	7
Lunghezze d'onda e frequenze	»	7
Metri e hertz	»	7
L'intervallo di frequenza	»	9
Domande	»	11
<b>Elettrotecnica generale</b>	»	11
La potenza	»	11
La potenza elettrica	»	11
La potenza meccanica	»	13
Il cavallo vapore	»	13
Domande	»	14
<b>Acustica ed elettroacustica</b>	»	14
Il suono (continuazione)	»	14
Il timbro dei suoni	»	15
Gli armonici	»	15
Nodi e ventri	»	16
La gamma delle frequenze	»	16
L'orecchio umano	»	17
Domande	»	20
Risposte alle domande di pag. 14	»	20
<b>Matematica</b>	»	20
9. L'elevazione a potenza	»	20
10. Le frazioni	»	20
Risposte alle domande di pag. 11	»	21
<b>Tecnica delle misure</b>	»	21
Gli strumenti a bobina mobile	»	21
La regola della mano sinistra	»	22
La costruzione degli strumenti a bobina mobile	»	23
<b>Compiti</b>	»	24

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 4

## RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Con lo studio delle tre Dispense da voi finora ricevute avete già appreso molte importanti cognizioni che riguardano la tecnica delle telecomunicazioni e l'elettrotecnica generale. Nella trattazione della « Tecnica delle misure » avete imparato a misurare la intensità di corrente con l'amperometro e la tensione con il voltmetro. Nello stesso tempo vi è stato spiegato come si effettua la taratura degli amperometri. Avete poi conosciuto i giusti simboli grafici per questi strumenti, simboli che vi dovete imprimere nella memoria.

Sapete che il voltmetro va collegato in parallelo a quella parte del circuito, di cui si vuole misurare la tensione, mentre invece l'amperometro va collegato in serie. Attraverso il voltmetro deve passare poca corrente, affinché esso stesso non diventi un consumatore supplementare. Pertanto la resistenza interna di un voltmetro deve essere la più alta possibile. Nell'amperometro invece bisogna che la corrente passi subendo le minori perdite possibili e la sua resistenza interna deve quindi essere la più piccola possibile.

Ricordatevi quindi: amperometro: piccola resistenza interna; voltmetro: grande resistenza interna. In un capitolo dell'« Elettrotecnica generale » avete appreso che fra l'intensità di corrente, la tensione e la resistenza sussiste una relazione descritta dalla legge di Ohm. Ecco la legge di Ohm:

$$\text{intensità di corrente} = \frac{\text{tensione}}{\text{resistenza}} \text{ ossia espressa come formula: } I = \frac{V}{R}$$

Questa è la formula N. 2 e vi sarà utile ricordarla alla perfezione. Da essa, con semplice trasformazione, si ricavano le formule per la tensione e per la resistenza.

Siete stati poi introdotti nel campo dell'acustica e dell'elettroacustica. L'acustica è la scienza dei suoni. Il presupposto per la formazione delle onde sonore è la presenza dell'aria. Per generare delle onde sonore, basta quindi fare delle onde nell'aria. E queste onde dell'aria si provocano mediante la vibrazione di un corpo adatto, per esempio un campanello, una corda di violino, ecc.

Un importante capitolo dell'ultima Dispensa trattava della « Telefonia ». La parte principale del telefono è il microfono. Inoltre è indispensabile il ricevitore telefonico, le cui parti essenziali sono un elettromagnete ed una membrana posta davanti ad esso. La bobina dell'elettromagnete è percorsa da una corrente soggetta a oscillazioni irregolari provocate dal microfono, che si trova all'altra estremità della linea telefonica. Questa corrente magnetizza quindi più o meno intensamente il nucleo del ricevitore telefonico, attirando con più o meno forza la membrana fissata davanti ad esso. La membrana si mette quindi a vibrare generando delle onde d'aria cioè onde sonore che giungono al nostro orecchio. Usando nel ricevitore un magnete permanente, la riproduzione del suono diventa migliore.

Questo, in brevi tratti, era il contenuto della Dispensa precedente. Ve l'abbiamo già detto varie volte, ma vogliamo ugualmente insistere: ripetere seriamente tutta la materia precedente, prima di iniziare lo studio della nuova Dispensa.

## IMPIANTI DI SEGNALAZIONE

Negli alberghi e negli ospedali è necessario che da ogni camera si possa chiamare il personale di servizio o di cura, per mezzo di appositi segnali. Poiché in queste case nulla deve turbare il silenzio, non si possono usare campanelli. Sono invece molto usati i segnali luminosi, che non fanno rumore e non arrecano quindi disturbo agli ospiti. Vogliamo ora occuparci appunto degli impianti di chiamata luminosa.

### Impianti di chiamata luminosa

Il funzionamento degli impianti a chiamata luminosa è assai semplice.

Il cliente che in un albergo desidera avere a sua disposizione del personale, deve premere un pulsante. Si accendono allora delle lampadine di segnalazione in vari posti, per esempio nel locale di sosta del personale, negli incroci dei corridoi e sopra la porta della camera dalla quale proviene la chiamata. Le lampadine di segnalazione hanno vari colori; in un albergo per esempio la luce verde può servire per chiamare la cameriera, quella rossa per il cameriere, la gialla per il facchino.

Nelle svolte e negli incroci dei corridoi vengono collocate delle cosiddette lampadine di gruppo o di orienta-

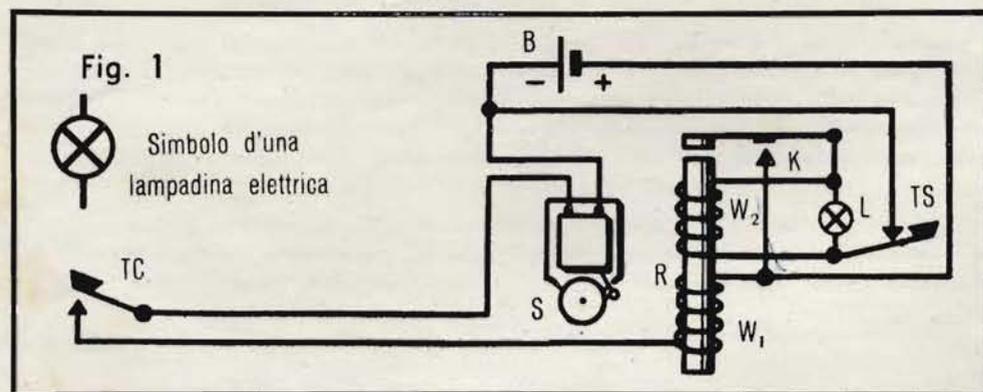
mento che sono visibili da qualunque punto dei corridoi. A seconda del colore della lampadina accesa si capisce quale genere di servizio è richiesto. Le lampadine rimangono accese finché il personale di servizio, premendo un apposito tasto collocato accanto alla porta della camera da cui è provenuta la chiamata, non le spegne.

È possibile infine corredare l'impianto anche di un quadro di controllo, installato presso il direttore, che permette di vedere se il personale obbedisce alla chiamata, e in quanto tempo.

Nel locale di sosta del personale generalmente si colloca anche un campanello elettrico o meglio un « cicalino » che col suo sommesso ronzio richiama l'attenzione del personale sul segnale luminoso che sta accendendosi.

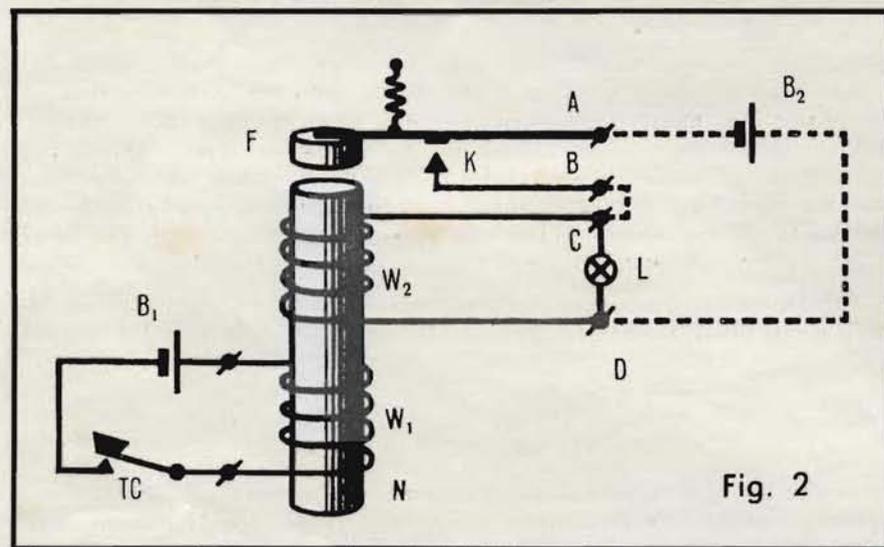
Consideriamo ora un impianto del genere, nel caso più semplice, quello cioè limitato ad una sola lampadina di chiamata. Esso deve avere i collegamenti effettuati in modo che la suoneria o il cicalino funzionino sempre ad ogni chiamata senza però disturbare o spegnere la lampadina già accesa per una chiamata precedente.

Lo schema relativo è rappresentato nella fig. 1 ed ora vedremo quale è il suo funzionamento. In una camera d'albergo, perchè chi vi risiede possa « chiamare », è posto il tasto di un contatto  $TC$ . Premendo questo tasto provochiamo il passaggio della corrente e facciamo contemporaneamente azionare la suoneria  $S$  ed il relé  $R$  il quale, attirando la sua ancoretta fa chiudere il contatto  $K$  provocando così a sua volta l'accensione della lampadina  $L$ .



Il relé  $R$  è provvisto di due distinti avvolgimenti  $W_1$  e  $W_2$ ; premendo il tasto  $TC$  la corrente in un primo tempo agisce solo sull'avvolgimento  $W_1$  il quale magnetizza il nucleo che attrae la ancoretta chiudendo il contatto  $K$ . In questo momento la corrente può agire anche sull'avvolgimento  $W_2$  che magnetizza pure il nucleo e contribuisce a tenere chiuso il contatto  $K$  anche quando, aprendo il tasto  $TC$ , l'avvolgimento  $W_1$  cessa di agire.

Infatti, se osservate nello schema l'andamento dei fili di collegamento, rileverete che quando è chiuso il contatto  $K$ , la corrente non passa solo attraverso la lampadina  $L$ , ma anche attraverso l'avvolgimento  $W_2$  del relé e per questo motivo il contatto  $K$  rimane chiuso anche quando il tasto  $TC$  è aperto.



Il funzionamento dell'impianto vi sarà certamente più facilmente comprensibile osservando la fig. 2 dove lo schema è rappresentato in modo semplificato per rendere più evidente il funzionamento del relé  $R$  a due avvolgimenti che viene impiegato nello schema precedente. Sul nucleo di ferro  $N$  del relé, si trovano due avvolgimenti fra di loro separati e quindi il nucleo stesso si magnetizza ed attrae l'ancoretta  $F$ , tanto se la corrente circola solo nell'avvolgimento  $W_1$  quanto se essa circola solo nell'avvolgimento  $W_2$ , oltre, naturalmente, a quando la corrente circola contemporaneamente in ambedue gli avvolgimenti.

Come risulta dalla figura, l'avvolgimento  $W_1$  riceve la corrente dalla batteria  $B_1$  e supponiamo ora che fra i punti  $A$  e  $D$  sia inserita un'altra batteria  $B_2$  e che i punti  $C$  e  $B$  siano collegati fra di loro in modo da formare un circuito che comprenda l'avvolgimento  $W_2$  e possa essere chiuso dal contatto  $K$  ora aperto. In parallelo con l'avvolgimento  $W_2$  abbiamo inoltre una lampadina  $L$  la quale, collegata in tale modo, sarà percorsa da corrente ogni qualvolta circola della corrente nell'avvolgimento  $W_2$  e che si accenderà quindi alla chiusura del contatto  $K$ .

Come detto sopra abbiamo anche l'avvolgimento  $W_1$  collegato con la batteria  $B_1$  attraverso il tasto  $TC$ .

Premendo il tasto  $TC$  anche per un solo breve istante, la corrente della batteria  $B_1$  circola nell'avvolgimento  $W_1$ , il nucleo  $N$  allora si magnetizza, attrae l'ancoretta  $F$  e chiude il contatto  $K$ . In questo momento nell'avvolgimento  $W_2$  comincia a scorrere la corrente della batteria  $B_2$  e il nucleo ne viene pure magnetizzato. Aprendo

il tasto  $TC$ , l'avvolgimento  $W_1$  cessa di agire sul nucleo  $N$  ma questo è però magnetizzato dall'azione dell'avvolgimento  $W_2$  e quindi il contatto  $K$  resta chiuso e la lampadina  $L$  rimane accesa.

Abbiamo voluto spiegarvi il funzionamento dello schema della fig. 2 in modo tanto dettagliato per potervi rendere più facilmente comprensibile il significato dello schema della fig. 1 il quale, a prima vista, può sembrare non tanto facile da seguire.

Avete quindi visto quello che succede quando si abbassa il tasto  $TC$  per la prima volta, quando cioè la lampadina  $L$  è spenta e si vuole accenderla. Osservate ora ancora attentamente lo schema della fig. 1 e badate a quello che accade quando il tasto  $TC$  viene premuto più volte di seguito. Come vi abbiamo detto, la prima volta funziona la suoneria o cicalino e si accende la lampadina  $L$ ; per tutte le volte successive che si preme il tasto  $TC$ , funzionerà solo la suoneria mentre la lampadina  $L$  rimarrà sempre accesa per effetto della corrente che circola nel relé  $W_2$ . Solo premendo il tasto di spegnimento  $TS$  la corrente dell'avvolgimento  $W_2$  si interrompe, il contatto  $K$  si apre e la lampadina  $L$  si spegne.

Nello schema della fig. 2, per rendere la spiegazione più chiara, abbiamo impiegato due batterie distinte ma un impianto del genere può funzionare benissimo con una sola batteria che per vie diverse alimenti tutte e due gli avvolgimenti del relé. Ciò risulta anche dallo schema della fig. 1.

Nella fig. 1 è rappresentato lo schema di un impianto necessario per fare funzionare una sola lampadina da un solo posto di chiamata, ma se si vuole essere in grado di poter chiamare da un solo posto diverse categorie di persone, occorrono naturalmente altrettanti tasti e altrettanti circuiti come quello già visto, ognuno con una lampadina di diverso colore.

Per esempio un impianto a tre tasti e tre lampadine può essere eseguito con il collegamento rappresentato alla fig. 3.

Come vi abbiamo già detto, anche per un impianto limitato ad un solo tasto di chiamata si possono rendere necessarie parecchie lampadine; ad esempio, una all'asterno della camera sopra la porta, una di orientamento all'incrocio di un corridoio e una nel locale di sosta del personale. In certi casi si ha anche una lampadina in un quadro di controllo.

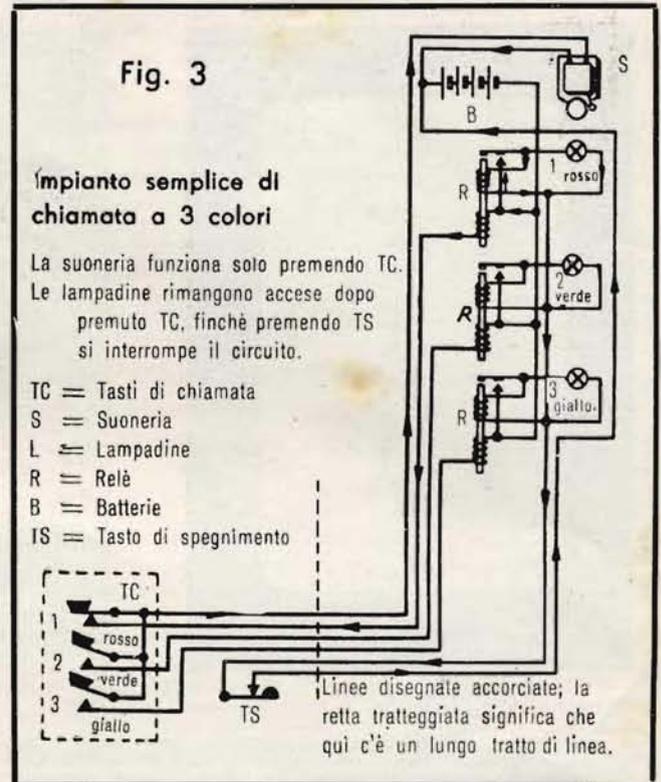
Lo schema di un impianto del genere, per semplicità ridotto anch'esso ad un solo tasto di chiamata, è visibile nella fig. 4. Desiderando potere chiamare da una stessa camera una seconda categoria di persone, l'impianto dovrà avere un'altra volta lo stesso quantitativo di lampadine e di relé. Solo nel quadro di controllo che, negli alberghi è generalmente posto nell'Ufficio del Direttore, ci si può accontentare di una sola lampadina per ciascuna camera.

Seguiamo sullo schema della fig. 4 il percorso della corrente quando nella rispettiva camera viene abbassato il tasto  $TC$ . Il contatto stabilito in  $TC$  provoca dapprima l'accensione della lampadina  $LL$  posta all'esterno sopra la porta della camera e, contemporaneamente viene eccitato, cioè magnetizzato, il relé  $R$  il quale chiude i due contatti  $r_1$  e  $r_2$ .

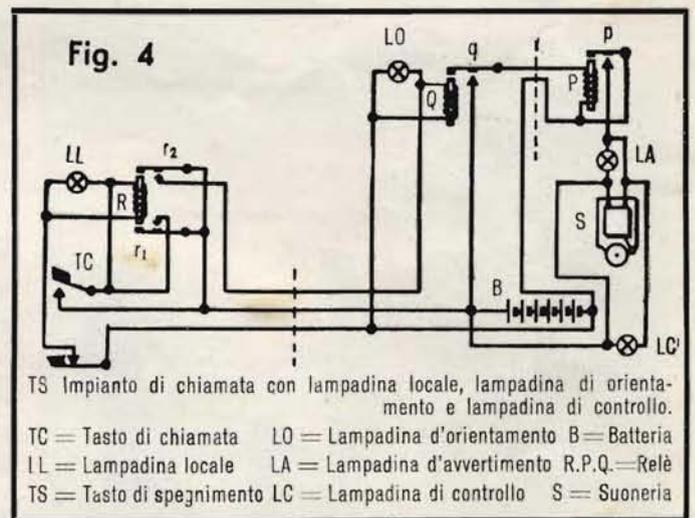
Negli schemi precedenti abbiamo impiegato dei relé con due avvolgimenti ed un solo contatto, ma come avviene nel caso attualmente considerato, risponde egualmente allo scopo un relé con due contatti ed un solo avvolgimento che possa però ricevere la corrente da due vie diverse.

Il contatto  $r_1$  serve a mantenere il passaggio della corrente nell'avvolgimento del relé, nella lampadina  $LL$  e in tutta la rimanente parte dell'impianto anche quando il contatto  $TC$  viene aperto.

Il contatto  $r_2$  fa giungere invece la corrente alla lampadina di orientamento  $LO$  posta all'incrocio dei corridoi ed inoltre fa eccitare il relé  $Q$  il quale può comandare un'altra eventuale lampadina di orientamento che qui però non è raffigurata. Il relé  $Q$  fa chiudere il contatto  $q$  e attraverso di esso eccita il relé  $P$  il quale, a sua volta, per mezzo del contatto  $p$  fa accendere la lampadina  $LA$  e fa funzionare la suoneria  $S$  entrambe poste



persone, occorrono naturalmente altrettanti tasti e al-



nel locale di sosta del personale. Contemporaneamente a ciò, esso provoca anche l'accensione della lampadina LC posta nel quadro di controllo.

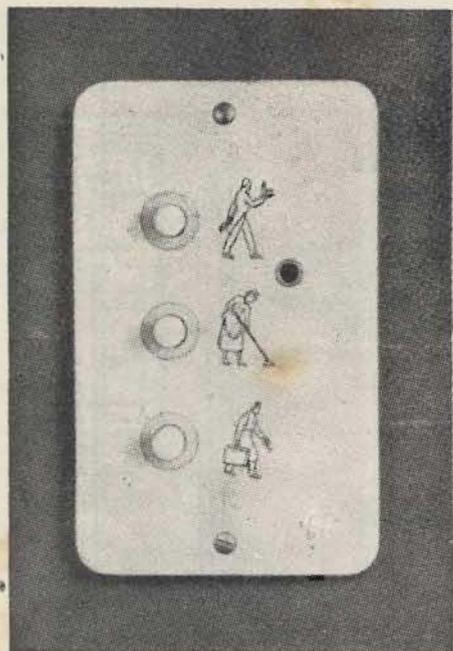


Fig. 5

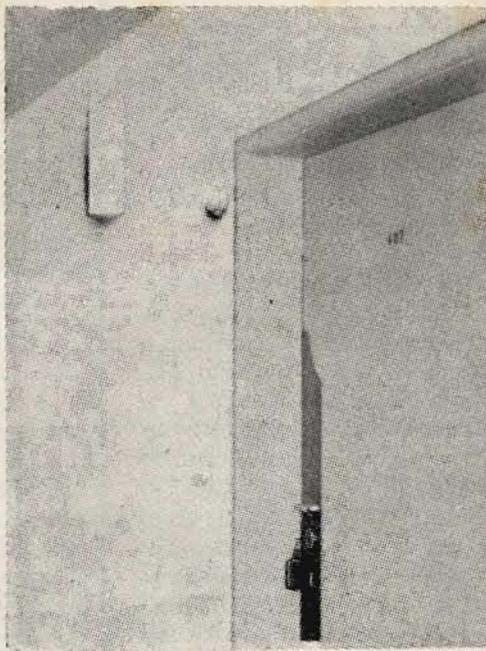


Fig. 6

Solo premendo il tasto di spegnimento TS, il cui contatto è chiuso nella posizione di riposo, si interrompe il circuito generale provocando lo spegnimento di tutte le lampadine. Osservate attentamente lo schema e seguite alcune volte il percorso della corrente e lo svolgimento delle funzioni dell'impianto. La fig. 5 mostra una tastiera da muro per un impianto di chiamata a tre colori, nella camera di un albergo. Nel corridoio, in alto accanto alla porta della camera si trova la lampadina locale, visibile in alto a sinistra nella fig. 6 e a

destra sopra la porta nella fig. 7. Accanto alla porta c'è il tasto di spegnimento o d'annullamento. Negli ospedali questo tasto si trova invece nell'interno della camera.

Nella fig. 6 in alto a sinistra, come pure nella fig. 7, è visibile una « lampadina di gruppo » o di orientamento, di quelle collocate nei corridoi.

Nella fig. 7 si vede il funzionamento esteriore di un sifatto impianto di chiamata luminosa. In luogo della tastiera da muro si può anche usare la tastiera da tavolo visibile a sinistra in basso.



Fig. 7

## ELETTROTECNICA GENERALE

Nella Dispensa N. 3 avete conosciuta la legge di Ohm e già allora vi sarete resi conto di quanto sia importante la conoscenza perfetta di questa legge per potere comprendere le cause e gli effetti di tutti i fenomeni elettrici. Ci sarà quindi utile di penetrare ancora più profondamente nei « segreti » e nelle applicazioni di questa legge.

### La legge di Ohm

Nello studio della legge di Ohm abbiamo ripetutamente parlato di tensione, di intensità, di corrente e di resistenza. Voi conoscete anche già il nome delle unità di misura per queste tre grandezze, e sapete che la tensione si misura in volt, la intensità di corrente in ampère e la resistenza in ohm. Sapete anche che queste tre grandezze si presentano sempre assieme e che sono in stretta relazione fra di loro.

Dove deve scorrere una corrente elettrica, è necessaria una « pressione » che la sospinga, cioè una tensione. Se non c'è tensione, non esiste neanche corrente. L'acqua che riposa quietamente in uno stagno non scorre per l'unica ragione che non vi è alcuna differenza di livello, solo dove esiste un dislivello, ossia una pendenza, può formarsi una corrente. Il dislivello produce pressione. Ciò che per l'acqua noi chiamiamo dislivello, corrisponde, nel senso elettrico, alla tensione.

Quando c'è dell'acqua che scorre, sia nel letto di un fiume, che in una tubazione, essa incontra delle resi-

stenze. Non è comprensibile che una corrente d'acqua possa non incontrare delle resistenze. Anche per la corrente elettrica abbiamo la medesima cosa; la sua intensità è sempre diminuita dalle resistenze che le si oppongono.

È dunque evidente che i tre concetti di tensione, corrente e resistenza debbano essere sempre uniti. Queste tre grandezze sono legate tra loro da una relazione, descritta nella legge di Ohm. Vogliamo illustrarvi ancora una volta questa legge usando un esempio semplice e divertente.

Immaginate un cinema nel quale venga rappresentato un film emozionante. Grande è quindi la tensione di spirito degli spettatori. Di conseguenza è numerosa la folla che viene ad assistere allo spettacolo. In altre parole: anche la corrente è grande. Anche per la corrente elettrica è pressapoco la stessa cosa.

Possiamo anche proseguire nel nostro paragone e supporre che si presenti una certa resistenza, costituita dai prezzi elevati dei biglietti d'entrata. Supponiamo quindi che il film sia molto interessante, ma che i biglietti siano molto cari. La corrente degli spettatori rimane quindi diminuita dalla elevata resistenza che le oppongono i prezzi elevati. La corrente non cresce quindi a dismisura, ma rimane piuttosto piccola, perchè incontra una grande resistenza.

Osservando le figg. 9 e 10 potete rendervi conto del rapporto tra la corrente e la resistenza; osservando le figg. 11 e 12, di quello che intercorre tra la corrente e la tensione. La corrente rimane piccola quando la tensione è bassa. Essa potrebbe tuttavia crescere anche in questo caso, qualora la resistenza diventasse assai piccola; per esempio, se i prezzi di entrata venissero ridotti a, diciamo, 5 lire. Ad ogni modo per la corrente elettrica vale quanto segue: :

■ *L'intensità di corrente aumenta col crescere della tensione e diminuisce col crescere della resistenza.*

Ricordate un momento i tempi della scuola elementare ed esercitatevi ancora nel calcolo con le frazioni. Osserviamo la frazione  $\frac{1}{2}$ . Essa significa che bisogna fare la metà dell'intero (cioè di 1) che si trova nel « numeratore » (ossia sopra la linea di frazione); che si tratti di una metà è espresso dal « 2 », cioè dal numero che si trova nel « denominatore » (sotto la linea di frazione). Se facciamo più grande il numero al disopra della linea di frazione, il numeratore, aumenta il valore della frazione; per esempio  $\frac{2}{2}$  sono già un intero,  $\frac{3}{2}$  ancora di più e  $\frac{4}{2}$  equivalgono a due interi.

Il valore di una frazione cresce dunque aumentando il numeratore. Se invece aumentiamo il denominatore il suo valore diminuisce.

Se, per esempio, sostituiamo nella frazione  $\frac{1}{2}$  il 2 con un 3, otteniamo  $\frac{1}{3}$ ; se mettiamo un 4, otteniamo un valore ancora più piccolo, ossia  $\frac{1}{4}$ .

Ripetiamo: *il valore della frazione diminuisce, quando il denominatore cresce.*

Abbiamo appreso poco fa che la corrente elettrica aumenta con l'aumentare della tensione, e diminuisce con l'aumentare della resistenza. E così, pensando a quanto avviene alle frazioni, abbiamo trovato una specie di formula:

$$\begin{aligned} \text{Valore della frazione} &= \frac{\text{crescente con l'aumentare del numeratore}}{\text{decescente con l'aumentare del denominatore}} \\ \text{Valore dell'intensità di corrente} &= \frac{\text{crescente con l'aumentare della tensione}}{\text{decescente con l'aumentare della resistenza}} \end{aligned}$$

È inutile fare tanti discorsi; basta dire:

$$\text{Intensità di corrente} = \frac{\text{Tensione}}{\text{Resistenza}}$$

In parole: *Intensità di corrente uguale a tensione divisa per resistenza.*

Per fare la prova inseriamo delle cifre: poniamo per la tensione 100, per la resistenza 10.

$$\text{Otteniamo: Corrente} = \frac{100 \text{ (tensione)}}{10 \text{ (resistenza)}} \quad \text{E quindi corrente} = 10.$$

Facciamo crescere la tensione, per esempio fino a 1000, e otteniamo: corrente =  $\frac{1000 \text{ (tensione)}}{10 \text{ (resistenza)}}$  ossia corrente = 100.

Ecco chiaramente dimostrato che, essendo aumentata la tensione, è cresciuta anche l'intensità di corrente; mentre prima essa era infatti 10, ora è 100. Proviamo ora invece ad aumentare la resistenza. Nel primo caso avevamo:

$$\text{Intensità di corrente} = \frac{100 \text{ (tensione)}}{10 \text{ (resistenza)}} \quad \text{ossia: intensità di corrente} = 10.$$

Se poniamo per la resistenza in luogo del valore 10 il valore 100, otteniamo:

$$\text{Intensità di corrente} = \frac{100 \text{ (tensione)}}{100 \text{ (resistenza)}} \quad \text{ossia: Intensità di corrente} = 1.$$



Prima con una resistenza di 10, abbiamo calcolato una corrente di 10; ora, con una resistenza più grande, otteniamo 1. L'intensità di corrente è quindi diminuita; essa diventa tanto più piccola, quanto maggiore è la resistenza. La formula:  $\text{Intensità di corrente} = \frac{\text{Tensione}}{\text{Resistenza}}$

si chiama legge di Ohm, in onore di Ohm che la scoperse.

Nell'elettrotecnica invece si evitano le troppe parole, e si scrive la formula abbreviando ogni termine con una lettera, che altro non è che l'iniziale della parola corrispondente:

$$\text{Intensità di corrente} = I \qquad \text{Resistenza} = R \qquad \text{Tensione} = T$$

Per la tensione non useremo però l'iniziale « T », ma la lettera « V ». Anche questa però non sarà difficile da ricordare; basta pensare che la « V » è l'iniziale della parola latina « vis » che significa « forza », cioè « forza elettromotrice », che come apprenderete in seguito, è un'altra definizione della « tensione elettrica ». E poi possiamo anche pensare al « volt » che è l'unità di misura della tensione, così chiamata in onore di Alessandro Volta. La legge di Ohm, nella sua notazione abbreviata, si scrive dunque così:

$$I = \frac{V}{R}$$

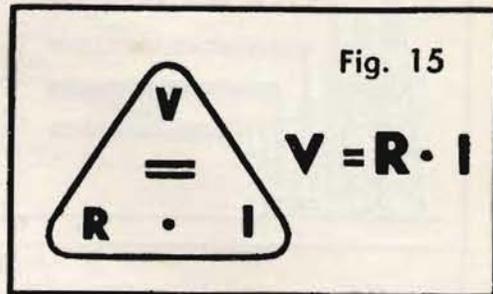
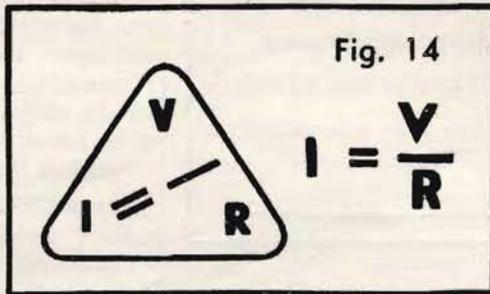
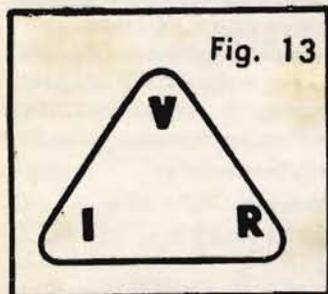
dove i simboli usati indicano:  $I$  = intensità di corrente  $V$  = tensione  $R$  = resistenza

È una formula della quale dovete rendervi perfettamente padroni. Essa è la base di numerosissime applicazioni dell'elettrotecnica e quindi deve far parte del vostro attrezzamento professionale, come la zappa per il giardiniere e la pialla per il falegname.

L'espressione  $I = \frac{V}{R}$  si può trasformare matematicamente.

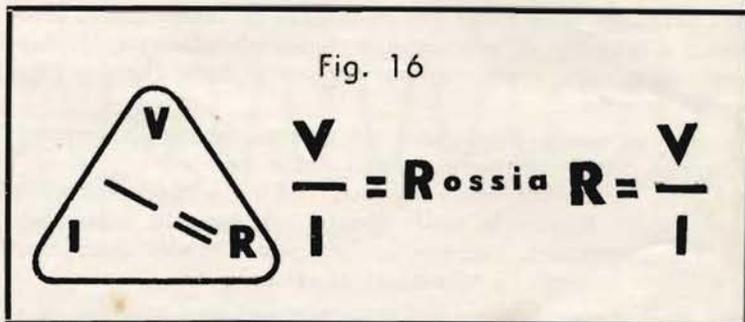
Abbiamo allora: per la tensione:  $V = R \cdot I$  per la resistenza  $R = \frac{V}{I}$

Per ricordare facilmente la legge di Ohm, si possono mettere in fila le lettere VIR, in modo da comporre la parola VIR, voce latina che significa « uomo ». Scritta però  $V = I \cdot R$  significa « V uguale I per R » ossia: *la tensione è uguale all'intensità di corrente moltiplicata per la resistenza.*



Per aiutarvi a ritrovare le varie formule trasformate dalla legge di Ohm, vi suggeriamo un altro piccolo trucco. Osservare la fig. 13. Rappresenta un triangolo, nella punta del quale si trova una « V », mentre i due angoli inferiori sono contrassegnati da « I » ed « R ». A che serve questo triangolo?

Da questo triangolo si può rilevare subito in che modo si può trovare la tensione conoscendo la corrente e la resistenza, e viceversa. Potete vedere la dimostrazione pratica di ciò nelle figg. 14, 15 e 16. Volete per esempio conoscere V; la fig. 15 vi dice subito che  $V = R \cdot I$ ; oppure volete avere R, la fig. 16 indica che  $R = V : I$ . Se infine cercate I, basta che guardiate la fig. 14,  $I = V : R$ .



Osservate che in entrambi i casi in cui non si cerca V, bensì R o I, la tensione V si trova sopra la linea di frazione. Quindi se si cerca R, deve stare I sotto la linea di frazione, e se si cerca I, deve starci R. V invece non sta mai sotto la linea di frazione, e quando se ne vuole conoscere il valore, bisogna moltiplicare fra loro altre due grandezze.

## RADIOTECNICA

### Lunghezza d'onda e frequenze

In questo corso abbiamo parlato già varie volte di onde « lunghe » e « corte »; vogliamo ora spiegarvi dettagliatamente questi due concetti, limitandoci però a quelle gamme d'onde che vengono usate nelle radiodiffusioni nonché nella telegrafia e telefonia senza fili.

Per indicare una lunghezza d'onda, esistono due possibilità: la si può indicare in metri, oppure si dà il numero delle vibrazioni al secondo eseguite dall'onda. Conseguentemente si usano due diverse unità di misura: il metro e l'hertz, unità delle quali farete ben presto buona conoscenza.

### Metri e hertz

Occupiamoci dapprima dell'unità « metro ». Le onde dell'etere, di cui fanno parte le onde radio, si suddividono come segue:

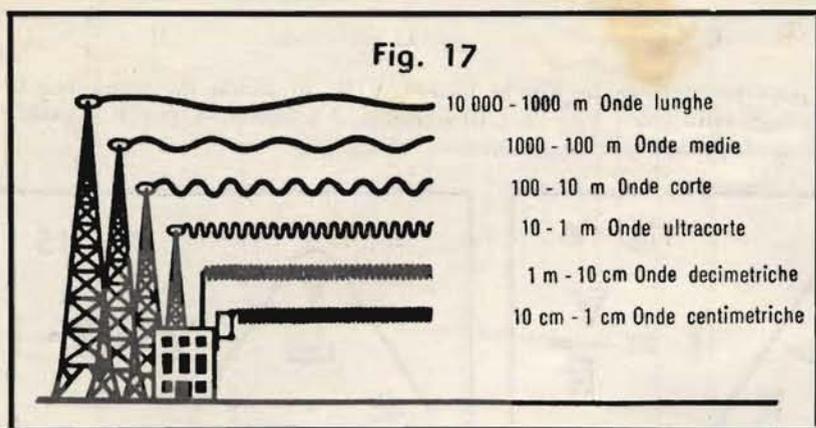
onde lunghe	da oltre 1 000 a 10 000 m	onde decimetriche	da oltre 0,1 a 1 m
onde medie	da oltre 100 a 1 000 m	onde centimetriche	da oltre 0,01 a 0,1 m
onde corte	da oltre 10 a 100 m	onde millimetriche	fino a 0,001 m
onde ultracorte	da oltre 1 a 10 m		

Queste varie gamme d'onde sono rappresentate nella fig. 17.

Se aprite un qualsiasi periodico della radio, accanto al nome di ogni stazione, trovate sempre indicata anche la relativa lunghezza d'onda. Per esempio per Radio Droitwich è indicata una lunghezza d'onda di 1500 metri, che appartiene quindi alle onde lunghe.

Nelle radiotrasmissioni si utilizzano lunghezze d'onda fino a circa 2000 metri, mentre per la telegrafia senza fili vengono usate lunghezze d'onda ancora maggiori, per esempio attorno ai 5000 o addirittura agli 8000 metri. La maggior parte delle stazioni radio trasmettono nella gamma delle onde medie. Di questa gamma fanno parte per esempio le lunghezze d'onda di tutte le stazioni italiane della rete rossa e della rete azzurra, le tre stazioni nazionali svizzere ecc.

Anche nella gamma delle onde corte abbiamo delle speciali stazioni, trasmettenti in tutti i paesi; p.



es. in Italia Busto Arsizio, con le lunghezze di 31,15, 25,40, 19,84, 49,30 e Roma 41,38 m; in Svizzera 48,66 e 31,47 m.

Le onde ultracorte, si utilizzano anzitutto nella televisione, per le trasmissioni sia dell'immagine che del suono. La cosiddetta « onda di immagine » utilizzata dalle stazioni germaniche di televisione ha una lunghezza di 6,27 m, mentre l'« onda sonora » che porta la musica e le parole d'accompagnamento alle immagini, è lunga 6,67 m.

Le gamme delle onde decimetriche, centimetriche e millimetriche hanno una speciale im-

portanza, come vedrete in seguito, e non sono ancora a disposizione del pubblico.

Nei periodici della radio per ogni stazione trasmittente, oltre alla lunghezza d'onda in metri, trovate indicato anche il numero di vibrazioni in hertz o chilohertz (1 chilohertz = 1000 hertz). Eccoci dunque alla seconda unità di misura, e ora vogliamo prima di tutto chiederci qual'è la relazione che passa tra « metri » e « hertz » o « chilohertz ».

Pensate di nuovo alle nostre spiegazioni sulle onde sonore. Vi abbiamo parlato allora di suoni « alti » e « bassi », che corrispondono a numeri alti e bassi di vibrazioni al secondo. Guardiamo per esempio un'arpa: essa possiede da un lato corde lunghe, dall'altro corde corte; le prime producono note basse, le altre note acute. Come mai? Perché le corde lunghe vibrano più lentamente, cioè compiono un numero più piccolo di vibrazioni in un secondo che non quelle corte. Ciò che determina la maggiore o minore altezza di un suono è dunque il suo numero di vibrazioni al secondo.

Una delle corde lunghe dell'arpa eseguirà per esempio 50 vibrazioni al secondo; invece una di quelle corte ne farà forse 2000. Misurando queste vibrazioni si possono contraddistinguere con grande precisione le altezze dei suoni.

Naturalmente si potrebbe esprimere l'altezza di una nota anche per mezzo della lunghezza della corrispondente onda sonora, dicendo per esempio che una certa nota ha una lunghezza di tanti e tanti metri. Per ragioni che apprenderete più tardi, si preferisce però esprimere l'altezza di un suono indicandone la frequenza. Comunque una cosa è sempre certa:

Le onde lunghe hanno un numero di vibrazioni basso, le onde corte invece un numero di vibrazioni elevato; ciò vale sia per le onde sonore che per le onde radio.

Come già sapete, le onde elettriche si propagano con la velocità di 300 000 chilometri al secondo. Prendiamo due punti A e B (fig. 1-a) distanti fra di loro 300 000 km. Fra questi due punti ci sta esattamente un'onda lunga 300 000 chilometri, la quale eseguisce quindi una sola vibrazione in un secondo, perchè nella distanza fra i due punti A e B si trovano un solo « monte » ed una sola « valle ». Quest'onda tremendamente lunga possiede la frequenza di 1 hertz, cioè di una vibrazione al secondo.

Una vibrazione completa, cioè la successione di una semionda positiva e di una semionda negativa, si chiama periodo. Quindi invece di parlare di « numero di vibrazioni al secondo », si può anche dire « periodi al secondo » che si abbrevia in « per./sec. ». Si è trovato però più pratico dare un nome apposito all'unità di misura per la frequenza, e si è deciso di chiamarla « hertz », in onore del fisico tedesco Enrico Hertz (1857-1894). Un periodo al secondo equivale quindi ad un hertz = 1 Hz. Una vibrazione di 1 Hz effettua quindi in ogni secondo una completa semionda positiva ed una completa semionda negativa. È bene ricordare che l'« hertz » è l'unità di misura delle « vibrazioni » e che quindi serve non soltanto per la misura della frequenza delle onde radio, ma anche di quelle del suono, di vibrazioni meccaniche, ecc.

Come siete abituati a dire per 1000 metri 1 chilometro e per 1000 grammi 1 chilogrammo, così 1000 hertz si chiamano chilohertz, che si abbrevia « kHz » (k minuscola e H maiuscola!). Nei paesi di lingua inglese e francese, e spesso anche in Italia, è invalso invece l'uso di chiamare « cicli » i « periodi al secondo ». Un « ciclo » si abbrevia « l c » oppure « l Cy », ed analogamente in luogo di chilohertz (kHz) si parla di « chilocicli », abbreviati in « kc ». Abbiamo dunque:

$$1 \text{ vibrazione al secondo} = 1 \text{ per./sec.} = 1 \text{ Hz} = 1 \text{ c (Cy)}$$

$$1000 \text{ vibrazioni al secondo} = 1000 \text{ per./sec.} = 1 \text{ kHz} = 1 \text{ kc}$$

Nel campo delle alte frequenze troviamo spesso delle vibrazioni di alcuni milioni di periodi al secondo, ossia di alcuni milioni di hertz. Per evitare di dover scrivere numeri troppo grandi, si usa un'altra abbreviazione assai comoda: 1 000 000 hertz (Hz) = 1000 chilohertz (kHz) = 1 megahertz (MHz), oppure alla maniera anglosassone: 1 000 000 c (Cy) = 1000 kc = 1 Mc.

Conosciute così le denominazioni e le abbreviazioni in uso, torniamo alla fig. 18.

L'onda lunghissima di 1 Hz compie una oscillazione al secondo, e poichè la sua velocità di propagazione ammonta a 300 000 km al secondo, la sua lunghezza è esattamente 300 000 km.

Naturalmente nella stessa distanza di 300 000 km possiamo farci stare anche 10 onde lunghe 30 000 km ciascuna; per poter percorrere tutta la distanza di 300 000 km ognuna di queste onde deve eseguire 10 oscilla-

zioni in un secondo; di conseguenza essa ha una frequenza di 10 Hz. Se prendiamo invece un'onda lunga 10 km, troviamo che entra 30 000 volte nella distanza di 300 000 km tra A e B; quindi la sua frequenza è uguale a 30 000 Hz ossia 30 kHz. Anche se prendiamo un'onda più corta ancora, p. es. di 3000 m, ne troviamo sempre la frequenza dividendo la velocità di propagazione per la lunghezza d'onda data.

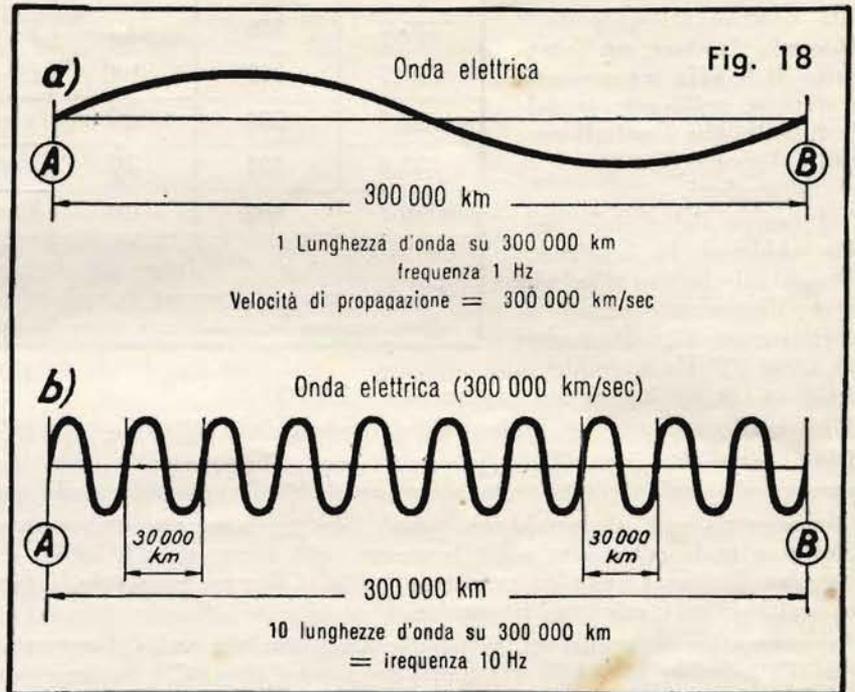
Per un'onda di 1000 m calcoliamo:  $300\,000\,000 : 1000 = 300\,000$ , e abbiamo così il numero dei periodi al secondo. (Invece di calcolare con 300 000 km, abbiamo dovuto inserire nel conto 300 000 000 m, perchè la lunghezza d'onda era indicata in metri; bisogna infatti in questi conti badare sempre che le unità di misura collimino fra loro). La frequenza ammonta quindi a 300 000 hertz ossia a 300 kHz.

Allo stesso modo si ottiene, per una lunghezza d'onda di 100 m, una frequenza di 3 000 000 Hz = 3000 kHz = 3 MHz.

**Riassumendo:**

Più piccola è la lunghezza d'onda, e più elevata è la frequenza. Un'onda lunga 1 m compie 300 000 000 di oscillazioni al secondo e possiede quindi una frequenza di 300 000 000 Hz = 300 000 kHz = 300 MHz.

Così come ci è stato possibile di determinare la frequenza di un'onda della quale era data la lunghezza, si può naturalmente calcolare anche la lunghezza d'onda quando se ne conosce la frequenza cioè il numero di periodi al secondo. Notiamo quindi le due formule, con l'aiuto delle quali si possono eseguire questi calcoli:



Frequenza (Hz)	$= \frac{300\,000\,000}{\text{lunghezza d'onda (m)}}$	. . . . Formula (5-a)
Lunghezza d'onda (m)	$= \frac{300\,000\,000}{\text{frequenza (Hz)}}$	. . . . Formula (5-b)

Le lettere tra parentesi significano le unità di misura e precisamente m = metri, Hz = hertz. Controlliamo per esempio le onde di due stazioni:

La stazione di Milano I ha una lunghezza d'onda di 333,7 m; in base alla formula (5-a) la sua frequenza ha il seguente valore:

$$\frac{300\,000\,000}{333,7} = 899\,000 \text{ Hz} = 899 \text{ kHz.}$$

La stazione di Roma I ha la frequenza di 845 kHz = 845 000 Hz; la sua lunghezza d'onda è quindi

$$\frac{300\,000\,000}{845\,000} = 355,0 \text{ m.}$$

**L'intervallo di frequenza**

Per ragioni che verranno spiegate in seguito, le frequenze delle stazioni radio, così come sono stabilite ora, devono distare almeno 9 kHz le une dalle altre. Per esempio la stazione Napoli I trasmette sulla frequenza di 656 kHz. La più prossima stazione con una frequenza superiore non può seguire che in un intervallo di 9 kHz; è la stazione di Wilno con la frequenza di 665 kHz. La stazione più prossima con una frequenza inferiore è invece Droitwich con 647 kHz. Come vedete, l'intervallo di frequenza sia verso l'alto che verso il basso è sempre uguale a 9 kHz.

Un altro esempio: le stazioni contigue a Milano I (899 kHz) sono Algeri con 890 kHz e Londra Reg. con 908 kHz. Anche qui è osservato l'intervallo di 9 kHz. Altri esempi si trovano nelle tabelle pubblicate dai periodici della radio e di cui la fig. 19 mostra un ritaglio.

Dalla necessità di lasciare un intervallo di 9 kHz tra una stazione e l'altra deriva il fatto che è possibile l'esercizio di un numero assai superiore di stazioni nel campo delle onde medie che non nel campo delle onde lunghe. Un semplice calcolo basta per convincere dell'esattezza di questa affermazione.

Supponiamo di voler utilizzare l'intera gamma tra i 10 000 ed i 1000 m. (In realtà le onde utilizzate dalle stazioni radio non superano però mai i 2000 m. La lunghezza d'onda di 1000 m corrisponde alla frequenza di 300 000 Hz; quella di 10 000 m alla frequenza di 30 000 Hz.

*Lunghezza d'onda = λ (lambda)*

La gamma di frequenza delle onde lunghe è dunque compresa tra 30 kHz e 300 kHz ed abbraccia un intervallo complessivo di

$300 - 30 = 270$  kHz.  
Dovendo lasciare un intervallo di 9 kHz tra stazione e stazione nella gamma delle onde lunghe è quindi possibile disporre di  $270 : 9 = 30$  stazioni.

Nel campo delle onde medie abbiamo la lunghezza d'onda di 100 m (la più breve di questa gamma) che corrisponde alla frequenza di 3 000 000 Hz e quella di 1 000 m (la più lunga) che corrisponde a 300 000 Hz.

L'intervallo complessivo di frequenza equivale a  $3\,000\,000 - 300\,000 = 2\,700\,000$  Hz = 2700 kHz.

Dato l'intervallo di 9 kHz, si possono dunque disporre nelle onde medie  $2700 : 9 = 300$  stazioni, quindi un numero di stazioni dieci volte maggiore di quello possibile nella gamma delle onde lunghe.

Continuando così, si potrebbero quindi, almeno teoricamente, mettere in esercizio 3000 stazioni a onde corte, 30 000 a onde ultracorte ecc.; insomma, più corte sono le onde, e più grande è il numero di stazioni che si possono sistemare nella gamma considerata. Ciò vale però solo in teoria, poichè in pratica sopravvengono delle difficoltà di cui parleremo in seguito.

Se osservate con attenzione le tabelle delle stazioni radio, troverete veramente in qualche caso anche degli intervalli inferiori ai 9 kHz tra una stazione e l'altra. Ciò avviene però esclusivamente quando le due stazioni in questione sono molto distanti l'una dall'altra oppure quando hanno una potenza così limitata, da non potersi disturbare a vicenda. A questo riguardo è interessante sapere che le lunghezze d'onda di tutte le stazioni trasmettenti del mondo sono stabilite per mezzo di accordi internazionali.

Studiando le tabelle delle stazioni radio troverete forse anche che molte stazioni usano la stessa lunghezza d'onda. Questo avviene per esempio per le stazioni italiane di Napoli 2, Ancona e Torino 2, che trasmettono tutte e tre sull'onda 207,2 m, pari alla frequenza di 1448 kHz. Questi gruppi di stazioni che utilizzano la medesima onda si chiamano « stazioni sincronizzate ».

Il presupposto indispensabile per l'esercizio di stazioni sincronizzate è che tutte trasmettono il medesimo programma; altrimenti i radioascoltatori abitanti per esempio a metà strada tra Ancona e Torino riceverebbero contemporaneamente entrambi i programmi e ne risulterebbe un miscuglio non certo piacevole.

Le ragioni per cui si sono istituite le stazioni sincronizzate è la scarsità di frequenze d'onde disponibili nella gamma delle onde medie. Come abbiamo detto, le lunghezze d'onda vengono stabilite in base ad accordi internazionali. Inoltre ogni nazione può disporre soltanto di un dato numero di frequenze d'onda che non può aumentare in nessun caso. Non rimane quindi che la possibilità delle stazioni sincronizzate, che utilizzano la medesima onda (fig. 20).

L'eccezione conferma la regola! Anche qui vale questo detto, poichè esistono in Europa anche stazioni che trasmettono sulla medesima onda ma con programmi differenti. Come abbiamo detto, ciò è possibile soltanto se esse si trovano a grande distanza fra di loro oppure trasmettono con potenza così ridotta, da non doversi temere reciproci disturbi. Citiamo come esempio la stazione di Milano 2 e quella di Tallinn (fig. 21).

La potenza di trasmissione di una stazione radio viene espressa in chilowatt. Una stazione potente, per esempio quella di Beromünster, lavora con 100 chilowatt, mentre una debole stazione locale lavora con soli 0,5 chilowatt. Più alto è il numero di chilowatt, e più grande è naturalmente la portata cioè la distanza alla quale si può ricevere la trasmissione di una stazione, a prescindere dall'influsso della lunghezza d'onda.

Lunghezza d'onda in m.	Frequenza in kHz	Potenza di trasmissione in kW	Fig. 19	
538,6	557	15	Monte Ceneri	Svizzera
530,0	566	12	Palermo	Italia
521,7	575	100	Stoccarda	Germania
513,7	584	15	Vienna I	Austria
505,9	593	10	Francoforte	Germania
498,3	602	10	Lione	Francia

↑  
Intervallo di frequenza tra le singole stazioni = 9 kHz  
Poichè queste frequenze potrebbero venir cambiate, si consiglia di richiedere sempre la situazione aggiornata delle onde.

m	kHz	Fig. 20	
207,2	1448	Napoli 2	Italia
207,2	1448	Ancona	Italia
207,2	1448	Torino 2	Italia

Stazioni sincronizzate che trasmettono sulla stessa onda e col medesimo programma.

m	kHz	kW	Fig. 21	
290,1	1034	10	Milano 2	Italia
290,1	1034	10	Tallinn	Estonia

Stazioni che trasmettono sulla stessa onda, ma programmi differenti.

## Domande

1. Quali sono le gamme d'onda usate nella radiotecnica?
2. Qual'è la frequenza di un'onda lunga 1000 m?
3. A quale lunghezza d'onda corrisponde la frequenza di 3000 kHz?
4. Quale intervallo minimo di frequenza deve essere rispettato tra una stazione trasmittente e l'altra?

## ELETTROTECNICA GENERALE

### La potenza

Nel capitolo sulla «Radiotecnica» è stato detto che certe stazioni trasmittenti lavorano con 0,5 chilowatt, altre con 50 o con 100 chilowatt. Questo valore espresso in « watt » indica la potenza della stazione considerata. Vogliamo ora spiegare un po' più dettagliatamente il concetto di « potenza ».

Se in inverno vi recate nei pressi di un laghetto gelato e lasciate cadere un sassolino sulla lastra di ghiaccio, non accadrà nulla di speciale perchè il sassolino, con un piccolo tonfo, si fermerà sulla superficie gelata.

Se invece dallo stesso posto fate cadere un sasso un po' più grosso, accadrà forse che il ghiaccio si incrinerà; e infine un sasso molto grosso, lanciato sempre dal medesimo posto, riuscirà addirittura a perforare la lastra di ghiaccio. Senza dubbio la potenza di questo ultimo sasso è la maggiore di tutte quelle dei sassi precedenti. Però anche con un sasso di medie dimensioni è possibile raggiungere il medesimo effetto. Se immaginiamo che al margine del laghetto si trovi una torre dalla quale possiamo lanciare il sasso medio, questo bucherà certamente il ghiaccio benchè prima, lanciato da un piccola altezza, non avesse provocata che una screpolatura. Si vede da ciò che la potenza di un sasso è tanto più grande, quanto più grosso è il sasso e maggiore l'altezza dalla quale esso viene fatto cadere.

Vediamo ora come varia la potenza nel caso dei corsi d'acqua. Un ruscello che aziona la ruota di un mulino possiede una certa modesta potenza. Un altro ruscello di uguale quantità d'acqua, ma che precipiti da una altezza superiore, esercita una pressione maggiore e possiede quindi una maggiore potenza. Esso può mettere in moto un'intera fabbrica, mentre il primo ruscello era soltanto in grado di far girare lentamente una sola macina di mulino.

E se, invece di un ruscello, si tratta per esempio di un fiume, con una grande quantità d'acqua dotato per di più di una certa caduta e capace quindi di esercitare una grossa pressione, esso potrà azionare delle gigantesche turbine capaci di far funzionare dei generatori elettrici destinati a fornire la corrente a intere città.

Da ciò si deduce che la potenza di un corso d'acqua dipende da un lato dalla sua portata, cioè dalla quantità scorrente, e, dall'altro, dalla pressione che essa può esercitare.

Impiegando una grande portata e una piccola pressione, si ottiene una potenza media; la medesima potenza si può ottenere impiegando una piccola portata, ma con alta pressione. La potenza massima si ottiene naturalmente impiegando una grande portata (grande corrente d'acqua) e una pressione elevata. Con portata e pressione piccole invece non si ottiene che una potenza piccola o addirittura trascurabile.

### La potenza elettrica

Nel campo della elettricità, del quale stiamo trattando, anche per la potenza le cose avvengono ancora una volta come per la corrente d'acqua. Al solito, la « portata d'acqua » corrisponde alla « intensità di corrente elettrica », la « pressione dell'acqua » alla « tensione elettrica ». Con una forte corrente elettrica ed una tensione debole si può ottenere solo una potenza di media grandezza. *Correnti intense unite a tensioni elevate generano invece potenze fortissime* (figg. 22, 23, 24, 25).

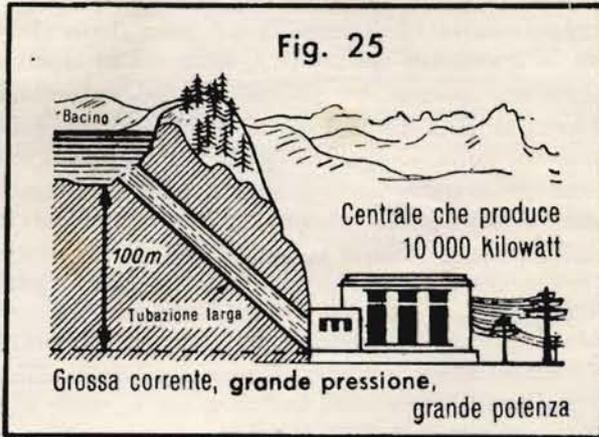
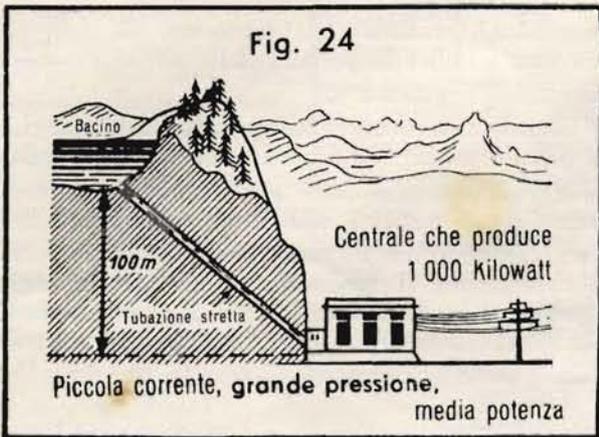
Le reti di distribuzione della corrente elettrica per la luce nella maggior parte dei casi hanno la tensione di 220 volt, tensione che non si può dire molto piccola, ma che comunque è soltanto di media grandezza. Come sapete esistono vari tipi di lampadine tutte adatte per 220 volt, che differiscono solo per la intensità della luce con la quale risplendono. Ciò dipende dal fatto che per esempio un tipo di lampadina è da 25 « watt », e l'altro da 100 « watt »; in altre parole, varia la « potenza » richiesta per il funzionamento di ogni singola lampadina.

Questa potenza è fornita dalla corrente elettrica che rende incandescente il filamento delle lampadine. Come abbiamo detto prima, la tensione è sempre la medesima, sia per la lampadina più luminosa che per quella che lo è meno. Poichè però varia la potenza necessaria per rendere incandescente il filamento, è chiaro che le lampadine che danno molta luce consumano una quantità di corrente maggiore che non le lampadine che ne danno poca.

Allo stesso modo un motorino elettrico da giocattolo, adatto per 220 volt ed allacciato ad una rete che abbia questa tensione, ha naturalmente una potenza minuscola ma consuma anche soltanto una piccolissima corrente. Un potente motore elettrico, allacciato alla medesima rete di 220 volt, sviluppa invece una grande potenza, ma per funzionare richiede però una corrente molto intensa.

Queste osservazioni ed altre consimili hanno portato a stabilire una formula, con l'aiuto della quale si calcola la potenza elettrica; essa suona così:

*potenza = tensione moltiplicata per la corrente* oppure *watt = volt moltiplicato per ampère*



Se avete prestata attenzione a quanto abbiamo detto sino ad ora, avrete potuto constatare che anche per la potenza elettrica esiste una unità di misura, la quale viene usata alla stessa stregua dell'« ampère » per l'intensità di corrente e del « volt » per la tensione.

La potenza elettrica si misura dunque in « watt », in onore dell'inventore della macchina a vapore, **G i a c o m o W a t t**.

Possiamo ora calcolare senza difficoltà la potenza elettrica assorbita da una lampadina di 220 volt che consuma, come ci è stato detto, 0,25 ampère, quando viene collegata alla rete di 220 volt.

Abbiamo visto che  $watt = volt \text{ per ampère}$ ; avremo quindi:  $potenza = 220 \cdot 0,25 = 55 watt$ .

A questo proposito vi verrà in mente che le lampadine si trovano in commercio con le designazioni di lampadine da 25 watt, da 50 watt, da 100 watt, ecc. Il compratore comprende senz'altro che la luce prodotta da una lampadina da 100 watt è maggiore di quella di una lampadina da 50 o addirittura da 25 watt. L'indicazione dei watt non significa altro che in un caso è richiesto l'impiego di una potenza piccola, per esempio 25 watt, in un altro caso di una potenza sensibilmente superiore, per esempio 50 o 100 watt. È anche facilmente comprensibile che alla maggiore potenza elettrica richiesta, espressa in watt, corrisponde una maggiore potenza luminosa della lampadina.

Se volete conoscere l'intensità di corrente consumata da una lampadina, potete farlo facilmente applicando quanto avete ora imparato. La formula per il calcolo della potenza elettrica corrisponde esattamente a  $potenza = tensione \text{ per corrente}$  oppure  $watt = volt \text{ per ampère}$  e si scrive:

$$P = V \cdot I \quad \dots \dots \dots \text{Formula (6-a)}$$

Abbiamo introdotto qui un nuovo simbolo, la « P » che rappresenta la potenza, mentre gli altri due già vi sono noti.

Per ricordare bene le formule si possono usare molti trucchi cosiddetti mnemonici cioè di aiuto alla memoria; da parte nostra però, come mezzo migliore per rammentare sicuramente le formule, vi consigliamo quello di sforzarvi di comprendere molto bene il significato dei singoli fenomeni e delle leggi fondamentali in modo da non avere alcun dubbio su di essi.

Riflettete quindi attentamente sopra ogni formula e ricordate anche di riferirvi sempre a casi analoghi da voi già conosciuti; in questo modo vi sarà sempre facile risolvere i problemi che vi si presentano nel campo della elettricità.

Torniamo ora alla nostra formula, per trovare il modo di calcolare la corrente richiesta da una lampadina, quando già ne conosciamo la tensione e la potenza. A questo scopo trasformiamo l'equazione  $P = V \cdot I$  in modo che  $I$  risulti da solo nel membro di sinistra e avremo

$$I = \frac{P}{V} \quad \dots \dots \dots \text{Formula (6-b)}$$

**Problema:** Qual'è l'intensità di corrente in una lampadina da 25 watt allacciata alla rete di 220 volt?

**Soluzione:** Inseriamo nella formula (6-b):  $P = 25$  watt e  $V = 220$  volt e abbiamo:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{25}{220} = 0,114 \text{ ampère.}$$

Vi consigliamo un buon esercizio: calcolate per conto vostro la corrente necessaria per il funzionamento di una lampadina da 50, da 100 e da 150 watt, quando la tensione della rete equivale a 220 volt; calcolate poi le intensità di corrente per lampade di uguale potenza, ma adatte per 110 volt. Costaterete allora che, a parità di potenza, quanto più bassa è la tensione impiegata, tanto più elevata è l'intensità di corrente richiesta e viceversa, come del resto è ovvio che sia.

Spesso interessa di potere calcolare la tensione  $V$  quando si conoscono la potenza e la corrente.  $P = V \cdot I$  otteniamo allora  $V = P : I$  oppure

$$V = \frac{P}{I} \quad \dots \dots \dots \text{Formula (6-c)}$$

**Problema:** A quale tensione va collegata una stufetta elettrica della quale sono fissate la potenza ( $P = 800$  watt) e la corrente ammissibile ( $I = 3,64$  ampère)?

**Soluzione:** Utilizziamo la formula 6-c e inserendo i valori otteniamo:  $V = \frac{P}{I} = \frac{800}{3,64} = 220 \text{ volt.}$

Così come 1000 grammi formano un chilogrammo e 1000 metri un chilometro, 1000 watt formano 1 chilowatt. L'abbreviazione di watt è la lettera « W »; chilowatt invece si scrive « kW » (k minuscola e W maiuscola).

Vi interesserà certamente conoscere il valore di alcune potenze che si impiegano in pratica; vi diamo quindi una tabellina dove sono riuniti alcuni di tali valori:

Indicazioni di potenza impiegata in watt o chilowatt			
Apparecchio telefonico	0,001 watt	Bollitore elettrico	600 watt
Campanello elettrico	0,5 watt	Antenna di una grossa stazione radio	100 kW
Lampade fluorescenti al neon al metro lineare di lunghezza	30 watt	Locomotiva elettrica	2000 kW
		Forno per fusione elettrico	15 000 kW

**La potenza meccanica**

I costruttori delle macchine a vapore e dei motori a scoppio usano esprimere la potenza non delle unità di misura impiegate in elettrotecnica, watt e chilowatt, ma in « cavalli » (« CV » = « cavalli-vapore », oppure « HP » dall'inglese « horse-power » = « potenza di cavallo »).

Avrete sicuramente già inteso parlare per esempio di motori da 8 oppure da 75 cavalli, o di una locomotiva da 1000 cavalli, ecc.

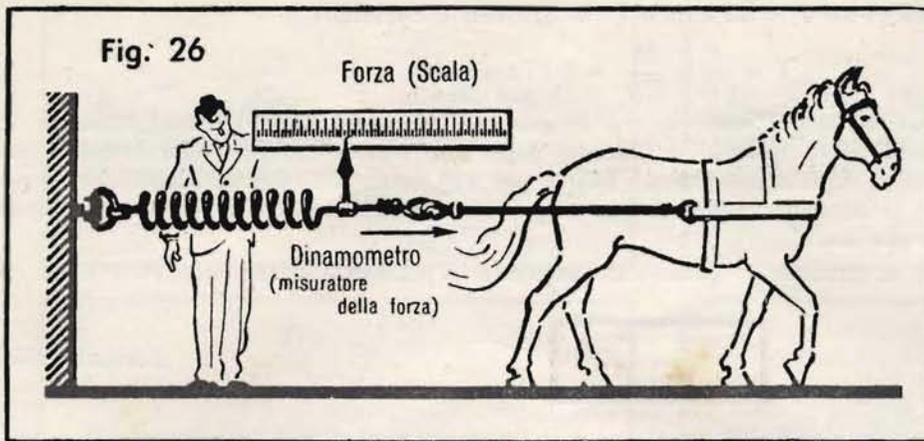
Anche in elettrotecnica si indica alle volte la potenza dei motori in « cavalli ». Esistono per esempio motori elettrici da 1 CV, altri da 200 CV; d'altra parte ci sono motorini per giocattoli da solo 1/8 CV.

Oggi però si preferisce indicare sempre la potenza elettrica in kW, o in W. Poichè il « cavallo-vapore » è una unità di misura della potenza, come lo è il chilowatt, deve esistere una relazione tra di essi. Sarebbe comodo per esempio se un « cavallo » equivallesse proprio ad un chilowatt; ma purtroppo non è così. Tuttavia la relazione vera tra le due unità non è difficile da ricordare:

1 CV = 736 W	Formula (7-a)
1 kW = 1,36 CV	Formula (7-b)

**Il cavallo vapore**

Vi interesserà apprendere in breve l'origine dell'unità di misura della potenza chiamata « cavallo-vapore ». 150 anni fa Giacomo Watt si stava occupando della costruzione di macchine e pompe a vapore, da impiegare nel prosciugamento delle miniere di carbone. In quel tempo questo lavoro si poteva eseguire solo con l'aiuto di cavalli. Venti o trenta robusti animali girando continuamente in cerchio, azionavano gli argani o le pompe per l'estrazione dell'acqua dai pozzi carboniferi. Ai padroni delle miniere interessava quindi poter sapere da Watt, quanti cavalli potessero sostituire le sue « pompe a vapore ». Per potere dare loro una risposta in merito, Watt dovette innanzitutto fare in modo da potere determinare quale fosse la potenza fornita da un cavallo da lavoro. A questo scopo inserì fra le tirelle dell'animale e l'argano al quale esso era attaccato un « dinamometro » o « misuratore di forza ». Il dinamometro è costituito da una robusta molla di trazione munita di un indice il quale, spostandosi sopra una scala graduata segna con precisione l'intensità della forza esercitata sopra la molla stessa. Oltre a misurare in tal modo la forza esercitata dal cavallo, Watt misurò anche lo spazio che esso aveva percorso in otto ore di lavoro.



Queste misurazioni furono fatte in *chilogrammi* per la forza, in *metri* per lo spazio e in *minuti secondi* per il tempo impiegato a percorrere lo spazio considerato e Watt espresse i risultati dei suoi calcoli in « *chilogrammetri al secondo* » ed egli stabilì che la potenza fornita da un cavallo equivale a *75 chilogrammetri al secondo*.

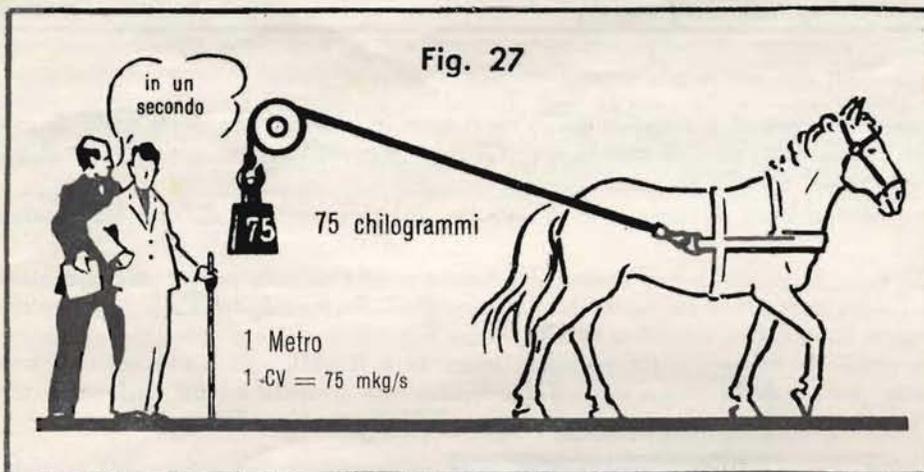
È però facilmente comprensibile che un cavallo, anche se robusto, può fornire una simile potenza solo per breve tempo.

tempo, mentre la potenza di un cavallo sottoposto ad un lavoro continuato è sensibilmente inferiore a tale limite.

A questo punto è bene chiarire che mentre il « *chilogrammetro al secondo* » è l'unità di misura della *potenza meccanica*, il « *chilogrammetro* » semplicemente, senza alcuna indicazione di unità di tempo, è invece l'unità di misura del *lavoro meccanico*; 1 kgm (kgm è l'abbreviazione di chilogrammetro) è il lavoro necessario per sollevare all'altezza di 1 metro il peso di 1 kg. È chiaro che con lo stesso lavoro si possono egualmente sollevare 1 grammo all'altezza di 1000 m oppure 10 kg all'altezza di 10 cm o 100 kg all'altezza di 1 cm.

Ed ora consideriamo un lavoro di 1000 kgm; esso equivale per esempio al sollevamento di 100 kg all'altezza di 10 m. Supponiamo che questo lavoro avvenga trasportando il peso di un quintale su per una scala.

Naturalmente il tempo in cui può essere effettuato il lavoro può variare. Un robusto portatore sarà capace di caricarsi sulle spalle tutti i 100 kg in una volta sola e di salire la scala, portando questo peso, in soli 30 secondi. Egli avrà svolto così il lavoro di 1000 kgm in mezzo minuto. Un uomo piuttosto debole porterà invece soltanto 10 kg per volta e dovrà quindi fare la scala per dieci volte. Inoltre dovrà riposarsi per qualche istante dopo ogni salita, e impiegherà quindi un quarto d'ora per svolgere l'intero lavoro.



Il lavoro effettuato da questi due uomini è esattamente lo stesso, poichè equivale in entrambi i casi a 1000 kgm.

Il buon senso però ci dice che l'uomo forte, capace di fare il lavoro in mezzo minuto, possiede una potenza muscolare ben superiore a quella dell'uomo debole. Per questa ragione è stato introdotto il concetto di « *potenza* »; con ciò si intende il lavoro eseguito nell'unità di tempo.

Come unità di tempo si usa in questo caso il secondo; l'unità della potenza è quindi 1

kgm/sec, (1 chilogrammo al secondo). Nella tecnica si calcola invece generalmente col cavallo-vapore (CV). Un cavallo-vapore equivale alla potenza di 75 chilogrammetri al secondo, come è espresso nella fig. 27. Vale pertanto la seguente relazione:

$$1 \text{ CV} = 75 \text{ kgm/sec}$$

Formola (8)

### Domande

1. Con quale unità si misura la potenza?
2. Quale è la formula che permette di trovare la potenza della corrente elettrica?
3. Calcolate la potenza, sapendo che l'intensità di corrente ammonta a 2 ampère e la tensione a 220 volt.
4. Quanti watt o chilowatt corrispondono ad una potenza di 2 CV?

## ACUSTICA ED ELETTROACUSTICA

**Il suono** (Continuazione dalla Dispensa N. 3).

Nella Dispensa N. 3 avete già appreso come si possa ottenere la stessa nota con differenti strumenti musicali, ma che, variando lo strumento, la nota assume un « timbro » ogni volta differente. Vi è pure noto che anche su un

medesimo strumento è possibile produrre una stessa nota ma con « timbri » fra loro differenti: verrà ora spiegato come ciò possa avvenire.

### Il timbro dei suoni

Facendo scorrere l'archetto al centro di una corda di un violino, o pizzicandola a metà (fig. 28-a) essa produrrà le vibrazioni indicate nella fig. 28-b in alto. Supponiamo che le vibrazioni corrispondano alla nota  $do_3$ ; avremo quindi 258,65 vibrazioni al secondo. Nella fig. 28-b in basso a sinistra, è indicata la nota musicale corrispondente a questo  $do_3$ .

Nella fig. 29 è visibile il tasto del pianoforte corrispondente ad essa; si tratta della prima nota dell'ottava N. 3.

Non sempre però la stessa corda, pure pizzicata al centro, vibra in modo uniforme per tutta la sua lunghezza come è indicato in alto della fig. 28-b. Sovente accade che le due metà della corda vibrino separatamente, come è indicato nella fig. 28-c.

Generalmente queste vibrazioni di mezza corda sono sovrapposte alla vibrazione fondamentale compiuta su tutta la lunghezza della corda conforme alla fig. 28-b; quest'ultima permane ed è anzi più intensa delle vibrazioni aggiunte.

La nota generata dalle vibrazioni conformi alla fig. 28-c richiede 517,3 vibrazioni al secondo; questa frequenza è esattamente doppia di quella della fig. 28-b.

La nuova nota è sensibilmente più acuta. Se la nota fondamentale era un  $do_3$ , anche la nuova nota è un  $do$ , e precisamente il  $do$  successivo, ossia il  $do_4$  superiore di una « ottava » al  $do_3$ . I musicisti chiamano appunto « ottava » l'intervallo fra il numero di vibrazioni di un  $do$  e quello del  $do$  precedente o successivo.

Osservate la fig. 29; vi trovate indicate le varie ottave ed il loro numero d'ordine.

Se la corda sempre pizzicata al centro vibra divisa in tre terzi, la frequenza della vibrazione aumenta ulteriormente e si ottiene di conseguenza una nota più acuta ancora (fig. 28-d). La nota qui rappresentata corrisponde ad un numero di vibrazioni al secondo tre volte superiore a quello della nota fondamentale  $do_3$  (fig. 28-b). Si tratta in questo caso del  $sol_4$  che corrisponde a 775,95 hertz o vibrazioni al secondo.

Se poi la corda oltre alla vibrazione fondamentale (su tutta la lunghezza), esegue anche vibrazioni dei quattro quarti (fig. 28-e), queste corrispondono a 1034,6 hertz e producono la nota  $do_5$ .

È anche possibile che la corda vibri divisa in cinque parti, e avremo allora un suono di 1293,26 hertz (fig. 28-f); questo sarebbe il  $mi_5$  (vedi fig. 29).

### Gli armonici

Le vibrazioni che si formano oltre alla « vibrazione fondamentale » (suono fondamentale) si chiamano « vibrazioni armoniche » o « suoni armonici », o, semplicemente, « armonici ».

Sono gli armonici che determinano il timbro di un suono; ciò venne scoperto per la prima volta dal fisico tedesco Helmholtz, che così espresse tale concetto:

« Il timbro di un suono è dovuto al fatto che oltre al suono fondamentale sono presenti anche dei suoni armonici ».

Come è stato già detto, una corda può effettuare delle vibrazioni su tutta la sua lunghezza; a queste si possono per di più sovrapporre vibrazioni riguardanti le metà, i terzi, i quarti, ecc. della corda.

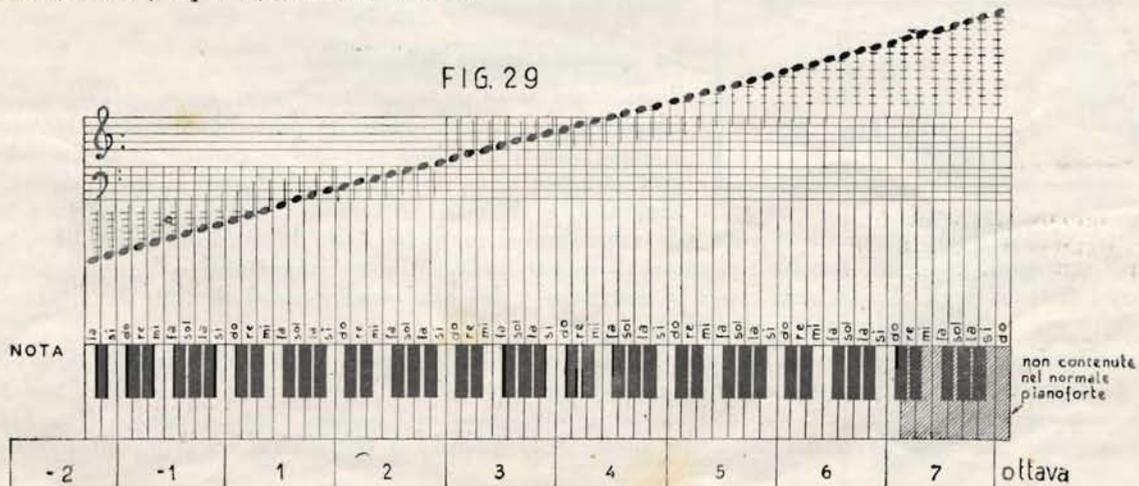
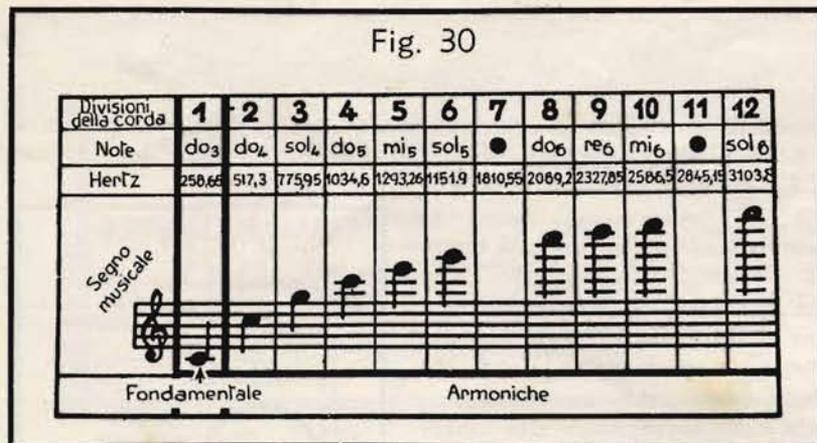


Fig. 30



Nella fig. 30 nella prima riga in alto, sono indicati i numeri possibili di parti in cui possono suddividersi le vibrazioni della corda. Per esempio il numero 1 sta a indicare le vibrazioni della corda quando essa vibra uniformemente per tutta la sua lunghezza, il numero 5 le vibrazioni dei quinti di corda. Nella seconda riga della fig. 30 sono indicate le note corrispondenti alle diverse vibrazioni; nella terza riga si trovano le relative frequenze espresse in hertz; infine nella quarta riga sono riportate le notazioni musicali.

La serie musicale rappresenta nella figura 30, costituita da una nota fondamentale e da vari armonici, si chiama « serie armonica ».

Essa si può costituire partendo da qualsiasi altra nota, analogamente a quanto è stato fatto qui partendo dal do<sub>3</sub>. Gli armonici 7 e 11 non sono impiegati nella musica; essi si avvicinano, ma non corrispondono, alle note « si bemolle » e « fa diesis », che sono usate in pratica; nella nostra figura sono quindi contraddistinti da un punto.

Più alti sono gli armonici contenuti in un suono, e più esso sembra « stridulo ». In una corda vibrante il suono diventa sempre più stridulo, quanto più si fa scorrere l'archetto o si pizzica la corda vicino alle estremità. D'altra parte i suoni completamente privi di armonici sembrano vuoti e scoloriti.

### Nodi e ventri

Si può facilitare la vibrazione di una corda in « parti intiere » (cioè in parti la cui lunghezza moltiplicata per un numero intero equivale, senza resto, alla lunghezza complessiva della corda), toccando leggermente uno dei punti destinati a diventare un cosiddetto « nodo » della corda, mentre si fa contemporaneamente scorrere su di essa l'archetto (fig. 31).

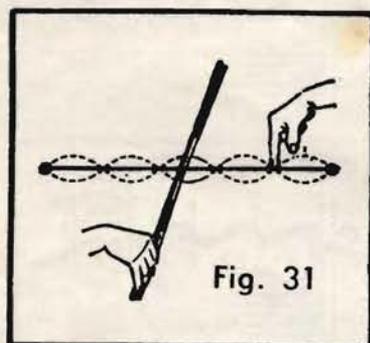


Fig. 31

Si chiamano « nodi » quei punti della corda che sono contrassegnati nelle figg. 28-c e 28-d con un asterisco. L'opposto di questi nodi sono i « ventri », che costituiscono i « monti » e le « valli » delle cosiddette « onde stazionarie » che si formano nelle corde vibranti.

L'esistenza dei nodi e dei ventri si può dimostrare con facilità collocando sulla corda dei piccoli cavalieri di carta (fig. 32). Pizzicando la corda o strisciandovi l'archetto, nei punti dove si trovano i ventri, queste striscioline saltano via, mentre invece rimangono appese nei punti dove si trovano i nodi.

Il timbro di un suono non dipende però soltanto dalla quantità degli armonici presenti, ma anche dalla maggiore o minore intensità dei singoli armonici rispetto agli altri.

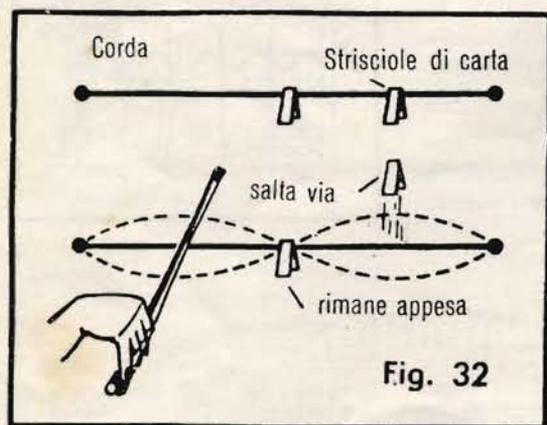


Fig. 32

Negli strumenti musicali i suoni fondamentali arrivano fino a quasi 5000 hertz; le frequenze degli armonici raggiungono invece valori assai elevati. La fig. 33 riporta la gamma di frequenza di alcuni strumenti, comprese le vibrazioni armoniche.

In alcuni strumenti, per esempio nel corno da caccia, il campo dei suoni armonici non supera i 1500 Hz; al contrario esistono strumenti le cui vibrazioni armoniche raggiungono il limite uditivo superiore di 16 000 Hz. Questi sono naturalmente gli strumenti dal suono più « stridulo ».

### Le gamme delle frequenze

Sono state fatte indagini assai minuziose sull'estensione delle frequenze dei singoli suoni; in particolare è stato esaminato fino a quale valore massimo arrivino le gamme di frequenza dei singoli strumenti, ossia entro quali limiti siano compresi i suoni armonici, e di quali armonici si tratti. Questi studi hanno lo

scopo di determinare quale parte sia dovuta alle vibrazioni armoniche nella formazione del timbro caratteristico dei vari strumenti musicali. Inoltre i risultati di queste indagini sono importanti nella fabbricazione degli apparecchi radio e degli altoparlanti e per la costruzione dei microfoni nonché di tutte le apparecchiature per la registrazione e la riproduzione fonografica.

È facile comprendere che lo studio dell'estensione delle frequenze dei suoni è di grande importanza particolarmente per la radiotecnica, in quanto è compito dell'altoparlante di un ricevitore di riprodurre, con la massima fedeltà possibile, i suoni prodotti davanti al microfono, siano essi parole, canto o musica (fig. 34). Finora non si è veramente ancora arrivati del tutto alla meta. Solo quando si potrà ricavare dagli altoparlanti, nella

Fig. 33



Fig. 34



medesima estensione e con la stessa distribuzione di intensità sonora, la gamma delle frequenze impresse al microfono, si potrà parlare di «riproduzione fedele».

I moderni altoparlanti posseggono una gamma delle frequenze

già molto estesa; d'altra parte essi non sono però ancora in grado di riprodurre tutti i suoni armonici. Poichè questi sono di importanza eminente per la formazione del timbro dei vari strumenti, nonchè negli effetti orchestrali, non si deve trascurare alcun mezzo che possa permettere di riprodurre in modo ade-

guato anche gli armonici.

Per la riproduzione della parola volendo ottenere solo una buona comprensibilità, non occorre una gamma di frequenza molto estesa. Anche a questo riguardo sono stati eseguiti numerosi esperimenti, e si è pervenuti alla conclusione che per la trasmissione telefonica della parola sono necessarie soltanto le frequenze fino a 3000 Hz. Quando però il campo delle frequenze viene limitato a 2000 Hz, la comprensibilità della parola resta già molto ridotta (fig. 35).

D'altra parte aumentando la frequenza a 4780 Hz si ottiene una eccellente comprensibilità, ma i suoni sibilanti rimangono molto ridotti. Per ottenere tutte le finezze del linguaggio è necessaria una gamma di frequenza estesa da 50 ad almeno 10 000 Hz.

Il campo di frequenza dei dischi fonografici non oltrepassa i 5000 Hz, e anche i migliori altoparlanti non sono quasi in grado di riprodurre suoni più alti di 6000 Hz (fig. 36).

Dopo queste spiegazioni vi potrete rendere conto che la conservazione del carattere dei suoni attuata oggi nelle trasmissioni radio costituisce un risultato assai soddisfacente. Se osserviamo la fig. 37 e consideriamo che tra il microfono nello studio di trasmissione e l'altoparlante dell'apparecchio ricevente, i suoni devono passare attraverso un numero rilevante di strumenti e di apparecchi, dobbiamo convenire che la buona riproduzione della musica, ottenuta con gli odierni apparecchi radio, è un vero miracolo (fig. 37).

A questo proposito va detto fin d'ora che la radio non trasmette in generale che le frequenze inferiori ai 4500 Hz; verranno spiegate in seguito le ragioni di questa limitazione.

### L'orecchio umano

In elettrotecnica è usato uno strumento di misura chiamato « frequenziometro » (fig. 38, pag. seguente). Questo strumento permette di controllare la frequenza di certe vibrazioni particolarmente interessanti per gli scopi elettrotecnici. Si tratta specialmente delle frequenze che si aggirano attorno ai 50 hertz, cioè attorno alle 50 vibrazioni al secondo.

Il frequenziometro contiene una serie di lamine di differente lunghezza, con l'estremità posteriore fissata allo strumento e l'estremità anteriore li-

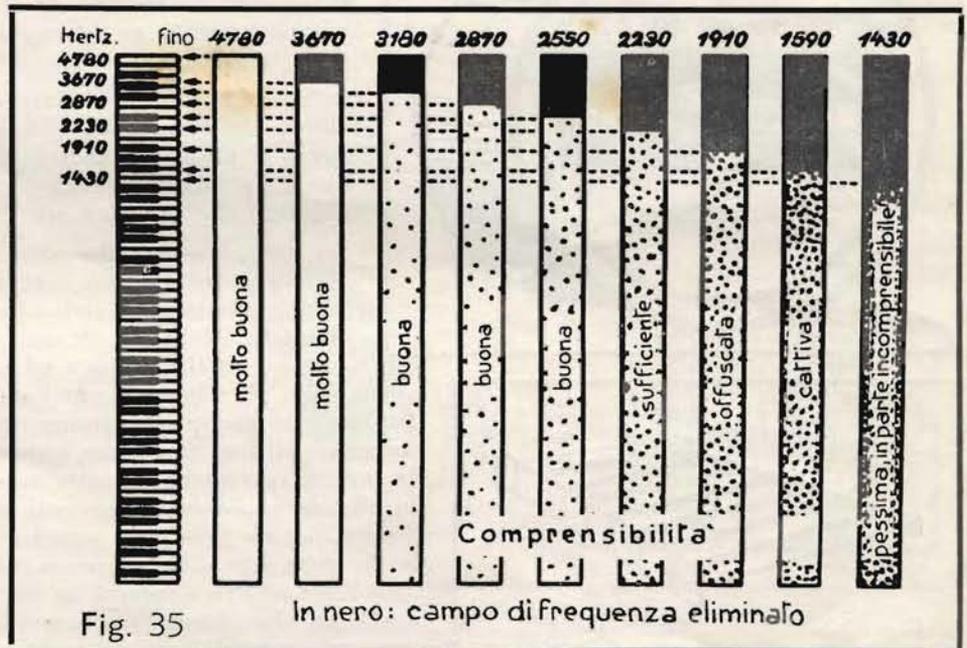


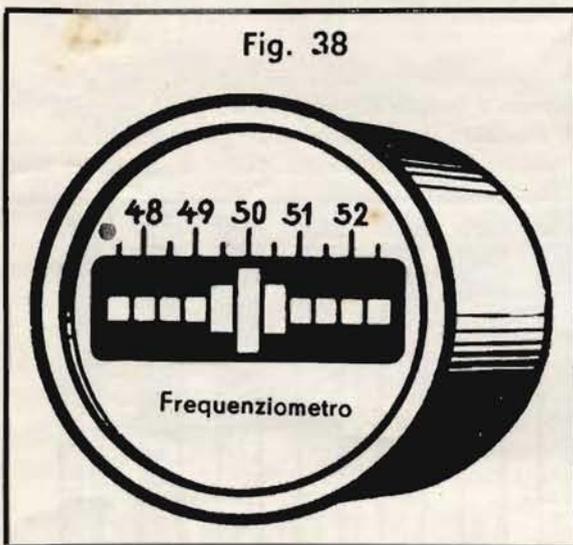
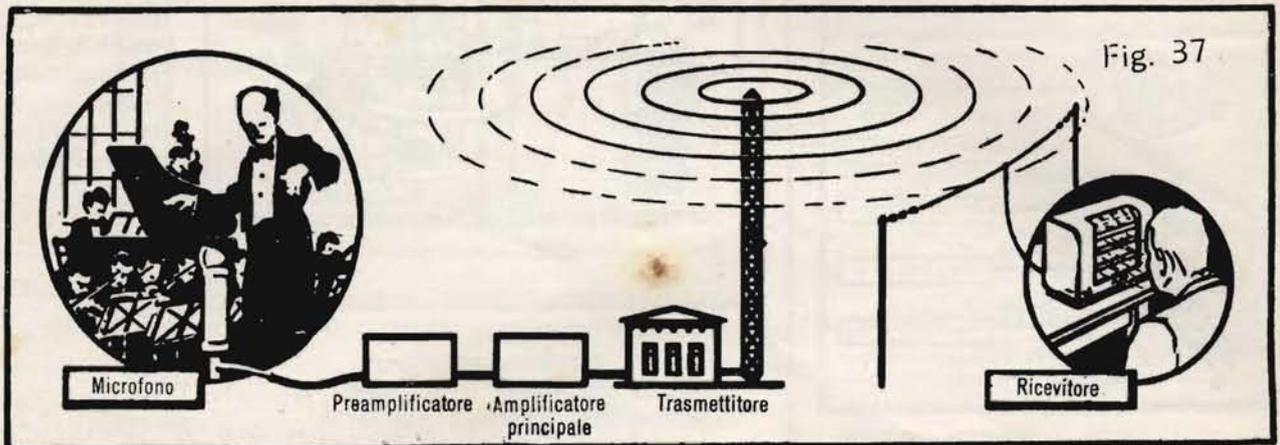
Fig. 35

Fig. 36



bera di vibrare, ognuna delle quali è accordata con una determinata frequenza.

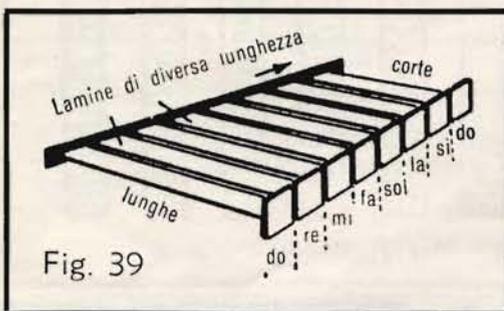
Quando una lamina viene colpita da vibrazioni di frequenza uguale a quella per la quale è accordata essa si mette a vibrare.



All'estremità libera di ogni lamina si trova una piastrina verticale bianca la quale, quando la lamina vibra, si sposta in su e in giù con lo stesso ritmo delle vibrazioni. Per esempio per la frequenza di 50 Hz vibra soltanto la lamina accordata su 50 Hz e quindi si sposta in su e in giù solo la piastrina corrispondente; le altre lamine restano in riposo, eccetto le lamine immediatamente adiacenti, le quali compiono però delle vibrazioni assai meno marcate. Questo caso è rappresentato nella fig. 38.

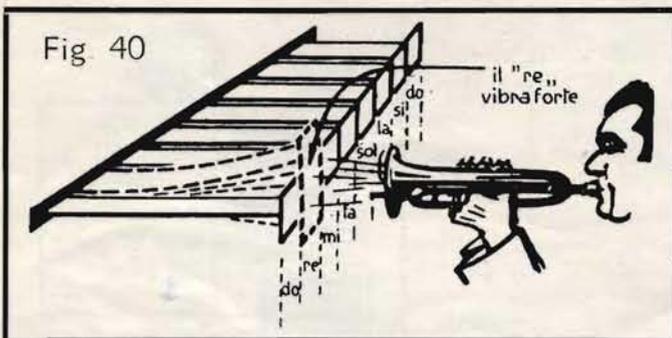
Se invece la vibrazione impressa avesse la frequenza di 48 Hz, vibrerebbe fortemente solo la lamina corrispondente a 48 Hz. Sopra le piastrine vibranti si trova una scala, su cui sono indicati i valori di frequenza corrispondenti alle varie piastrine e quindi alle varie lamine.

Lo strumento ora descritto è destinato a misure nel campo elettrotecnico; si può però immaginare uno strumento simile, ma adatto per l'indicazione delle frequenze di vibrazioni acustiche. Nella fig. 39 sono visibili alcune lamine poste l'una a fianco all'altra, fissate ad una estremità e con l'estremità opposta libera di vibrare e munita di una piastrina bianca verticale. Supponiamo che queste lamine siano accordate ognuna con le note successive di una medesima ottava. È chiaro che per ottenere ciò, le lamine corrispondenti alle note più basse dovranno essere più lunghe di quelle corrispondenti alle note alte.



Se ora, per esempio, una persona si mette a suonare con una tromba la nota « re » in vicinanza dell'apparecchio, la lamina corrispondente al « re » entrerà in vibrazione (fig. 40). È in giuoco qui anche un altro fenomeno, la cosiddetta « risonanza », di cui parleremo più avanti.

Se invece il trombettiere suona un « sol », si metterà a vibrare la lamina corrispondente al « sol », mentre le altre rimarranno ferme (fig. 41).



Nel funzionamento del frequenziometro elettrico di cui abbiamo già parlato, abbiamo una corrente elettrica che, passando nello strumento provoca la vibrazione di quella lamina che ne indica la frequenza.

Possiamo però anche immaginare uno strumento che funzioni secondo un procedimento inverso, nel quale, cioè, provocando la vibrazione di una lamina questa generasse una corrente elettrica di corrispondenti caratteristiche di frequenza.

Un sistema simile, ma immensamente più perfezionato, è attuato nell'orecchio umano. La fig. 42 può dare una idea della complessità della apparecchiatura ner-

vosa del nostro organo dell'udito. Essa è costituita come quella di un frequenziometro dove invece delle lamine vi sono delle numerosissime e sensibilissime fibre nervose, ognuna delle quali è accordata su una determinata frequenza.

Malgrado l'estrema piccolezza del complesso, l'orecchio umano contiene una ricca « tastiera » di circa 24 000 fibre nervose; ciascuna fibra risponde solo ad un'unica nota di ben determinata frequenza. Attraverso ai fasci nervosi le sensazioni di ogni singola frequenza pervengono al cervello, ove si forma l'impressione uditiva. Le 24 000 fibre nervose sopra menzionate sono contenute in una specie di chiocciola riempita di liquido.

Quando noi percepiamo un suono, ciò è dovuto al fatto che un'onda sonora, partendo dal punto di origine, arriva a colpire il nostro orecchio. Qui l'onda sonora incontra dapprima una specie di « corno acustico », cioè un raccoglitore del suono che, se necessario, può venire ingrandito appoggiando ad esso la mano; si tratta del « padiglione » dell'orecchio (fig. 43).

Il padiglione convoglia le onde sonore al condotto uditivo esterno, lungo solo pochi centimetri. L'« orecchio esterno » è separato dall'adiacente « orecchio medio » da una membrana sottile e delicata, il cosiddetto « timpano ». La cavità situata dietro al timpano, detta « cava del timpano », è in comunicazione con la faringe, e quindi con la bocca, attraverso un canale detto « tromba di Eustachio ». Nella cavità del timpano sono disposti, a mo' di leve, tre ossicini somiglianti rispettivamente ad un martello, una incudine, una staffa, e chiamati di conseguenza in tal modo (fig. 44). Il primo di questi ossicini uditivi, il « martello », tocca il timpano nello stesso modo come la piccola leva di trasmissione delle vibrazioni è collegata alla membrana di un grammofofono. La piastra della staffa costituisce invece il collegamento con l'orecchio interno e la delicata apparecchiatura nervosa in esso contenuta.

Le vibrazioni sonore, che colpiscono il timpano e lo fanno vibrare, vengono trasmesse dalla catena di ossicini, sopra menzionati, all'orecchio interno. Qui, nella cosiddetta « chiocciola », il liquido già citato subisce le medesime vibrazioni, che vengono impresse in tal modo anche alle piccole fibre nervose. Ad ogni frequenza rispondono però solamente quelle fibre che sono accordate con essa.

Nella fig. 44, nella parte in alto, è rappresentato l'orecchio umano. Nella parte inferiore del disegno i dispositivi dell'organo uditivo sono stati « tradotti in linguaggio tecnico ». Il padiglione è qui sostituito da un corno acustico, al quale fa seguito la camera contenente il dispositivo meccanico di trasmissione (cioè l'orecchio medio). L'orecchio interno è rimpiazzato da un dispositivo elettrico di ripresa del suono, paragonabile al cosiddetto « pick-up » di un grammofofono. In luogo dei fasci nervosi che collegano l'orecchio umano al cervello, si trova nel nostro orecchio di paragone un frequenzimetro, che segnala le vibrazioni sonore e le trasmette sotto forma di vibrazioni elettriche attraverso una linea.

Dopo quanto vi è stato detto comprenderete senz'altro come mai le persone che abbiano i timpani lacerati non divengano completamente sorde per questo. Nel loro caso infatti le onde sonore penetrano direttamente nell'orecchio medio, facendo vibrare gli ossicini uditivi al solito modo.

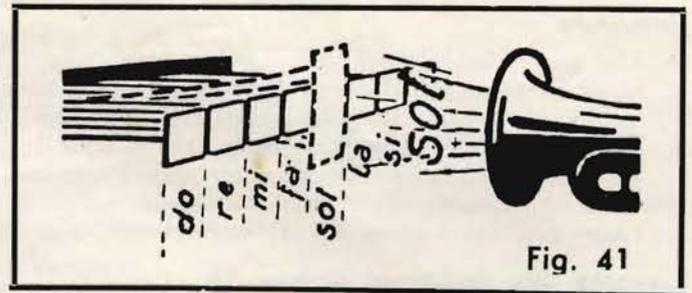


Fig. 41

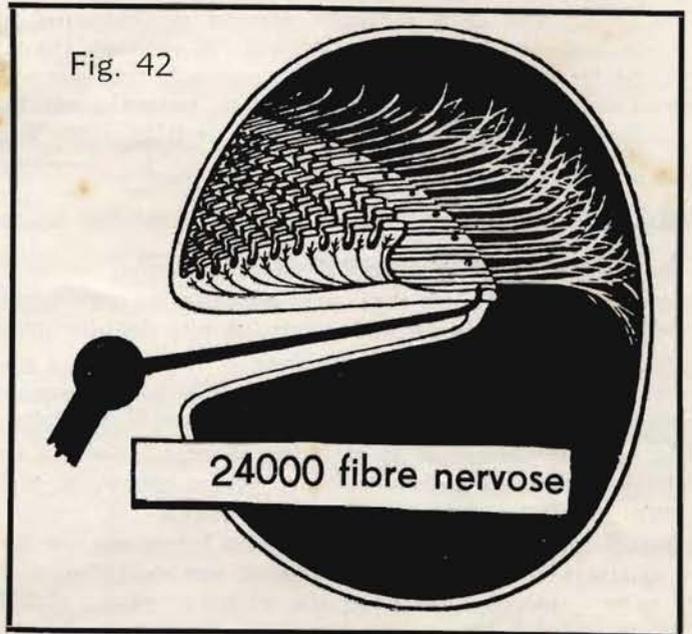


Fig. 42

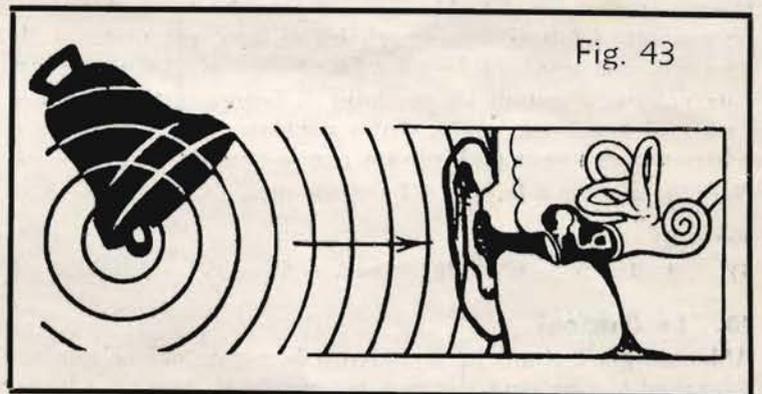


Fig. 43

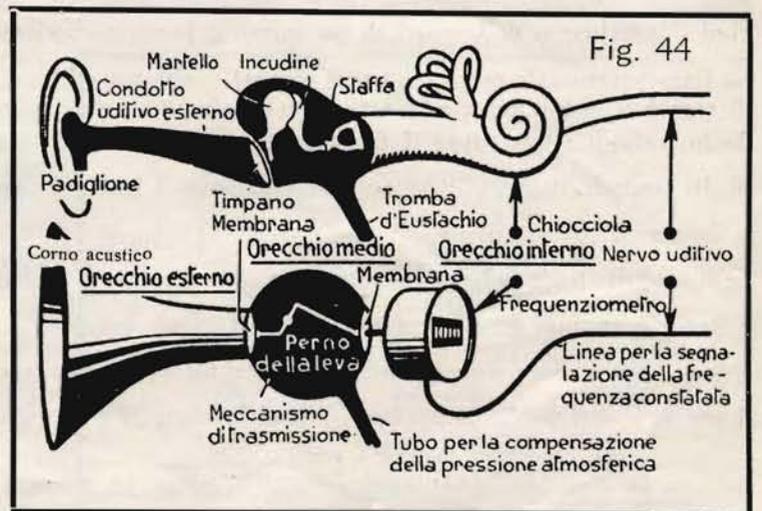


Fig. 44

## Domande

1. Che cosa si intende per timbro di un suono?
2. Come si spiega la differenza di timbro fra note uguali prodotte da diversi strumenti musicali?
3. Qual'è la massima frequenza riprodotta dai buoni altoparlanti?
4. Qual'è in genere l'estensione della gamma delle frequenze acustiche nelle stazioni radio?
5. Quante fibre nervose contiene approssimativamente l'orecchio umano?
6. Come si chiamano gli ossicini uditivi?
7. Come mai una persona cui si sono lacerati i timpani può ancora udire?

## Risposte alle domande di pag. 14

1. La potenza si indica in watt o chilowatt.
2. La potenza della corrente elettrica si determina in base alla formula:  $P = V \cdot I$ , ossia potenza (in watt) = tensione (in volt) per intensità di corrente (in ampère).
3. Se la corrente equivale a 2 ampère e la tensione a 220 volt, la potenza è:  $P = V \cdot I = 220 \cdot 2 = 440 \text{ watt}$ .
4. Poichè 1 CV è uguale a 736 watt, naturalmente una potenza di 2 CV corrisponde a  $2 \cdot 736 = 1472 \text{ watt}$ . Inoltre 1472 watt sono 1,472 kW, poichè  $1000 \text{ W} = 1 \text{ kW}$ .

## MATEMATICA

### 9. L'elevazione a potenza

Apprenderete ora un'altra operazione aritmetica molto importante, la « elevazione a potenza » dei numeri, che, in un certo senso, si può definire una « moltiplicazione abbreviata ».

Dovendo eseguire la moltiplicazione  $a \cdot a$  otterremo come risultato  $aa$  e così abbiamo  $a \cdot a \cdot a = aaa$ . Poichè accade sovente di dovere effettuare delle moltiplicazioni dove i fattori sono tutti eguali fra di loro, si è stabilito un sistema più comodo per indicare il prodotto che ne risulta.

Ad esempio, invece di  $aa$  si scrive  $a^2$ , cioè, in alto a destra del fattore considerato si indica il numero di volte che esso deve essere moltiplicato per se stesso;  $a^2$  si legge «  $a$  alla seconda potenza » o «  $a$  al quadrato » oppure, più comunemente, «  $a$  alla seconda ».

Quindi invece di  $aaa$  scriveremo  $a^3$  e leggeremo «  $a$  al cubo » o «  $a$  alla terza ».

Vogliate però ricordare bene che  $a^3$  non vuol dire «  $a$  moltiplicato 3 » ma bensì «  $a$  moltiplicato per se stesso 3 volte » cioè, «  $a$  per  $a$  per  $a$  ».

Altri esempi sono:  $x \cdot x \cdot x \cdot x \cdot x = x^5$ ;  $8 \cdot 8 \cdot 8 \cdot 8 = 8^4$ .

Questa operazione che abbiamo ora considerata si chiama « elevazione a potenza ». Quando in un prodotto i fattori sono uguali fra di loro, per ottenere il risultato non si effettua una moltiplicazione ma una « elevazione a potenza ».  $a^2, a^3, a^5$  sono potenze di  $a$ .

Una potenza è quindi un prodotto di fattori tutti uguali fra di loro; il fattore che si ripete si chiama « base », il numero in alto a destra si chiama « esponente » e indica il numero di volte per il quale la « base » deve essere moltiplicata per se stessa.

Nel caso di  $a^3$ ,  $a$  è la base e 3 l'esponente.

#### Esempi:

1)  $3 \cdot 3 = 3^2 = 9$     2)  $5 \cdot 5 = 5^2 = 25$     3)  $4 \cdot 4 \cdot 4 = 4^3 = 64$     4)  $2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 2^5 = 32$

### 10. Le frazioni

Abbiamo già trattato in precedenza le regole del calcolo con i numeri decimali. Ora vogliamo occuparci delle « frazioni ». Che cosa significa veramente il termine « frazione »? Esso deriva da « frangere » che significa « spezzare » o frazionare: suddividere cioè una cosa intera in varie parti. Se diciamo « un decimo », « tre decimi » indichiamo delle parti di un intero e possiamo scrivere queste « frazioni » nel modo seguente:  $\frac{1}{10}; \frac{3}{10}$ .

La linea orizzontale posta fra i due numeri si chiama « linea di frazione », il numero che sta sopra di essa è il « numeratore » quello che sta sotto « denominatore ».

Nelle frazioni citate sopra il denominatore è 10. Tutte le frazioni in cui il denominatore è 10 o una potenza di 10 (quindi 10, 100, 1000 ecc.) si chiamano « frazioni decimali ». In luogo di  $\frac{1}{10}$  si può scrivere anche 0,1, e, invece di  $\frac{3}{10}$ , 0,3.

Se invece di 10 c'è nel denominatore un altro numero qualsiasi (per esempio nella frazione  $\frac{3}{4}$ ), abbiamo una « frazione comune ». Ecco quindi delle frazioni comuni:  $\frac{1}{2}; \frac{3}{8}; \frac{7}{16}; \frac{9}{2}$  ecc.

Quando un numero deve essere diviso per un altro, si ottiene sempre una frazione. Dovendo p. es. dividere 4 per 5, si scrive:  $4 : 5$  oppure  $\frac{4}{5}$ . Una frazione si può quindi considerare una divisione non eseguita; se eseguiamo la divisione, otteniamo  $\frac{4}{5} = 0,8$ , ossia un numero decimale. Ne deriva quindi che una frazione

si trasforma in numero decimale, eseguendo la divisione fra il suo numeratore ed il denominatore.

Se il numeratore di una frazione è maggiore del denominatore (come nell'esempio citato  $\frac{9}{2}$ ), il valore della frazione è superiore alla unità, ossia a 1. Ciò è evidente se eseguiamo la divisione:  $\frac{9}{2} = 9 : 2 = 4,5$ . Queste frazioni in cui il numeratore è più grande del denominatore si chiamano « frazioni improprie ». Le frazioni in cui il numeratore è più piccolo del denominatore sono « frazioni proprie ».

**Esempi:** Si trasformino le seguenti frazioni in numeri decimali:

- 1)  $\frac{7}{4} = 7 : 4 = 1,75$       2)  $\frac{4}{3} = 4 : 3 = 1,333\dots$       frazioni improprie  
 3)  $\frac{1}{5} = 1 : 5 = 0,2$       4)  $\frac{4}{25} = 4 : 25 = 0,16$       5)  $\frac{2}{3} = 2 : 3 = 0,666\dots$       frazioni proprie

Nei risultati 1,333... e 0,666... i puntini significano che questi numeri decimali sono infinitamente lunghi. In luogo dei punti dovremmo veramente scrivere infinite volte 3 oppure 6. Ma poichè nel caso 1,333, il terzo 3 dopo la virgola non rappresenta che  $\frac{3}{1000}$ , e il quarto 3 solamente  $\frac{3}{10\ 000}$ , si scrivono di solito solo pochi decimali dopo la virgola e si tralasciano i puntini; ci si regola in proposito secondo la approssimazione richiesta. Spesso basta per esempio scrivere 0,67 in luogo di 0,666...

**Esempi:**

Si trasformino in frazioni comuni i seguenti numeri decimali:

- 1)  $0,3 = \frac{3}{10}$       2)  $0,2 = \frac{2}{10} = \frac{1}{5}$       3)  $0,25 = \frac{25}{100} = \frac{1}{4}$       4)  $1,5 = 1 \frac{5}{10} = 1 \frac{1}{2} = \frac{3}{2}$

### Risposte alle domande di pag. 11

- Nella radiotecnica entrano in considerazione le seguenti gamme d'onda: quella delle onde lunghe, comprese tra 10 000 e 1000 m; quella delle onde medie, comprese tra 1000 e 100 m; quella delle onde corte comprese tra 100 e 10 metri e quella delle onde ultracorte comprese tra 10 e 1 m.
- Un'onda lunga 1000 m ha la frequenza di  $\frac{300\ 000\ 000}{1000} = 300\ 000\ Hz = 300\ \text{chilohertz (300 kHz)}$ .
- La frequenza di 3000 kHz = 3 000 000 Hz corrisponde alla lunghezza d'onda di  $\frac{300\ 000\ 000}{3\ 000\ 000} = 100\ m$
- L'intervallo che deve essere rispettato tra le frequenze delle stazioni radio trasmettenti non deve essere inferiore a 9 kHz.

## TECNICA DELLE MISURE

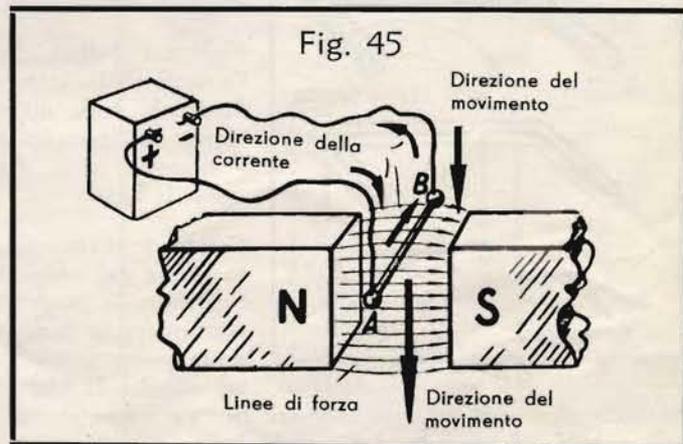
### Gli strumenti a bobina

Nella Dispensa N. 3 vi abbiamo descritto gli strumenti di misura a « ferro mobile ». Essi però non sono molto esatti e quindi per misure di precisione si usano invece strumenti a « bobina mobile » dei quali ci occuperemo ora.

Il funzionamento di tali strumenti è basato sul principio della reciproca repulsione che si manifesta fra il campo magnetico di una bobina percorsa da corrente e quello di un magnete permanente ove essa sia collocata. Già vi è nota l'esistenza dell'attrazione e della repulsione reciproca dei campi magnetici, ma ne avrete un nuovo esempio osservando la figura 45.

Abbiamo qui un tratto di conduttore *A-B* percorso dalla corrente erogata da una batteria, il quale si trova nel campo magnetico di una potente calamita. Con questa disposizione osserviamo che quando il tratto di conduttore è percorso dalla corrente esso tende a muoversi e ad uscire dal campo magnetico della calamita.

Se la corrente percorre il conduttore dall'avanti all'indietro, cioè nel senso da *A* verso *B* come è indicato nella figura, e i poli della calamita si trovano rispettivamente il nord a sinistra e il sud a destra, il conduttore si sposterà verso il basso. Se invertiamo il collegamento del conduttore alla pila in modo che la corrente circoli in senso contrario al precedente, si invertirà anche il senso di movimento del conduttore che si muoverà allora verso l'alto.



Come abbiamo detto la causa che provoca questo movimento è da ricercare nella influenza reciproca di due campi di forza e cioè del campo della calamita con il campo magnetico che si forma attorno al conduttore quando esso è percorso dalla corrente della pila.

### La regola della mano sinistra

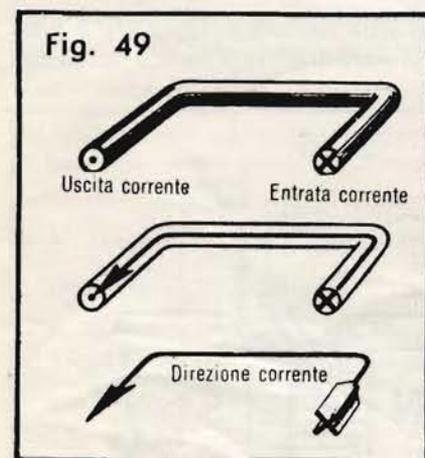
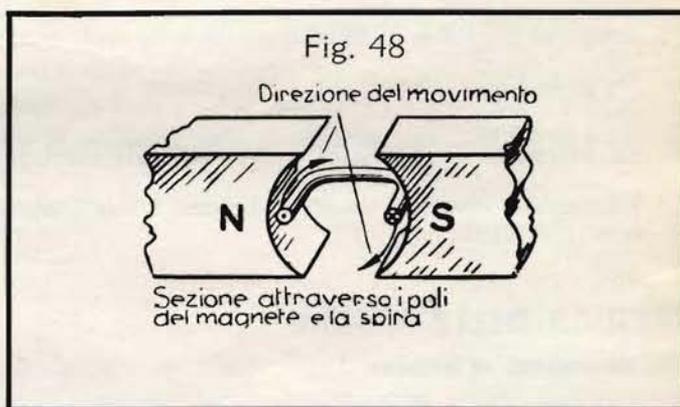
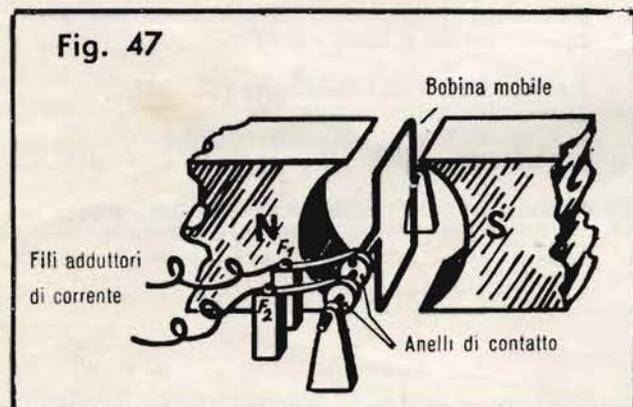
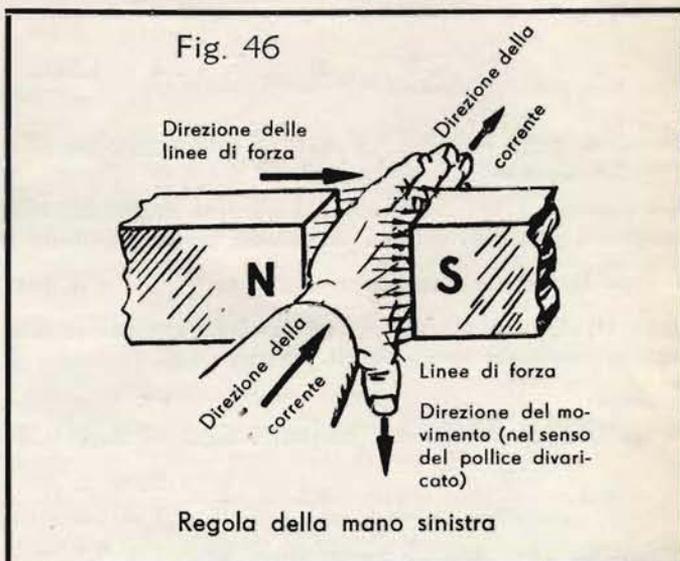
Con l'aiuto di una regola facile da ricordare, la cosiddetta «regola della mano sinistra», si può determinare senz'altro la direzione del movimento del tratto di conduttore. La regola dice:

*Disponendo la mano sinistra in modo che le linee di forza magnetiche entrino in essa dal palmo e ne escano dal dorso, e che le punte delle dita segnino nella direzione della corrente passante nel conduttore, il pollice, divaricato, indicherà la direzione di spostamento del tratto di conduttore (fig. 46).*

In luogo di un semplice tratto di conduttore possiamo anche immaginare, di mettere tra i due poli della calamita, una spira piana fissata su di un albero girevole in modo che essa possa compiere un movimento rotativo (fig. 47).

Perchè la spira possa ricevere la corrente anche durante il suo movimento, i suoi estremi sono collegati a due anelli collettori fissati sull'albero e sopra i quali strisciano due lamine di contatto a loro volta in collegamento con i poli di una batteria.

Nella fig. 48 si vede una sezione trasversale della ca-



lamita e della spira piana. La corrente entra nella spira da destra e ne esce da sinistra. Nella fig. 49 è spiegato il significato dei segni convenzionali usati per indicare il senso nel quale circola la corrente: la crocetta sta ad indicare l'entrata della corrente e il punto la sua uscita dalla spira.

Vediamo quindi che nella metà destra della spira la corrente scorre dall'avanti all'indietro e nella metà sinistra dall'indietro in avanti. Applicando la regola della mano sinistra per ognuna delle due metà della spira, rileviamo che quando la spira è percorsa da corrente, la sua parte destra tende a spostarsi verso l'alto, mentre la parte sinistra tende invece a spostarsi verso il basso.

Poichè però la spira è fissata ad un albero girevole essa allora ruoterà su se stessa nel senso indicato dalle frecce nella fig. 48. Quando la spira ha raggiunto la posizione verticale rappresentata nella fig. 50, essa non potrà continuare la sua rotazione a meno che non si inverta il senso di passaggio della corrente; in questo caso la spira compirà una ulteriore rotazione per un angolo di 180° cioè sino a trovarsi nuovamente in posizione verticale.

Notiamo che perchè la spira possa ruotare su se stessa in modo continuo, è necessario invertire il senso di passaggio della corrente ogni qualvolta essa raggiunga la posizione verticale.

Con l'impiego di particolari dispositivi che non è qui il caso di descrivere, è possibile avere nei momenti adatti la inversione del senso di circolazione della corrente nella spira, ottenendo così un vero e proprio piccolo motore elettrico. Naturalmente la potenza del moto rotativo di questo motore aumenterà se invece di una spira sola ne useremo parecchie in quanto la forza che agisce sopra una di esse risulterebbe moltiplicata per tante volte quante sono le spire impiegate.

### La costruzione degli strumenti a bobina mobile

Gli stessi fenomeni che abbiamo ora considerati si verificano anche se invece di impiegare una spira singola, collochiamo nel campo magnetico di una calamita una «bobina» formata da più spire.

Così come ruotava la spira singola, ruoterà e con maggiore forza la bobina ed è su questo principio che si basa il funzionamento degli strumenti di misura a «bobina mobile» dei cui particolari costruttivi tratteremo ora iniziando da un amperometro del tipo più comunemente usato rappresentato nella fig. 51.

In essa si scorgono i poli N e S della calamita, con le espansioni polari contrassegnate con P. Fra le espansioni polari si trova una bobina girevole attorno ad un asse, ossia la «bobina mobile» che ha dato il nome allo strumento. Un nucleo di ferro E, situato in mezzo ai poli, facilita il passaggio delle linee di forza del magnete, che incontrano nel ferro una minore resistenza; questo nucleo però non è mobile.

La bobina mobile, avvolta quasi sempre su di un telaio d'alluminio, gira nel «traferro» che è quella stretta feritoia compresa tra le espansioni polari ed il nucleo. La corrente viene addotta alla bobina attraverso due molle a spirale F, facilmente riconoscibili nella fig. 51. Un indice, solidale con l'asse della bobina, si sposta davanti alla scala graduata dello strumento.

L'ampiezza della deviazione dell'indice dipende dall'intensità della corrente che passa nella bobina mobile. Più intensa è la corrente, e più la bobina viene spostata dalla sua posizione di riposo. L'escursione dell'indice, solidale con la bobina, corrisponde quindi esattamente all'intensità della corrente che circola nella bobina; in altre parole: tra la corrente e l'escursione dell'indice sussiste una relazione ben determinata. Lo spostamento dell'indice aumenta uniformemente, quando l'intensità di corrente cresce in modo uniforme. Diciamo in questo caso che l'escursione dell'indice è proporzionale alla corrente. È quindi assai facile graduare la scala di uno strumento a bobina mobile.

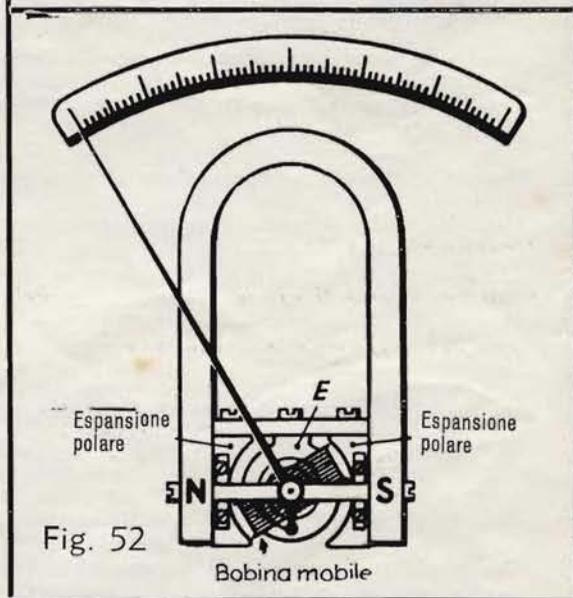
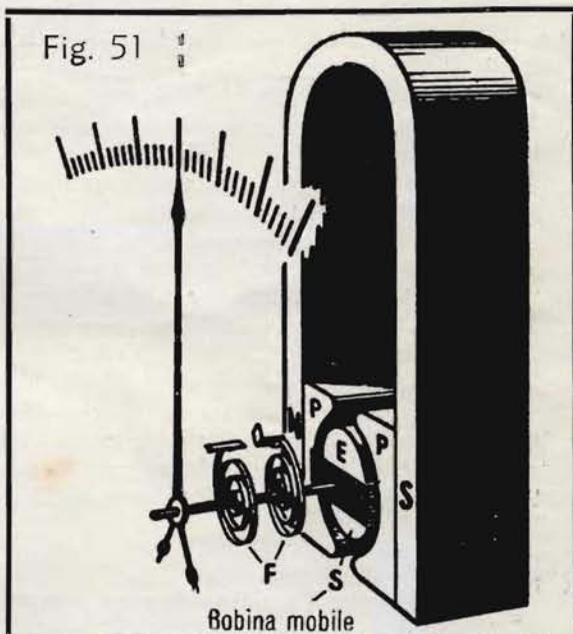
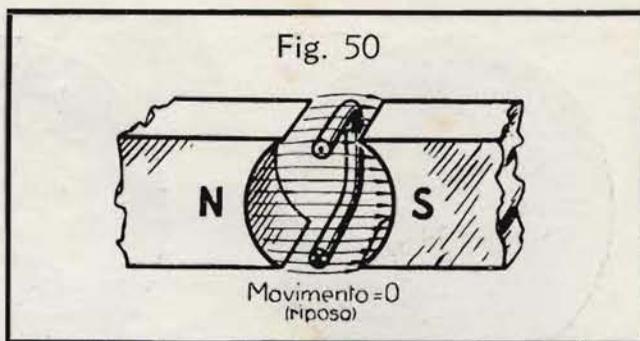
Le distanze tra i punti della scala corrispondenti a 1 ampère, 2 ampère, 3 ampère ecc. in questo tipo di strumento sono qui tutte uguali (fig. 52), a differenza di quanto si riscontra negli strumenti a ferro mobile, nei quali queste distanze non sono sempre uguali ma possono rimanere compresse all'inizio ed alla fine della scala, e in parte anche allargate. Il telaio di alluminio sopra menzionato, sul quale sono avvolte le spire della bobina, serve ad ottenere un buon smorzamento; infatti si formano nell'alluminio delle cosiddette «correnti di Foucault» o correnti vorticosi che hanno un effetto frenante. Di ciò verrà trattato in seguito.

La direzione dello spostamento dell'indice dipende dalla direzione con la quale la corrente circola nella bobina; infatti, a differenza degli strumenti a ferro mobile, qui non si impiega un elettromagnete ma un magnete permanente che mantiene sempre la stessa polarità anche quando viene invertito il senso della corrente.

*Per questo motivo bisogna tenere presente che gli strumenti a bobina mobile possono essere impiegati solo per effettuare misurazioni che riguardino la corrente continua.*

Inserendo in un circuito uno strumento a bobina mobile bisogna quindi tenere conto della polarità della corrente continua che si desidera misurare e collegare il polo positivo e quello negativo dello strumento, rispettivamente con il polo positivo e quello negativo del circuito. Se lo strumento viene inserito in modo sbagliato, l'indice tenderà pure esso a muoversi in senso errato.

Lo strumento rappresentato nella fig. 51 è però costruito in modo che la posizione di riposo dell'indice corrisponda alla



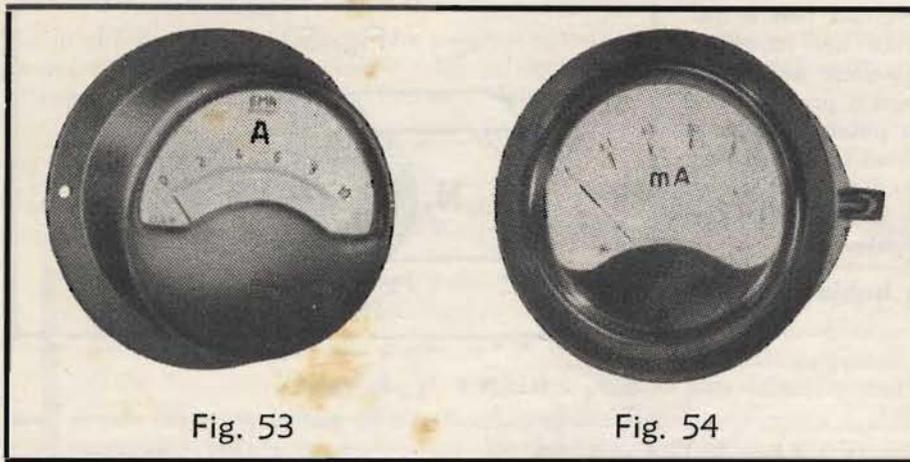


Fig. 53

Fig. 54

metà della scala (« zero centrale »). In questo caso la polarità è naturalmente priva d'importanza, dato che l'indice si può spostare in entrambi i sensi. È logico che uno strumento di questo genere possa servire anche a determinare la direzione della corrente in un circuito a corrente continua.

Nella maggior parte dei casi gli strumenti a bobina mobile sono però costruiti conformemente alla fig. 52, cioè con l'indice che può spostarsi in una sola direzione. Bisogna allora collegare sempre il polo positivo dello strumento

col polo positivo del circuito.

Le figg. 53 e 54 mostrano due esecuzioni molto comuni di misuratori di corrente a bobina mobile. I morsetti di allacciamento si trovano posteriormente e sono quindi invisibili. La fig. 53 riporta un normale amperometro per correnti fino a 10 ampère, mentre nella fig. 54 si vede un milliamperometro, per correnti fino a 50 milliampère, ossia fino a 0,05 ampère ( $1 \text{ mA} = 0,001 \text{ A}$ ).

Come vedrete in seguito, i milliamperometri hanno una grande importanza nella tecnica delle telecomunicazioni. Lo strumento della fig. 53 è provvisto di una cosiddetta custodia sporgente e viene quindi montato sopra una parete o un qualsiasi apparecchio, mentre l'esecuzione della fig. 54 è munita di custodia da incasso, e viene quindi incassata nei quadri di controllo.

### Risposte alle domande di pag. 20

1. Si chiama « timbro » la particolare caratteristica sonora che distingue una medesima nota emessa da strumenti diversi.
2. Il « timbro » differente assunto da una stessa nota a seconda dello strumento da cui essa è prodotta, è dovuto al fatto che ogni suono musicale è composto oltre che di una nota fondamentale, eguale per tutti gli strumenti, anche di un certo numero di « armonici » che varia di strumento in strumento. Variando il numero degli armonici varia quindi anche il timbro della nota.
3. I buoni altoparlanti arrivano a riprodurre le frequenze acustiche sino a 8000 Hz.
4. La gamma delle frequenze acustiche impiegate nella radio trasmissione del suono comprende generalmente 4500 hertz.
5. L'orecchio umano possiede circa 24 000 fibre nervose.
6. Gli ossicini uditivi si chiamano: « martello », « incudine » e « staffa ».
7. Una persona a cui siano stati lacerati i timpani può udire ugualmente, perchè anche mancando il timpano le onde sonore pervengono attraverso il condotto uditivo esterno direttamente nell'orecchio medio e provocano al solito modo la vibrazione degli ossicini uditivi.

### COMPITI

1. Quali lunghezze d'onda radio sono comprese nella gamma delle onde medie?
2. Qual'è la frequenza di un'onda radio lunga 3000 m?
3. Qual'è la lunghezza di un'onda radio della frequenza di 10 000 Hz?
4. Qual'è l'intensità di corrente in un circuito, nel quale la potenza ammonta a 2,2 chilowatt e la tensione a 220 volt?
5. Quanti chilowatt corrispondono alla potenza di 22,08 CV?
6. Quando è che il suono emesso da uno strumento ha un timbro particolarmente stridulo?
7. Come si chiama il campo di frequenza delle vibrazioni udibili?
8. Per quale ragione si trovano in esercizio stazioni radio sincronizzate?
9. In quale senso ruoterà la spira disegnata qui accanto quando essa sarà percorsa da corrente?



## FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 4

Formula	pag.
(5-a) Frequenza (Hz) = $\frac{300\ 000\ 000}{\text{lunghezza d'onda (m)}}$ . . . . .	» 9
(5-b) Lunghezza d'onda (m) = $\frac{300\ 000\ 000}{\text{frequenza (Hz)}}$ . . . . .	» 9
(6-a) Potenza: $P = V \cdot I$ . . . . .	» 12
(6-b) Intensità di corrente: $I = \frac{P}{V}$ . . . . .	» 12
(6-c) Tensione: $V = \frac{P}{I}$ . . . . .	» 13
(7-a) Potenza: 1 CV = 736 watt . . . . .	» 13
(7-b) Potenza: 1 kW = 1,36 CV . . . . .	» 13
(8) Potenza: 1 CV = 75 kgm/sec . . . . .	» 14

---

Stampato come manoscritto

Ogni alienazione, prestito o diffusione in genere di questa dispensa, anche in riassunto, è proibita.

Tutti i diritti, in particolare la traduzione in lingue straniere, sono riservati.

---

**TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI**

**OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO, 9  
V A R E S E**

DISPENSA N.° 5

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

## INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 5

<b>Riassunto delle materie trattate nella dispensa precedente</b>	pag. 1
<b>Elettrotecnica generale</b>	» 1
La corrente alternata	» 1
<b>Impianti di segnalazione</b>	» 5
La suoneria a corrente alternata	» 5
Il trasformatore da campanello	» 6
<b>Magnetismo ed elettromagnetismo</b>	» 6
La bobina magnetica	» 6
L'elettromagnete	» 9
Induzione mutua	» 10
Domande	» 12
<b>Telefonia</b>	» 12
Collegamento in serie ed in parallelo di consumatori	» 13
Il collegamento in parallelo	» 13
Il collegamento in serie	» 16
Risposte alle domande di pag. 12	» 17
<b>Matematica</b>	» 18
10. Le frazioni (continuazione)	» 18
Semplificazione delle frazioni	» 18
Trasformazione delle frazioni	» 18
Moltiplicazione delle frazioni	» 19
Divisione delle frazioni	» 19
11. La radice quadrata	» 19
<b>Elettrotecnica generale</b>	» 20
I trasformatori	» 20
Rapporto di trasformazione	» 21
<b>Telefonia</b>	» 23
Inserzione diretta e indiretta	» 23
La bobina d'induzione	» 24
Domande	» 24
Risposte alle domande di pag. 24	» 24
<b>Compiti</b>	» 24

## FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 5

Formula	
<b>Collegamento in parallelo</b>	
(9) Corrente complessiva: $I = i_1 + i_2 + i_3 + \dots$	pag. 15
(10) Resistenza complessiva: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$	» 15
(11) Conduttanza complessiva: $G = G_1 + G_2 + G_3 + \dots$	» 15
<b>Collegamento in serie</b>	
(12-a) Tensione complessiva: $V = v_1 + v_2 + v_3 + \dots$	» 16
(12-b) Resistenza complessiva: $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$	» 17
(13) Rapporto di trasformazione: $\frac{V_1}{V_2} = \frac{w_1}{w_2}$	» 21

---

**Stampato come manoscritto**

Ogni alienazione, prestito o diffusione in genere di questa Dispensa, anche in riassunto, è proibita.

Tutti i diritti, in particolare la traduzione in lingue straniere, sono riservati.

---

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 5

## RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Nell'ultima Dispensa avete conosciuto per prima cosa gli impianti di chiamata luminosa. In questi impianti non si fa uso di suonerie, ossia di segnalazioni acustiche, bensì di segnali luminosi (segnalazione ottica). I segnali luminosi sono silenziosi e non arrecano disturbo, cosa importante soprattutto per gli ospedali e gli alberghi. Vi venne poi spiegato il funzionamento degli impianti di chiamata luminosa.

In un capitolo dedicato alla « Elettrotecnica generale » vennero di nuovo illustrate ampiamente le relazioni che intercorrono tra l'intensità di corrente, la tensione e la resistenza, quindi la legge di Ohm. Questa legge è molto importante per comprendere i fenomeni elettrici e determinare il funzionamento degli apparecchi elettrotecnici. La formula che descrive la legge di Ohm è:

$$I = \frac{V}{R}$$

dove I significa l'intensità di corrente, V la tensione ed R la resistenza. Questa formula si può trasformare, ottenendo per la tensione  $V = R \cdot I$  e per la resistenza  $R = \frac{V}{I}$ .

Per ricordarsi la legge di Ohm, basta pensare alla parola « vir », ossia  $V = I \cdot R$ ; tensione = corrente per resistenza.

Procedendo nello studio, avete conosciuto quali siano le varie gamme d'onde utilizzate nella radiotecnica e avete appreso che le lunghezze d'onda si misurano in metri e le frequenze in hertz (rispettivamente chilohertz). La cognizione dell'« intervallo di frequenza » vi ha fatto apprendere i principi che regolano l'assegnazione della lunghezza d'onda alle varie stazioni radiotrasmittenti; avete inoltre appreso l'esistenza delle stazioni sincronizzate.

Per poter giudicare la potenza di trasmissione di una stazione radio è stato spiegato il concetto della potenza elettrica. Esso è descritto con la formula  $P = V \cdot I$  in modo certamente del tutto chiaro; d'altra parte anche la relazione esistente tra la potenza elettrica e quella meccanica non presenta particolari difficoltà di comprensione.

La radiotecnica, come certo già sapevate, è tutta basata sull'acustica e sull'elettroacustica. Vi saranno quindi apparse interessanti le spiegazioni sul timbro dei suoni, la formazione degli armonici e l'estensione della gamma delle frequenze acustiche. Per mezzo del paragone con l'orecchio umano è stata spiegata la conformazione dell'« orecchio tecnico ».

Nel capitolo sulla « Tecnica delle misure » sono stati descritti il funzionamento e la costruzione degli strumenti a bobina mobile. Questi strumenti, come è stato rilevato esplicitamente, servono solo per misurare l'intensità e la tensione di correnti continue.

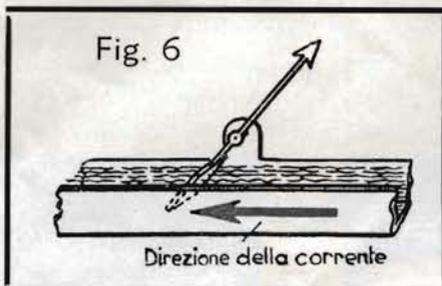
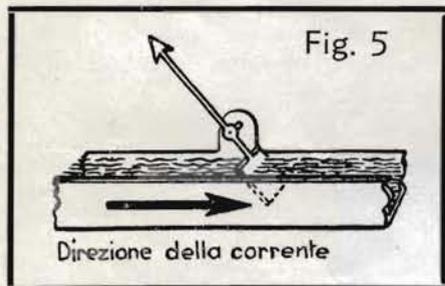
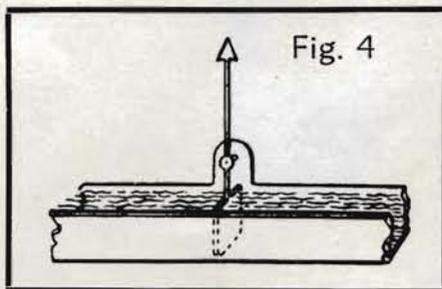
Questo, in brevi tratti, è il contenuto della Dispensa N. 4, da voi appena studiata. Anche a questo punto è bene ribadire l'ammonimento di ripetere diligentemente la materia appresa nella quarta Dispensa, prima di proseguire nello studio.

## ELETTROTECNICA GENERALE

### La corrente alternata

Nella Dispensa N. 1 è stato descritto un campanello elettrico che viene alimentato per mezzo di una batteria o anche di una semplice pila. Come già sapete, le pile e le batterie erogano corrente continua. Esistono però anche campanelli e suonerie adatti per funzionare a corrente alternata.

Prima di descrivere più dettagliatamente le suonerie a corrente alternata, è necessario definire che cosa si intenda per corrente alternata. Serve a questo scopo ancora una volta il paragone con l'acqua.

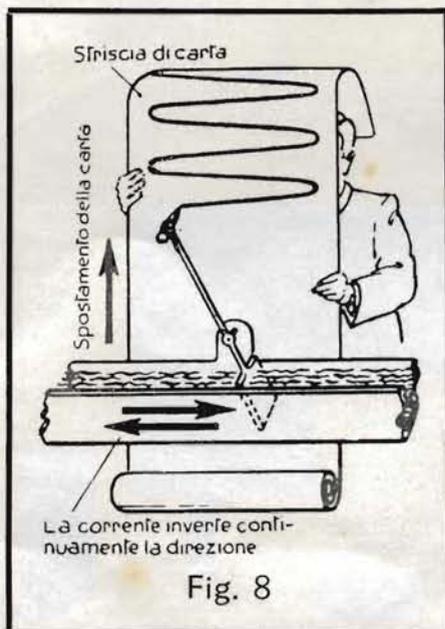
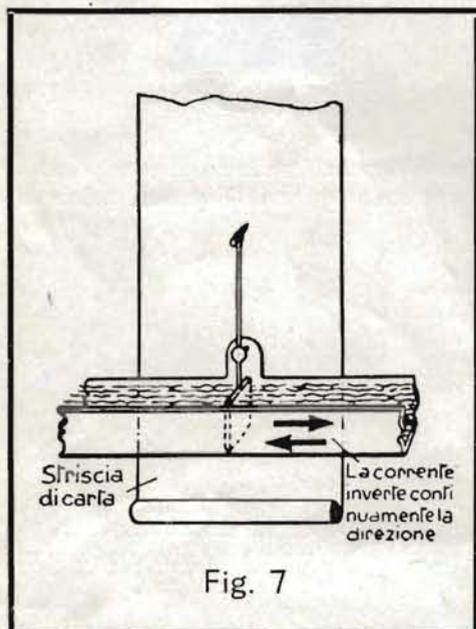


Sino ad ora parlando di corrente elettrica ci siamo sempre riferiti a una corrente che scorre sempre con la medesima intensità e con la stessa direzione. Abbiamo allora potuto trovare paragoni di ogni genere con la corrente d'acqua, ma si trattava sempre di corrente che circolava con uguale intensità ed unica direzione e che viene quindi chiamata « corrente continua » o, con una definizione più moderna, « corrente costante ».

Nella fig. 1 è rappresentato un dispositivo che permette di realizzare una simile corrente continua o costante con l'acqua; in esso l'acqua scorre con intensità costante dal recipiente A che sta in alto, al recipiente B che sta in basso. Finchè i due recipienti mantengono questa loro posizione, la

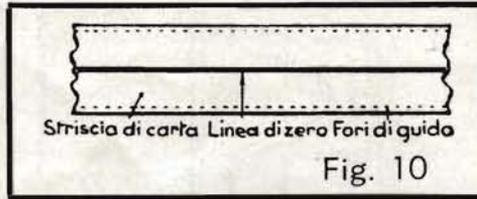
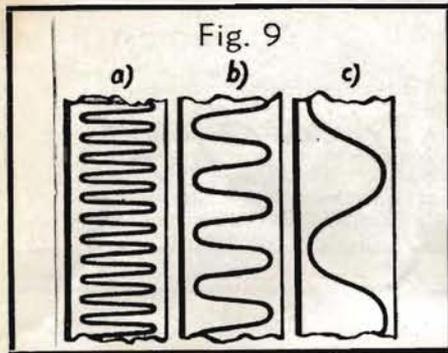
direzione della corrente sarà quella A-B e resterà invariata. Nel caso della corrente elettrica, A sarebbe il polo positivo e B il polo negativo di una pila.

Anche se portiamo il recipiente B in alto ed il recipiente A in basso, abbiamo una corrente continua di acqua, la quale però circolerà in direzione opposta a quella precedentemente considerata e cioè da B ad A.



Nel caso della corrente elettrica, B sarebbe ora il polo positivo ed A quello negativo.

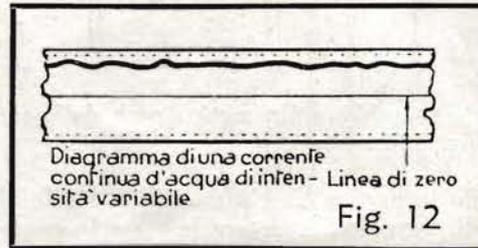
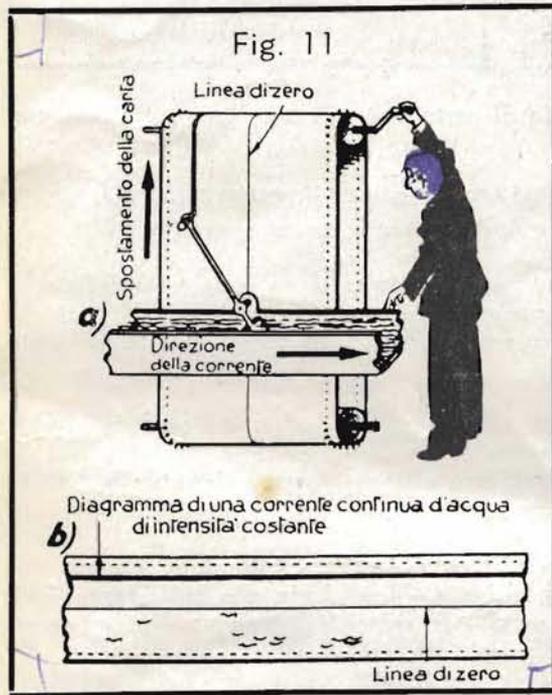
Se però i due recipienti vengono alternativamente alzati ed abbassati, l'acqua circolerà nel tubo di raccordo una volta da sinistra a destra (da A verso B) ed una volta da destra verso sinistra (da B verso A) e questo andirivieni continua sino a che dura il movimento alternato dei due recipienti. In questo caso la corrente d'acqua non è più « costante » come quelle considerate negli esempi precedenti, perchè essa cambia continuamente la sua direzione. Oltre che la direzione, questa corrente, varia anche la sua intensità, perchè essa è massima, quando la differenza di livello fra i due recipienti



è massima e diminuisce sino ad essere nulla, quando sono al medesimo livello, per poi aumentare ancora sino a ridiventare massima, quando i recipienti hanno raggiunto nuovamente il massimo dislivello fra loro.

In questo modo abbiamo ottenuto una corrente d'acqua « alternata », essa infatti inverte continuamente la sua direzione e varia continuamente la sua intensità.

A differenza del sistema che abbiamo descritto più sopra, supponiamo ora che l'acqua non scorra in un tubo, ma in un canale e che essa scorra alternativamente, a periodi di tempo uguali, una volta in un senso e una volta nel senso opposto. Si tratta quindi ancora di una corrente d'acqua « alternata ». Ora, come mostra la fig. 4, applichiamo al canale un dispositivo formato da un indice, il quale abbia alla sua estremità inferiore una piastra immersa nell'acqua.



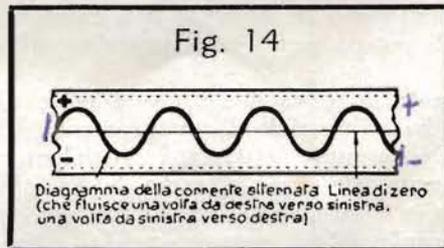
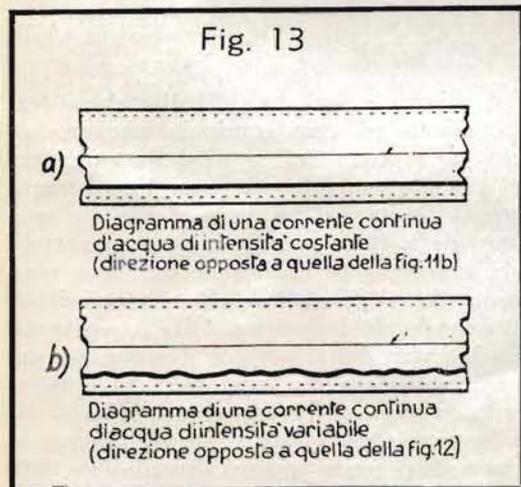
Poichè nello scorrere, l'acqua preme sulla piastra, quando l'acqua viene da sinistra, avremo uno spostamento dell'indice verso sinistra e, quando esso viene da destra,

uno spostamento dell'indice verso destra. Poichè nel nostro caso la corrente d'acqua che percorre il canale è « alternata », essa provoca quindi un pendolamento dell'indice da sinistra verso destra e viceversa. Se al posto della lancetta, collochiamo sull'indice una matita che preme con la punta contro una striscia di carta posta dietro al canale, questa matita nel suo andirivieni tratterrà sulla carta una linea. Se poi la striscia di carta viene fatta scorrere con moto regolare dal basso in alto, la matita vi disegnerà una « curva » che descrive il moto dell'acqua ed indica di quale « tipo » questo movimento sia.

Infatti la forma della curva non è sempre uguale, ma varia secondo la frequenza con la quale la corrente d'acqua inverte la sua direzione. La curva della fig. 9-a ci dice p. es. che la corrente d'acqua ha invertito la direzione del suo movimento con una frequenza relativamente elevata, mentre la fig. 9-c ci dice che la corrente d'acqua, supposto che la striscia di carta

si sia spostata sempre con la medesima velocità del caso precedente, ha invece invertita la sua direzione con una frequenza relativamente bassa.

Se l'acqua non scorresse, l'indice non pendolerebbe e la matita, rimanendo ferma, traccerebbe una linea verticale al centro della striscia di carta come è indicato nella fig. 10 (la striscia di carta è qui rappresentata



orizzontalmente; ma è chiaro che durante l'esperimento essa deve essere mossa verticalmente dal basso in alto).

La linea retta al centro della striscia di carta, la quale indica che non vi è stato alcun movimento d'acqua, è chiamata « linea di zero »

perchè essa indica che in ogni istante la corrente è uguale a 0. Se invece nel canale l'acqua scorre sempre da sinistra verso destra, la matita segnerà una linea retta verticale sulla metà sinistra della striscia di carta che scorre dal basso in alto; questa linea sarà perfettamente retta solo se la corrente d'acqua ha una intensità uniforme, ma se invece la corrente, pur mantenendo la medesima direzione, scorresse ora più intensa ora meno intensa, la linea segnata

dalla matita non sarà una retta perfetta, ma avrà l'aspetto della linea riprodotta alla fig. 12. Da essa si rileva che la direzione della corrente è bensì sempre la stessa, ma che la sua intensità è stata soggetta a variazioni. Se nel canale la corrente fosse diretta in modo continuo da destra verso sinistra, anziché da sinistra verso destra, come nel caso precedente, e la sua intensità fosse costante, la matita segnerebbe sulla metà destra della striscia di carta scorrevole una linea retta verticale come quella rappresentata alla fig. 13-a; se però, pur mantenendo la stessa direzione, la corrente variasse la sua intensità, la matita segnerebbe sulla metà destra della striscia di carta non più una linea retta, ma una curva, come quella della fig. 13-b.

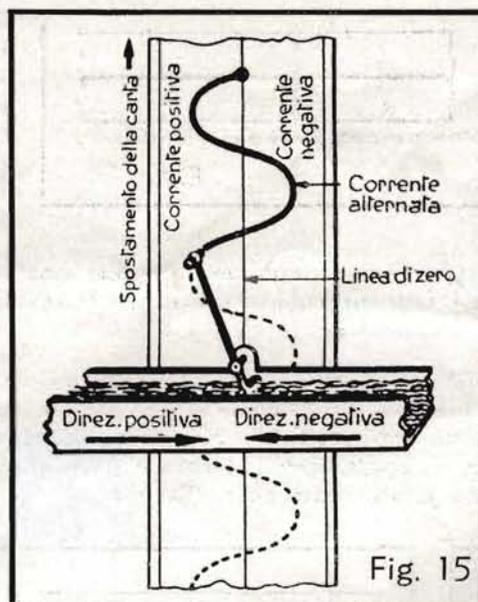


Fig. 15

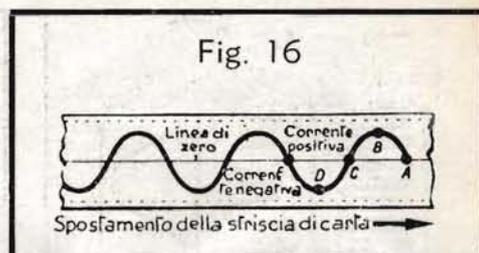


Fig. 16

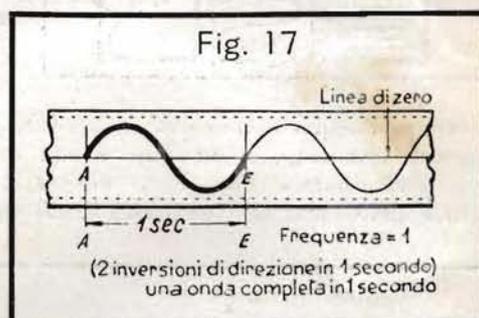


Fig. 17

È chiaro quindi che quando la matita traccia una linea totalmente compresa in una sola delle due metà della striscia di carta, si tratta di corrente che scorre in un solo senso e quindi di una « corrente continua ».

Le curve che, come quella della fig. 14, sono comprese contemporaneamente in tutte e due le metà della striscia di carta, si hanno solo quando la corrente inverte continuamente e regolarmente la sua direzione, cioè se « alternativamente » essa scorre una volta in un senso e una volta in senso opposto. In questo caso la curva sta per metà al disopra e per metà al disotto della linea dello zero.

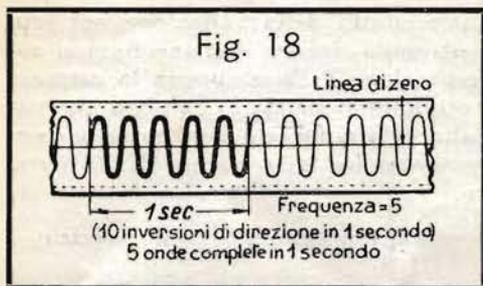
Se conveniamo di chiamare « positiva » ogni corrente che scorre da sinistra verso destra indicandola con il segno + (più) e « negativa » ogni corrente che scorre da destra verso sinistra, indicandola con il segno - (meno) e segniamo in modo corrispondente la striscia di carta, giungiamo alla rappresentazione della fig. 16 dalla quale possiamo rilevare quanto segue:

Nell'istante A non circola alcuna corrente, infatti il punto A è sulla linea di zero; subito dopo l'acqua comincia a scorrere, la corrente comincia a circolare con direzione positiva (+) raggiungendo nell'istante B il suo valore massimo (valore istantaneo massimo della corrente) in seguito la velocità dell'acqua diminuisce sino ad annullarsi nuovamente nell'istante C (Il punto C è infatti sulla linea di zero).

Immediatamente dopo però l'acqua ricomincia a scorrere ma in senso contrario al precedente, cioè in direzione negativa (-) fino a raggiungere il suo valore massimo negativo nel punto D. L'intensità della corrente diminuisce poi gradatamente per annullarsi ancora nel punto E dopo di che il fenomeno torna ripetersi nello stesso modo.

Noi siamo però abituati a leggere da sinistra verso destra e non da destra verso sinistra come è stato necessario fare per la fig. 16. Per ottenere quindi un disegno più facilmente leggibile basta spostare la striscia di carta dall'alto al basso anziché dal basso in alto. Ciò non cambia nulla nella rappresentazione della curva che ci interessa, mentre si ottiene di potere eseguire la lettura secondo il senso normale.

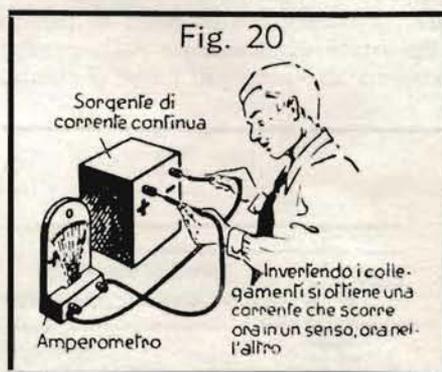
Il tempo nel quale viene disegnata la curva dal punto A al punto E si chiama « periodo ». Si dice che è trascorso un « periodo » all'istante in cui un ciclo di un fenomeno si è compiuto ed esso comincia nuovamente a ripetersi. La durata del periodo è sempre la stessa, indipendentemente dalla scelta dei punti della curva tra i quali detta durata viene misurata. Possiamo ritenere che l'inizio del periodo coincida per esempio col punto in cui la corrente è nulla e sta per aumentare nel senso positivo; oppure il punto in cui la corrente ha raggiunto il valore massimo nel senso positivo; oppure qualsiasi altro punto della curva. In ogni caso, misurando la distanza tra l'inizio di un periodo e l'inizio del periodo successivo, troviamo la medesima durata e constatiamo che il medesimo fenomeno si ripete ogni volta nel medesimo modo; si dice allora che si tratta di un fenomeno periodico. Se la durata del periodo è uguale ad un minuto secondo, la frequenza della corrente alternata è uguale ad un periodo al secondo ossia 1 hertz. In questo caso la curva della corrente d'acqua percorrerà in ogni secondo un « monte » ed una « valle », tracciando un'onda completa. In ogni periodo ci sono però due inversioni della corrente. Se invece in un secondo avvengono 10 inversioni, cioè 5 semionde positive e 5 semionde negative e quindi 5 onde complete, la frequenza equivale a 5 periodi al secondo ossia a 5 hertz. La frequenza si misura quindi contando il numero dei periodi percorsi in ogni secondo (fig. 18).



In pratica sarà impossibile ottenere delle oscillazioni così rapide per una corrente d'acqua; ma la corrente elettrica, che scorre invisibile attraverso i conduttori, può invertire la direzione anche assai più frequentemente. La corrente alternata che passa nelle linee per l'illuminazione possiede normalmente la frequenza di 50 hertz; ciò significa che essa cambia 100 volte di direzione al secondo. In ogni secondo abbiamo 50 semionde positive e 50 semionde negative, ossia 50 lunghezze d'onda (fig. 19).

Osserviamo in proposito che anche per le correnti alternate che oscillano così rapidamente è possibile rilevare la forma della curva usando speciali apparecchi o dispositivi, dei quali verrà trattato in dettaglio

più avanti.



Come è possibile ottenere una corrente elettrica alternata? Supponiamo per esempio di possedere una batteria, dotata di un polo positivo e di un polo negativo. Invertendo rapidamente e ripetutamente i collegamenti di un circuito allacciato a questa batteria, si ottiene una corrente alternata (fig. 20). Se infatti viene inserito nel circuito uno strumento indicatore, e precisamente un amperometro a bobina mobile dotato di zero centrale, nel quale cioè l'indice stia in mezzo quando non passa corrente, e altrimenti venga deviato o verso destra oppure verso sinistra, si vedrà l'indice oscillare rapidamente avanti e indietro; ciò denota che la corrente scorre ora in senso positivo, ora in senso negativo.

Le correnti alternate si possono però generare anche, senza bisogno di batterie, per mezzo di apposite macchine. Il diagramma delle correnti così generate corrisponde esattamente alla forma riportata nella fig. 19.

## IMPIANTI DI SEGNALAZIONE

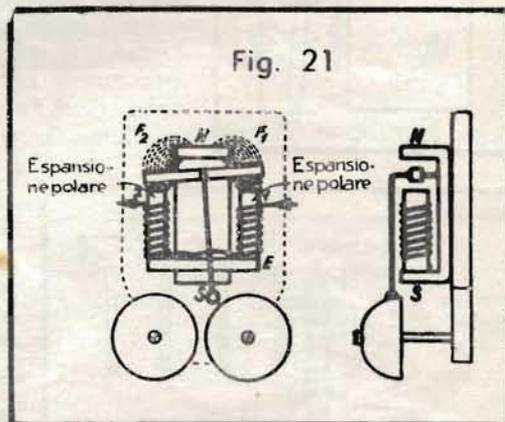
### La suoneria a corrente alternata

Vogliamo descrivere ora un tipo di suoneria a corrente alternata impiegato negli apparecchi telefonici. In questo corso, avete già conosciuto, impianti di campanelli azionati mediante corrente continua prelevata da batterie. Volendo invece collegare una suoneria elettrica ad una sorgente di corrente alternata, è preferibile una esecuzione un po' diversa. La fig. 21 rappresenta il tipo fondamentale di una suoneria per corrente alternata.

Il battaglio, disposto in modo da poter colpire alternativamente due campanelli, è fissato ad una piastrina di ferro, la cosiddetta ancorretta, provvista di perno centrale attorno al quale può oscillare. Le estremità dell'ancorretta si trovano sopra le espansioni polari di un elettromagnete; la parte orizzontale del nucleo di quest'ultimo è fissata ad un gambo di una forte calamita ad U (vedi fig. 21), mentre l'altro gambo della calamita è proteso in avanti sopra l'ancorretta.

Supponiamo che in un primo momento non passi nessuna corrente nell'avvolgimento dell'elettromagnete. Ciononostante, per effetto della calamita esistono già i campi magnetici  $F_1$  ed  $F_2$ , le cui linee di forza passano dal polo superiore della calamita alle espansioni dell'elettromagnete il quale è fissato al polo inferiore.

L'ancorretta giace entro questi campi magnetici. Non appena passa corrente nell'elettromagnete, esso si magnetizza; supponendo che la corrente fluisca dapprima in una sola direzione, si formerà per esempio un polo nord nell'espansione 1 e un polo sud nell'espansione 2. In questo caso le linee di forza uscenti dal polo nord dell'espansione 1 risulteranno dirette in senso contrastante alle linee di forza uscenti dal polo nord della calamita. Ciò significa che il campo magnetico  $F_1$  rimarrà indebolito, mentre nello stesso tempo verrà rinforzato il campo  $F_2$ , poichè essendosi formato un polo sud nella espansione 2, da questo lato le linee di forza avranno la medesima direzione di quelle della calamita.

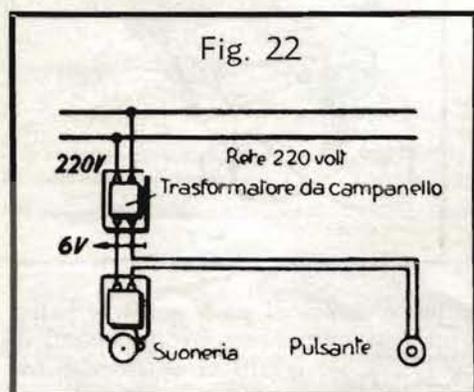


Se prima del passaggio della corrente l'ancoretta era in equilibrio, ora, per effetto della variazione nel rapporto di forza di due campi magnetici, essa si sposterà verso un lato. L'estremità sinistra dell'ancoretta si avvicinerà alla espansione 2, mentre l'estremità destra si allontanerà dall'espansione 1. Non appena la corrente cambia senso, cambia anche la direzione del movimento dell'ancoretta, e quindi il battaglio colpisce alternativamente l'uno e l'altro campanello. Poichè la direzione della corrente alternata si inverte assai rapidamente, anche il battaglio si muove con grande velocità. Se la corrente d'alimentazione ha la frequenza di 50 hertz, il battaglio colpirà ogni secondo 50 volte un campanello e 50 volte l'altro.

È da osservare infine che la suoneria a corrente alternata non possiede contatti e quindi il suo esercizio è molto più sicuro della suoneria a corrente continua.

### Il trasformatore da campanello

In pratica si utilizza raramente la tensione della rete (compresa tra 110 e 220 volt) per l'esercizio di campanelli a corrente alternata; si preferiscono generalmente tensioni alternate notevolmente minori. Le suonerie alimentate direttamente dalla rete si chiamano « suonerie per corrente forte », mentre quelle alimentate con tensioni alternate più basse si chiamano « suonerie per corrente debole » (per corrente alternata).



Volendo alimentare una suoneria per corrente debole dalla rete di corrente forte, è necessario inserire nella linea un cosiddetto « trasformatore », cui spetta il compito di ridurre la tensione. Tali trasformatori si trovano in commercio con la designazione di « trasformatori da campanello ». Nella fig. 22 è raffigurato un impianto di campanello con trasformatore d'alimentazione. La tensione adottata al trasformatore è quella della rete, cioè 220 volt; essa viene « trasformata », cioè ridotta a 6 volt.

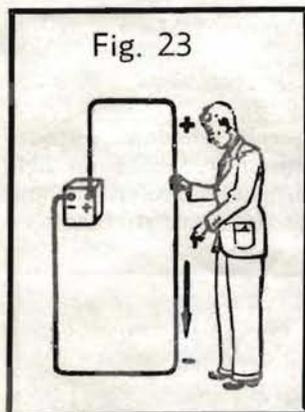
Più alta è la tensione di una corrente elettrica, e più pericolosa essa può essere per le persone. Le tensioni, di 6, 10 o 20 volt invece non producono alcun effetto nocivo sull'organismo umano.

Imparerete in seguito come sono costruiti e come funzionano i trasformatori, che avete conosciuto qui così di sfuggita. Sono necessarie infatti prima alcune spiegazioni, per poter seguire poi la descrizione di questo apparecchio.

## MAGNETISMO ED ELETTROMAGNETISMO

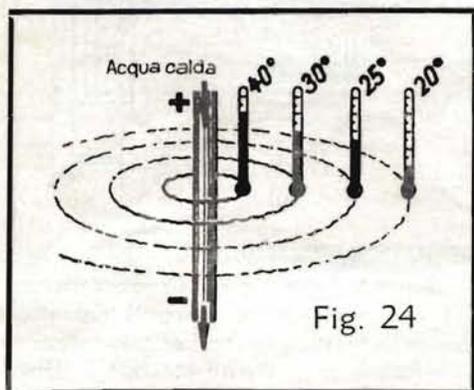
### La bobina magnetica

I concetti di « magnetismo » ed « elettromagnetismo » vi sono ormai noti; sapete per esempio che un nucleo di ferro si magnetizza, quando una bobina avvolta attorno ad esso viene percorsa dalla corrente. Finora non vi è stato però ancora detto che il campo magnetico si forma anche quando c'è solo la bobina, senza nucleo di ferro. Il campo magnetico si forma persino attorno ad un qualsiasi conduttore percorso da corrente, come vedremo subito.



Nella fig. 23 si vede un uomo che tiene in mano un conduttore elettrico; in esso passa una corrente diretta nel senso della freccia. A prima vista non si direbbe che la corrente elettrica produca in questo caso degli effetti esterni; eppure questi ci sono. Per far meglio comprendere ciò che avviene, facciamo un paragone.

In una tubazione del riscaldamento centrale scorre acqua calda; di conseguenza il tubo è caldo ed irradia calore. Si forma quindi attorno alla tubazione ciò che potremmo chiamare un « campo calorico ». Nell'immediata vicinanza del tubo la temperatura è naturalmente più elevata; essa diminuisce però più ci allontaniamo dal tubo. Con l'aiuto di alcuni termometri si potrebbe controllare senza dubbio questo fatto, evidente ed a voi già certamente noto (fig. 24).

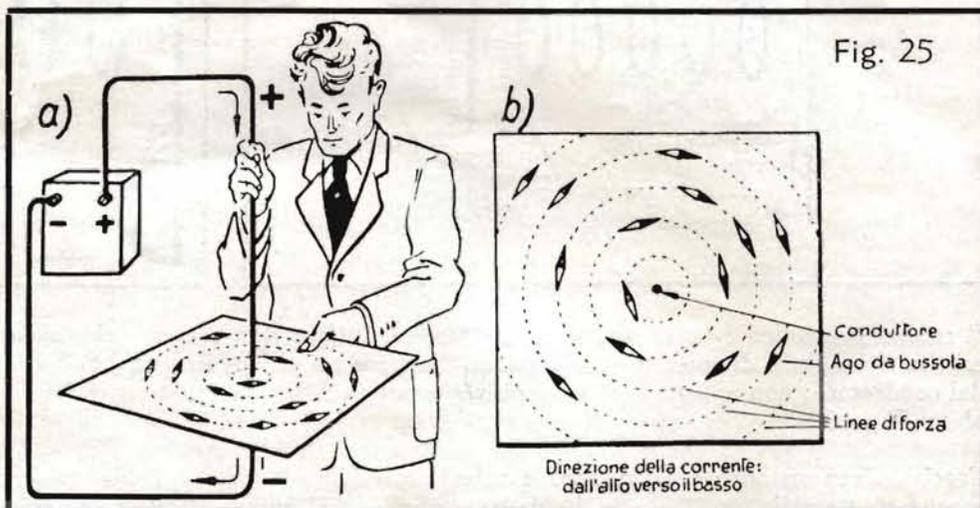


Attorno al conduttore tenuto in mano dall'uomo della fig. 23, quando è percorso dalla corrente si forma un « campo » analogo, ma però « magnetico ». L'esistenza del campo magnetico si dimostra facilmente con la disposizione rappresentata nella fig. 25-a. Si fa passare il filo attraverso un foglio di carta robusta, sul quale sono collocati parecchi aghi magnetici in modo che si possano muovere con facilità.

Quando non passa corrente nel filo, i piccoli aghi da bussola si orientano tutti nella direzione nord-sud. Non appena però la corrente circola nel filo, per effetto di una forza invisibile, gli aghi si dispongono tutti nella direzione mostrata nella fig. 25-b. Il cambiamento di orientamento degli aghi da bussola dimostra che attorno al conduttore, non appena esso è percorso dalla corrente, si è formato un « campo di linee di forza ».

Constatiamo inoltre in questa occasione che tutti i poli nord degli aghi sono orientati nel medesimo senso sulle traiettorie circolari. Se la corrente circola nel filo nella direzione indicata nelle fig. 25-a e 25-b, cioè dall'alto al basso, i poli si orientano nel senso del movimento delle lancette dell'orologio. Il campo che circonda il conduttore elettrico possiede quindi la direzione indicata nella fig. 26.

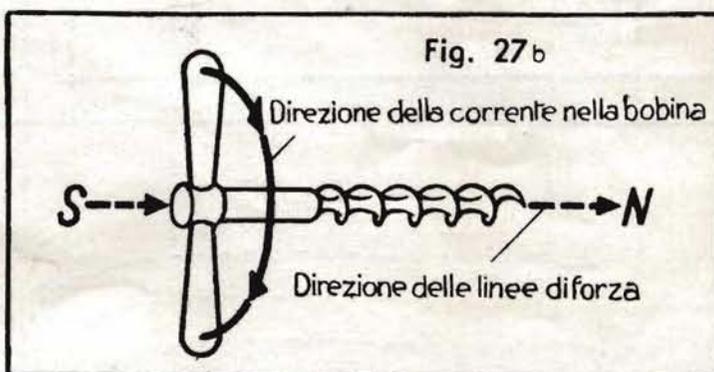
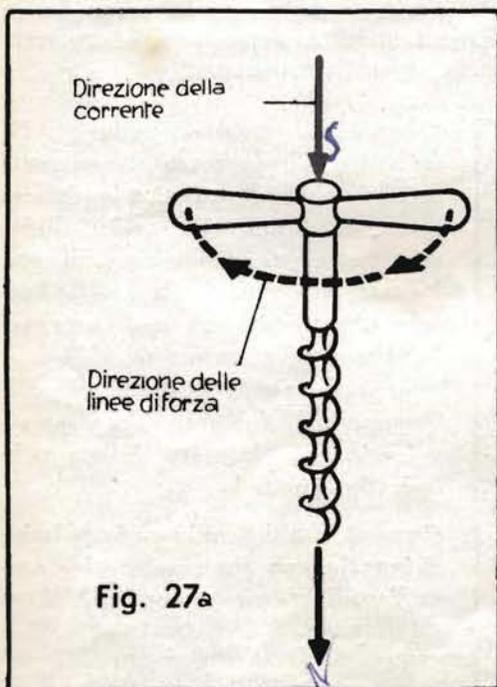
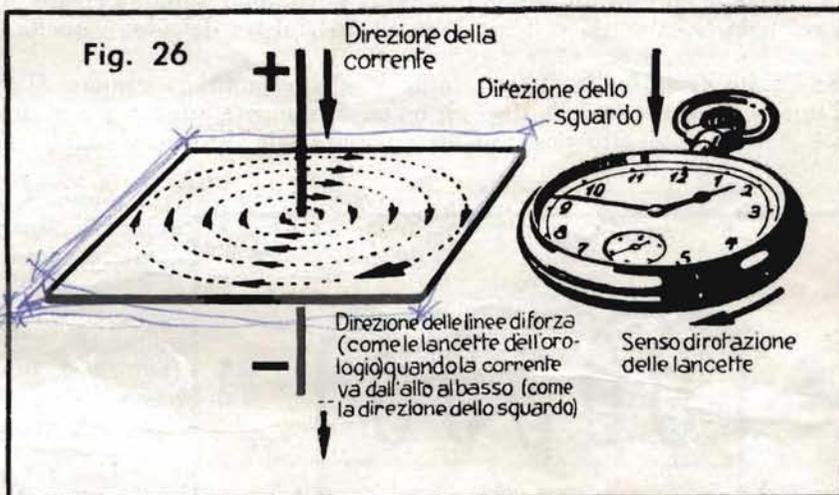
Accanto al foglio attraversato dal conduttore, è qui visibile un orologio per dimostrare in modo più evidente la direzione delle linee di forza. Naturalmente l'orologio lo si osserva guardando dall'alto verso il basso, e quindi la direzione dello sguardo è uguale a quella della corrente elettrica. La direzione delle linee di forza corrisponde allora esattamente a quella indicata dal movimento delle lancette dell'orologio.



Se la corrente fluisse nel senso contrario, cioè dal basso verso l'alto, dovremmo capovolgere l'orologio e osservare il quadrante dal basso verso l'alto: anche in questo caso la direzione delle linee di forza si potrebbe determinare nel medesimo modo.

La regola detta del «cavatappi» o del cacciavite, usata comunemente nell'elettrotecnica, permette di determinare la direzione delle linee di forza conoscendo la direzione della corrente, e viceversa.

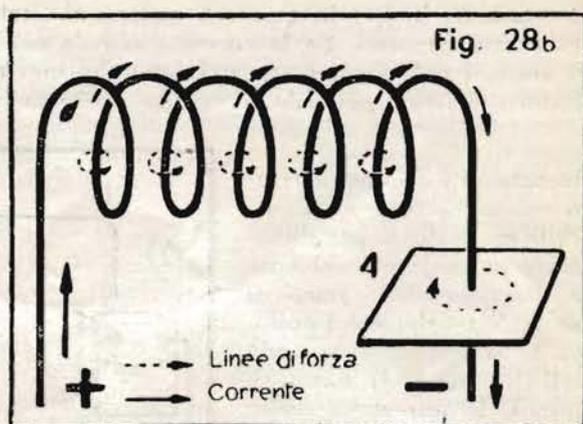
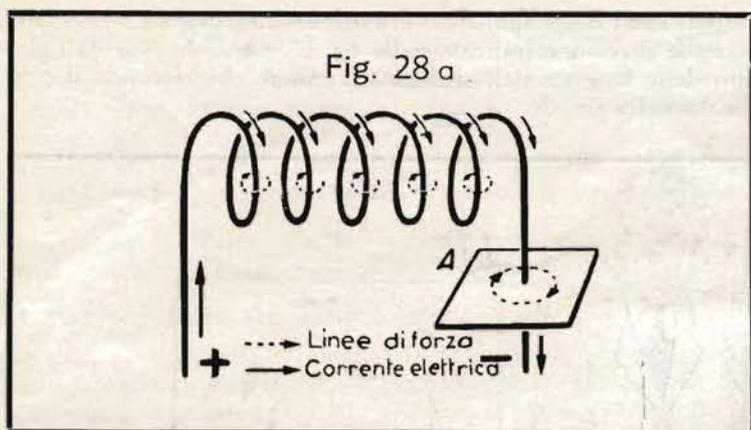
Avvitando un cavatappi (munito, come al solito, di elica destrogira), in modo



di farlo avanzare nella direzione della corrente circolante in un conduttore diritto (fig. 27-a), si ottiene il medesimo senso di rotazione delle linee di forza concentriche. (Si confronti con la fig. 25).

Volendo invece determinare la direzione delle linee di forza prodotte da una bobina, si immagina di far coincidere il cavatappi con l'asse longitudinale della bobina, e di farlo girare nel senso della corrente circolante nella bobina stessa (fig. 27-b). La direzione dello spostamento del cavatappi corrisponde allora alla direzione delle linee di forza nell'interno della bobina (si confronti la fig. 30 a pag. 8). È chiaro che se il cavatappi girerà da sinistra a destra il

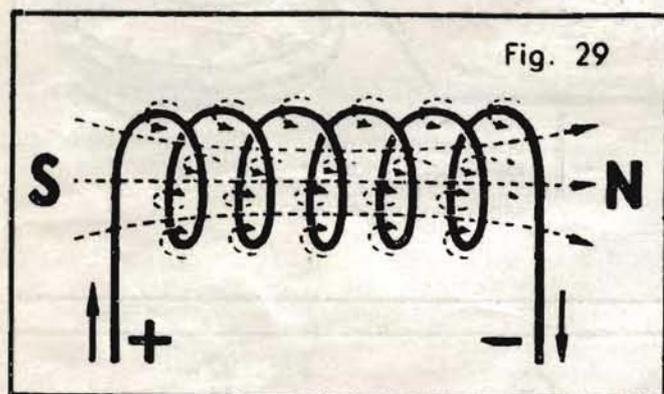
suo spostamento sarà in avanti e se girerà da destra a sinistra si sposterà all'indietro.



Il campo magnetico è tanto più forte, quanto più intensa è la corrente che passa nel filo; anche senza aghi magnetici è possibile dimostrarne l'esistenza: si sparge un po' di limatura di ferro sul foglio di carta attraversato dal conduttore; non appena si fa passare la corrente nel filo, la limatura si dispone in cerchi concentrici attorno al conduttore.

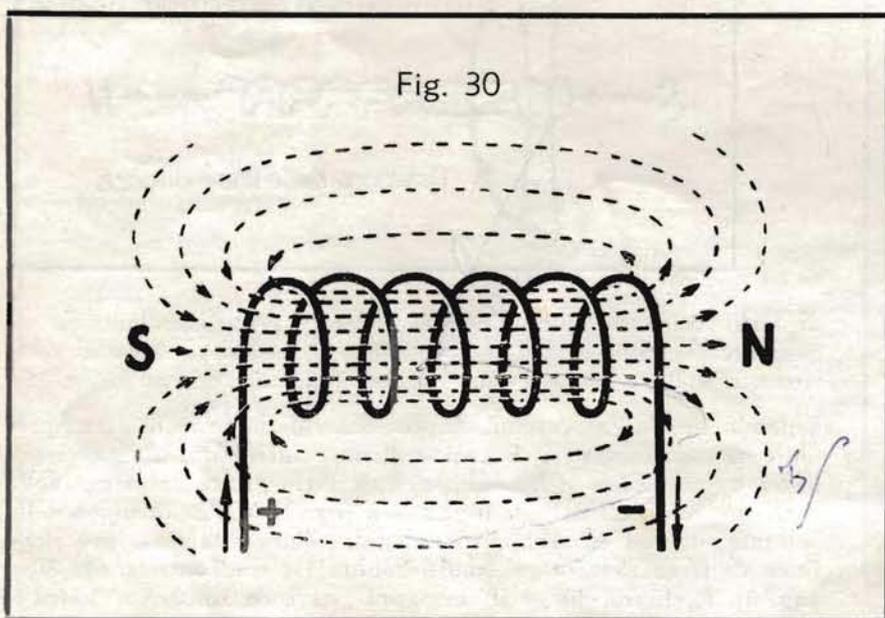
Facciamo ora un altro esperimento: avvolgiamo il filo ad elica in modo da formare una bobina, come quella rappresentata nella fig. 28-a, che si chiama « solenoide ». Supponiamo che la corrente entri all'estremità sinistra del solenoide ed esca all'estremità destra; dovremmo quindi a rigore immaginare anche una sorgente di corrente, al cui polo positivo sia collegata l'estremità sinistra del filo, e quella destra al polo negativo.

Con l'aiuto di un foglio di carta infilato nel conduttore nel punto A e di alcuni aghi da bussola, determiniamo di nuovo la direzione delle linee di forza. Veramente quest'esperimento è ormai inutile, perchè applicando quanto è stato già spiegato possiamo determinare tale direzione semplicemente col ragionamento.



Nel punto A la corrente va dall'alto verso il basso; quindi le linee di forza hanno la direzione corrispondente al senso delle lancette dell'orologio. Sempre allo stesso modo si può stabilire la direzione delle linee di forza attorno alle metà anteriori delle spire del solenoide (fig. 28-a), e così pure per le metà posteriori (fig. 28-b). Infine segniamo le linee di forza in alto e in basso per ciascuna spira, e otteniamo la rappresentazione schematica della fig. 29.

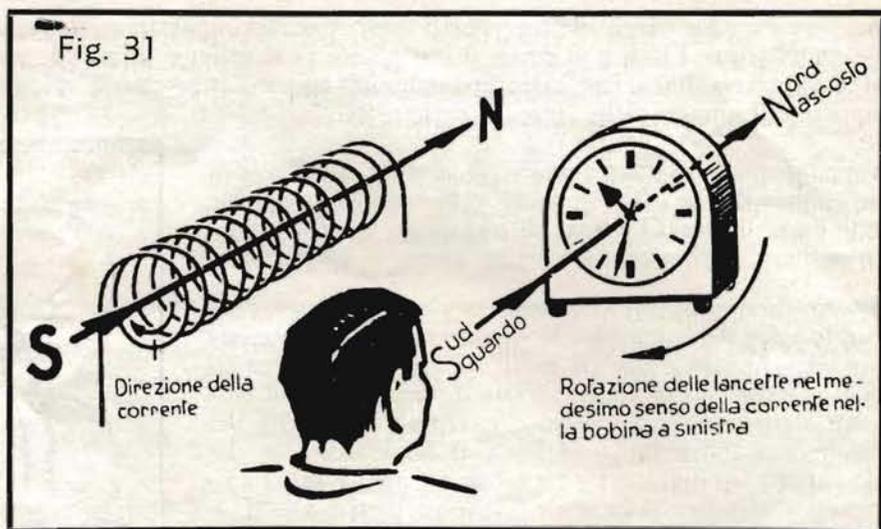
Osserviamo ora che le singole linee di forza si assestano nell'interno della bobina; supponendo naturalmente sempre che la direzione della corrente ammessa in partenza sia rimasta inalterata, si produce così un forte campo orientato da sinistra verso destra.



Come è già accennato nella fig. 29, un solenoide percorso da corrente possiede delle proprietà identiche a quelle di un magnete, e ciò si dimostra facilmente con l'aiuto di una bussola. Avvicinando l'ago della bussola all'estremità contrassegnata con la lettera S, si avvicinerà ad essa il polo nord, mentre in prossimità dell'estremità N del solenoide, l'ago rivolgerà verso la stessa il suo polo sud (fig. 30).

Come si fa a determinare la polarità di una bobina elettromagnetica senza l'ausilio di mezzi appositi? Si osservi la fig. 31. Si riconosce che il campo di forza del solenoide assomiglia molto al campo di forza di un magnete. Prendiamo ora l'orolo-

gio e poniamolo accanto alla bobina in modo che il movimento delle lancette corrisponda alla direzione della corrente; in altre parole, controlliamo da quale estremità del solenoide il senso di circolazione della corrente corrisponde col senso dell'orologio. In queste condizioni, la direzione delle linee di forza nell'interno della bobina corrisponde alla direzione dello sguardo. Il punto dal quale parte lo sguardo, corrisponde al polo Sud, mentre il polo Nord si trova dietro al quadrante dell'orologio, quindi **Nascosto**.



Dato che come abbiamo visto un solenoide percorso da corrente possiede un polo nord ed un polo sud, è evidente che, sospendendolo in modo che esso possa facilmente girare, esso si orienterà come l'ago di una bussola. La fig. 32 rappresenta questo esperimento, che dimostra la giustezza del ragionamento.

### L'elettromagnete

Aggiungiamo ora un ulteriore ragionamento per completare la spiegazione sui campi magnetici generati dalle bobine percorse da corrente.

Dobbiamo perciò riferirci a quanto è già stato spiegato a proposito degli elettromagneti. Nel frattempo avete inoltre appreso che anche un semplice solenoide percorso da corrente genera un campo magnetico. È facile comprendere pertanto che, infilando un nucleo di ferro entro un solenoide, si ottiene un campo magnetico più intenso. Le minuscole particelle di ferro, che costituiscono dei piccoli magneti, si orientano tutte nella direzione delle linee di forza, sotto l'azione del campo magnetico del solenoide; in questo modo si forma un elettromagnete (fig. 33).

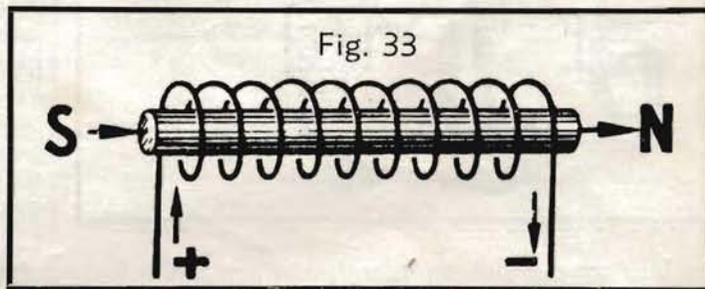
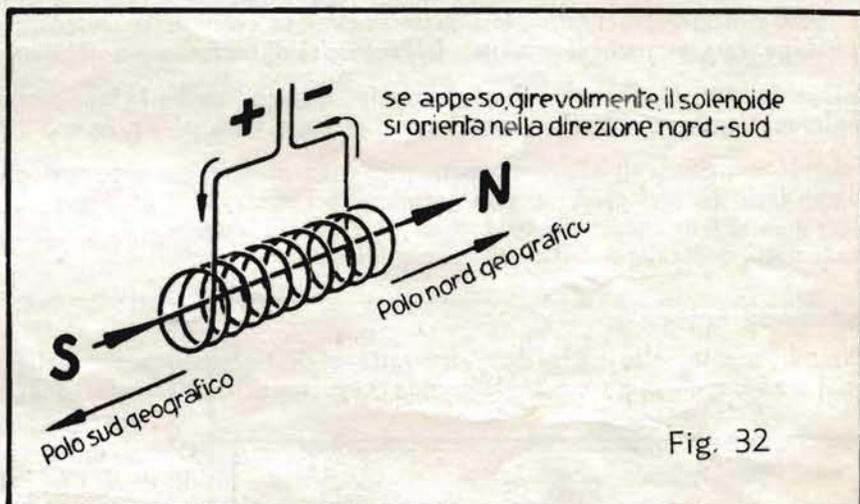
Naturalmente il campo magnetico del solenoide è tanto più intenso, quanto più numerose sono le sue spire; inoltre è chiaro che l'intensità del campo dipende anche dall'intensità della corrente circolante nel solenoide stesso.

Riassumendo:

Un elettromagnete è tanto più forte, quanto maggiore è la corrente che circola attorno al nucleo, ossia quanto più numerose sono le spire avvolte attorno ad esso. Un elettromagnete è inoltre tanto più forte, quanto più intensa è la corrente circolante nell'avvolgimento.

Queste due proprietà sono facili da ricordare. Pensiamo per esempio anche ad un calorifero: l'effetto riscaldante aumenta sia col crescere del numero degli « elementi » che costituiscono il calorifero (e che possiamo paragonare alle spire di un solenoide), sia con l'aumentare della quantità d'acqua calda circolante negli « elementi » stessi.

Esistono quindi due modi per costruire un forte elettromagnete: o si fanno molte spire di filo isolato (naturalmente il filo deve essere isolato), oppure si fa passare nella bobina una corrente molto intensa. Se necessario si possono riunire anche entrambe le condizioni e far circolare una corrente forte attraverso numerose spire.



Nel calcolo degli elettromagneti è di speciale importanza il prodotto dell'intensità di corrente per il numero di spire; si ottiene infatti il medesimo effetto facendo passare 5 ampère attraverso 100 spire, come inviando 100 ampère attraverso 5 spire. In entrambi i casi il prodotto fra gli ampère e il numero delle spire è uguale a 500.

Supponiamo di effettuare una sezione attraverso l'asse di un solenoide (fig. 34). Nella fig. 34 sono disegnate due sole linee di forza. Le linee di forza sono sempre chiuse in se stesse e circondano le spire percorse da corrente.

Si dice che le linee di forza sono « concatenate » con le spire del solenoide, in quanto esse si abbracciano vicendevolmente come gli anelli di una catena. Una linea di forza chiusa è attraversata da un insieme di correnti elettriche, la cui somma determina l'intensità del campo magnetico lungo la linea di forza stessa, e che si chiama quindi « forza magnetomotrice ». Nella fig. 34 la somma delle correnti è  $I + I + I + I + I = 5I$ . Poichè la corrente passa attraverso 5 spire,  $5I$  non è altro che il prodotto dell'intensità di corrente per il numero di spire.

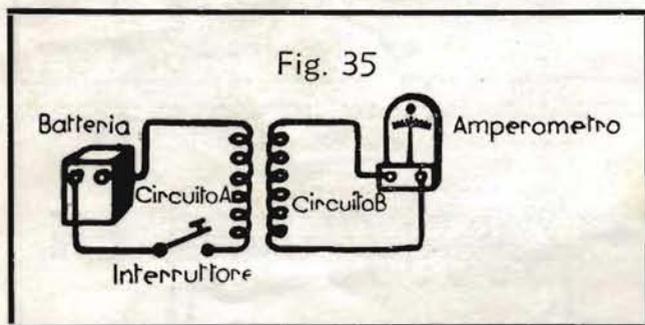
In una bobina, la forza magnetomotrice è quindi uguale alla somma di tutte le correnti concatenate con la linea di forza considerata. Trattandosi della medesima corrente concatenata per tante volte, quante sono le spire della bobina, essa è uguale al prodotto dell'intensità di corrente per il numero di spire.

Poichè le singole correnti si misurano in ampère, anche la loro somma andrebbe a rigori indicata in ampère. Nella pratica però si parla generalmente di ampère-spire.

Volendo costruire un elettromagnete provvisto di una forza magnetomotrice di 1000 ampère (o ampère-spire), si può farlo in vari modi; si può prendere per esempio 10 ampère e 100 spire, oppure 5 ampère e 200 spire, o 1 ampère e 1000 spire, ecc.; in tutti i casi si ottiene la forza magnetomotrice desiderata di 1000 ampère-spire.

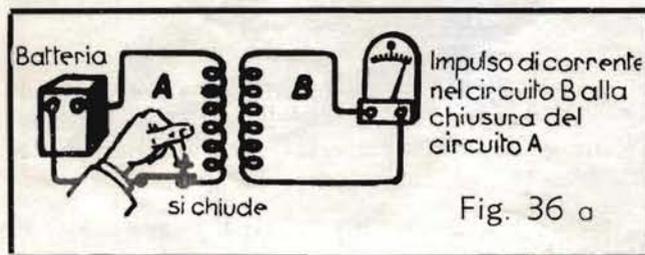
### Induzione mutua

Facendo seguito alle spiegazioni ora fatte sugli elettromagneti vogliamo toccare brevemente il campo della induzione mutua, di grande importanza nella tecnica delle telecomunicazioni.



fra loro ma esse devono essere poste non molto lontane l'una dall'altra, ad una distanza tale che le linee di forza della prima possano attraversare la seconda. In questo caso si dice che le due bobine sono « accoppiate magneticamente » fra loro.

Nella fig. 35 l'interruttore è aperto e quindi nel circuito A non scorre alcuna corrente; anche nel circuito B non

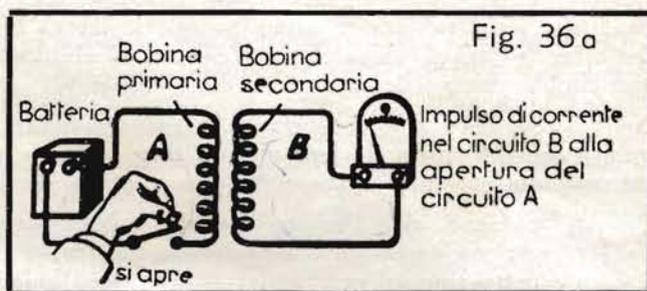


Osservate ora la fig. 35. Essa rappresenta due bobine disposte l'una accanto all'altra e che, in pratica, potranno essere anche avvolte l'una sull'altra. La bobina di sinistra, è collegata ad una batteria per mezzo di un interruttore; quando l'interruttore è chiuso, questa bobina con la batteria costituiscono il circuito A. La bobina di destra è collegata ad un amperometro a zero centrale con il quale costituisce il circuito B. (Come vi è noto nell'amperometro a zero centrale, l'indice si sposta verso sinistra o verso destra a seconda del senso nel quale circola la corrente da misurare).

Le due bobine non hanno nessun collegamento diretto l'una dall'altra, ad una distanza tale che le linee di forza della prima possano attraversare la seconda. In questo caso si dice che le due bobine sono « accoppiate magneticamente » fra loro.

Nella fig. 35 l'interruttore è aperto e quindi nel circuito A non scorre alcuna corrente; anche nel circuito B non passa alcuna corrente e quindi l'indice dell'amperometro è fermo sullo zero centrale. Eseguiamo ora un esperimento: come mostra la fig. 36-a chiudiamo l'interruttore del circuito A; noteremo allora che l'indice dell'amperometro del circuito B devia verso destra ritornando però subito allo stato di riposo; ciò è avvenuto perchè nel momento in cui si è verificata la chiusura del circuito A e solo per quell'istante, si è formato nel circuito B un breve impulso di corrente. Infatti, dopo l'attimo in cui è avvenuta la chiusura del-

l'interruttore, benchè questo rimanga chiuso e nel circuito *A* continui a circolare la corrente, lo strumento in *B* non indica alcun passaggio di corrente in questo circuito. Solo se apriamo l'interruttore del circuito *A* (fig. 36-b) si ha una nuova deviazione dell'indice dell'amperometro in *B*, ma questa volta in senso opposto a quella precedente; anche ora l'indice torna subito a zero dopo l'apertura dell'interruttore.



Il risultato del nostro esperimento ci dimostra che tanto nella chiusura che nella apertura di un circuito nel quale sia compresa una bobina, viene indotta una tensione in una seconda bobina posta vicina alla prima, e con essa accoppiata magneticamente. Se questa seconda bobina fa parte di un circuito, la tensione indotta provocherà in esso un breve passaggio di corrente. Rileviamo anche che la corrente indotta nel secondo circuito circola in un senso se prodotta dalla chiusura del 1° circuito ed in senso opposto se prodotta invece dalla sua apertura.

Tecnicamente chiameremo « bobina primaria » quella del circuito *A* e « bobina secondaria » quella del circuito *B*; per questa ragione avremo un circuito primario e una corrente primaria, un circuito secondario ed una corrente secondaria. Completando il nostro esperimento noteremo anche che la corrente in *B* viene indotta non solo chiudendo e aprendo il circuito *A*, ma anche solo aumentando o diminuendo l'intensità della corrente che circola in *A*.

La regola da ricordare in proposito è la seguente:

« Chiudendo il circuito primario o aumentando l'intensità della corrente primaria si induce nel circuito secondario una corrente secondaria con direzione opposta a quella della corrente primaria.

« Aprendo il circuito primario o diminuendo l'intensità della corrente primaria si induce nel circuito secondario una corrente secondaria con direzione uguale a quella primaria ».

Un semplice paragone può aiutarvi a meglio comprendere i fenomeni che abbiamo sopra considerati. Nelle figg. 37, 38, 39 e 40 il ragazzo *A*, in piedi, rappresenta il circuito *A* (circuito primario) e il ragazzo *B*, seduto al centro del carretto, rappresenta il circuito *B* (circuito secondario).



Nella fig. 37, il ragazzo *A* sta fermo, il ragazzo *B* sta tranquillamente seduto sul carretto (ciò significa che nè nel circuito *A* nè in quello *B* circola corrente). Il ragazzo *A* si mette in moto tutto ad un tratto e cammina in avanti (fig. 38), il ragazzo *B* riceve un colpo e cade all'indietro (ciò significa che il circuito *A* viene chiuso e che nel circuito *B* viene indotta una tensione che provoca un impulso di corrente che circola in senso contrario a quella del circuito *A*).

Nella fig. 39 il ragazzo *A* cammina con andatura regolare, il ragazzo *B* se ne sta tranquillo e fermo al centro del carretto (ciò significa che nel circuito *A* chiuso circola corrente, ma nel circuito *B* non succede nulla, cioè non circola alcuna corrente).

Nella fig. 40 il ragazzo *A* si arresta improvvisamente, il ragazzo *B* riceve un colpo e cade in avanti (ciò significa che il circuito *A* viene aperto, e nello stesso momento nel circuito *B* viene indotta una tensione che provoca una corrente di senso opposto a quella provocata dalla chiusura del circuito *A*).

Questo fenomeno, cioè l'azione che una bobina percorsa da corrente esercita su un'altra bobina non collegata direttamente ma posta nel suo campo magnetico, si chiama « induzione mutua » delle due bobine. Da quanto abbiamo detto sino ad ora risulta quindi che l'induzione mutua fra due bobine è una conseguenza della formazione e della distruzione o della variazione di intensità del campo magnetico della bobina primaria, il quale campo magnetico si forma e si distrugge rispettivamente con la chiusura e l'apertura del circuito primario e varia la sua intensità con il variare di quella della corrente che alimenta il circuito stesso.

Se la bobina primaria, invece di essere alimentata con la corrente continua di una pila, come abbiamo supposto sino ad ora, lo è con corrente alternata, il suo campo magnetico si forma e si distrugge automaticamente senza bisogno di alcun interruttore, ma semplicemente, perchè la corrente alternata per conto suo aumenta e diminuisce la sua intensità fra lo zero ed un valore massimo.

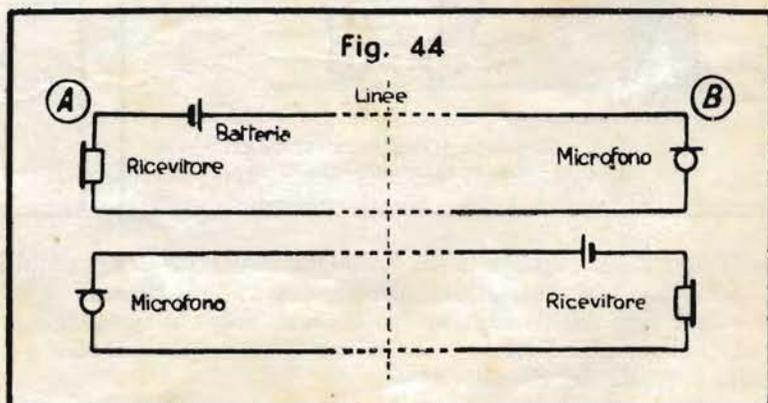
Se nella bobina primaria circola una corrente alternata, nella bobina secondaria viene indotta una tensione alternata che provoca una corrente pure alternata. Su questo principio si basa il funzionamento dei « trasformatori » o « traslatori » dei quali parleremo in un prossimo capitolo.

### Domande

1. Qual'è la differenza che passa tra una corrente d'acqua continua ed una alternata?
2. Qual'è la frequenza delle nostre reti a corrente alternata per illuminazione?
3. Qual'è l'apparecchio che permette di ridurre la tensione di rete, di p. es. 110 o 220 volt, alla tensione di p. es. 6 volt, occorrente per l'esercizio delle suonerie a corrente alternata?
4. A quale mezzo si ricorre per ricordare la direzione delle linee di forza attorno ad un conduttore percorso da corrente?
5. Da che cosa dipende la forza di un elettromagnete?
6. Che cosa avviene in un circuito elettrico contenente una bobina, quando si apre o si chiude un altro circuito pure contenente una bobina, situato in prossimità del primo?

### TELEFONIA

Nella fig. 65 della Dispensa N. 3 è rappresentato un impianto telefonico del tipo più semplice, disegnato senza far uso di alcun simbolo. Poichè però è necessario che impariate a leggere gli schemi costituiti da notazioni

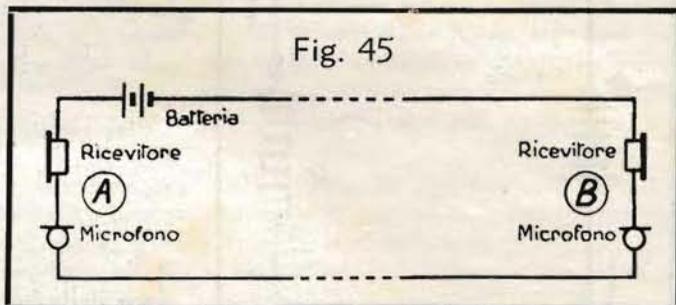


simboliche, ripetiamo lo schema sopra menzionato, usando la rappresentazione corretta (fig. 41).

Per comprendere lo schema è necessario conoscere i simboli per i ricevitori telefonici e per i microfoni; essi sono indicati nelle figg. 42 e 43. Nella fig. 41 una linea tratteggiata che circonda ricevitore e microfono indica che questi due organi sono normalmente riuniti in un'unica impugnatura, denominata « microtelefono ». I circuiti elettrici invece sono completamente separati, cosa questa che viene messa particolarmente in evidenza seguendo la rappresentazione della fig. 44.

Per il reciproco collegamento dei microfoni e dei telefoni occorrono in questo caso quattro fili. Collegando invece conformemente alla fig. 45 ne bastano solo due, e l'impianto si semplifica notevolmente.

Ricevitore e microfono della stazione A sono in questo caso semplicemente collegati in serie con ricevitore e microfono della stazione B; basta allora una sola batteria.



### COLLEGAMENTO IN SERIE ED IN PARALLELO DI CONSUMATORI

Prima di proseguire nella lezione di telefonia dobbiamo fare ora una piccola parentesi. Abbiamo accennato al fatto che i vari organi di due apparecchi telefonici vengono collegati in serie tra loro. Il concetto di « collegamento in serie » non è ormai più nuovo per voi, essendo stato trattato ampiamente nella Dispensa N. 2. Là però si parlava esclusivamente di sorgenti di corrente, mentre ora vogliamo parlare di collegamenti in serie e in parallelo di consumatori di corrente.

Prima di proseguire quindi nel campo delle telecomunicazioni, occorre illustrare i fondamenti fisici delle due specie di collegamenti. Anche qui è utile ricorrere ancora al paragone con l'acqua.

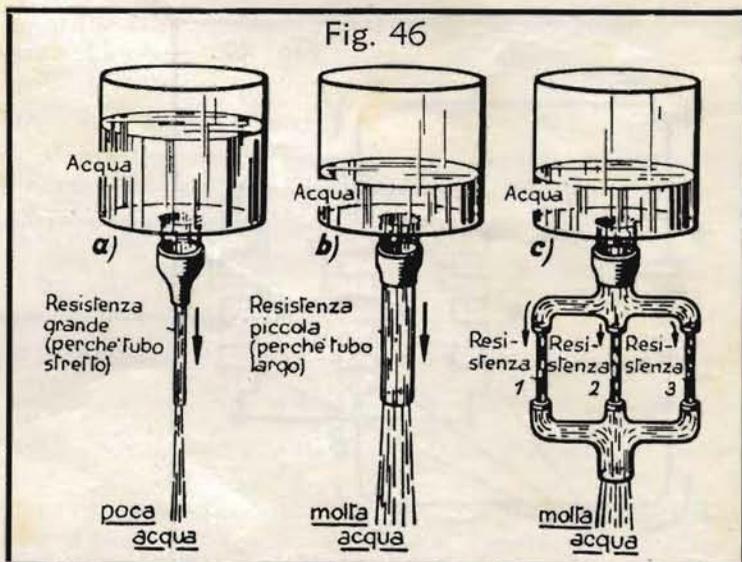
#### Il collegamento in parallelo

Nella fig. 46-a è visibile un serbatoio d'acqua con una apertura d'uscita in basso, alla quale è collegato un tubo relativamente stretto, che oppone quindi una resistenza piuttosto elevata all'uscita dell'acqua. Di conseguenza l'acqua che ne esce è poca e abbiamo una corrente debole.

Nella fig. 46-b invece il tubo stretto è sostituito con un tubo largo, che oppone solo una piccola resistenza all'uscita dell'acqua; abbiamo quindi una corrente forte.

Nella fig. 46-c è indicata infine una terza possibilità, consistente nell'allacciamento di tre tubi di piccola sezione all'apertura di uscita del serbatoio. Anche in questo caso l'acqua che esce è relativamente tanta; infatti, benchè ogni singolo tubo sia stretto e opponga una resistenza elevata al passaggio dell'acqua, questa trova a sua disposizione, per l'uscita, tre vie differenti, e la corrente complessiva risulta quindi relativamente forte. I tubi d'uscita sono in questo caso collegati in parallelo; la corrente d'uscita si dirama in tre correnti parziali parallele.

Riportiamo ora le medesime condizioni al circuito elettrico. Nella figura 47 è rappresentato un circuito contenente una resistenza « R » situata tra i punti A e B; la tensione elettrica, che « spinge » la corrente attraverso la resistenza, viene fornita dalla batteria, pure visibile nella figura. Nella fig. 48 abbiamo invece un analogo circuito d'acqua, nel quale una pompa fornisce la pressione necessaria a far passare la corrente d'acqua attraverso l'ostacolo costituito dal tubo stretto. L'intensità della corrente dipende dalla resistenza opposta dagli ostacoli esistenti nel circuito; ciò vale sia per la corrente elettrica che per quella d'acqua. Questo fatto non vi è del resto nuovo, poichè corrisponde alla legge di Ohm, per la quale l'intensità di corrente diminuisce con l'aumentare della resistenza:

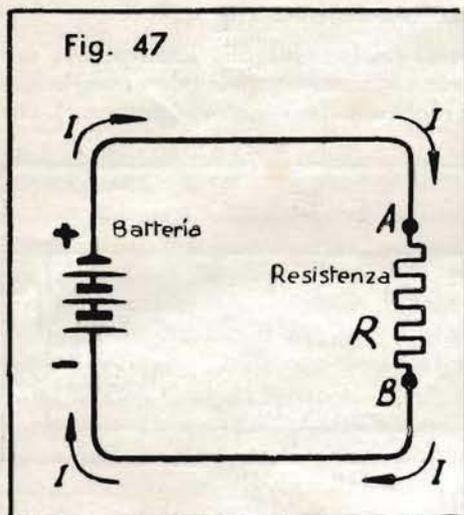


$$I = \frac{V}{R} \quad (\text{Formola 2})$$

$$V = I \cdot R$$

$$R = \frac{V}{I}$$

Fig. 47



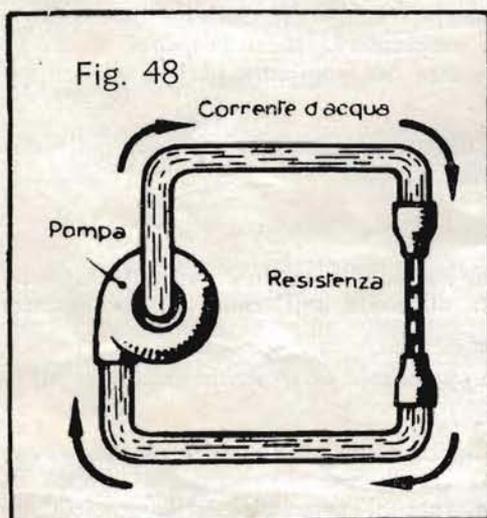
Si presuppone naturalmente che la tensione rimanga costante; per la batteria rappresentata nella fig. 47 ciò corrisponde alla realtà.

Più complicata è invece la situazione nella fig. 49, dove si trovano tre resistenze inserite in parallelo nel circuito elettrico. La fig. 50 mostra una disposizione analoga per correnti d'acqua, che vi faciliterà la comprensione; per ora però ci occuperemo solo dello schema elettrico della fig. 49.

Le tre resistenze inserite tra i punti A e B sono contrassegnate con le sigle  $R_1$ ,  $R_2$  ed  $R_3$ . Conosciamo la grandezza di ciascuna singola resistenza; non sappiamo però ancora quale sia la resistenza complessiva tra i punti A e B. Sappiamo solo che tra i punti A e B agisce una ben determinata tensione la quale, ammettendo che le linee di connessione siano prive di resistenza, è identica alla tensione della batteria.

Se quindi la tensione della batteria è  $V$ , abbiamo tra A e B la medesima tensione  $V$ , e quindi sempre la stessa tensione  $V$  è efficace ai capi delle resistenze  $R_1$ ,  $R_2$  come pure di quella  $R_3$ .

Fig. 48

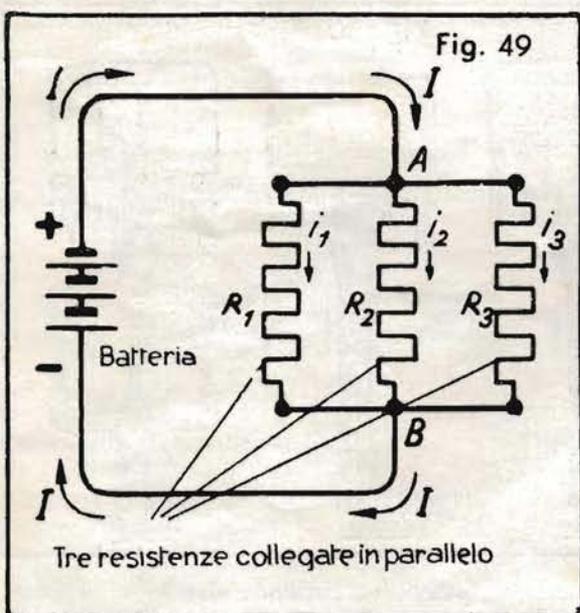


Per quanto riguarda l'intensità di corrente, le cose sono differenti. Nei conduttori allacciati alla batteria fluisce una corrente che designeremo con  $I$ . Nel punto A questa corrente si suddivide; una parte attraversa  $R_1$ , un'altra parte  $R_2$  e la terza  $R_3$ . Chiameremo le singole correnti parziali  $i_1$ ,  $i_2$  e  $i_3$ . La legge di Ohm ci permette ora di calcolare le

intensità di queste tre correnti, infatti:  $i_1 = \frac{V}{R_1}$ ;  $i_2 = \frac{V}{R_2}$ ;  $i_3 = \frac{V}{R_3}$

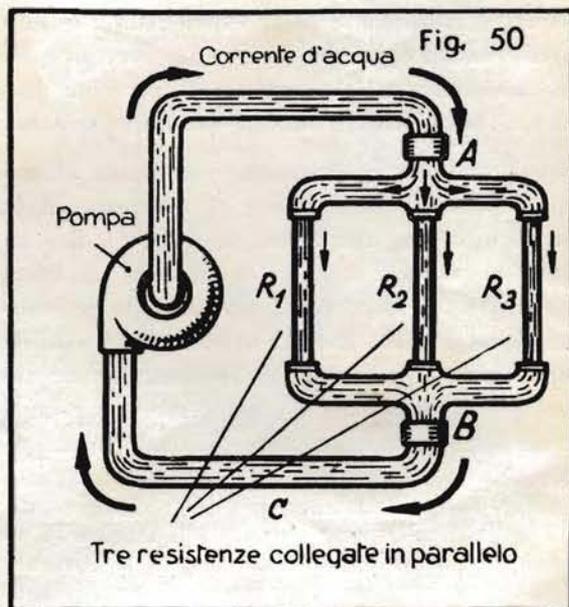
Poichè conosciamo la tensione  $V$  (la possiamo misurare con un voltmetro), e ci è inoltre noto il valore delle tre resistenze, potremmo determinare così senz'altro le singole intensità di corrente nei vari rami  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ . Non è questo però quanto ci interessava; noi volevamo infatti conoscere il valore della resistenza complessiva risultante dal collegamento in parallelo delle tre resistenze singole tra i punti A e B.

Fig. 49



Tre resistenze collegate in parallelo

Fig. 50



Tre resistenze collegate in parallelo

Osservate ora nuovamente la fig. 48. Abbiamo qui un circuito d'acqua con una resistenza. Naturalmente la corrente d'acqua ha la medesima intensità in ogni punto della condotta; la portata è la medesima sia prima che dopo l'ostacolo; è precisamente la portata che la resistenza lascia passare. Per un circuito senza diramazioni vale quindi la seguente legge:

*In un circuito senza diramazioni l'intensità di corrente è uguale in tutti i punti.*

Come stanno invece le cose in un circuito con diramazioni?

Osservate ora la fig. 50. Tra i punti A e B la corrente d'acqua è divisa in vari rami. Essa scorre in tre tubazioni differenti, ma si riunisce di nuovo nel punto B. Basta una semplice riflessione per trovare la giusta risposta alla domanda che abbiamo appena fatta.

È evidente che nel tubo  $R_1$  passerà una quantità d'acqua diversa da quella che scorre per esempio nel punto C della tubazione principale; e così pure ci saranno correnti ancora diverse nelle tubazioni  $R_2$  ed  $R_3$ . Solo nel caso che le resistenze  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$  dei tre rami siano uguali fra loro, le tre correnti avranno la medesima intensità. Oltre a ciò vi convincerete facilmente che le tre correnti dei singoli rami, sommate assieme, devono equivalere esattamente alla corrente nel punto C, poichè la portata complessiva dell'acqua non può in alcun punto essere minore o maggiore.

Riportiamo questi ragionamenti al circuito elettrico ramificato visibile nella fig. 49. La corrente erogata dalla batteria scorre nella linea fino al punto A, si dirama, attraversa le tre resistenze  $R_1$ ,  $R_2$  ed  $R_3$ , si riunisce nuovamente nel punto B e ritorna alla batteria. Non importa quali siano i valori delle resistenze  $R_1$ ,  $R_2$  ed  $R_3$ : la somma delle correnti che attraversano queste tre resistenze è sempre uguale alla corrente che passa nella conduttura principale, sia prima che dopo le resistenze.

Designando con  $I$  la corrente nella linea principale, con  $i_1$ ,  $i_2$  e  $i_3$  le correnti parziali, otteniamo la seguente

formula: 
$$I = i_1 + i_2 + i_3 \quad \dots \dots \dots \quad \text{(Formula 9)}$$

La legge rappresentata da questa formula, chiamata « prima legge di Kirchhoff » in onore dello scienziato che per primo la espresse, o anche « legge dei nodi » perchè riguarda i nodi, cioè le diramazioni nei circuiti, dice:

La somma delle intensità delle correnti parziali che defluiscono da un nodo è uguale all'intensità della corrente che vi affluisce, e viceversa la somma delle intensità delle correnti parziali affluenti ad un nodo è uguale all'intensità della corrente che ne defluisce.

In termini più brevi: *La corrente complessiva è uguale alla somma delle correnti parziali.*

**Problema:** Qual'è l'intensità di corrente nella conduttura principale, se nelle resistenze  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$  scorrono le correnti  $i_1 = 2$  ampère,  $i_2 = 3$  ampère e  $i_3 = 5$  ampère?

**Soluzione:** In base alla prima legge di Kirchhoff sommiamo le correnti parziali e otteniamo il risultato:

$$I = i_1 + i_2 + i_3 = 2 + 3 + 5 = 10 \text{ ampère.}$$

Veniamo all'utilizzazione pratica delle nozioni ora acquisite. Avevamo calcolato in precedenza le intensità delle correnti  $i_1$ ,  $i_2$  e  $i_3$  per il circuito della fig. 49, servendoci della legge di Ohm. Per la corrente complessiva vale naturalmente sempre la legge  $I = \frac{V}{R}$  dove  $R$  è la resistenza complessiva, risultante dalla connessione in parallelo delle tre resistenze  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ . Per la legge di Kirchhoff, è:  $I = i_1 + i_2 + i_3$ .

Inseriamo ora in questa equazione i valori delle intensità delle correnti, che otteniamo dalla legge di Ohm come quozienti della tensione divisa per la resistenza. Abbiamo:

$$\frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

Ciascun termine di questa equazione è divisibile per  $V$ , e giungiamo in tal modo alla formula definitiva che dà la resistenza risultante da tre o più resistenze collegate in parallelo:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \quad \dots \quad \text{(Formula 10)}$$

La formula si semplifica ulteriormente se si designa l'espressione  $\frac{1}{R}$  come *conduttanza*  $G$  della resistenza. Più elevata è la resistenza  $R$ , e peggio essa conduce la corrente, e quindi tanto più bassa è la sua conduttanza  $G$ . Poichè  $R$  si misura in ohm, la conduttanza  $G = \frac{1}{R}$  va misurata in  $\frac{1}{\text{ohm}}$  = « siemens ».

L'unità di misura della conduttanza si chiama « siemens » (leggi simens) in onore dell'inventore germanico *Werner von Siemens*, ed è il reciproco dell'ohm, come la conduttanza è il reciproco della resistenza. Nei paesi anglosassoni invece l'unità di misura della conduttanza non si chiama « siemens »: si usa il termine « mho », che è la parola « ohm » capovolta.

Le conduttanze delle tre resistenze sono quindi:  $G_1 = \frac{1}{R_1}$ ;  $G_2 = \frac{1}{R_2}$ ;  $G_3 = \frac{1}{R_3}$

Dall'equazione  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$  si ottiene, per la conduttanza complessiva di tre o più resistenze

collegate in parallelo: 
$$G = G_1 + G_2 + G_3 + \dots \quad \dots \quad \text{(Formula 11)}$$

Per il collegamento in parallelo di resistenze si ha quindi:

*La conduttanza complessiva equivale alla somma delle conduttanze singole.*

Quando le resistenze collegate in parallelo sono due, l'equazione diventa:

$$G = G_1 + G_2 \text{ oppure: } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Naturalmente queste relazioni non valgono soltanto per 2 o 3 rami collegati in parallelo, bensì per un numero qualsiasi di rami. Per esempio per quattro rami in parallelo abbiamo:

$$G = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 \quad \text{ossia:} \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

Ancora un esempio:

**Problema:** Tre resistenze  $R_1 = 2$  ohm,  $R_2 = 5$  ohm,  $R_3 = 10$  ohm sono collegate in parallelo; qual'è il valore della resistenza complessiva  $R$ ?

**Soluzione:** Le singole conduttanze sono:

$$G_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ siemens} \quad G_2 = \frac{1}{R_2} = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ siemens} \quad G_3 = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ siemens}$$

Conduttanza complessiva:  $G = G_1 + G_2 + G_3 = 0,5 + 0,2 + 0,1 = 0,8$  siemens.

Resistenza complessiva:  $R = \frac{1}{G} = \frac{1}{0,8} = 1,25$  ohm.

Il risultato del problema ora svolto dimostra una proprietà che va sempre tenuta presente:

*Nel collegamento in parallelo di più rami, la resistenza complessiva è sempre inferiore alla più piccola delle resistenze singole.*

## Il collegamento in serie

Nella fig. 51 si vede una conduttura d'acqua nella quale sono collegate « in serie » tre resistenze; la corrente d'acqua deve quindi superare dapprima la resistenza 1 poi la resistenza 2, infine la resistenza 3. Essa attraversa quindi successivamente i tre ostacoli. Naturalmente ciò provocherà un indebolimento della corrente, per cui la quantità dell'acqua uscente rimarrà diminuita. Nella fig. 52 è rappresentata una disposizione simile, nella quale però l'acqua circola in un circuito chiuso. Per la portata dell'acqua vale quanto si è detto prima: la corrente deve superare successivamente tre resistenze, e rimane quindi indebolita. La portata sarà necessariamente limitata.

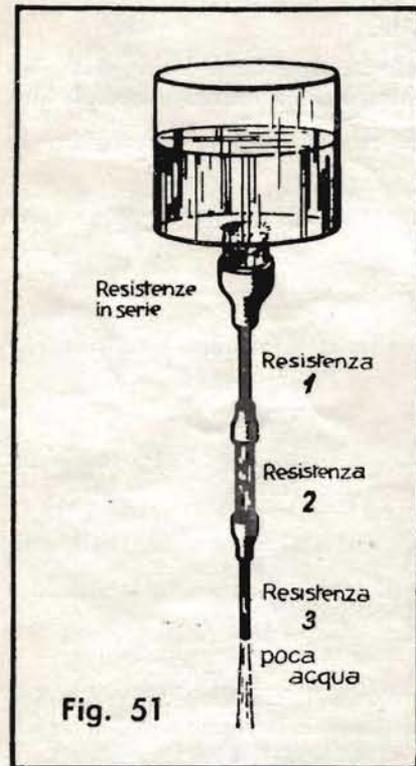


Fig. 51

Riportiamo quanto abbiamo visto ora alle condizioni elettriche. Nella fig. 53 è rappresentato un circuito elettrico contenente tre resistenze  $R_1$ ,  $R_2$  ed  $R_3$ , collegate in serie tra di loro.

Supponiamo di conoscere il valore delle tre resistenze singole; il valore della resistenza complessiva non è però noto.

Indicheremo ora il procedimento da seguire per determinare questa resistenza complessiva. In questo circuito, che non possiede diramazioni, l'intensità di corrente è uguale in tutti i punti, cioè tanto nelle linee partenti dalla batteria, quanto nelle resistenze stesse. Il suo valore sia  $I$ . Qual'è invece la tensione nel circuito? Supposto che le linee di connessione alla batteria non abbiano resistenza propria, la tensione tra i punti A e D equivale naturalmente alla tensione  $V$  della batteria. Non ci sono ancora note le tensioni esistenti tra i punti A e B, B e C, C e D; però le chiameremo rispettivamente  $v_1$ ,  $v_2$  e  $v_3$ . È chiaro che la tensione complessiva  $V$  non è altro che la somma delle tensioni parziali, e cioè:

$$V = v_1 + v_2 + v_3 \quad \dots \dots \dots \text{(Formula 12-a)}$$

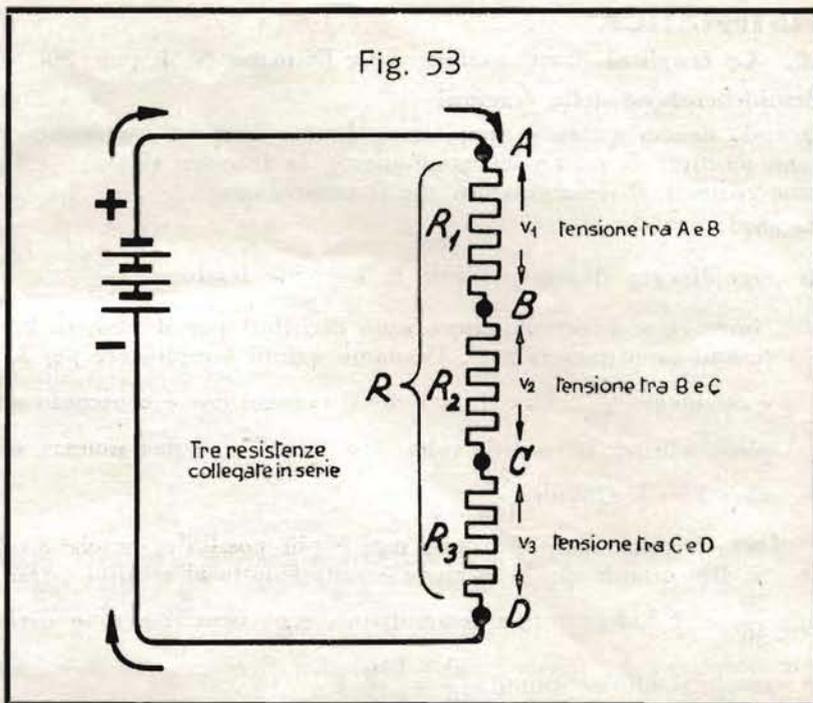
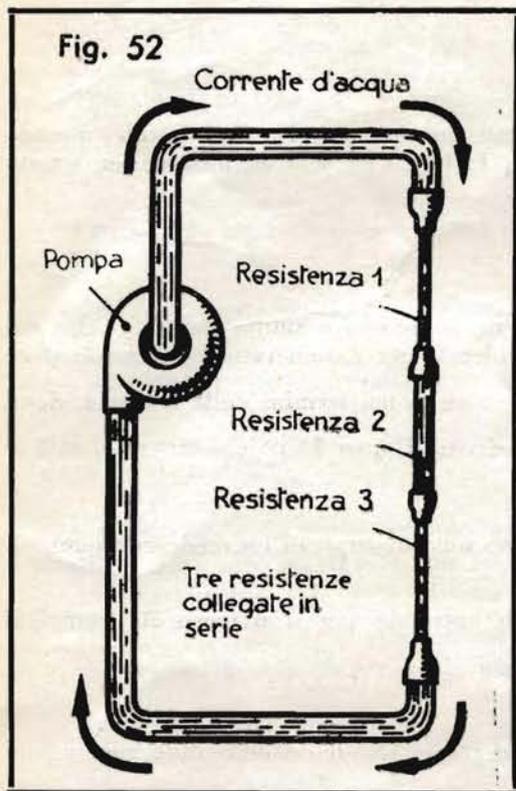
Questa formula costituisce la « seconda legge di Kirchhoff »:

La somma delle singole tensioni esistenti ai capi di più resistenze collegate in serie tra loro è uguale alla tensione complessiva.

**Problema:** Le resistenze  $R_1 = 8$  ohm,  $R_2 = 12$  ohm ed  $R_3 = 30$  ohm sono collegate in serie ed attraversate dalla corrente  $I = 3$  ampère. Qual'è il valore delle tensioni parziali  $v_1$ ,  $v_2$  e  $v_3$  e della tensione complessiva  $V$ ?

**Soluzione:** In base alla legge di ohm abbiamo:

$$\begin{aligned} v_1 &= R_1 \cdot I = 8 \cdot 3 = 24 \text{ volt;} & v_2 &= R_2 \cdot I = 12 \cdot 3 = 36 \text{ volt;} \\ v_3 &= R_3 \cdot I = 30 \cdot 3 = 90 \text{ volt;} & V &= v_1 + v_2 + v_3 = 24 + 36 + 90 = 150 \text{ volt.} \end{aligned}$$



Per la legge di Ohm è:

$$v_1 = R_1 \cdot I; \quad v_2 = R_2 \cdot I; \quad v_3 = R_3 \cdot I$$

Inoltre vale naturalmente anche la relazione  $V = R \cdot I$ , dove  $R$  significa la resistenza complessiva dei tre rami collegati in serie. Poichè abbiamo constatato che  $V = v_1 + v_2 + v_3$ , possiamo scrivere:

$$R \cdot I = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I + R_3 \cdot I$$

Ciascun termine dell'equazione è divisibile per  $I$ ; otteniamo così la formula definitiva per la resistenza di tre rami collegati in serie:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad \text{(Formula 12-b)}$$

Per il collegamento in serie di più resistenze vale quindi:

*La resistenza complessiva è uguale alla somma delle resistenze singole.*

Nel caso del collegamento in serie di quattro resistenze è quindi:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

Dalla formula (12-b) risulta che la resistenza complessiva è tanto più grande, quanto maggiore è il numero delle singole resistenze collegate in serie. È quindi da ricordare che:

*Nel collegamento in serie di più rami, la resistenza complessiva è sempre superiore alla più grande delle resistenze singole.*

**Problema:** Si collegano in serie le resistenze  $R_1 = 5$  ohm,  $R_2 = 10$  ohm e  $R_3 = 20$  ohm. Qual'è la resistenza complessiva?

**Soluzione:**

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 5 + 10 + 20 = 35 \text{ ohm.}$$

Per terminare, vogliamo confrontare ancora una volta i due fatti importanti che sono stati messi in chiaro in questo capitolo:

*Più resistenze vengono collegate in serie, e più grande diventa la resistenza complessiva.*

*Più resistenze vengono collegate in parallelo e più piccola diventa la resistenza complessiva.*

### Risposte alle domande di pag. 12

- Una corrente alternata d'acqua inverte continuamente la direzione, mentre una corrente continua d'acqua scorre sempre nella medesima direzione.
- La frequenza delle nostre reti a corrente alternata per illuminazione è generalmente 50 hertz (in molte città è ancora 42 o 45 Hz).
- Per ridurre una tensione di rete di 110 o 220 volt ad una tensione inferiore, per esempio 6 volt, ci si serve di un cosiddetto « trasformatore ».
- La direzione delle linee di forza attorno a un conduttore percorso da corrente corrisponde al senso di rotazione delle lancette di un orologio. La direzione dello sguardo deve però corrispondere alla direzione della corrente nel conduttore.
- La forza di un elettromagnete dipende dalla sua forza magnetomotrice (numero di ampère-spire).
- Chiudendo o aprendo un circuito elettrico si induce una tensione in un circuito adiacente.

## MATEMATICA

### 10. Le frazioni (continuazione dalla Dispensa N. 4, pag. 20).

#### Semplificazione delle frazioni

Quando denominatore e numeratore di una frazione contengono il medesimo numero (in altre parole, quando sono multipli di un medesimo numero), la frazione si può « semplificare », dividendo per questo numero tanto il denominatore che il numeratore:

#### Esempi:

1. Semplificare il più possibile la seguente frazione:  $\frac{84}{140}$

Numeratore e denominatore sono divisibili per il numero 2, il che si riconosce subito dal fatto che entrambi sono numeri pari. Possiamo quindi semplificare per 2, dividendo per 2 numeratore e denominatore e otteniamo  $\frac{42}{70}$ . Ora si nota che il numero due è contenuto un'altra volta nei termini della frazione. Semplificando per la seconda volta, si ottiene  $\frac{21}{35}$ . I due numeri sono divisibili per 7, poichè  $21 : 7 = 3$  e  $35 : 7 = 5$ . Quindi  $\frac{84}{140} = \frac{3}{5}$

Una ulteriore semplificazione non è più possibile, perchè 3 e 5 non sono multipli di un medesimo numero. Si dice quindi che la frazione è stata ridotta ai minimi termini.

2.  $\frac{50}{50} = ?$  Numeratore e denominatore sono uguali; e sono divisibili entrambi per il numero 50. Semplificando si ottiene quindi  $\frac{50}{50} = \frac{1}{1} = 1$ .

3.  $\frac{a}{a} = ?$  È il medesimo problema come nell'esempio 2. Sia il numeratore che il denominatore contengono una volta il numero  $a$ . La soluzione è quindi  $\frac{a}{a} = \frac{1}{1} = 1$ .

4.  $\frac{a^2}{a} = ?$  Com'è noto,  $a^2 = a \cdot a$ . Numeratore e denominatore contengono quindi il numero  $a$ , per il quale possiamo dividere. Dividendo  $a \cdot a$  per il numero  $a$  si ottiene naturalmente  $a$  (infatti dividendo per esempio  $6 \cdot 6$  per 6, ossia 36 diviso per 6, si ottiene 6. Dividendo invece per  $a$  il denominatore si ottiene 1.

La soluzione è quindi:  $\frac{a^2}{a} = \frac{a}{1} = a$

5.  $\frac{6 \cdot a \cdot a \cdot b^2}{8 \cdot a \cdot b \cdot c} = ?$  Nei numeri 6 e 8 è contenuto il numero 2.  
 $\frac{3 \cdot \cancel{2} \cdot a \cdot b^2}{4 \cdot \cancel{2} \cdot a \cdot b \cdot c}$ . Inoltre si può semplificare per  $a$ , contenuto in entrambi i termini. Si ottiene quindi  $\frac{3 \cdot \cancel{1} \cdot b^2}{4 \cdot \cancel{1} \cdot b \cdot c}$ . Il numero 1 non ha importanza, poichè moltiplica delle altre grandezze. Infatti è noto che  $4 \cdot 1 = 4$ . Scriviamo quindi:  $\frac{3 \cdot b^2}{4 \cdot b \cdot c}$ . Ora abbiamo nel numeratore  $b^2$  e nel denominatore  $b$ ; esattamente come nell'esempio 4, si può quindi semplificare per  $b$ . Si ottiene quindi:  $\frac{3 \cdot \cancel{b} \cdot b}{4 \cdot \cancel{1} \cdot b \cdot c} = \frac{3 \cdot b}{4 \cdot c}$

Nel calcolo letterale, come è noto, è inutile usare il segno di moltiplicazione. Il risultato può quindi venir scritto nella seguente forma:

$$\frac{3b}{4c}$$

Nel seguente esempio il segno di moltiplicazione è tralasciato.

6.  $\frac{36 a x^2 y}{54 b x y^2} = \frac{36 a x x y}{54 b x y y} = \frac{4 \cdot \cancel{3} \cdot a x x y}{6 \cdot \cancel{3} \cdot b x y y} = \frac{2 \cdot \cancel{2} \cdot a x x y}{3 \cdot b b x y y} = \frac{2 a \cancel{x} \cancel{y}}{3 b \cancel{y} \cancel{y}} = \frac{2 a x}{3 b y}$

#### Trasformazione delle frazioni.

La semplificazione delle frazioni, ora menzionata, è una cosiddetta « trasformazione »: cambia la « forma », ma il valore della frazione rimane inalterato. Si può effettuare anche la trasformazione inversa della semplificazione: essa consiste nel moltiplicare sia il numeratore che il denominatore col medesimo numero. Per esempio trasformando la frazione  $\frac{3}{5}$  mediante moltiplicazione del numeratore e del denominatore per 7 si ottiene

$$\frac{3 \cdot 7}{5 \cdot 7} = \frac{21}{35}$$

#### Esempi:

1. Trasformare la frazione  $\frac{2}{3}$  moltiplicando i due termini per 3:  $\frac{2 \cdot 3}{3 \cdot 3} = \frac{6}{9}$
2. Trasformare la frazione  $\frac{1}{2}$  moltiplicando con 25:  $\frac{1 \cdot 25}{2 \cdot 25} = \frac{25}{50}$

3. Trasformare la frazione  $\frac{2a}{3b}$  moltiplicando con  $c$ :  $\frac{2ac}{3bc}$ .

4. Trasformare la frazione  $\frac{3b}{c}$  moltiplicando con  $b$ :  $\frac{3bb}{cb} = \frac{3b^2}{cb}$

### Moltiplicazione delle frazioni

Volendo moltiplicare una frazione per un numero intero, bisogna moltiplicare il numeratore della frazione con questo numero; quindi solo il numeratore e non il denominatore.

Per esempio si voglia moltiplicare la frazione  $\frac{2}{7} \cdot 3 = ?$  Si moltiplichino il numeratore per 3:  $\frac{2 \cdot 3}{7} = \frac{6}{7}$ . Lo

stesso risultato si ottiene quando si vuole moltiplicare la frazione  $\frac{3}{7}$  per 2:  $\frac{3}{7} \cdot 2 = \frac{3 \cdot 2}{7} = \frac{6}{7}$ .

È quindi sempre la stessa cosa, che si scriva:  $\frac{2}{7} \cdot 3$  oppure  $\frac{3}{7} \cdot 2$  oppure  $3 \cdot \frac{2}{7}$  oppure  $2 \cdot \frac{3}{7}$  oppure  $\frac{3 \cdot 2}{7}$

oppure  $\frac{2 \cdot 3}{7}$

Volendo moltiplicare fra di loro due frazioni, si scrive una frazione che ha per numeratore il prodotto dei due numeratori, e per denominatore il prodotto dei due denominatori.

Si voglia per esempio moltiplicare la frazione  $\frac{2}{3}$  con la frazione  $\frac{5}{11}$ ; bisogna moltiplicare  $2 \cdot 5$  per ottenere il

numeratore del risultato, e  $3 \cdot 11$  per ottenere il denominatore:  $\frac{2}{3} \cdot \frac{5}{11} = \frac{2 \cdot 5}{3 \cdot 11} = \frac{10}{33}$

### Esempi:

1)  $\frac{2}{9} \cdot 4 = \frac{2 \cdot 4}{9} = \frac{8}{9}$  2)  $\frac{2b}{a} \cdot c = \frac{2bc}{a}$  3)  $\frac{2ab}{c} \cdot c = \frac{2abc}{c} = \frac{2abd}{c} = 2ab$ ; 4)  $\frac{3}{4} \cdot \frac{3}{7} = \frac{3 \cdot 3}{4 \cdot 7} = \frac{9}{28}$

### Divisione delle frazioni

Volendo dividere una frazione per un numero intero, bisogna moltiplicare il denominatore della frazione per questo numero.

Si voglia per esempio dividere la frazione  $\frac{3}{8}$  per 2. Si deve moltiplicare per 2 il denominatore, quindi il numero 8:  $\frac{3}{8} : 2 = \frac{3}{8 \cdot 2} = \frac{3}{16}$ .

Volendo dividere un numero intero o una frazione per un'altra frazione bisogna capovolgere questa ultima ed eseguire la moltiplicazione con questa frazione cosiddetta «reciproca».

Si voglia per esempio dividere il numero 10 per la frazione  $\frac{2}{3}$ .

La frazione reciproca di  $\frac{2}{3}$  è  $\frac{3}{2}$ , e moltiplicando con essa abbiamo:  $10 : \frac{2}{3} = 10 \cdot \frac{3}{2} = \frac{10 \cdot 3}{2} = \frac{30}{2} = 15$ .

E così pure si effettua la divisione di una frazione per un'altra:  $\frac{3}{5} : \frac{2}{3} = \frac{3}{5} \cdot \frac{3}{2} = \frac{3 \cdot 3}{5 \cdot 2} = \frac{9}{10}$ .

### Esempi:

1)  $\frac{6}{7} : 5 = \frac{6}{7 \cdot 5} = \frac{6}{35}$  2)  $\frac{4}{5} : 2 = \frac{4}{5 \cdot 2} = \frac{4}{10} = \frac{2}{5}$  3)  $\frac{a}{b} : x = \frac{a}{bx}$  4)  $9 : \frac{1}{2} = 9 \cdot \frac{2}{1} = 9 \cdot 2 = 18$ .

Consigliamo di non proseguire prima di aver effettuato un sufficiente esercizio nel calcolo delle frazioni. La trasformazione delle frazioni è facile da comprendere; è necessario però possedere anche una sufficiente padronanza della moltiplicazione e della divisione delle frazioni. Ecco per esempio alcuni esercizi.

### Esercizi:

1. Trasformare:  $\frac{7ab}{4c}$  moltiplicando i termini per 4. 2. Moltiplicare:  $\frac{14xy}{35ab} \cdot \frac{2bx}{ay}$ .

3. Dividere:  $\frac{28bz}{3mn} : 2$ . 4. Dividere:  $\frac{17xy}{4ac} : \frac{5yz}{2bc}$

## 11. La radice quadrata

L'estrazione della radice quadrata è l'operazione inversa dell'elevazione alla seconda potenza (elevazione al quadrato) allo stesso modo come la sottrazione è l'operazione inversa dell'addizione. Se per esempio si vuole calcolare la potenza  $5^2$ , si ha:  $5 \cdot 5 = 25$ .

L'operazione inversa procede invece così:

È dato il numero 25, del quale si vuole estrarre la radice quadrata. La soluzione è: radice di 25 = 5. Infatti  $5 \cdot 5 = 25$ .

« Estrarre la radice quadrata di 25 » significa quindi: trovare il numero che, moltiplicato per se stesso, dà 25. In luogo delle parole « radice quadrata di » si scrive semplicemente il segno  $\sqrt{\quad}$ . Nel nostro esempio:  $\sqrt{25} = 5$ .

**Esempi:**  $\sqrt{16} = 4$ ;  $\sqrt{36} = 6$ ;  $\sqrt{49} = 7$ ;  $\sqrt{144} = 12$ .

È sempre facile controllare l'esattezza dell'estrazione di una radice. Basta eseguire la moltiplicazione della radice per se stessa e vedere se si ottiene il « radicando ».

Per esempio deve essere  $12 \cdot 12 = 144$ . Ci occuperemo in seguito, in occasione della trattazione dei logaritmi, del metodo per l'estrazione delle radici. Generalmente ci si serve di apposite tabelle, come quella riportata in fondo a questa Dispensa pag. 25. Con l'aiuto di questa tabella è possibile risolvere dei semplici problemi per esempio:  $\sqrt{18} = ?$  Si cerca nella colonna contrassegnata con « Numero » il numero 18 e a destra di esso si legge, nella colonna contrassegnata con « radice », la radice, cioè 4,243. Per il calcolo delle radici quadrate è utile anche il regolo calcolatore. (Vedasi il nostro piccolo corso sul Regolo calcolatore. Si richieda il programma d'insegnamento).

Per ottenere la necessaria facilità nell'elevazione a potenza e nell'estrazione della radice quadrata, risolvete senza aiuti gli esercizi seguenti, verificando poi i risultati ottenuti con le soluzioni a pag. 24.

**Esercizi:**

- |                            |                     |                               |                     |
|----------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|
| 1) $a \cdot a \cdot a = ?$ | 2) $2a \cdot a = ?$ | 3) $3b \cdot 2a \cdot 3b = ?$ | 4) $3^3 = ?$        |
| 5) $11^2 = ?$              | 6) $\sqrt{9} = ?$   | 7) $\sqrt{30} = ?$            | 8) $\sqrt{240} = ?$ |

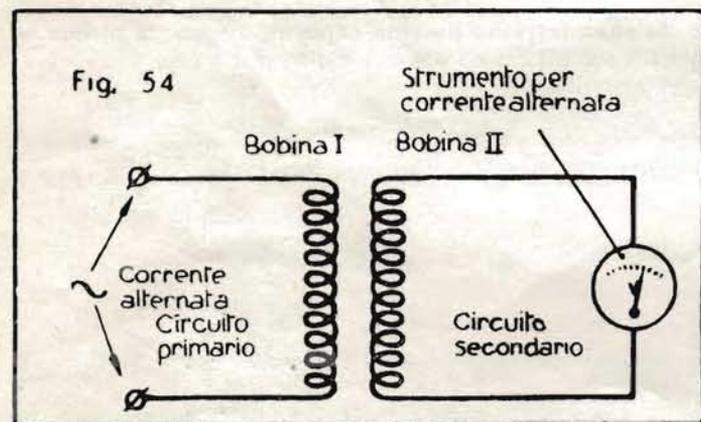
## ELETTROTECNICA GENERALE

### I trasformatori

Tanto in telefonia quanto in radiotecnica, i trasformatori sono assai importanti; è necessario quindi che venga spiegato che cosa essi sono e come lavorano.

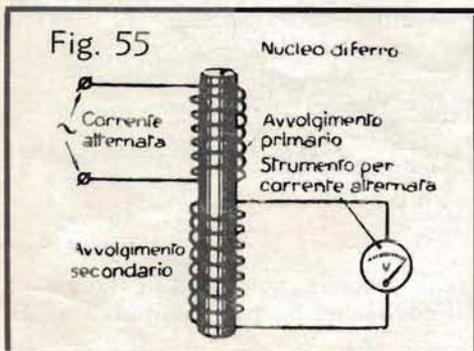
Abbiamo già visto che due circuiti elettrici adiacenti comprendenti ognuno una bobina si influenzano a vicenda; aprendo e chiudendo uno di essi, oppure aumentando e diminuendo la corrente nell'uno, viene indotta nell'altro una cosiddetta « forza elettromotrice », cioè una tensione, che provocava il flusso di una corrente nel secondo circuito.

Nelle esperienze descritte sull'« induzione mutua », la corrente che veniva fatta scorrere nel circuito primario, per essere poi interrotta oppure aumentata o diminuita, era una corrente continua.



Se invece il circuito primario viene percorso da una corrente alternata, in luogo della corrente continua, il fenomeno dell'induzione nel circuito secondario si presenterà anche senza attuare appositamente delle interruzioni o delle modifiche di intensità di corrente. Infatti l'intensità della corrente alternata oscilla continuamente tra zero ed un valore massimo, ora positivo, ora negativo.

La corrente alternata provvede quindi da sola a fare ciò che, nel caso della corrente continua, dobbiamo fare noi artificialmente. Ciò premesso, è pressoché evidente che una corrente alternata nel circuito primario non può indurre nel circuito secondario altro che una tensione alternata, e conseguentemente una corrente alternata della medesima frequenza.



Costruendo quindi un dispositivo sperimentale conforme alla fig. 54 e inserendo nel circuito secondario uno strumento di misura per corrente alternata, questo presenterà una deviazione costante quando circola corrente alternata nel primario.

Rammentiamo che l'effetto d'induzione nel circuito secondario è tanto maggiore, quanto più vicine sono le bobine dei due circuiti. Il campo magnetico che si sviluppa attorno alla bobina primaria I diviene sempre più debole, più ci allontaniamo da essa; la bobina secondaria II viene quindi attraversata da un campo tanto più intenso, quanto più essa viene avvicinata alla bobina I.

Se le bobine primaria e secondaria vengono avvolte su un nucleo di ferro, come mostrato nella fig. 55, si otterrà un effetto assai favorevole perchè il ferro conduce le linee di forza meglio dell'aria; la più completa concatenazione della bobina secondaria con le linee di forza prodotte dalla bobina primaria si otterrà però avvolgendo direttamente una bobina sull'altra.

In determinate condizioni le linee di forza si possono ancor meglio tener riunite, usando un nucleo ferroso « chiuso ». D'altronde il nucleo, sia detto per inciso, non è costituito da un solo pezzo di ferro, ma da molti singoli pezzi di lamiera (« lamierini »), presentando questa disposizione vari vantaggi. Il materiale usato è una lega speciale di ferro; la lamiera si trova in commercio sotto la designazione « lamierino magnetico per trasformatori ».

La fig. 56 rappresenta un dispositivo sperimentale con nucleo chiuso costituito da vari lamierini; questo dispositivo si chiama in elettrotecnica « **trasformatore** ».

### Rapporto di trasformazione

Vogliamo seguire ora sulla fig. 57 lo svolgimento di alcuni esperimenti, per i quali servirà il trasformatore ora descritto. Avvolgiamo su una delle gambe del nucleo 10 spire (l'avvolgimento primario) e sull'altra gamba 100 spire (il secondario). Colleghiamo poi ai capi U e V del secondario un voltmetro per corrente alternata. (Ricordiamo a questo punto che non tutti gli strumenti di misura sono adatti per la corrente alternata; e utilizzabile p. es. lo strumento a ferro mobile).

Infine colleghiamo i morsetti *u* e *v* del primario ad una sorgente di corrente alternata, che eroghi una tensione p. es. di 10 volt, e controlliamo anche questa tensione mediante un secondo voltmetro per corrente alternata.

Non appena nel primario scorre la corrente alternata alla tensione di 10 volt, anche il voltmetro allacciato ai morsetti U e V del secondario segna una tensione, la quale è notevolmente più elevata della tensione primaria: misura infatti 100 volt.

Il rapporto fra la tensione primaria e quella secondaria (così si chiamano le tensioni che si misurano rispettivamente ai capi dell'avvolgimento primario e di quello secondario) è uguale al rapporto fra il numero delle spire dei due avvolgimenti. Nel primario abbiamo infatti 10 spire e nel secondario 100 spire, quindi rapporto 1 : 10; per le tensioni abbiamo applicato 10 volt al primario e otteniamo 100 volt al secondario quindi pure rapporto 1 : 10.

Il rapporto fra tensione primaria e tensione secondaria dipende dunque dal rapporto fra i numeri di spire dei due avvolgimenti; questo rapporto si chiama « rapporto di trasformazione »; nel nostro caso equivale a 1 : 10 (leggi 1 a 10). Abbiamo la seguente importante formula:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{w_1}{w_2}$$

(Formula 13)

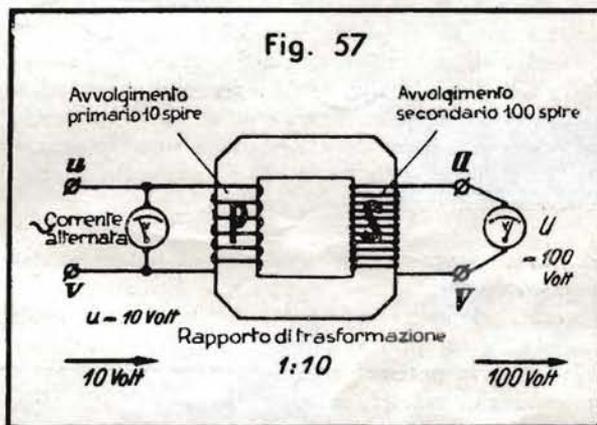
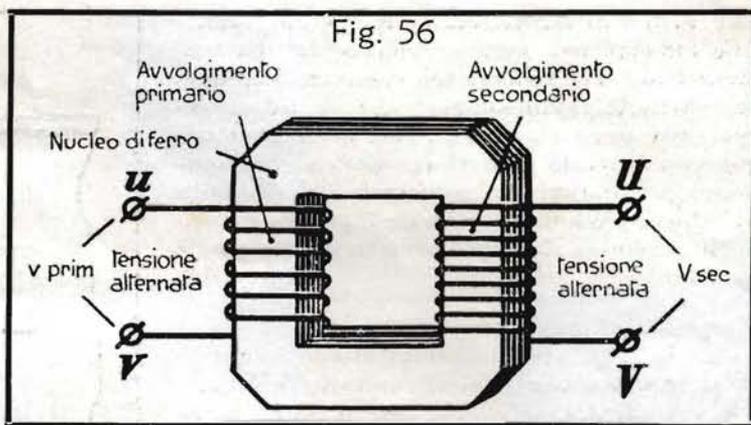
dove:  $V_1$  indica la tensione primaria,  $V_2$  la tensione secondaria,  $w_1$  il numero delle spire primario,  $w_2$  il numero delle spire secondario.

Generalmente si indica sempre come rapporto di un trasformatore il rapporto del numero più grande di spire a quello più piccolo, indipendentemente dal fatto se questo costituisca l'avvolgimento primario o secondario. Quindi per il caso della fig. 57 il rapporto di trasformazione  $r$  è:

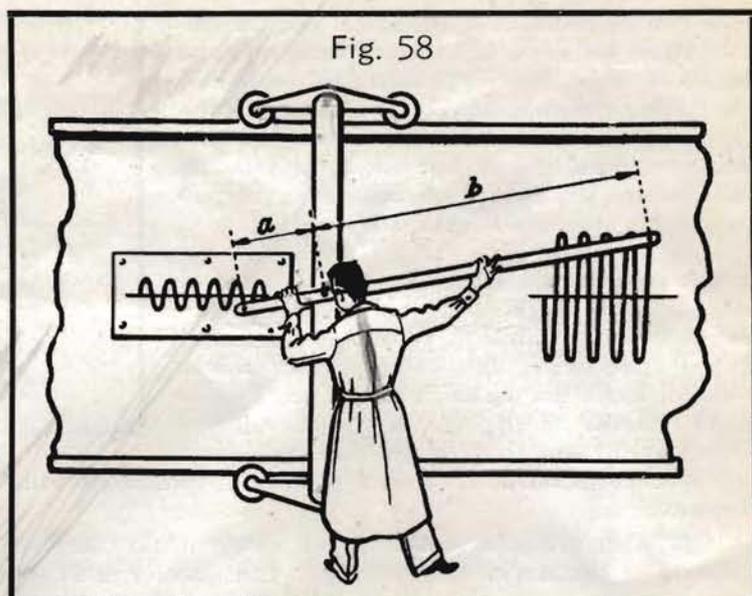
$$r = \frac{V_1}{V_2} = \frac{w_1}{w_2} = \frac{100}{10} = 10.$$

Secondo questa regola, il rapporto è sempre maggiore o uguale a 1.

Ed ora un secondo esperimento! Avvolgiamo sulle gambe del trasformatore 100 spire primarie e 200 secondarie. Otteniamo quindi il rapporto  $2 : 1 = 2$ ; applicando 100 volt al primario, si ottengono 200 volt al secondario. Applicando invece al primario 10 volt si ottengono 20 volt al secondario; con 1 volt primario si ottengono 2 volt secondari, e così via.

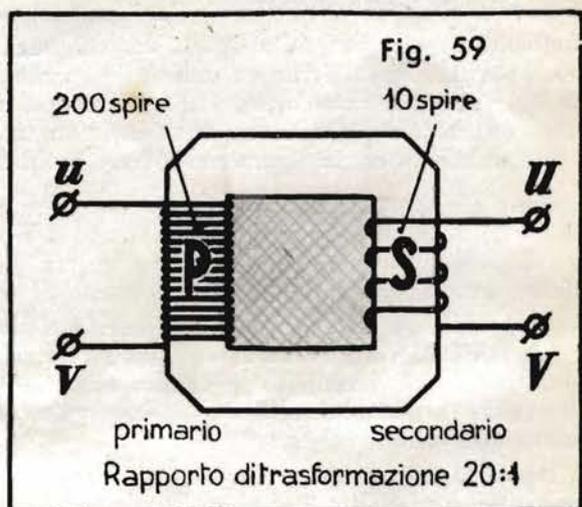


Con l'aiuto di un trasformatore è quindi possibile ottenere una tensione elevata da una tensione bassa. Per rendere più comprensibile questo effetto, è rappresentato nella fig. 58 un dispositivo meccanico, nel quale pure esiste un « rapporto di trasformazione » che costituisce la caratteristica principale del dispositivo. Quando il braccio di leva  $a$  è piccolo e quello  $b$  è grande, il rapporto di trasformazione è grande.



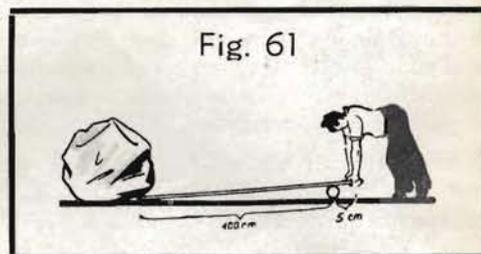
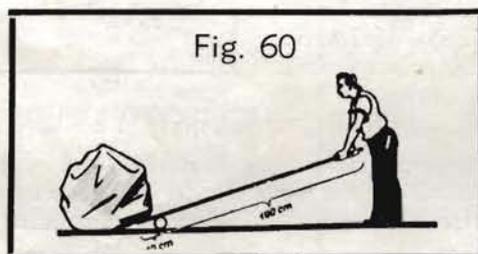
Torniamo al trasformatore. Avvolgendo, come nella fig. 59, 200 spire al primario e solo 10 spire al secondario (cioè il contrario dell'esempio precedente), si otterrà una tensione corrispondentemente minore al secondario. Se per esempio il primario di questo trasformatore venisse alimentato con una tensione alternata di 100 volt, si otterrebbe al secondario solamente 5 volt, poichè il rapporto ammonta in questo caso a 20 : 1.

Le condizioni esistenti in un trasformatore con 10 spire primarie e 100 spire secondarie corrispondono al dispositivo meccanico rappresentato nella fig. 60; invece un trasformatore con 100 spire primarie e 10 secondarie è da paragonare al dispositivo della fig. 61.



L'uomo nella fig. 60 non ha nessuna difficoltà a sollevare il pesante masso di pietra, poichè ha disposta la leva in modo da fruire di un rapporto particolarmente favorevole. L'uomo della fig. 61 deve invece faticare molto per smuovere il masso; tuttavia dispone anch'egli di un vantaggio, perchè per sollevare il masso deve compiere uno spostamento minimo, mentre l'uomo della fig. 60 per smuoverlo anche di poco deve compiere un grande spostamento.

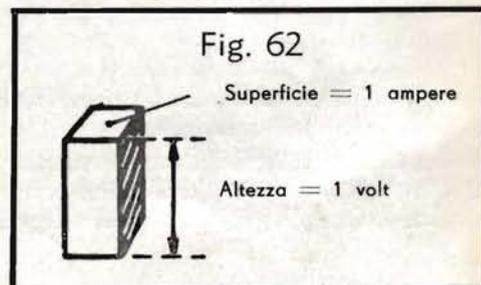
Se questi paragoni sono corretti, si potrebbe definire un trasformatore una « leva elettrica ». Come nella leva, vantaggi e svantaggi sono equilibrati fra loro, nel senso che guadagnando da un lato si perde dall'altro; la potenza addotta equivale infatti sempre alla potenza resa; questa è una antichissima legge di natura.



Nel trasformatore la potenza primaria è dunque sempre uguale a quella secondaria, a prescindere dalle piccole perdite che si manifestano.

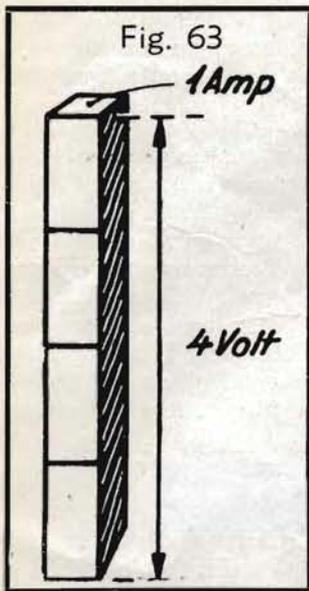
Avviene così che, applicando una piccola tensione al primario e prelevando una tensione elevata dal secondario, si constata che la corrente circolante nel primario è molto intensa mentre quella secondaria è debole. Per il trasformatore della fig. 59 invece è il contrario; qui ci sarà una piccola intensità di corrente nel primario ed una forte intensità di corrente nel secondario.

Le intensità di corrente stanno quindi fra loro nel rapporto inverso delle tensioni. Dal lato della bassa tensione circola la corrente più intensa, dal lato dell'alta tensione la corrente più debole. Ciò deriva immediatamente dall'uguaglianza delle potenze primaria e secondaria.



$$V_1 \cdot I_1 = V_2 \cdot I_2 \text{ quindi } \frac{I_1}{I_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{w_2}{w_1}$$

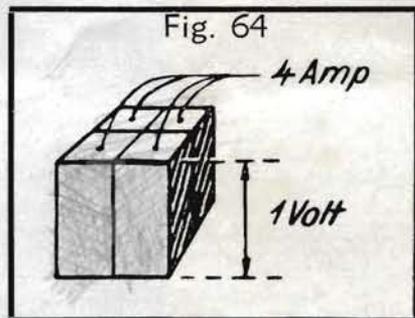
Nel trasformatore le intensità di corrente stanno fra loro nel rapporto inverso delle tensioni e dei numeri di spire dei due avvolgimenti.



Questa legge si può rappresentare molto bene usando dei cubetti come quello disegnato nella fig. 62. L'altezza del cubetto corrisponde alla tensione di 1 volt; la superficie della base alla corrente di 1 ampère.

Se disponiamo di quattro di questi cubetti possiamo metterli uno sopra l'altro come nella fig. 63 e fare una piccola torre.

L'altezza della torre corrisponde quindi a 4 volt; la base è rimasta quella di un cubetto, ossia 1 ampère.



Gli stessi 4 cubetti si possono però disporre anche in maniera diversa, come è mostrato nella fig. 64. In questo caso abbiamo l'«altezza» di 1 volt, la «base» di 4 ampère. La morale di questo gioco è che con gli stessi mezzi si può costruire una torre alta e sottile oppure una torre bassa e larga. Allo stesso modo è possibile, per mezzo di trasformatori, lavorare con valori differenti di tensioni e di correnti.

Possiamo quindi trasformare una tensione piccola in una tensione grande, riducendo in corrispondenza l'intensità di corrente, oppure possiamo trasformare una tensione elevata in una tensione bassa, guadagnando in intensità della corrente.

Dopo tutte queste importanti e utili spiegazioni possiamo rivolgerci nuovamente alla telefonia.

## TELEFONIA

### Inserzione diretta e indiretta

Osservate nuovamente lo schema della fig. 45. I due ricevitori, i due microfoni e la batteria vi si trovano collegati in serie; giacciono quindi tutti nel medesimo circuito. Questo genere di inserzione si chiama « diretta »; essa è adatta solo per piccoli impianti telefonici domestici a brevi distanze. L'inserzione diretta ha infatti il difetto che la corrente continua erogata dalla batteria attraversa il ricevitore, il che in determinate circostanze può provocare l'indebolimento del magnete permanente contenuto in esso. Ciò avviene infatti quando la corrente percorre le bobine del ricevitore in senso tale da produrre un campo magnetico opposto a quello del magnete permanente.

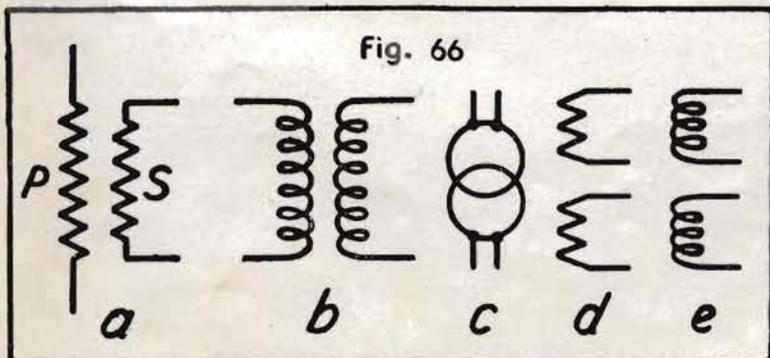
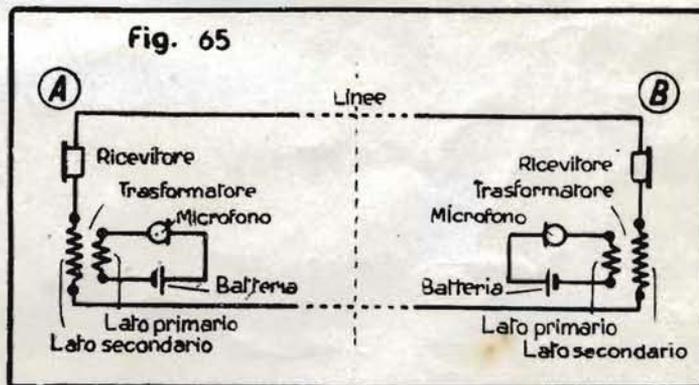
Per questa ragione, negli impianti a inserzione diretta si usano sovente ricevitori senza magnete permanente, ammettendo una meno buona qualità della riproduzione; negli impianti maggiori invece, che non sono a inserzione diretta, si usano esclusivamente ricevitori col magnete permanente.

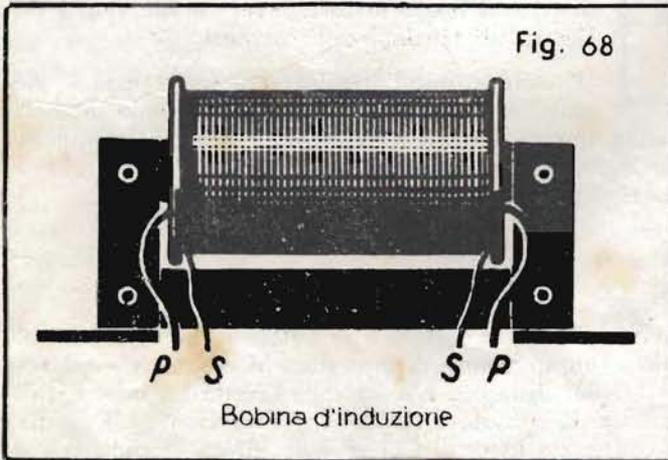
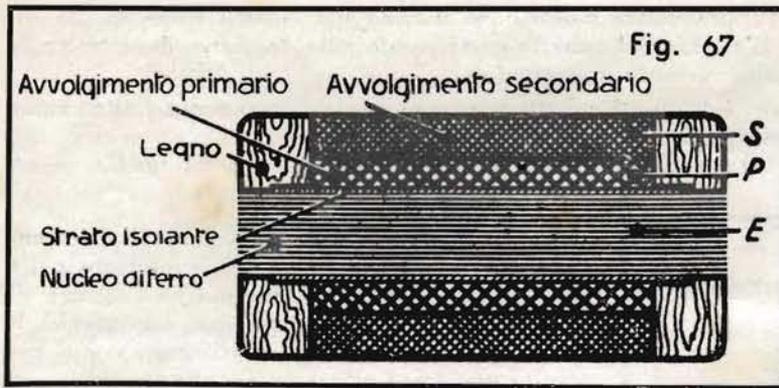
D'altronde l'inserzione diretta influisce sfavorevolmente anche sul funzionamento del microfono. Le variazioni di corrente provocate dai suoni incidenti nel microfono sono infatti tanto maggiori, quanto più elevata è la tensione della batteria, ossia quanto più grande è la resistenza interna del microfono. Poiché però la maggiore resistenza del microfono implica una resistenza maggiore di tutto il circuito, e d'altra parte le batterie più grandi sono più costose, era necessario trovare una possibilità di perfezionamento dell'apparecchio. Essa venne offerta dal trasformatore: il microfono non viene più inserito nel circuito principale, ma viene accoppiato ad esso per mezzo di un trasformatore, come è indicato nella fig. 65.

Con questa disposizione, il circuito telefonico non viene più percorso dalla corrente continua generata dalle batterie; in questo modo si evita l'effetto nocivo della stessa sui magneti permanenti dei ricevitori. I trasformatori servono inoltre ad amplificare le variazioni di tensione nel secondario, riducendo nel contempo l'intensità della corrente. Con ciò si ottiene il vantaggio di poter utilizzare linee di sezione più sottile, che costano quindi meno.

È noto che la sezione delle linee va scelta in base all'intensità della corrente che le percorre; le tensioni elevate a bassa intensità possono invece essere trasmesse anche da fili di sezione assai ridotta; valgono come esempio le linee di alta tensione che trasportano l'energia elettrica a grandi distanze, le quali sono costituite da conduttori di sezione relativamente piccola, perchè, usando tensioni attorno ai 100 000 volt e più, conducono correnti di piccola intensità.

Lo schema rappresentato nella fig. 65 si





chiamata « a inserzione indiretta ». Un altro nome da ricordare: i trasformatori usati in telefonia per lo scopo ora descritto vengono chiamati « bobine d'induzione ».

Nella fig. 66-a è riportato un'altra volta il simbolo del trasformatore (o bobina d'induzione); anche i segni mostrati nelle figg. 66-b e 66-c sono permessi. Indichiamo qui tutte e tre le forme, perchè si riscontrano tanto l'una che l'altra nella letteratura del ramo. Le lettere *p* e *s* segnate nella fig. 66-a vengono aggiunte talvolta per distinguere il lato primario dal secondario. Quando i due avvolgimenti sono avvolti su un unico nucleo, si usano

sovente anche gli schemi delle figg. 66-d o 66-e.

### La bobina d'induzione

Con l'aiuto della fig. 67 descriviamo ora la bobina di induzione o (trasformatore telefonico). L'esecuzione qui mostrata, che corrisponde a un tipo ormai soppiantato, comprende un nucleo « aperto », formato da numerosi fili di ferro E. Il nucleo è ricoperto con uno strato isolante, che porta l'avvolgimento primario P, costituito da poche spire di grosso filo isolato, mentre l'avvolgimento secondario S è costituito da molte spire di filo sottile.

Le bobine d'induzione moderne posseggono invece un nucleo « chiuso », come nella fig. 68. Tali trasformatori hanno il vantaggio di richiedere un numero assai minore di spire per ottenere il medesimo effetto. Co-

me principio però la formazione dei trasformatori è sempre la stessa: sul nucleo di ferro, convenientemente isolato, è avvolto l'avvolgimento primario, circondato a sua volta da quello secondario.

### Domande

1. Qual'è la formula per la conduttanza complessiva e per la resistenza complessiva di resistenze collegate in parallelo?
2. Qual'è la formula per la resistenza complessiva di resistenze collegate in serie?
3. Con quale formula si calcola il rapporto di trasformazione di un trasformatore?
4. Qual'è la differenza tra inserzione « diretta » e inserzione « indiretta » in telefonia?

### Soluzione degli esercizi a pag. 19

1.  $\frac{28 a b}{16 c}$  ;
2.  $\frac{28 \phi x^2 y}{33 a \phi y} = \frac{4 x^2}{5 a^2}$  ;
3.  $\frac{14 \phi b z}{3 \phi m n} = \frac{14 b z}{3 m n}$  ;
4.  $\frac{17 \phi b \phi x y}{10 \phi a \phi y z} = \frac{17 b x}{10 a z}$

### Soluzione degli esercizi a pag. 20

1.  $a^3$  ;
2.  $2 a^2$  ;
3.  $18 a b^2$  ;
4. 27 ;
5. 121 ;
6. 3 ;
7. 5,477 ;
8. 15,492.

### Risposte alle domande di pag. 24

1. La formula per la conduttanza complessiva di resistenze collegate in parallelo è:  
 $G = G_1 + G_2 + G_3 + \dots$ , e per la resistenza complessiva:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

2. La formula per la resistenza complessiva di resistenze collegate in serie è:  
 $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$

3. Il rapporto di un trasformatore si ricava con la formula  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{w_1}{w_2}$  oppure  $\frac{V_2}{V_1} = \frac{w_2}{w_1}$ , dove il valore maggiore deve stare nel numeratore.
4. Nell'inserzione « diretta » i ricevitori, i microfoni e la batteria sono collegati in serie in un unico circuito. Nell'inserzione « indiretta » invece i circuiti microfonici sono separati dal circuito telefonico propriamente detto mediante trasformatori (detti bobine d'induzione).

### COMPITI

1. Qual'è la durata di un periodo, ossia di un'onda completa, di una corrente alternata di frequenza 50 hertz?

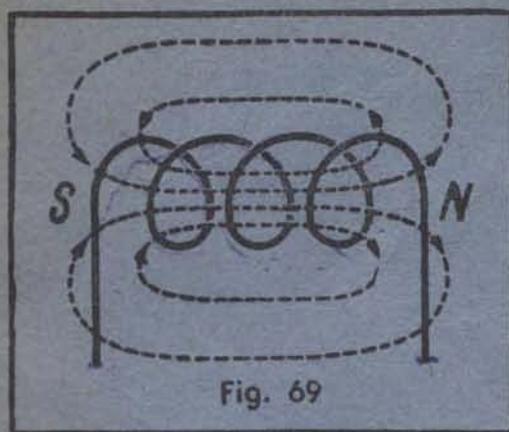


Fig. 69

2. Che cos'è la forza magnetomotrice di una bobina percorsa da corrente, e come si calcola?
3. Quale direzione deve avere la corrente nel solenoide della figura 69, affinché si formi un campo magnetico con la polarità corrispondente a quella indicata?
4. Che direzione ha la corrente indotta nella bobina secondaria, chiudendo o aumentando come pure aprendo o diminuendo la corrente primaria in una bobina d'induzione?
5. Due resistenze  $R_1 = 5 \text{ ohm}$  e  $R_2 = 20 \text{ ohm}$  sono collegate in parallelo e allacciate ad una batteria di tensione  $V$ . La corrente che passa in  $R_1$  è  $i_1 = 8 \text{ ampère}$ . Calcolate la tensione  $V$ , la corrente  $i_2$  in  $R_2$ , la corrente complessiva  $I$  e la resistenza complessiva del collegamento in parallelo. Disegnate lo schema del complesso.

6. Due resistenze  $R_1 = 8 \text{ ohm}$  e  $R_2$  sono collegate in serie. Vengono alimentate da una batteria con la tensione complessiva  $V = 120 \text{ volt}$  e la corrente  $I$ . La caduta di tensione (tensione parziale) in  $R_1$  è  $v_1 = 40 \text{ volt}$ . Calcolate  $I$ ,  $v_2$ ,  $R_2$  e la resistenza complessiva  $R$ . Disegnate lo schema.
7. In un trasformatore, il primario ha 400 spire ed il secondario 2400 spire. Qual'è il rapporto di trasformazione?
8. Riducete ai minimi termini le seguenti frazioni:

a)  $\frac{64 a^2 b x^2}{8 a^2 b x}$

b)  $\frac{56 m^3 n^2 z}{4 m n^2}$

c)  $\frac{119 p^3 q^6 z}{14 p^2 q z}$

Tabella N. 4:				TABELLA DELLE RADICI QUADRATE									
n	$\sqrt{n}$	n	$\sqrt{n}$	n	$\sqrt{n}$	n	$\sqrt{n}$	n	$\sqrt{n}$	n	$\sqrt{n}$	n	$\sqrt{n}$
1	1,000	31	5,568	61	7,810	91	9,539	310	17,607	610	24,698	910	30,166
2	1,414	32	5,657	62	7,874	92	9,592	320	17,889	620	24,900	920	30,332
3	1,732	33	5,745	63	7,937	93	9,644	330	18,166	630	25,100	930	30,496
4	2,000	34	5,831	64	8,000	94	9,695	340	18,439	640	25,298	940	30,659
5	2,236	35	5,916	65	8,062	95	9,747	350	18,708	650	25,495	950	30,822
6	2,449	36	6,000	66	8,124	96	9,798	360	18,974	660	25,690	960	30,984
7	2,646	37	6,083	67	8,185	97	9,849	370	19,235	670	25,884	970	31,145
8	2,828	38	6,164	68	8,246	98	9,899	380	19,494	680	26,077	980	31,305
9	3,000	39	6,245	69	8,307	99	9,950	390	19,748	690	26,268	990	31,464
10	3,162	40	6,325	70	8,367	100	10,000	400	20,000	700	26,458	1000	31,623
11	3,317	41	6,403	71	8,426	110	10,488	410	20,249	710	26,646	$\pi$	1,772
12	3,464	42	6,481	72	8,485	120	10,954	420	20,494	720	26,833		
13	3,606	43	6,557	73	8,544	130	11,402	430	20,736	730	27,019		
14	3,742	44	6,633	74	8,602	140	11,832	440	20,976	740	27,203		
15	3,873	45	6,708	75	8,660	150	12,247	450	21,213	750	27,386		
16	4,000	46	6,782	76	8,718	160	12,649	460	21,448	760	27,568		
17	4,123	47	6,856	77	8,775	170	13,038	470	21,679	770	27,749		
18	4,243	48	6,928	78	8,832	180	13,416	480	21,909	780	27,928		
19	4,359	49	7,000	79	8,888	190	13,784	490	22,136	790	28,107		
20	4,472	50	7,071	80	8,944	200	14,142	500	22,361	800	28,284		
21	4,583	51	7,141	81	9,000	210	14,491	510	22,583	810	28,460		
22	4,690	52	7,211	82	9,055	220	14,832	520	22,804	820	28,636		
23	4,796	53	7,280	83	9,110	230	15,166	530	23,022	830	28,810		
24	4,899	54	7,348	84	9,165	240	15,492	540	23,238	840	28,983		
25	5,000	55	7,416	85	9,220	250	15,811	550	23,452	850	29,155		
26	5,099	56	7,483	86	9,274	260	16,125	560	23,664	860	29,326		
27	5,196	57	7,550	87	9,327	270	16,432	570	23,875	870	29,496		
28	5,292	58	7,616	88	9,381	280	16,733	580	24,083	880	29,665		
29	5,385	59	7,681	89	9,434	290	17,029	590	24,290	890	29,833		
30	5,477	60	7,746	90	9,487	300	17,321	600	24,495	900	30,000		

**TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI**

---

**OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO, 9  
V A R E S E**

---

DISPENSA N° 6

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

# INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 6

<b>Riassunto delle materie trattate nella dispensa precedente</b>	pag. 1
<b>Radiotecnica</b>	» 1
Le onde delle radiotrasmissioni	» 2
Onde portanti, onde non modulate e onde modulate	» 4
La cuffia telefonica	» 5
Il detector	» 6
Domande	» 7
<b>Matematica</b>	» 7
10. Le frazioni (continuazione)	» 7
L'addizione e la sottrazione delle frazioni	» 8
Risposte alle domande di pag. 7	» 9
<b>Impianti di segnalazione</b>	» 9
Altri tipi di suonerie	» 9
Suonerie in derivazione ed a correnti inverse	» 10
La suoneria a un sol colpo, e altre	» 11
<b>Sorgenti di corrente nella tecnica delle telecomunicazioni</b>	» 11
Altri tipi di pile	» 11
La pila a sacchetto di biossido di manganese	» 12
L'accumulatore	» 12
L'accumulatore al piombo	» 13
La formazione delle piastre	» 13
I vari tipi di piastre	» 13
Gli accumulatori alcalini	» 14
Domande	» 14
<b>Radiotecnica</b>	» 14
Risonanza e sintonia	» 14
Fenomeni di risonanza	» 15
La risonanza nella radio	» 17
La sintonia	» 17
Domande	» 19
Risposte alle domande di pag. 14	» 19
<b>Matematica</b>	» 19
12. Le parentesi	» 19
L'eliminazione delle parentesi	» 19
Domande	» 20
Risposte alle domande di pag. 19	» 21
<b>Elettrotecnica generale</b>	» 21
L'autoinduzione	» 21
L'induttanza	» 22
L'unità di misura dell'induttanza	» 22
Collegamento in serie di induttanze	» 22
Collegamento in parallelo di induttanze	» 23
La costruzione delle bobine d'autoinduzione	» 23
La reattanza induttiva	» 23
Risposte alle domande di pag. 20	» 24
<b>Compiti</b>	» 25

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 6

## RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Nella Dispensa N.° 5 venne spiegato che cosa è la corrente elettrica « alternata », quali sono le sue caratteristiche e come essa possa essere rappresentata graficamente per mezzo di una particolare curva. Come paragone servì una corrente alternata d'acqua. Nello stesso tempo venne anche chiarito il concetto della « frequenza » della corrente alternata, la quale viene espressa con un numero di « periodi » al minuto secondo.

Nel capitolo di « Elettrotecnica generale » venne trattato della formazione di un campo magnetico intorno ad un conduttore diritto e ad un solenoide (bobina), quando essi sono percorsi da corrente. Avete poi imparato che cosa sia la forza « magnetomotrice » in un elettromagnete e come essa venga calcolata facendo il prodotto dell'intensità di corrente per il numero delle spire dell'avvolgimento (ampère-spire). Venne poi trattata la « induzione mutua » fra due bobine magneticamente accoppiate e avete appreso che questo fenomeno si manifesta nella bobina secondaria, chiudendo e aprendo il circuito della bobina primaria o anche solo variando l'intensità della corrente che vi circola. L'applicazione più comune della « induzione mutua » fra due bobine è il « trasformatore ».

Continuando la trattazione della Dispensa N.° 3, vi venne presentato lo schema, di un impianto telefonico semplice rappresentato con l'uso di simboli appropriati. A proposito di esso viene spiegato come, invece di due circuiti separati costituenti un collegamento a quattro fili, si possa usare un circuito unico che comprenda entrambi i microfoni ed entrambi i ricevitori, inseriti in serie realizzando, così, un collegamento a due soli fili. I « trasformatore » hanno importanti applicazioni tanto in telefonia quanto in radiotecnica e perciò, nel capitolo « Elettrotecnica Generale » è stato spiegato che cosa sia e come funzioni un trasformatore. Ripetiamo qui brevemente le nozioni più importanti. Il trasformatore si compone di due avvolgimenti magneticamente accoppiati e funziona per il principio della « mutua induzione ». L'accoppiamento magnetico è aumentato, se si dispongono le due bobine su di un nucleo magnetico comune. Adducendo al circuito primario una corrente alternata, per effetto della mutua induzione, nel secondario si genera una tensione alternata. Dal secondario si può quindi prelevare della corrente alternata, la cui tensione dipende dal rapporto fra il numero delle spire del primario e del secondario. Il rapporto di trasformazione si calcola nel modo seguente:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{w_1}{w_2}$$

Si usa considerare come rapporto il quoziente nel quale il maggior valore di tensione o il maggiore numero di spire è indicato al numeratore. Salvo piccole perdite, che per ora non consideriamo, il trasformatore rende al secondario la stessa potenza del primario, e quindi da questa eguaglianza delle potenze si deduce il rapporto delle correnti che è l'inverso di quello delle tensioni. Infatti

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{w_2}{w_1}$$

Nel capitolo « Telefonia » venne descritto il sistema della « inserzione diretta » che consiste nel collegamento in serie, in un unico circuito, dei due microfoni, dei due ricevitori e della batteria. Questo sistema di inserzione è adatto solo per brevi distanze e quindi, in generale, per piccoli impianti domestici. Per poter superare grandi distanze bisogna ricorrere al sistema della « inserzione indiretta ». Esso consiste nel collegamento in serie dei ricevitori nel circuito, mentre ogni microfono con la relativa batteria è collegato al primario di un trasformatore, il secondario del quale è a sua volta inserito nel circuito dei ricevitori. In questo modo le oscillazioni della corrente microfonica vengono trasferite nel circuito telefonico attraverso il trasformatore, il quale serve anche ad amplificarle. Vennero infine mostrati i simboli grafici che rappresentano i trasformatore ed è stata descritta la costruzione di una « bobina di induzione », nome dato al trasformatore, quando viene impiegato nella tecnica telefonica.

## RADIOTECNICA

Con quanto vi è stato sino ad ora spiegato le vostre cognizioni elettrotecniche sono ora tali da permettervi di penetrare più profondamente nei segreti della radiotecnica. Vogliamo spiegare ora in linee generali, come sia possibile che le onde sonore siano trasportate dalle onde elettriche dell'etere, e per di più in modo tale da poter essere ricevute a distanza. Per dirlo in termini tecnici, dovete ora apprendere come successioni di onde a bassa frequenza vengano « caricate » sulle onde ad alta frequenza, e con quali mezzi le onde dell'etere vengano ritrasformate in onde sonore, rese udibili attraverso gli apparecchi riceventi.

## Le onde delle radiotrasmissioni

Cominciamo ancora una volta con un paragone. Nella fig. 1 si vede una pompa d'acqua, collegata per mezzo



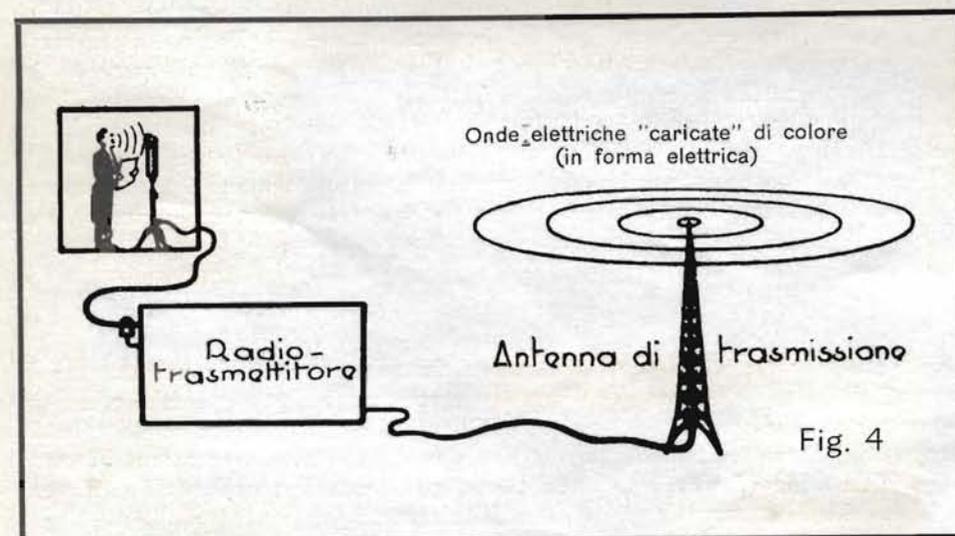
Ora un radiotrasmettitore, in fondo, non è altro che una « pompa » per le onde elettriche (fig. 2); esso è collegato per mezzo di una linea con l'antenna, dalla cui sommità le onde elettriche (dell'etere) si irradiano nello spazio in tutte le direzioni.



Immaginiamo ora che la pompa della fig. 1 oltre che con la sorgente d'acqua sia collegata per mezzo di una condotta con un recipiente (fig. 3). Se ora versiamo in questo recipiente del colore, esso si aggiungerà all'acqua spinta dalla pompa. Di conseguenza la girandola proietterà in tutte le direzioni acqua colorata, cioè acqua « caricata » di colore.



Osservate ora la fig. 4: si vede una persona che parla davanti ad un microfono, il quale è collegato per mezzo di una linea con un radiotrasmettitore. Il microfono trasforma le onde sonore in onde elettriche a bassa frequenza.



Queste pervengono al trasmettitore, dove si aggiungono alle onde elettriche ad alta frequenza che esso genera e che sono usate per la radiotrasmissione.

Constatiamo così che, come nel caso della fig. 3 la girandola proiettava acqua « caricata » di colore, in questo caso l'antenna irradia onde dell'etere « caricate » di onde sonore che il microfono ha ridotto in forma elettrica. Il nostro paragone è quindi giustificato.

Le onde irradiate dall'antenna e non ancora « caricate » con onde sonore sono onde ad alta frequenza e vengono rappresentate graficamente per mezzo del diagramma della fig. 5.

Abbiamo chiamato più sopra queste onde: « ad alta frequen-

za ». Voi sapete già che cosa sono le onde « a bassa frequenza »: si tratta di onde del campo di frequenza acustico; le onde « ad alta frequenza » sono invece quelle che posseggono una frequenza molto più elevata. Un cosiddetto « treno d'onde » ad alta frequenza, come viene emesso dall'antenna trasmittente, è perfettamente uniforme; le singole onde hanno tutte la medesima lunghezza, le semionde positive sono uguali a quelle negative. Solo a grandi distanze dall'antenna l'ampiezza delle onde diminuisce lentamente; questo però per il momento non ci interessa, poichè vogliamo esaminare solo il comportamento di queste onde nelle immediate vicinanze dell'antenna di trasmissione.

Un altro paragone meccanico vi faciliterà la comprensione di quanto avviene nella radiotrasmissione. Nella fig. 6 si vede un pendolo che viene fatto oscillare senza sosta da due uomini.

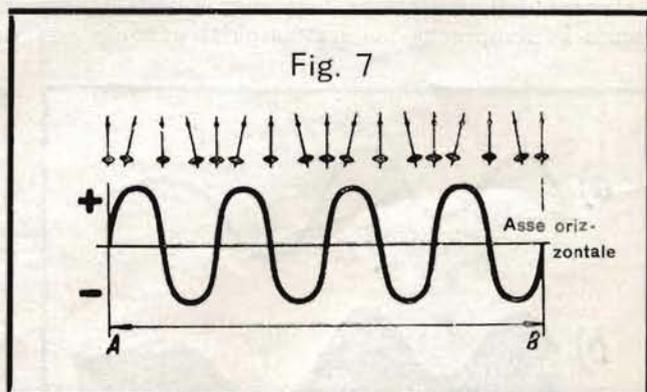
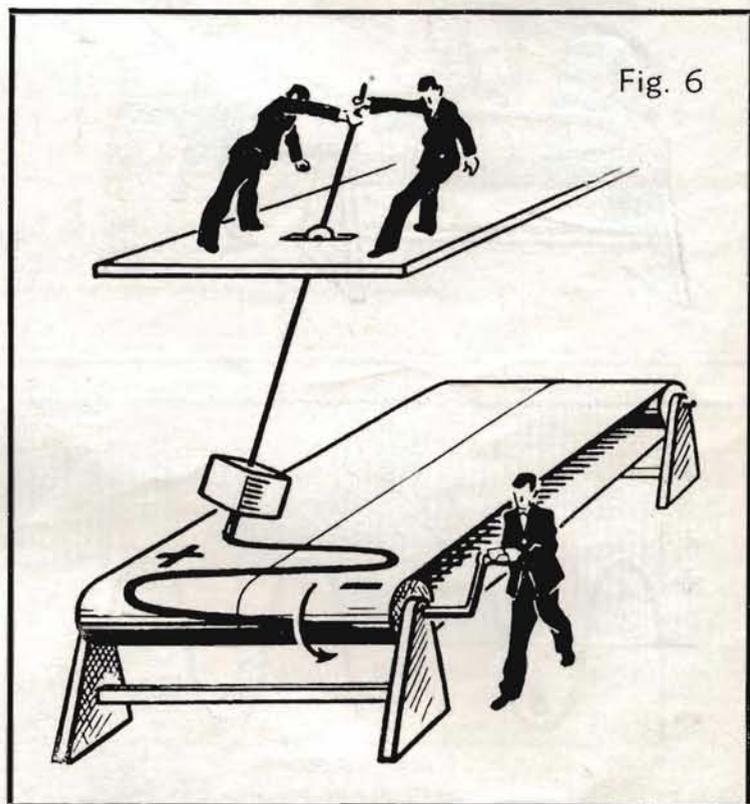
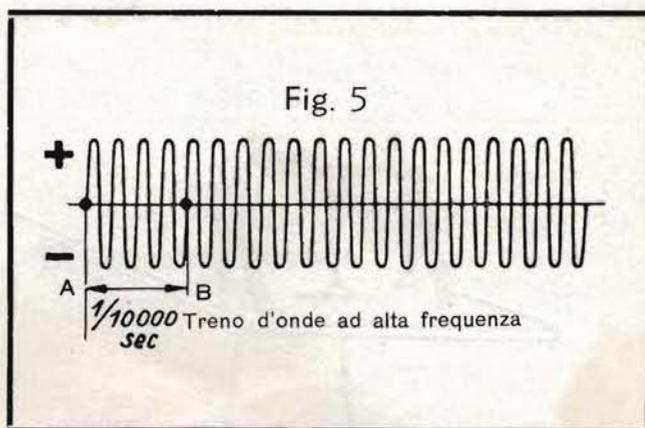
Nel nostro ragionamento le oscillazioni del pendolo corrispondono alle oscillazioni elettriche emesse dal trasmettitore. Un apposito dispositivo, visibile esso pure nella fig. 6, permette di registrare graficamente le oscillazioni. A questo scopo l'estremità inferiore del pendolo è munita di una penna scrivente, la quale traccia l'andamento dell'oscillazione su di una striscia di carta che viene spostata con moto uniforme sotto di essa.

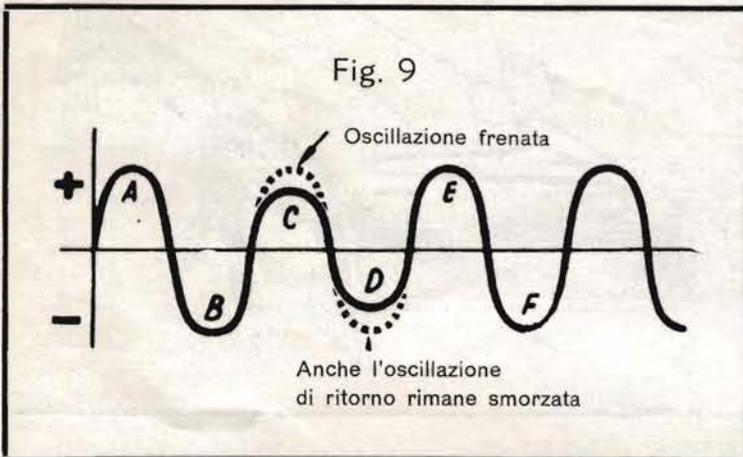
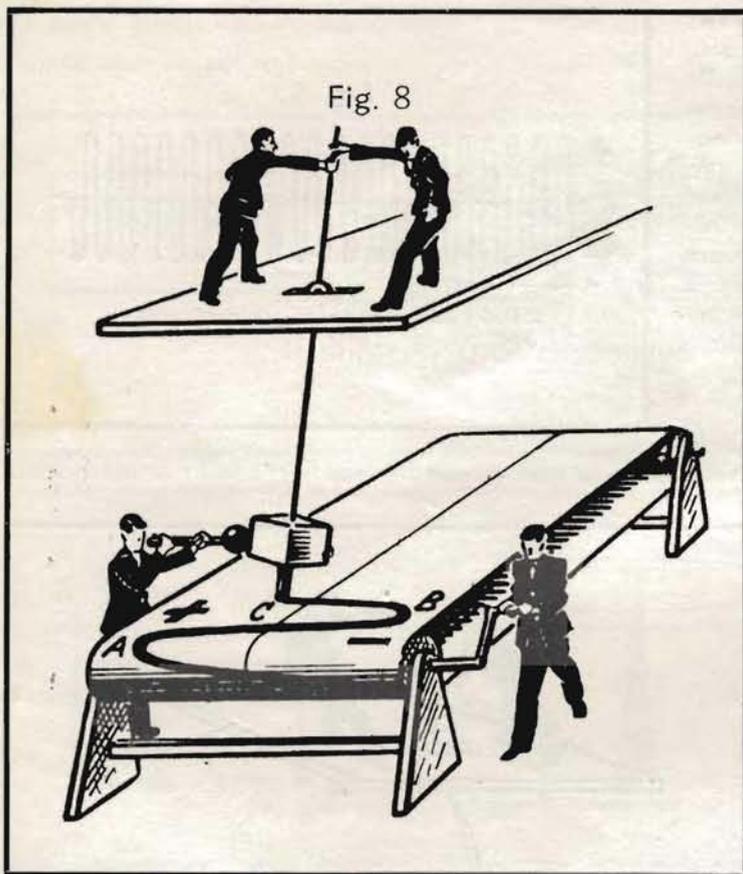
Sulla striscia di carta rimane quindi registrata una curva come quella della fig. 7; sopra la curva sono anche indicate le posizioni del pendolo che corrispondono ai punti principali della curva. Come si vede, la curva è perfettamente uniforme; si susseguono le semionde positive e quelle negative, tutte della medesima altezza, supposto naturalmente che i due uomini facciano sempre oscillare il pendolo in modo uniforme, come viene loro richiesto.

La maggiore o minore vicinanza delle singole onde tracciate sulla carta dipende unicamente dalla velocità con la quale la carta stessa viene fatta scorrere sotto al pendolo. Più la striscia si sposta lentamente, e più le onde risultano strette.

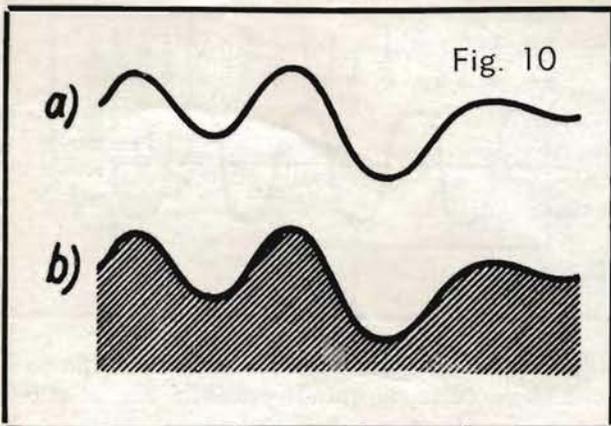
Nonostante ciò, la lunghezza dell'onda si mantiene sempre costante ed essa può essere determinata in base alla curva registrata sulla carta. È però allora necessario tenere conto anche della velocità della striscia di carta, cioè dello spazio che essa percorre in una determinata unità di tempo. Bisogna quindi riportare l'indicazione dei tempi impiegati sull'asse orizzontale indicato nella fig. 7.

Questo asse orizzontale, detto anche « asse dei tempi », deve essere suddiviso in tratti fra di loro uguali rappresentanti lo spazio percorso dalla carta, ad esempio, in un minuto secondo, oppure in un decimo di secondo o anche in un centesimo di secondo. È evidente che la distanza fra le suddivisioni secondo l'unità di tempo prescelta, sarà tanto maggiore quanto più veloce sarà lo spostamento della carta. È quindi possibile che la curva





La curva dell'oscillazione raggiunge quindi nuovamente il valore massimo nel punto E e quello minimo nel punto F, semprechè nel frattempo il pendolo non sia stato frenato un'altra volta.



### Onde portanti, onde non modulate e onde modulate

Proseguiamo ora di un passo nel nostro paragone. Nella fig. 10-a è rappresentata graficamente un'onda sonora, che corrisponde ad un suono qualsiasi. Supponiamo che la forma di questa curva sia stata ritagliata con la sega in una lastra di legno (fig. 10-b) e che il nostro « frenatore » si serva ora di questa sagoma per limitare le oscillazioni del pendolo. Infatti, spostando la curva di legno nello stesso senso e con la medesima velocità della carta, egli fa in modo che il pendolo venga a battere contro di essa, regolando la sua corsa secondo le varie sporgenze o rientranze che esso incontra successivamente (fig. 11 a pag. 5).

La curva che viene tracciata allora sulla carta corrisponde a quella segnata con tratto nero continuo nella fig. 12. Si

della fig. 5 rappresenti la medesima onda della fig. 7 cioè che esse siano prodotte da oscillazioni uguali del pendolo, ma la loro diversità consiste nel fatto che esse sono state disegnate in modo diverso perchè nei due casi sono state scelte due diverse distanze, cioè due velocità diverse, per rappresentare due tempi uguali.

Se, per esempio, la distanza A-B della fig. 7 equivale ad un decimillesimo di secondo, allora anche la distanza A-B della fig. 5, che è molto più corta, dovrà valere un decimillesimo di secondo; ciò supponendo sempre che le due figure rappresentino la stessa onda.

In pratica non è naturalmente possibile eseguire oscillazioni così rapide con un pendolo come quello di cui stiamo parlando; ciò però non ha importanza poichè il nostro scopo è quello di facilitare la comprensione di fenomeni elettrici con l'aiuto di un paragone con dei dispositivi meccanici. È quindi sufficiente immaginare che le oscillazioni lente del pendolo corrispondano alle rapidissime oscillazioni di natura elettrica.

Nella fig. 8 è disegnato un'altra volta il dispositivo meccanico di cui stiamo trattando, con la differenza che ora c'è in più un altro uomo (visibile in basso a sinistra), il quale cerca di frenare le oscillazioni del pendolo. Nel momento in cui il pendolo si sposta verso sinistra, egli ne arresta il movimento prima che abbia compiuta la sua corsa normale. Se l'uomo frena una volta sola, la curva tracciata sulla striscia di carta si presenterà come indicato nella fig. 9. Nei punti A e B il pendolo oscillava liberamente, mentre in C esso viene frenato, per cui l'ampiezza dell'oscillazione risulta ridotta, e ciò non solo da un lato, ma anche da quello opposto, perchè l'effetto frenante rimane efficace anche nell'oscillazione di ritorno.

È chiaro che l'effetto frenante potrebbe venire annullato, se i due uomini che azionano il pendolo tirassero con maggior forza; questa supposizione è però contraria alla premessa fatta nello stabilire il nostro paragone, e cioè che i due uomini tirino il pendolo in modo sempre uniforme.

parla in questo caso di un'« onda modulata », a differenza dell'« onda non modulata », rappresentata nella fig. 13 e visibile del resto, punteggiata, anche nella fig. 12. L'onda non modulata corrisponde quindi alle oscillazioni del pendolo non frenato, mentre l'onda modulata rappresenta il movimento del pendolo, limitato nell'ampiezza delle sue escursioni dalla curva di legno.

In radiotecnica si chiama « modulazione » il sistema che permette di caricare le onde sonore sulle onde di trasmissione.

Nella fig. 12 appaiono due altre curve, disegnate a tratti grossi. Esse delimitano da entrambi i lati l'onda modulata e sono « speculari » tra loro (una corrisponde all'altra come se fosse riflessa in uno specchio). Esse nella loro forma corrispondono esattamente all'originaria onda sonora della fig. 10-a, dalla quale era stata ricavata la sagoma di legno. La denominazione di « onda portante » riportata nella fig. 13 indica che si tratta dell'onda di trasmissione, sulla quale si vuole « caricare » l'onda sonora.

I radiotrasmittitori generano delle oscillazioni che si possono rappresentare graficamente nello stesso modo che abbiamo visto ora. La fig. 13, per esempio, può rappresentare un'onda ad alta frequenza, non ancora modulata, cioè non « caricata » di onde sonore trasformate in onde elettriche. Supponiamo di poter « frenare » con un dispositivo adatto le oscillazioni di questa onda ad alta frequenza in modo da limitare l'ampiezza secondo la forma di un'onda sonora, come quella della fig. 10-a, si otterrà la stessa rappresentazione della fig. 12. È in questo modo che le onde sonore a bassa frequenza vengono caricate sulle onde elettriche ad alta frequenza. In pratica le onde sonore vengono ridotte in forma elettrica dal microfono e, con l'aiuto di appositi dispositivi, passano poi a modulare le onde ad alta frequenza emesse nell'etere dal radiotrasmittitore.

L'onda dell'etere (ossia l'onda portante ad alta frequenza), caricata di suoni, viene irradiata dall'antenna trasmittente e perviene infine ad una antenna ricevente. Attraverso un cosiddetto « cavo di discesa », l'onda arriva ad un polo di un ricevitore telefonico (fig. 14). L'altro polo del ricevitore telefonico è collegato direttamente con la terra. Se però qualcuno, con un simile dispositivo, credesse ora di poter ascoltare i suoni trasportati dall'onda portante, proverebbe una grave disillusione.

### La cuffia telefonica

Nella tecnica dell'alta frequenza si usa generalmente, in luogo del comune ricevitore telefonico, la cosiddetta « cuffia » costituita da due sistemi ricevitori fissati ad una staffa di metallo, che viene calzata sul capo (fig. 15).

Se colleghiamo la cuffia all'antenna, come è disegnato nella figura, le oscillazioni ad alta frequenza provenienti

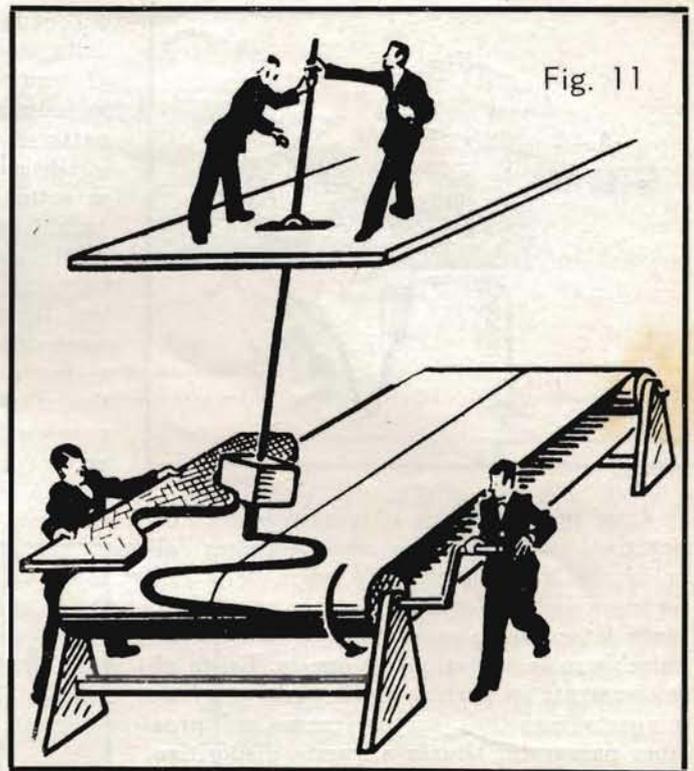


Fig. 11

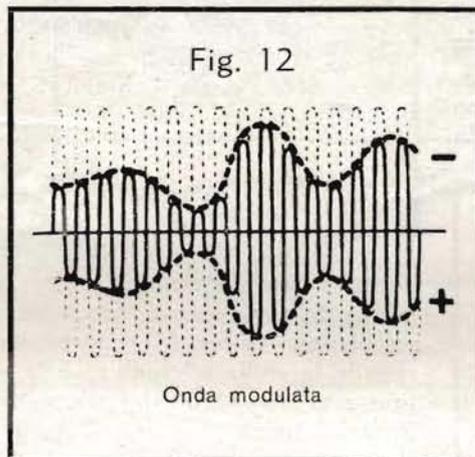


Fig. 12

Onda modulata

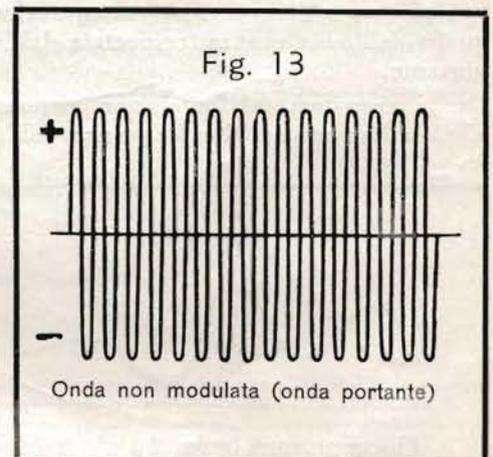


Fig. 13

Onda non modulata (onda portante)

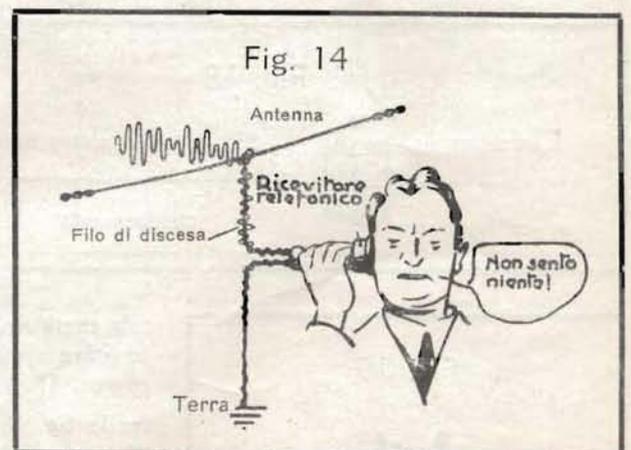


Fig. 14

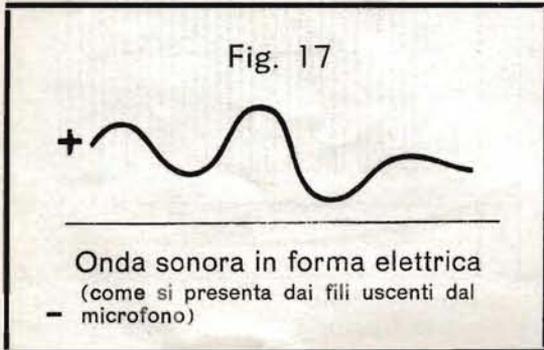
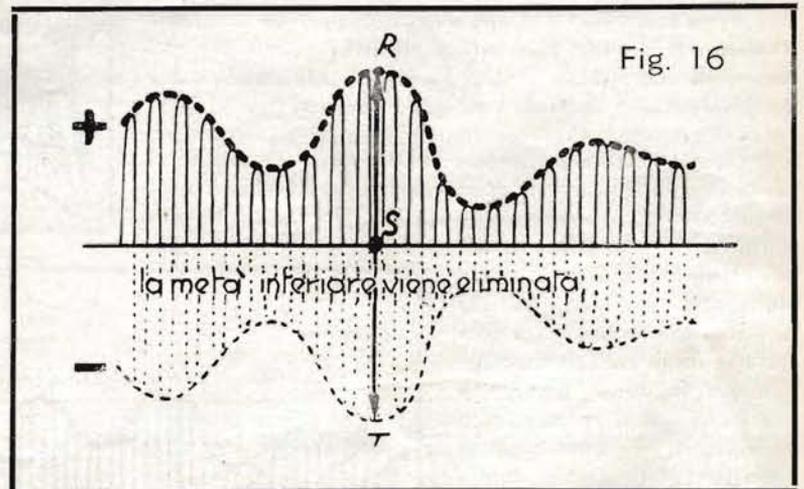


Se fosse però possibile eliminare le correnti negative, cioè tagliare la metà inferiore della fig. 16, allora potremmo udire nella cuffia le oscillazioni sonore, perchè, agendo soltanto le semionde positive, le membrane seguirebbero le variazioni di queste. Esiste effettivamente in pratica un dispositivo adatto a questo scopo, di cui parleremo nel prossimo paragrafo. Grazie a questo dispositivo, la corrente circolante nella cuffia telefonica può effettuare delle oscillazioni equivalenti a quelle dell'onda sonora trasportata dall'onda portante.

Ora i ricevitori telefonici non rispondono alle oscillazioni ad alta frequenza dell'onda

dall'onda portante attraversano gli avvolgimenti dei ricevitori della cuffia. Le membrane telefoniche non sono però in grado di seguire delle vibrazioni così rapide, ed il tecnico dice che le membrane « non rispondono » alle alte frequenze. D'altra parte si potrebbe pensare che le membrane seguissero almeno le vibrazioni sonore, più lente, che l'onda portante trasporta con sé sotto forma di oscillazioni d'ampiezza della successione di onde. Anche questo però non è possibile, come spiegheremo subito.

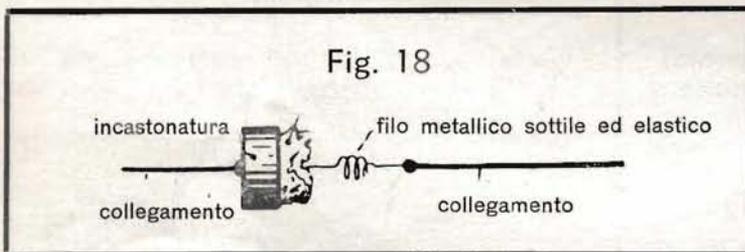
Osservate le curve dell'onda portante nella fig. 16 al momento S. Qui la semionda positiva ha l'altezza R-S e la corrispondente semionda negativa la profondità S-T di eguale misura. Supponiamo che le semionde positive corrispondano a correnti positive e quelle negative a correnti negative. Se ora la corrente R-S provoca l'attrazione delle membrane telefoniche, la corrente S-T ne provoca invece nello stesso istante la repulsione; di conseguenza le membrane non si muovono affatto.



portante, ma rispondono molto bene alle sue variazioni d'ampiezza, le quali sono a loro volta uguali alle oscillazioni dell'onda sonora. La fig. 17 rappresenta l'onda sonora alla quale risponde la cuffia telefonica: è la medesima onda che venne impressa al microfono del trasmettitore, e da questo tradotta in forma elettrica.

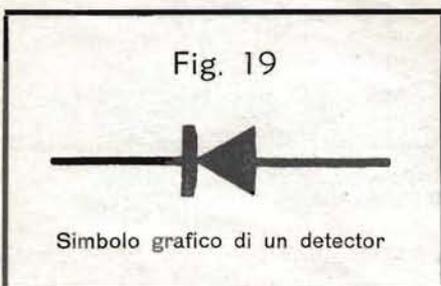
### Il detector

Il dispositivo, atto ad eliminare una metà delle onde ricevute ed al quale abbiamo accennato in precedenza, è il cosiddetto « detector ». Si tratta semplicemente di un « raddrizzatore », cioè di un organo che lascia passare la corrente in una sola direzione. Le oscillazioni in arrivo all'antenna del ricevitore si manifestano come correnti alternate che passano attraverso il cavo di discesa e le linee collegate; esse hanno direzione ora positiva ora negativa. Per mezzo del « raddrizzamento », che verrà spiegato più dettagliatamente in seguito, si ottiene di conservare solo



una metà della corrente alternata, cioè solo quella circolante in direzione positiva oppure solo quella di direzione negativa; l'altra metà viene soppressa. Il detector raddrizza dunque la corrente alternata.

Nella fig. 18 è rappresentato un detector utilizzato nella radio. Si tratta di uno speciale cristallo (galena), incastonato in una capsula di metallo, al quale viene appoggiata la punta di un sottile filo metallico. In merito vi daremo in seguito maggiori particolari.



La fig. 19 mostra il simbolo di un detector, e nella fig. 20-a e 20-b sono riportate due forme costruttive più comuni di tale dispositivo. La fig.

21-a rappresenta la curva di una corrente alternata; nella fig. 21-b si riconosce la medesima curva, nella quale però la parte inferiore è stata soppressa per mezzo di un detector.

Nella fig. 22 infine si vede lo schema di un circuito nel quale è inserito un detector. Se ai morsetti A e B di questo circuito viene allacciata una tensione alternata, nel circuito non passa corrente alternata, bensì solo una « metà » della corrente alternata, cioè una corrente raddrizzata o « corrente pulsante » (solamente positiva o solamente negativa).

Per terminare questo capitolo, vediamo nella fig. 23 quali siano in pratica i collegamenti essenziali di un radiorecettore che utilizzi un detector. Abbiamo il detector ed un ricevitore telefonico collegati in serie ed allacciati da un lato all'antenna, dall'altro alla terra. In questo modo ai morsetti A e B viene applicata una tensione alternata, fornita dall'onda ed alta frequenza modulata (cioè caricata di suoni), propagata attraverso l'etere. Il detector lascia passare soltanto una metà dell'onda portante, e così il ricevitore risponde alle vibrazioni acustiche da essa trasportate.

L'impianto radiorecettore rappresentato nella fig. 23, data la sua semplicità, permette l'audizione di una stazione trasmittente soltanto nelle immediate vicinanze della stessa. Quando si tratta di distanze maggiori, bisogna ricorrere all'aiuto di bobine e condensatori: ma di questo parleremo in seguito.

Può darsi che alcune cose di questo capitolo non vi siano apparse ancora perfettamente comprensibili; non per questo vi dovete però scoraggiare! Era nostra intenzione dare uno sguardo d'insieme al problema della modulazione e demodulazione delle onde portanti; ritorneremo in seguito ripetutamente sui vari dettagli che entrano in considerazione, fino ad ottenere la chiarezza più completa.

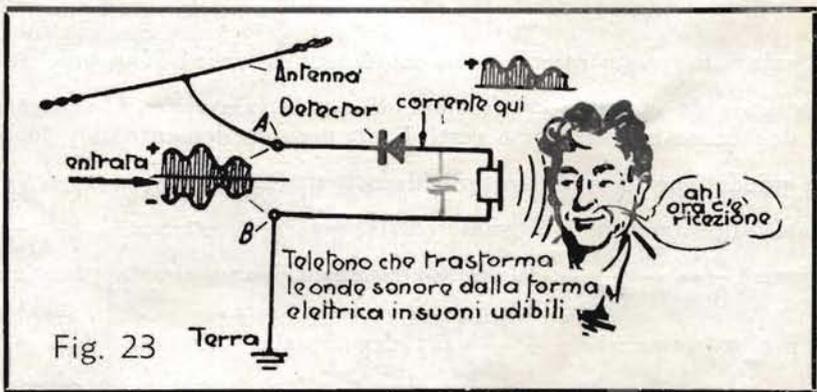
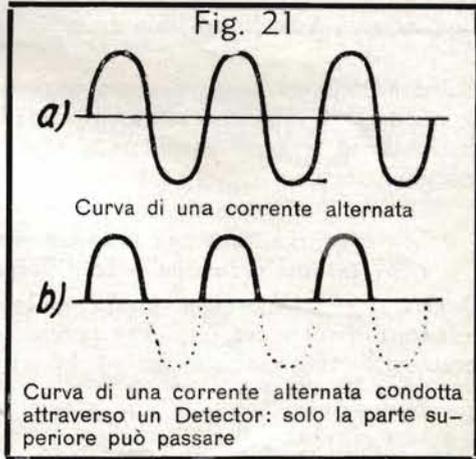
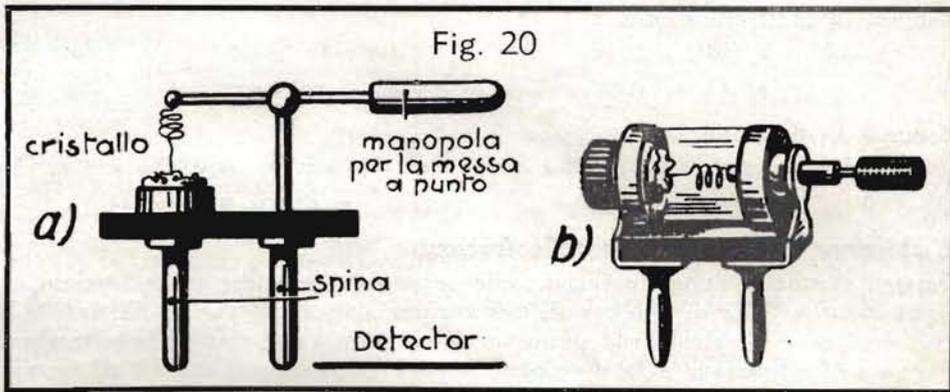
**Domande**

1. Come si chiama un'onda radio non influenzata dalle oscillazioni sonore (in forma elettrica)?
2. Qual'è il nome che si dà alle onde usate per la radiotrasmissione?
3. Qual'è il compito del detector?

**MATEMATICA**

**10. Le frazioni** (continuazione dalla Dispensa N. 5, pag. 20).

Nell'ultima lezione di matematica ci siamo occupati delle operazioni di moltiplicazione e di divisione tra le frazioni. Prima di proseguire oltre in questo argomento sarà bene eseguire una ripetizione risolvendo gli esempi che vi proponiamo qui di seguito. Ciò sarà molto utile e vi servirà per poter comprendere più rapidamente questo ramo della matematica.



### Esempi di moltiplicazione.

$$1). \quad \frac{2}{5} \cdot \frac{10}{13} = \frac{2 \cancel{10}^2}{5 \cdot 13} = \frac{2}{13}; \quad 2). \quad \frac{3a}{5c} \cdot \frac{b}{x} = \frac{3ab}{5cx}; \quad 3). \quad \frac{2a^2}{5b} \cdot \frac{b}{a} = \frac{2a^2 \cancel{b}}{5 \cancel{b} a} = \frac{2aa}{5a} = \frac{2a}{5};$$

### Esempi di divisione.

$$1). \quad \frac{2a^2}{b} : a = \frac{2a^2}{ba} = \frac{2a \cancel{a}}{b \cancel{a}} = \frac{2a}{b}; \quad 2). \quad \frac{a}{b} : \frac{x}{y} = \frac{ay}{bx}$$

### L'addizione e la sottrazione delle frazioni.

Perchè, trattando delle operazioni che si possono eseguire tra le frazioni, ci siamo occupati prima della moltiplicazione e della divisione e solo ora giungiamo a spiegare l'addizione e la sottrazione? Semplicemente perchè il sistema di calcolo che permette di eseguire l'addizione e la sottrazione è meno semplice di quello usato per la moltiplicazione e la divisione. Dopo l'insegnamento avuto e gli esempi ed esercizi risolti nel calcolo delle frazioni, vi sarà facile anche l'apprendere come si esegue la loro addizione e la loro sottrazione.

Cominciamo quindi con due esempi:  $\frac{3}{6} + \frac{2}{6} = \frac{5}{6}; \quad \frac{3}{6} - \frac{2}{6} = \frac{1}{6}$

I due esempi ora esposti, sono però così facili che su di essi non necessita dare particolari spiegazioni. In essi le operazioni rispettivamente di addizione nel primo e di sottrazione nel secondo, sono state così facili per il fatto che le frazioni considerate avevano ogni volta lo stesso denominatore. Possiamo perciò enunciare questa semplice regola:

« L'addizione o la sottrazione fra loro di due o più frazioni aventi il medesimo denominatore, dà per risultato una frazione che ha il medesimo denominatore delle frazioni considerate e per numeratore la somma o la differenza fra i loro numeratori ».

Questa regola non serve quindi per le operazioni di somma o sottrazione fra le frazioni che hanno un denominatore diverso fra loro. Per potere sommare o sottrarre fra loro frazioni di denominatore diverso è quindi necessario trasformarle in modo che esse abbiano tutte un medesimo denominatore. Osservate il seguente esempio:

$\frac{3}{6} + \frac{1}{3} = ?$  Vediamo che i denominatori delle due frazioni sono fra loro differenti. Dobbiamo allora trasformare la frazione  $\frac{1}{3}$  in modo che il suo denominatore diventi un 6. Possiamo ottenere ciò moltiplicando per 2, tanto il numeratore che il denominatore:  $\frac{1}{3} \cdot \frac{2}{2} = \frac{2}{6}$ . Alla frazione  $\frac{1}{3}$  possiamo quindi sostituire quella  $\frac{2}{6}$  che ha uguale valore e con ciò abbiamo ottenuto che le due frazioni da sommare abbiano un denominatore uguale. In casi come questo si dice che le due frazioni sono state « ridotte a denominatore comune » e si parla quindi di « minimo comun denominatore ». Nel nostro caso, infatti, il numero 6 è il minimo comune denominatore e possiamo quindi effettuare l'addizione  $\frac{3}{6} + \frac{2}{6} = \frac{5}{6}$  e ci accorgiamo che si tratta dello stesso esercizio che abbiamo già svolto all'inizio di questo capitolo.

Ed ora ecco un altro esercizio:  $\frac{1}{2} - \frac{1}{3} = ?$

Quale è in questo caso il « minimo denominatore »? Non può essere 3 perchè non è possibile trasformare  $\frac{1}{2}$  in modo da ottenere una frazione di eguale valore con il denominatore 3. Se però moltiplichiamo fra di loro i due denominatori, siamo certi di ottenere un denominatore comune. Il comune denominatore che ci interessa è quindi  $2 \text{ per } 3 = 6$ . Moltiplichiamo quindi per 3 i termini della frazione  $\frac{1}{2}$  e avremo  $\frac{1}{2} = \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 3} = \frac{3}{6}$  e moltiplichiamo per 2 i termini della frazione  $\frac{1}{3}$  ottenendo  $\frac{1}{3} = \frac{1 \cdot 2}{3 \cdot 2} = \frac{2}{6}$ . Possiamo ora eseguire la sottrazione  $\frac{3}{6} - \frac{2}{6} = \frac{1}{6}$  e ci accorgiamo che abbiamo risolto precedentemente un esercizio uguale.

Un altro esempio:  $\frac{1}{4} + \frac{1}{3} = ?$ ; denominatore comune:  $4 \cdot 3 = 12$  e con lo stesso procedimento usato per

il caso precedente:  $\frac{1}{4} = \frac{1 \cdot 3}{4 \cdot 3} = \frac{3}{12}; \quad \frac{1}{3} = \frac{1 \cdot 4}{3 \cdot 4} = \frac{4}{12}; \quad \frac{3}{12} + \frac{4}{12} = \frac{7}{12}$ .

Lo stesso procedimento viene usato anche, quando, invece di una operazione fra due frazioni, si deve eseguire la somma o la sottrazione di un numero maggiore di frazioni con denominatori diversi. Nel corso delle spiegazioni che vi verranno date successivamente, avrete modo di esercitarvi ancora in questo particolare calcolo.

Le medesime regole che abbiamo applicato per il calcolo di frazioni numeriche (aritmetiche), valgono anche per il calcolo di frazioni letterali (algebriche). Gli esempi seguenti possono quindi essere facilmente compresi senza difficoltà.

$$\frac{2}{a} + \frac{1}{a} = \frac{3}{a}; \quad \frac{c}{a} + \frac{d}{a} = \frac{c+d}{a}; \quad \frac{2}{a} - \frac{1}{a} = \frac{1}{a}; \quad \frac{c}{a} - \frac{d}{a} = \frac{c-d}{a};$$

In questi casi il trovare il risultato esatto è stato facile, perchè si tratta di frazioni che in ogni operazione hanno fra di loro il denominatore uguale.

Nel problema  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = ?$ , dove le frazioni che vi appaiono hanno denominatori diversi, dobbiamo trovare innanzitutto il comune denominatore. Esso si ottiene moltiplicando fra di loro i due denominatori ed è quindi  $a \cdot b$ . Dobbiamo perciò trasformare ognuna delle due frazioni moltiplicando tanto il numeratore che il denominatore di una delle frazioni per  $a$  e dell'altra per  $b$ . Eseguendo questa moltiplicazione per la frazione  $\frac{1}{a}$  otteniamo:  $\frac{1}{a} = \frac{1 \cdot b}{a \cdot b} = \frac{b}{a \cdot b}$ . Trasformando la frazione  $\frac{1}{b}$  otteniamo invece  $\frac{1}{b} = \frac{1 \cdot a}{b \cdot a} = \frac{a}{a \cdot b}$ . Ora, che abbiamo ridotte le due frazioni allo stesso denominatore, possiamo eseguire facilmente la loro addizione ed otteniamo  $\frac{b}{a \cdot b} + \frac{a}{a \cdot b} = \frac{a + b}{a \cdot b}$  (oppure  $\frac{b + a}{a \cdot b}$ ).

Una applicazione pratica di un calcolo letterale (algebrico), come quello che abbiamo ora eseguito, la troverete nel prossimo capitolo sulla « Elettrotecnica Generale ».

Nel caso non aveste ben compreso il modo, con il quale deve essere effettuata la somma di frazioni algebriche, considerate di nuovo la risoluzione dell'esempio  $\frac{1}{4} + \frac{1}{3} = ?$  che certamente avrete compresa. Nell'esempio  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = ?$  abbiamo la lettera  $a$  in luogo del numero 4 e la lettera  $b$  in luogo del numero 3, ma il procedimento di calcolo è sempre lo stesso. Infatti, se inseriamo questi due numeri al posto delle due corrispondenti lettere nel risultato ottenuto, avremo:

$$\frac{a + b}{a \cdot b} = \frac{4 + 3}{4 \cdot 3} = \frac{7}{12}$$

e questo risultato corrisponde a quello ottenuto nel calcolo della espressione numerica (aritmetica) già considerata.

**Osservazione.** Poichè l'addizione e la sottrazione di frazioni sono spesso laboriose, in pratica si preferisce talvolta eseguire i calcoli trasformando le frazioni in numeri decimali, la cui somma o sottrazione è molto più facile. La trasformazione di una frazione in numero decimale si ottiene, dividendo il numeratore per il denominatore:

$$\frac{2}{5} + \frac{3}{4} = ? \text{ è uguale a } 0,4 + 0,75 = 1,15.$$

Per effettuare con rapidità e sicurezza queste operazioni, è molto utile l'uso del regolo calcolatore. L'uso di tale strumento può essere appreso con lo studio del nostro breve corso « Il Calcolo col Regolo ». Richiedetene il programma.

### Risposte alle domande di pag. 7

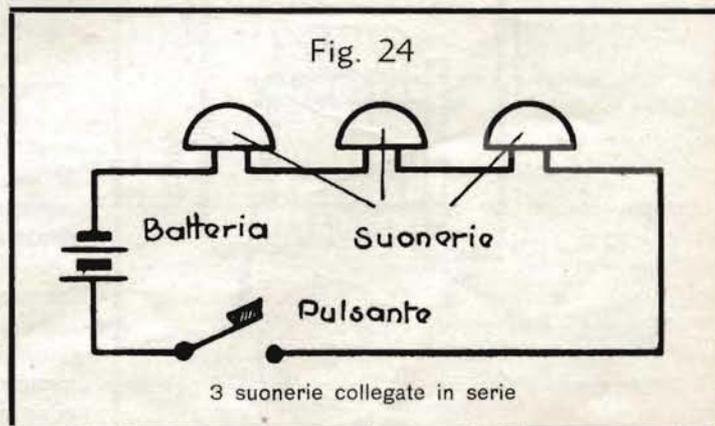
1. Un'onda radio non influenzata da vibrazioni acustiche (in forma elettrica) si chiama onda « non modulata ».
2. Le onde di trasmissione si chiamano anche « onde portanti ».
3. Il detector « raddrizza » le successioni d'onde ad alta frequenza ricevute.

## IMPIANTI DI SEGNALAZIONE

### Altri tipi di suonerie

Trattando delle suonerie a corrente continua, ne abbiamo descritto finora un tipo solo: la « suoneria ad auto-interruzione », così chiamata perchè nel suo funzionamento essa interrompe continuamente la propria corrente d'alimentazione. La suoneria ad auto-interruzione costituisce il tipo più semplice di campanello elettrico; esamineremo ora alcune varianti più perfezionate.

Voi già conoscete il collegamento in serie degli utilizzatori di corrente e non troverete quindi nulla di strano se, in determinati casi, si desidera collegare in serie varie suonerie. Se però si tratta di suonerie ad auto-interruzione, avviene che quando l'ancoretta della prima suoneria è attratta, essa interrompe la corrente anche nelle altre suonerie ed è quindi difficile riuscire a ottenere un funzionamento regolare. La cosa è evidente, se si osserva la fig. 24, nella quale è stato usato il simbolo generale per suonerie.



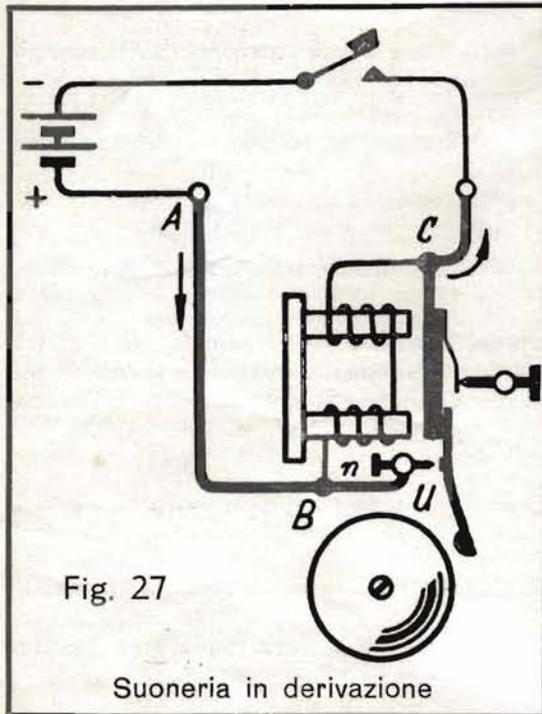


Nelle figg. 25 e 26 questo simbolo è maggiormente specificato; infatti la fig. 25 indica una suoneria a corrente continua, mentre la fig. 26 rappresenta una suoneria a

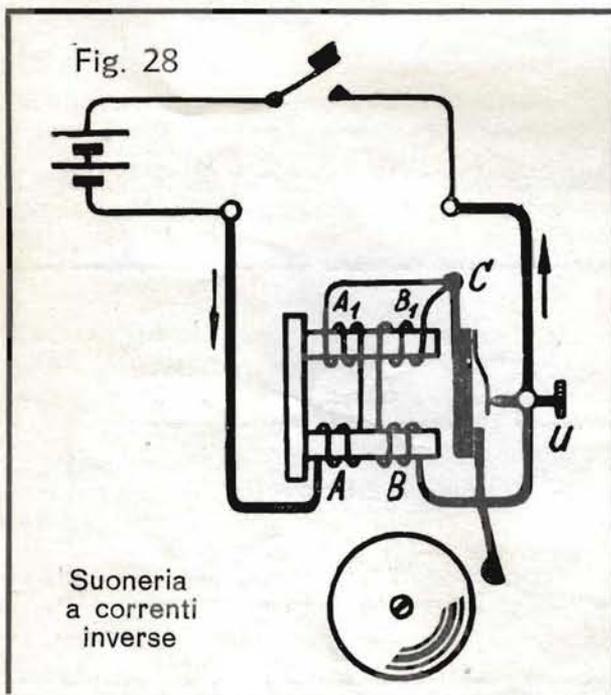
corrente alternata, caratterizzata dal segno ondulato che già conoscete come simbolo della corrente alternata.

#### \* Suonerie in derivazione ed a correnti inverse

Dovendo collegare in serie varie suonerie a corrente continua, invece di quelle ad auto-interruzione, si usano le cosiddette « suonerie in derivazione » oppure le « suonerie a correnti inverse ». La fig. 27 rappresenta schematicamente una suoneria in derivazione. Supponiamo che la corrente circoli nella direzione indicata dalle frecce. Essa proviene dal morsetto A e durante il funzionamento della suoneria si suddivide nel punto di derivazione B. La corrente attraversa da una parte gli avvolgimenti dell'elettromagnete, dall'altra raggiunge il punto C passando attraverso al contatto U. Premendo il pulsante del campanello, la corrente passa dapprima soltanto attraverso le bobine dell'elettromagnete il quale attrae l'ancoretta e chiude il contatto U. La corrente si divide allora in due vie, ma la parte maggiore passa per quella più facile, quella cioè attraverso il contatto U e l'ancoretta. Le bobine infatti hanno una resistenza molto più elevata e vengono quindi ad essere attraversate non più dall'intera corrente, ma solo da una minima parte.



In questo momento l'elettromagnete rimane quindi tanto indebolito che la sua forza non è più sufficiente per trattenere l'ancoretta e quindi questa si distacca e interrompe il contatto U. Di conseguenza la corrente complessiva è obbligata a passare nuovamente tutta attraverso alle bobine, e così l'ancoretta viene attratta un'altra volta, e tutto il gioco torna a ripetersi. In questo tipo di suoneria il circuito non rimane perciò mai interrotto; e quindi la suoneria in derivazione può essere usata in qualsiasi caso in cui sia necessario collegare in serie varie suonerie a corrente continua. Il nome « suoneria in derivazione » proviene dal fatto che la corrente oltre che in un ramo principale può passare anche attraverso il secondo ramo chiamato « derivazione ». Le bobine e l'ancoretta sono infatti collegate in parallelo, o come si dice pure, in « derivazione ».



Nel collegamento in serie, oltre alla suoneria in derivazione, si può usare, come abbiamo detto prima, anche la « suoneria a correnti inverse ».

I nuclei elettromagnetici di questo tipo portano due avvolgimenti distinti, ma di ugual numero di spire, inseriti in opposizione tra loro (fig. 20). In altre parole, se per esempio gli avvolgimenti A e A<sub>1</sub> sono disposti attorno ai nuclei nel senso delle lancette dell'orologio, gli avvolgimenti B e B<sub>1</sub> devono essere disposti nel senso contrario. Questa particolare disposizione fa sì che quando la corrente circola contemporaneamente in entrambe le coppie d'avvolgimenti, l'effetto elettromagnetico si annulla e non si forma quindi alcun campo magnetico.

Alimentando una siffatta suoneria a correnti inverse, la corrente attraversa dapprima solo gli avvolgimenti A e A<sub>1</sub>, ritornando alla batteria attraverso l'ancoretta ed il contatto U. Gli avvolgimenti B e B<sub>1</sub> non vengono attraversati dalla corrente, perchè sono « cortocircuitati », ossia « esclusi » dal percorso della corrente e quindi impossibilitati ad agire. La corrente infatti percorre il collegamento fra i punti C ed U, inserito in parallelo, il quale offre una resistenza molto inferiore a quella degli avvolgimenti stessi. In queste condizioni, l'ancoretta viene natu-

ralmente attratta. Le due coppie di avvolgimenti A-A<sub>1</sub> e B-B<sub>1</sub>, rimangono allora inserite in serie, per cui l'elettromagnete si *smagnetizza*. L'ancora si stacca di nuovo dall'elettromagnete, il contatto U viene chiuso, gli avvolgimenti B-B<sub>1</sub> sono cortocircuitati, ed il gioco ricomincia daccapo.

Anche nelle suonerie a correnti inverse il circuito rimane sempre chiuso; questa è la ragione per cui anche questo tipo di suoneria a corrente continua si può usare nei collegamenti in serie.

#### La suoneria a un solo colpo, e altre.

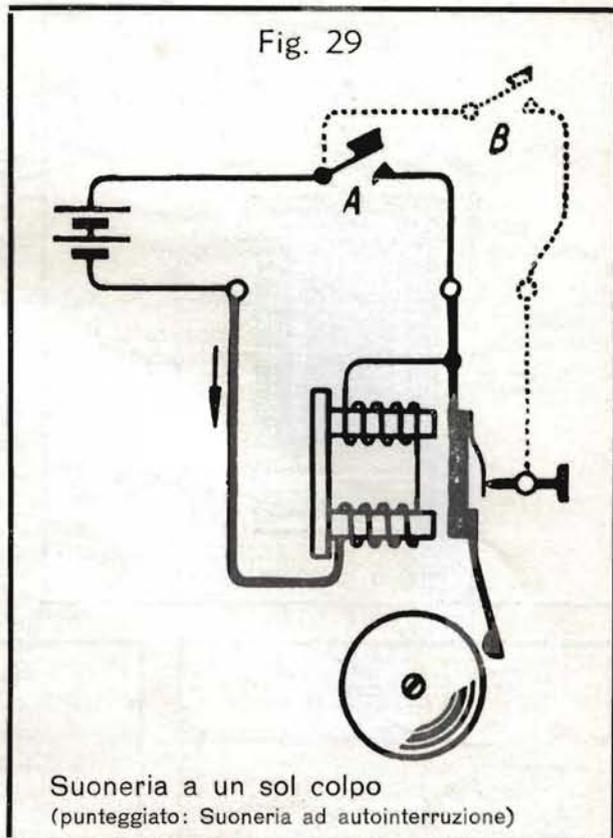
Vogliamo descrivere ora un altro tipo di suoneria, col quale, premendo il pulsante, si ottiene un colpo solo.

La costituzione di questa suoneria è assai semplice, e risulta dalla fig. 29. Osservate il percorso della corrente, senza badare dapprima ai collegamenti punteggiati. Quando si chiude il contatto in A, l'elettromagnete attrae l'ancora ed il battacchio dà un colpo solo. L'ancora rimane attratta, finché si preme il pulsante A. In questo tipo di suoneria si utilizzano sistemi elettromagnetici particolarmente robusti, affinché il colpo contro il campanello risulti forte e ben distinto.

Un dispositivo supplementare permette di utilizzare la suoneria a un sol colpo anche come suoneria normale; occorre allora il collegamento punteggiato nella fig. 29.

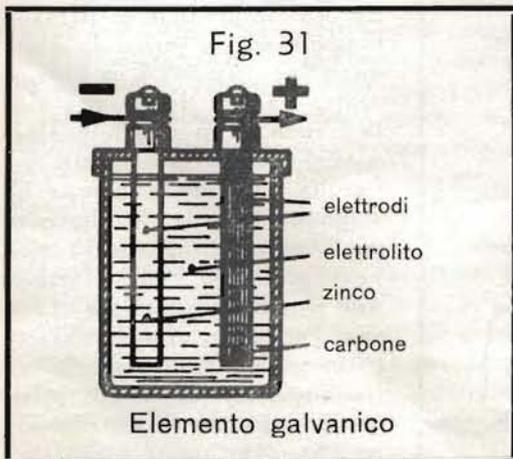
Quando invece del contatto A viene premuto il contatto B si ottiene il normale trillo del campanello. La fig. 29-a rappresenta il simbolo della suoneria a un sol colpo.

Per terminare ricordiamo che esistono anche suonerie cosiddette « a scatola », nelle quali il sistema elettromagnetico col battacchio è contenuto nell'interno del timpano », come si chiama anche la campana della suoneria. Le « cicaline » non posseggono né il timpano, né il battacchio, ed emettono perciò soltanto un ronzio. Nella fig. 30 sono visibili alcuni tipi usati di timpani; i primi tre hanno sezione rotonda, mentre il quarto tipo, detto « tirolese », è ovale.



## SORGENTI DI CORRENTE NELLA TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI

### Altri tipi di pile

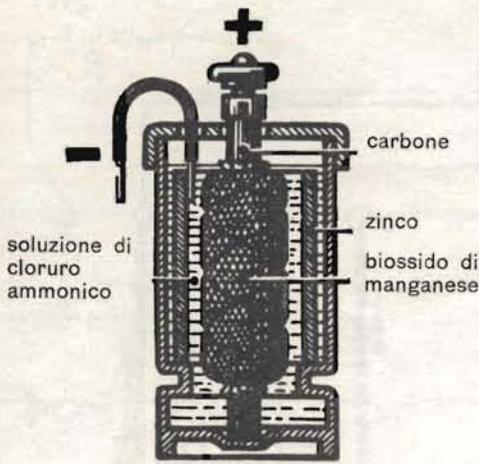


Nelle Dispense N. 1 e 2 abbiamo già parlato brevemente delle pile, vogliamo ora procedere un poco in questo argomento.

Nella fig. 31 è rappresentata una pila semplice; essa contiene una bacchetta di zinco ed un'altra di carbone immerse nel liquido della pila. Le due bacchette si chiamano « elettrodi », ed il liquido « elettrolito ».

Quando la pila eroga corrente, l'elettrolito viene decomposto chimicamente; si formano soprattutto due gas, cioè idrogeno e ossigeno. L'ossigeno si unisce con lo zinco, formando un sale solubile nell'acqua. L'idrogeno invece si deposita sul carbone, ostacolando in tal modo il contatto dell'elettrolito con l'elettrodo positivo; questo fenomeno si chiama « polarizzazione » e la sua conseguenza è che la tensione erogata dalla pila diminuisce. Per eliminare questo effetto dannoso si aggiunge all'elettrodo positivo (il quale si chiama anche « anodo ») una sostanza ricca di ossigeno, come ad esempio

Fig. 32



Pila a sacchetto

il biossido di manganese. L'idrogeno generato nella decomposizione dell'elettrolito si associa quindi all'ossigeno di questa sostanza formando acqua, che ritorna nel liquido liberando l'anodo.

**La pila a sacchetto di biossido di manganese.**

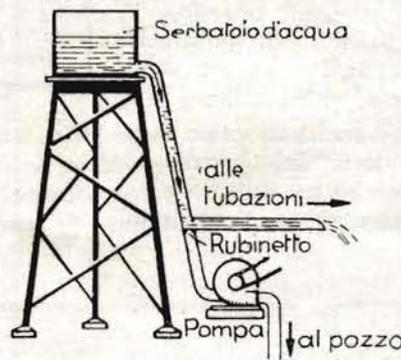
La cosiddetta « pila a sacchetto di biossido di manganese » è costituita secondo i concetti sopra espressi. Essa è visibile in sezione nella fig. 32.

La bacchetta di carbone è fasciata da un sacchetto contenente biossido di manganese, e l'elettrodo negativo, chiamato anche « còtoda », è formato da un cilindro di zinco che circonda il tutto ad una certa distanza. Come elettrolito viene usata una soluzione di cloruro ammonico, ottenuta sciogliendo del sale ammonico in acqua piovana bollita oppure in acqua distillata. Per una pila contenuta in un recipiente alto 25 cm occorrono circa 150 grammi di sale ammonico, mentre per un recipiente da 16 cm bastano 100 grammi. L'elettrolito deve riempire il vaso fino ad un centimetro dall'orlo superiore. Poichè naturalmente la soluzione è soggetta all'evaporazione, di tanto in tanto bisogna aggiungere acqua distillata.

Fig. 33



Fig. 34



**L'accumulatore**

L'accumulatore può essere considerato un recipiente capace di immagazzinare dell'energia elettrica fornitagli da una sorgente qualsiasi: sia da una pila che da una dinamo.

L'accumulazione dell'energia elettrica e la sua restituzione al momento del bisogno, avvengono per mezzo di reazioni chimiche fra gli elementi che compongono l'accumulatore. L'uso degli accumulatori ha grande importanza per potere disporre di una sorgente di corrente anche dove non esistono impianti alimentati da generatori; essi servono anche in quei casi in cui degli apparecchi utilizzatori richiedono una sorgente di corrente propria, oppure quando occorre una sorgente di corrente particolarmente stabile. È da precisare che l'accumulatore riceve ed eroga solo corrente continua.

Per ben comprendere che cosa sia un accumulatore paragoniamolo ad un serbatoio d'acqua (figg. 33 e 34). Una pompa aspira l'acqua da un pozzo e la manda in un serbatoio. Uno speciale rubinetto consente che l'acqua vada dalla pompa al serbatoio impedendo che essa passi nella rete di distribuzione (fig. 33). Quando il serbatoio è pieno e si desidera utilizzare l'acqua, si gira il rubinetto in modo da chiudere la tubazione della pompa ed aprire quella della rete di distribuzione (fig. 34).

Fig. 35

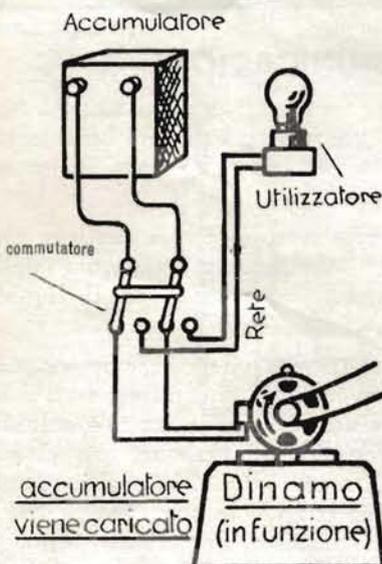
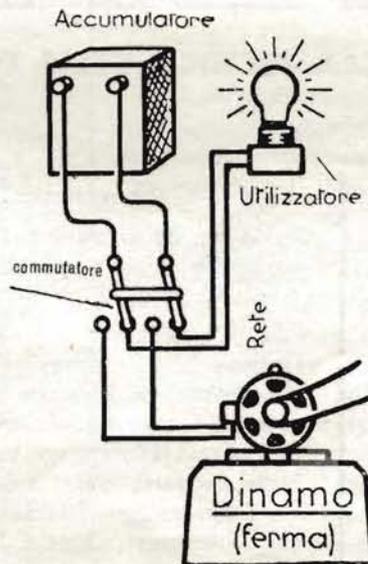


Fig. 36



Nelle figg. 35 e 36, vediamo invece il corrispondente impianto che permette di immagazzinare e distribuire, energia elettrica.

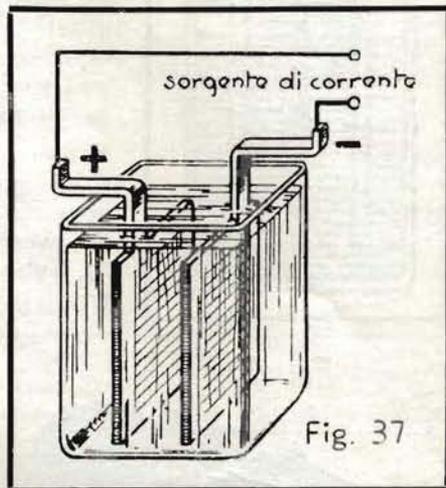
Al posto dell'acqua, abbiamo qui dell'energia elettrica, in luogo del serbatoio un accumulatore e, invece della pompa, un generatore di corrente continua; il rubinetto è qui sostituito da un commutatore il quale, secondo le necessità, consente di collegare l'accumulatore con il generatore per essere caricato oppure con la rete di distribuzione per fornire l'energia elettrica precedentemente immagazzinata agli apparecchi utilizzatori quali la lampadina indicata nelle figure.

### L'accumulatore al piombo.

Un accumulatore elettrico è sostanzialmente costituito da due piastre di piombo immerse in un recipiente isolante contenente acido solforico diluito (fig. 37). Se si collegano le piastre di piombo ai poli di una sorgente di corrente continua (una dinamo ad es.), la corrente di quest'ultima passa allora dalla piastra positiva a quella negativa attraversando l'acido solforico diluito. Il liquido allora si scompone in idrogeno ed ossigeno. L'ossigeno si sviluppa sulla piastra positiva e si combina con il piombo formando biossido di piombo, una massa di colore bruno scuro che riveste tutta la superficie dell'elettrodo positivo. L'idrogeno sin dall'inizio della « carica » (come si chiama l'invio della corrente dalla dinamo nell'accumulatore) va alla piastra negativa, ma poi nello stadio avanzato della carica, sfugge in forma gassosa facendo assumere alla superficie dell'elettrodo negativo un aspetto spugnoso.

La polarità delle piastre di un accumulatore si riconosce quindi facilmente per la loro colorazione caratteristica; la piastra *positiva* è *bruna* (biossido di piombo); quella *negativa* è *grigia* (piombo spugnoso).

Se stacciamo l'accumulatore dalla sorgente di corrente possiamo ricavarne ed utilizzare la corrente che precedentemente gli era stata fornita, allacciando le due piastre ad un consumatore; la corrente esce allora nel circuito esterno dalla piastra che durante la carica era collegata al polo positivo del generatore di corrente, ma non per questo la piastra cambia la sua polarità. È importante rammentare che la polarità dell'accumulatore rimane sempre la stessa, tanto durante la « carica » che durante la « scarica ». Durante la carica, cioè quando l'accumulatore è collegato al generatore di corrente, i collegamenti non devono mai essere invertiti perchè altrimenti le piastre ne risulterebbero danneggiate.



### La formazione delle piastre.

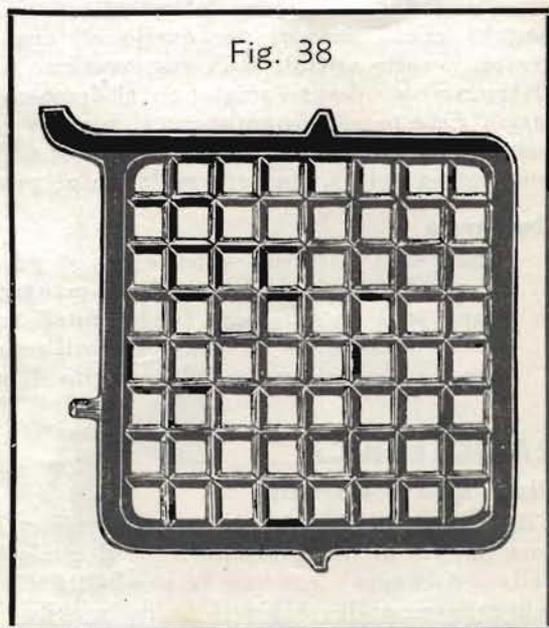
Impiegando delle piastre di piombo comuni, la capacità di caricarsi di un accumulatore, dopo la sua prima carica, è molto scarsa. Con successive e ripetute cariche e scariche, la capacità aumenta, perchè aumenta sulle piastre rispettivamente lo strato di biossido di piombo e di piombo spugnoso. La maggiore o minore capacità di carica dipende quindi dallo spessore di questi strati che vengono chiamati anche « massa attiva ». Il processo di generazione di strati sufficientemente grossi di massa attiva, si chiama « formazione ».

La formazione con il procedimento delle successive cariche e scariche dell'accumulatore è cosa lunga e costosa e per questa ragione si preferisce preparare le piastre in precedenza, applicando direttamente su di esse la necessaria massa attiva. A questo scopo si usa del minio per la piastra positiva e della limatura di piombo per quella negativa.

### I vari tipi di piastre.

Le piastre preparate, come abbiamo sopra specificato, posseggono sin dalla prima carica una capacità di accumulazione normale. Poichè però la massa attiva applicata sulle piastre normali si distacca facilmente, si è perfezionato il sistema adottando le cosiddette « piastre a griglia » (fig. 38) nelle cui aperture viene pressato lo spessore necessario di massa attiva. Un perfezionamento ulteriore nella preparazione delle piastre positive si è ottenuto applicando contemporaneamente i due procedimenti a cui abbiamo accennato; come prima cosa si procede con il sistema delle cariche e scariche successive allo scopo di generare sulle piastre un sottile strato spugnoso, poi si pressa la massa attiva nelle aperture delle piastre stesse.

Negli accumulatori moderni si usano ora « piastre a griglia », « piastre a grande superficie » e « piastre a massa ». Le piastre a griglia, tanto positive che negative sono costituite da una griglia a maglie larghe di una lega di piombo-antimonio dove, come già abbiamo detto, viene pressata la massa attiva. Le piastre a grande superficie sono invece piastre fuse in piombo dolce dotate di numerose e finissime nervature, in modo da ottenere una superficie molto estesa. Queste piastre devono naturalmente essere sottoposte al processo di « formazione » allo



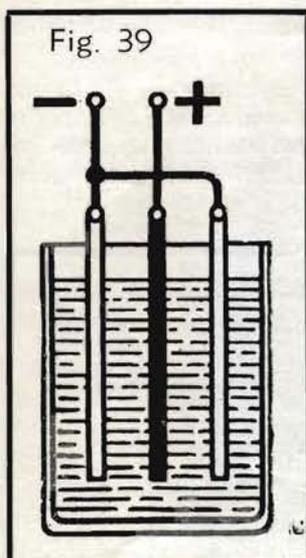


Fig. 39

scopo di generare la necessaria massa attiva.

Le piastre a grande superficie vengono usate esclusivamente come piastre positive e in questo caso come piastre negative si impiegano normali piastre a griglia. Le piastre a grande superficie possono essere sottoposte ad un esercizio più gravoso, e cioè essere caricate e scaricate più rapidamente degli altri tipi. Le *piastre a massa* infine sono costituite da un telaio (o una cassetta) di piombo duro, che viene riempito con la massa attiva.

Le piastre degli accumulatori al piombo vanno sempre immerse in acido solforico diluito la cui concentrazione è ben determinata. La tensione tra una piastra positiva ed una negativa è in media uguale a 2 volt. Durante la scarica la tensione può scendere fino a un minimo di 1,85 volt (dopodiché è bene che la scarica venga interrotta); nella ricarica, la tensione sale fino a un massimo di 2,7 volt.

Il tipo più semplice di accumulatore è dotato di due piastre negative ed una positiva, quindi di tre piastre. Poiché se la piastra positiva venisse influenzata chimicamente da una sola piastra negativa, essa col tempo si piegherebbe da un lato. Se invece essa si trova in mezzo a due piastre negative, come è mostrato nella fig. 39, subisce lo stesso effetto su entrambe le facce e rimane quindi diritta. L'insieme delle 3 piastre costituisce una cosiddetta « cella ».

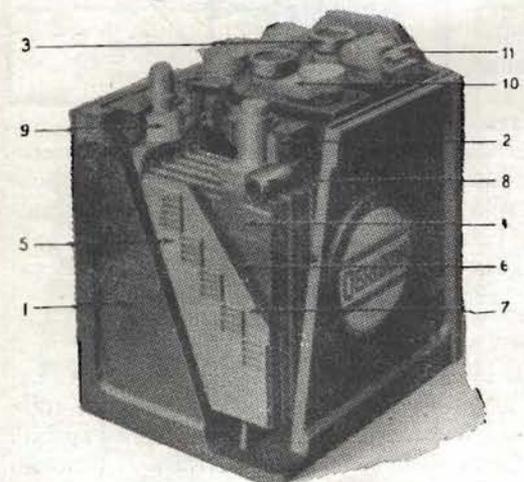
Per la carica, gli accumulatori vanno allacciati ad una sorgente di corrente continua attraverso una resistenza. Daremo in seguito ulteriori spiegazioni su questo argomento. La fig. 40 mostra un accumulatore al piombo a più celle, aperto.

### Gli accumulatori alcalini.

Il fatto che gli accumulatori ora descritti siano costituiti di piombo e di suoi composti, e siano pertanto assai pesanti, ha fatto sorgere da tempo il desiderio di trovare dei nuovi tipi di accumulatori nei quali il piombo fosse sostituito da altri metalli più leggeri. Per di più gli accumulatori al piombo richiedono una manutenzione accurata e non sono particolarmente robusti. Il nuovo tipo doveva quindi eliminare anche questi difetti.

Sviluppando le loro indagini in questo senso, *Edison* e lo svedese *Jungner* pervennero alla costruzione dell'« accumulatore alcalino ». Questo tipo non possiede piastre di piombo; l'elettrolito, anziché d'acido solforico, è costituito da soluzione di potassa caustica al 20%. La piastra positiva è costituita da lamiera di ferro nichelata e perforata; la massa attiva è idrato di nichelio. La piastra negativa è di ferro e cadmio; il recipiente è di lamiera di ferro.

Questi accumulatori al ferro-nichel presentano notevoli vantaggi rispetto agli accumulatori al piombo, ai quali fanno però riscontro vari difetti. Per questa ragione nella tecnica si impiegano, secondo i casi, entrambi i tipi.



- |                               |                                   |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1) Custodia in ebanite.       | 6) e 7) Separatore.               |
| 2) Coperchio in ebanite.      | 8) Tubo fissaggio separatori.     |
| 3) Tappi in ebanite.          | 9) Boccola di tenuta per il polo. |
| 4) Serie di piastre positive. | 10) Connessione.                  |
| 5) Serie di piastre negative. | 11) Morsetto.                     |

Gli accumulatori al piombo si scaricano in un certo grado anche quando non vengono usati; gli accumulatori al ferro-nichel invece no. La carica eccessivamente prolungata è nociva per l'accumulatore al piombo, mentre non ha effetti dannosi per quello al ferro-nichel, come non ne ha la carica con intensità di corrente esagerata, il corto circuito o la conservazione nello stato non caricato.

Il trattamento dell'accumulatore al ferro-nichel richiede molto meno riguardi; ma però il suo principale svantaggio rispetto all'accumulatore al piombo è costituito dal fatto che la tensione ammonta a solo circa 1,2 volt per cella. Il rendimento raggiunge solo il 65% contro circa il 75%, e infine l'accumulatore al ferro-nichel è più costoso del comune accumulatore al piombo.

### Domande

1. Quali sono i tipi di suonerie che si possono usare per il collegamento in serie?
2. Qual'è il compito del biossido di manganese nella pila a sacchetto?
3. Quali sono le differenze fondamentali tra gli accumulatori al piombo e quelli al ferro-nichel?
4. Qual'è la tensione di una cella nell'accumulatore al piombo e in quello al ferro-nichel?
5. Come si può riconoscere la polarità di un accumulatore al piombo caricato?

## RADIOTECNICA

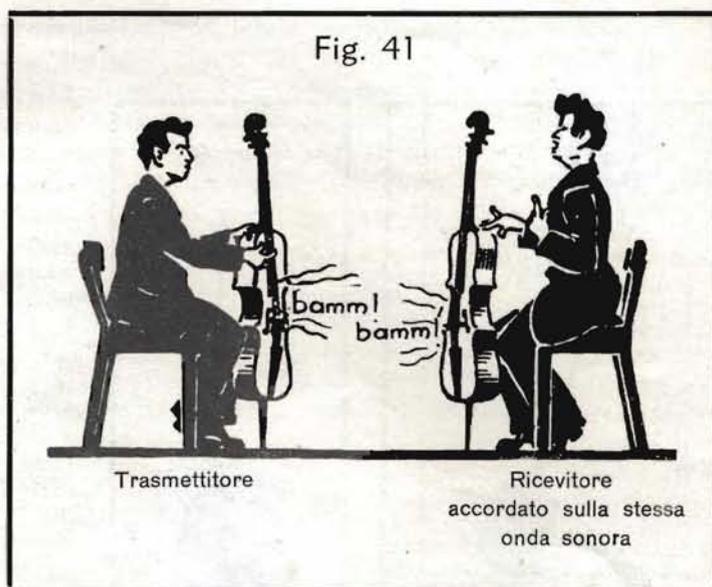
### Risonanza e sintonia

Già avete appreso varie nozioni sulla radiotelegrafia e sulla radiotelefonica ma, sino ad ora, non abbiamo ancora parlato di un fenomeno fisico il quale ha una parte decisiva nella tecnica dell'alta frequenza. Si tratta della « risonanza » e, senza la possibilità di applicare i suoi principi, l'intera tecnica dell'alta frequenza sarebbe impensabile; è perciò indispensabile che di questo fenomeno ci occupiamo ora un po' estesamente.

### Fenomeni di risonanza.

Avrete sicuramente notato che quando si suona un pianoforte, spesso, anche senza che essi siano appoggiati sullo strumento, certi oggetti si mettono a tintinnare. Osservando con attenzione, vi sarete anche accorti che il tintinnio si verifica e si ripete solo quando il pianoforte emette determinate note. Questa manifestazioni sono dovute alla « risonanza », il fenomeno che ora descriveremo.

La fig. 41 rappresenta due violoncellisti. Quello di sinistra ha pizzicato una corda del suo strumento ed ecco che nello strumento di destra risuona la stessa nota senza che alcuno abbia toccata la corrispondente corda. Ciò è avvenuto, perchè nello strumento di destra si è messa a vibrare la corda corrispondente a quella che è stata pizzicata nello strumento di sinistra, e ciò è possibile, purchè i due strumenti siano perfettamente « accordati » fra loro; solo a queste precise condizioni la corda che emette il suono nello strumento può provocare il medesimo suono nello strumento di destra. In altre parole le due corde devono essere tali da vibrare con la medesima frequenza (numero di vibrazioni al secondo) ed è quindi chiaro che esse devono avere uguali dimensioni e, in particolare, uguale lunghezza ed uguale tensione.

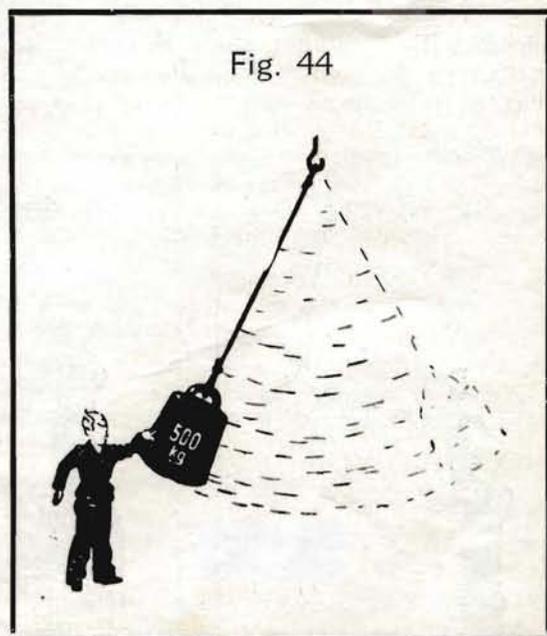
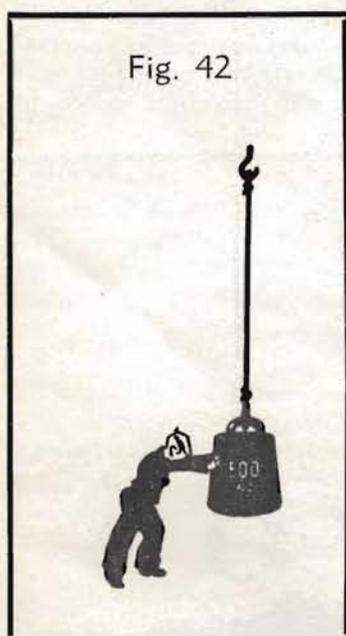


Il fenomeno di cui abbiamo parlato si verifica praticamente in questo modo: le onde sonore prodotte dalla corda pizzicata nello strumento di sinistra, colpiscono tutte le corde dello strumento di destra facendole vibrare. Mentre le altre vibrano leggermente, la corda accordata con la medesima nota emessa dallo strumento di sinistra vibra invece più forte e con la stessa frequenza acustica dello strumento trasmittitore. Ciò avviene perchè la « frequenza » propria della corda ricevitrice corrisponde alla frequenza delle onde sonore in arrivo.

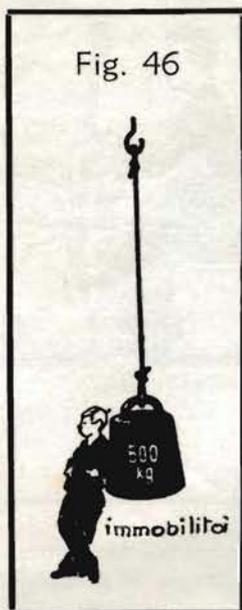
Questa uguaglianza di frequenza si chiama « risonanza ». Le onde sonore in arrivo colpiscono la corda ricevitrice con lo stesso ritmo, con il quale essa vibra e, in questo modo, le vibrazioni di quest'ultima vengono sempre più rinforzate sino al punto da produrre un suono chiaramente percepibile senza che la corda sia stata toccata da alcuno.

Vogliamo spiegare in modo ancor più chiaro questo fenomeno, servendoci di un altro paragone. Una mela pende da un ramo situato in alto. Un ragazzo vorrebbe coglierla, ma non arriva a toccarla. Dal ramo però si diparte un ramoscello che il ragazzo, sebbene a stento, riesce ad afferrare. Manovrando con abilità egli riuscirà probabilmente a tirare a sè il ramo grosso con la mela; deve però fare attenzione a non tirare troppo forte, altrimenti il ramoscello potrebbe spezzarsi.

Il fanciullo, perciò deve cominciare a tirare leggermente e per breve tratto il sottile ramoscello che riesce ad afferrare, lasciandolo però ritornare indietro e molleggiare liberamente. Seguendo sempre col braccio le oscillazioni del ramo, senza frenarle, cercando anzi di ingrandirle tirando ogni volta sempre più in basso il ramo-



scello, egli riuscirà a produrre delle oscillazioni sempre più ampie del ramo grosso, fino a poter raggiungere e cogliere la mela.

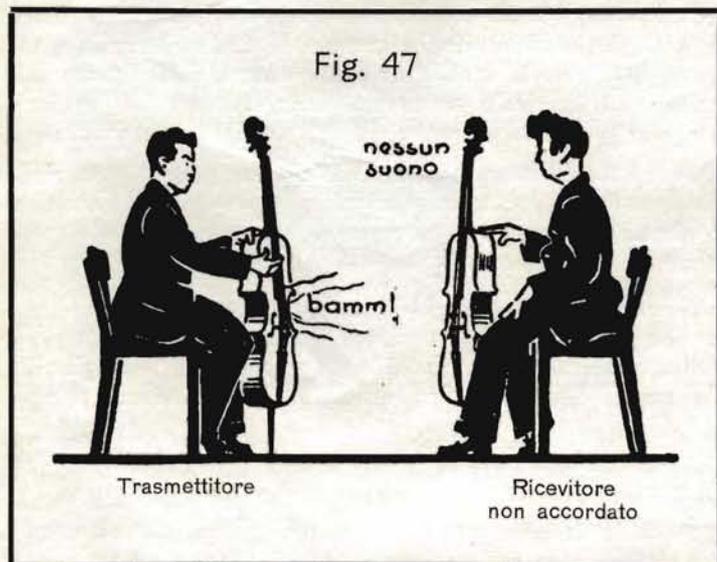


È questo un esperimento che chiunque può ripetere. Un secondo esperimento potrà servire a chiarire ancor maggiormente questi fenomeni. Un grossissimo peso pende da una corda e un ragazzo ha il compito di farlo oscillare ampiamente (fig. 42). Egli però non è abbastanza forte per poter ottenere ciò con un solo spintone, ma con un po' di abilità e con un minimo dispendio di forza egli riuscirà ugualmente, a produrre delle ampie oscillazioni del grosso pendolo » (fig. 43).

A questo scopo basta infatti che il ragazzo incominci con l'imprimere al pendolo delle oscillazioni piccolissime; dopo però bisogna che egli faccia seguire delle altre spinte sempre esattamente al momento in cui il pendolo, dopo essersi avvicinato il massimo a lui, sta per allontanarsi nuovamente.

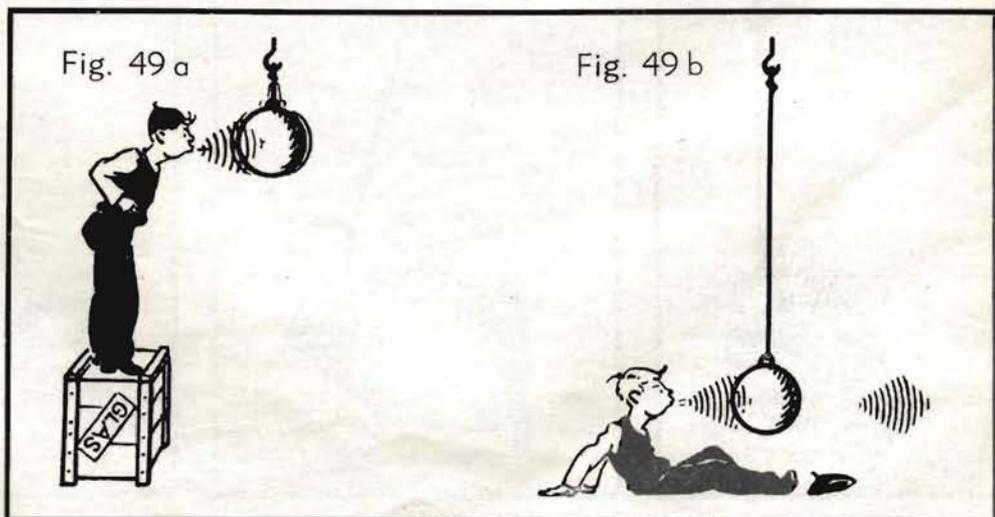
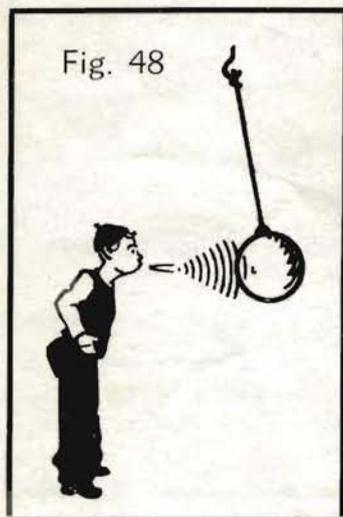
Ripetendo le spinte varie volte, sempre nel momento giusto e quindi in un ritmo ben determinato, il grosso peso finirà per compiere delle oscillazioni molto ampie, senza che il ragazzo abbia dovuto compiere un grande sforzo (fig. 44).

Se invece le spinte successive alla prima venissero impresse dal ragazzo negli istanti sbagliati, le oscillazioni, invece di diventar più ampie, verrebbero smorzate (fig. 45) e il pendolo potrebbe addirittura arrestarsi completamente (fig. 46); in questo caso le spinte non erano « in accordo » con le oscillazioni del pendolo; non erano cioè adattate alle esigenze del « sistema oscillante ».



Osservazioni analoghe ne avrete già fatte con l'altalena; anche con questa le oscillazioni si possono facilmente aumentare, senza fatica, dando le spinte nel momento giusto. Allo stesso modo, con minimo dispendio di forza, si riesce perfino ad abbattere la ciminiera di una fabbrica; basta far susseguire leggere spinte a giusti intervalli. L'oscillazione impressa al camino con la prima spinta può essere talmente leggera, da essere in pratica addirittura impercettibile. Ciononostante il grande camino, finisce per crollare. L'impressionante risultato ottenuto con mezzi così limitati è dovuto a una causa sola: la « risonanza ».

Sempre per la stessa ragione si vieta talvolta a reparti militari di attraversare un ponte marciando a passo cadenzato. Potrebbe infatti accadere che le proprietà oscillatorie del ponte corrispondessero a quelle prodotte dalla cadenza della marcia, e allora i conseguenti fenomeni di risonanza potrebbero influire sulla stabilità della costruzione e far temere il pericolo di un crollo.



Consideriamo ancora brevemente l'esempio già fatto circa la risonanza che si verifica fra due strumenti musicali. Da quanto abbiamo sino ad ora visto, è chiaro che se la corda che emette il suono nel primo strumento e la corrispondente corda del secondo strumento non sono fra loro perfettamente accordate, quest'ultima non risona. Possiamo quindi considerare il primo strumento come un « trasmettitore » ed il secondo come un « ricevitore ». Nel primo caso che abbiamo visto (fig. 41) vi era risonanza perchè gli strumenti erano fra di loro accordati; nel secondo caso (fig. 47) il ricevitore è rimasto muto perchè non era accordato con la frequenza del trasmettitore.

Ed ora un altro esempio ancora: è possibile provocare l'oscillazione del pendolo rappresentato nella fig. 48. semplicemente soffiando contro di esso? Certamente questo è possibile, purchè i soffi si susseguano a intervalli corrispondenti alla frequenza propria del « sistema oscillante » costituito dal pendolo.

Se invece il ragazzo, soffiando sempre nello stesso ritmo del caso precedente, vorrà provare a mettere in oscillazione un pendolo più corto oppure uno più lungo di quello già considerato (dotati quindi di frequenza propria diversa), per quanto forte egli soffi, ciò non gli riuscirà (figg. 49-a e 49-b).

Da ciò si deduce che, cambiando il sistema oscillante, ossia la frequenza propria, del ricevitore, è necessario variare anche il ritmo dei soffi, accordandolo su di essa.

### La risonanza nella radio.

Arriviamo ora all'applicazione nel campo della radio di tutto quanto abbiamo visto circa la risonanza. Immaginiamoci un omino seduto sull'antenna di una stazione radiotrasmettente, e supponiamo che egli soffi a intervalli regolari (fig. 50); egli emetterà insomma delle onde d'aria che rappresentano per noi le onde elettriche

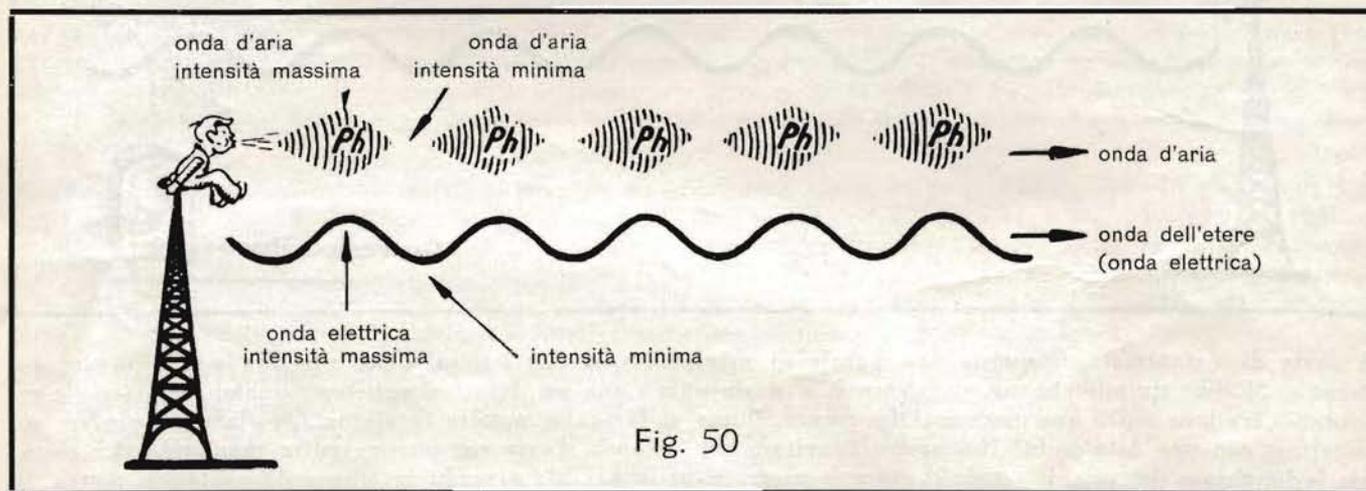


Fig. 50

emesse dal radiotrasmettitore. Ogni onda d'aria provocata dai soffi possiede dei punti di massima intensità intercalati da punti di minima intensità, ossia delle semionde positive separate da semionde negative, che cadono esattamente nei medesimi punti delle semionde positive e negative dell'onda radio rappresentate nella parte inferiore della figura.

Supponiamo infine di avere a disposizione un ricevitore adatto per queste onde d'aria costituito da una scatola contenente un piccolo pendolo (fig. 51). Se al ricevitore pervengono delle onde d'aria accordate col suo sistema oscillante, cioè con la frequenza propria del piccolo pendolo, quest'ultimo si metterà a oscillare. In altre parole: il nostro ricevitore per le onde d'aria « risponde ». Anche per il radioricevitore le cose sono identiche; esso « risponde » quando è « accordato » sull'onda elettrica, ossia sull'onda radio, che perviene ad esso.

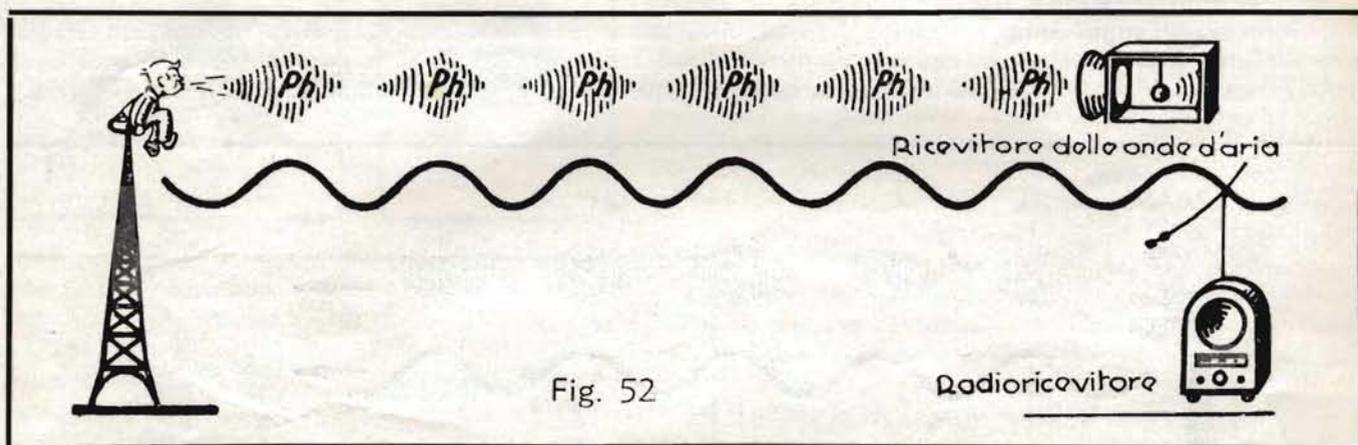
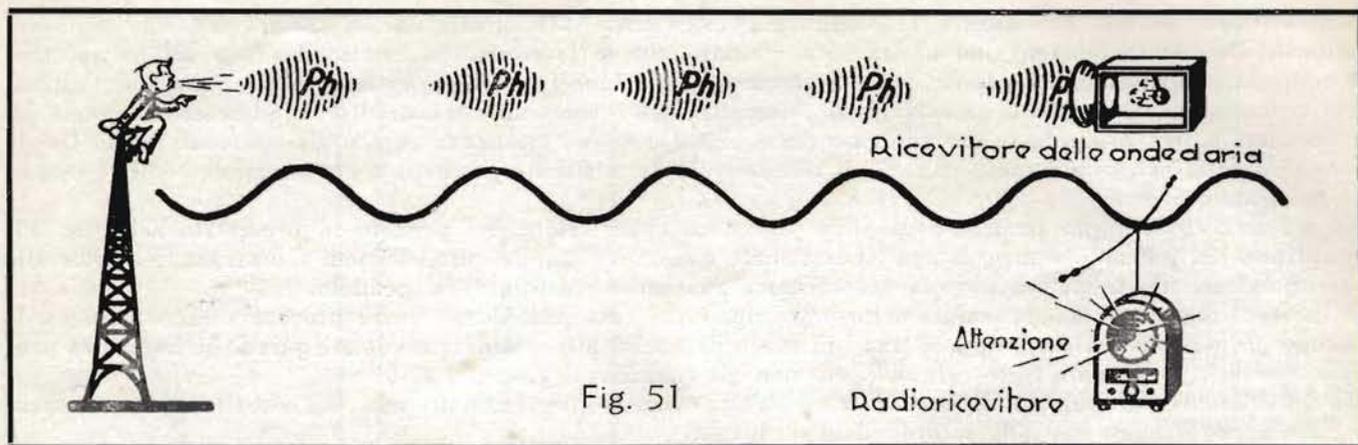
Naturalmente è anche possibile il caso contrario: quando il sistema oscillante del ricevitore per le onde d'aria non è accordato con la loro frequenza, il piccolo pendolo non può mettersi a oscillare, e rimane immobile. E allo stesso modo il radioricevitore rimane silenzioso, quando non è accordato (o, come si dice anche in questo caso, « sintonizzato ») con la frequenza dell'onda elettrica che gli perviene dal trasmettitore (fig. 52).

Naturalmente, ad una certa distanza, le onde d'aria prodotte soffiando giungono debolissime, tuttavia il piccolo pendolo del ricevitore (supposto che sia accordato), può effettuare ampie oscillazioni per effetto di « fenomeni di risonanza ». Per ottenere la risonanza bastano infatti, come avete già appreso, leggerissimi impulsi, purchè essi sopravvengano con la giusta cadenza. Analogamente avviene per le onde radio. Esse pure sono assai deboli nella località della ricezione, ma, tuttavia, si possono utilizzare, perchè le oscillazioni del sistema trasmettente vengono amplificate nel ricevitore per mezzo di apparecchi, il funzionamento dei quali è basato sui principi del fenomeno della risonanza.

Ricordatevi quindi quanto segue: per ottenere l'oscillazione del sistema oscillante di un ricevitore, sia si tratti di un comune ricevitore radio o del ricevitore per onde d'aria che abbiamo qui descritto, tanto per fissare le idee, è cosa indispensabile che il ricevitore sia accordato con la frequenza dell'onda da ricevere.

### La sintonia.

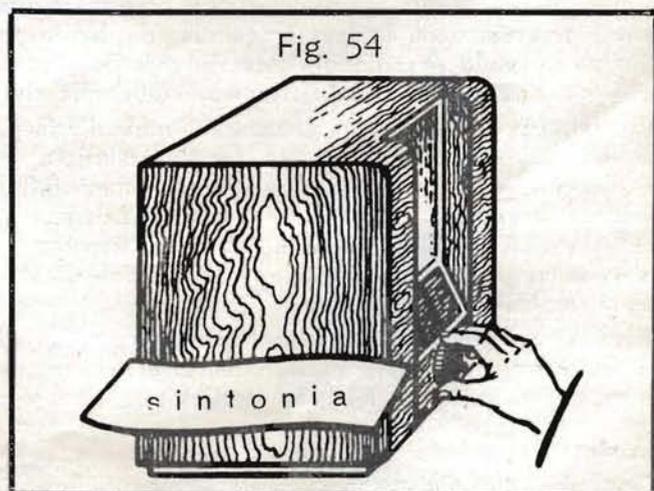
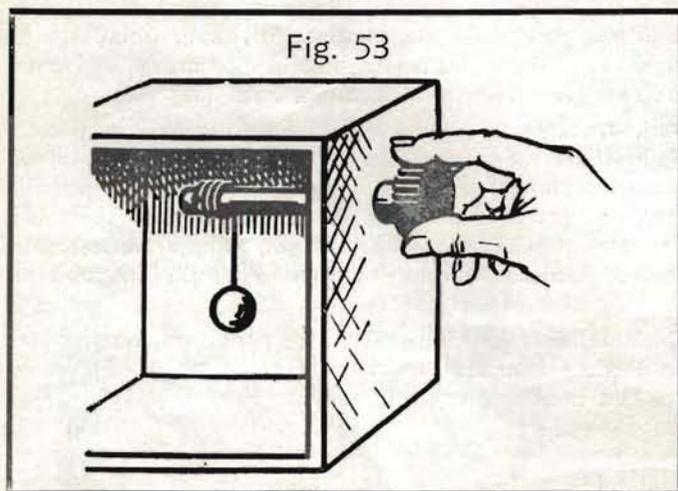
Come abbiamo già accennato, nella tecnica della radio, volendo esprimere lo stato di un ricevitore accordato,



si parla di « *sintonia* ». È questa una parola di origine greca, che letteralmente significa « il risuonare assieme ». Si dice quindi che un ricevitore è « in sintonia » con un dato trasmettitore, quando essi sono « accordati » tra loro sopra una medesima frequenza. Come si fa ora a mettere in sintonia, ossia ad accordare un ricevitore con una data onda? Nel nostro ricevitore per le onde d'aria ciò può avvenire regolando per esempio la lunghezza del piccolo pendolo, come è mostrato nella fig. 53; girando la manopola visibile a destra, la lunghezza del pendolo può essere allungata o accorciata a piacimento.

Un pendolo lungo oscilla più lentamente e possiede quindi una frequenza propria inferiore a quella di un pendolo corto; ciò non costituisce una novità per nessuno, poichè tutti abbiamo visto i vecchi orologi col pendolo lungo che oscilla lentamente, mentre conosciamo anche le piccole pendole del cucù che battono il tempo con ritmo affrettato.

Anche in un ricevitore radio la sintonizzazione avviene girando una manopola (fig. 54). Apprenderete più avanti ciò che avviene nell'interno dell'apparecchio quando si regola la manopola della sintonia; è chiaro però fin d'ora che, agendo su di essa, si modifica il sistema oscillante elettrico del ricevitore, in modo da accordarlo con l'onda che si vuole ricevere e far sì che si possano manifestare i fenomeni di risonanza necessari, perchè le oscillazioni elettriche ricevute vengono amplificate al punto da permettere la loro ricezione.



## Domande

1. Quand'è che due sistemi oscillanti sono accordati fra loro?
2. Descrivete brevemente le principali manifestazioni dei fenomeni di risonanza.

## Risposte alle domande di pag. 14

1. Per il collegamento in serie, le suonerie in derivazione e quelle a correnti inverse sono le più adatte.
2. Il compito del biossido di manganese è quello di eliminare nelle pile l'idrogeno prodotto dal passaggio della corrente attraverso l'elettrolito, impedendo che esso si depositi sull'anodo, provocando una diminuzione di tensione.
3. Le piastre dell'accumulatore al piombo, come dice il nome, sono costituite di piombo, mentre quelle dell'accumulatore al ferro-nichel hanno l'elettrodo positivo di lamiera di ferro nichelata e l'elettrodo negativo di ferro e cadmio. Nell'accumulatore al piombo come elettrolito si impiega acido solforico, in quello al ferro-nichel invece potassa caustica.
4. L'accumulatore al piombo eroga, in media, per ogni cella, una tensione di 2 volt; quello al ferro-nichel, 1,2 volt.
5. La polarità delle piastre dell'accumulatore al piombo si riconosce dal loro colore. Le piastre positive sono brune (biossido di piombo), quelle negative invece biancastre-grigiastre (piombo spugnoso).

## MATEMATICA

### 12. Le parentesi

Nel calcolo delle espressioni aritmetiche, talvolta è necessario indicare che certe operazioni di addizione o sottrazione devono essere eseguite secondo una certa successione. Per indicare, quali operazioni vanno eseguite per prime rispetto alle altre, ci si serve delle « parentesi » dove si racchiudono i numeri che devono essere sommati o sottratti fra di loro, prima di eseguire le altre operazioni. Si debba per esempio calcolare la seguente espressione:

$$17 - (15 + 11 - 19) = ?$$

In questo caso la parentesi indica che, come prima cosa, deve essere eseguita l'operazione in essa compresa e che il suo risultato deve essere poi sottratto da 17. Nella parentesi abbiamo  $15 + 11 - 19$ , ed eseguendo il calcolo si ottiene  $15 + 11 - 19 = 26 - 19 = 7$ . Il risultato dell'operazione indicata nella parentesi è quindi 7 e dobbiamo ora sottrarlo da 17:  $17 - 7 = 10$ . Il risultato finale è dunque 10. Se la parentesi non fosse esistita ad indicare l'ordine nel quale dovevano essere effettuate le operazioni, il risultato sarebbe stato ben diverso e quindi errato. L'impiego delle parentesi è stato quindi molto importante in questo caso.

### Esempi:

$$1) \quad 34 + 5 - (28 + 16) = ?$$
$$34 + 5 - 44 = -5$$

$$2) \quad 44 + (25 - 13 - 4 + 8) = ?$$
$$44 + 16 = 60$$

Talvolta vi sono espressioni, dove non basta indicare solamente, quale sia la prima operazione da eseguire, ma occorre anche precisare quali siano, in ordine progressivo, le successive. In questi casi si usano parentesi di forme diverse; le parentesi che già abbiamo usate si chiamano *parentesi tonde* ( ), esistono poi le *parentesi quadre* [ ] ed infine quelle a *graffe* { } che però si usano solo raramente. Nell'ordine, vanno eseguite per prime le operazioni comprese nelle parentesi tonde, successivamente quelle nelle parentesi quadrate, indi quelle nelle parentesi a graffe.

$$3) \quad 84 - [10 + (9 - 6)] = ?$$

Le parentesi indicano che bisogna prima eseguire le operazioni contenute nella parentesi tonda indi quelle contenute nella parentesi quadra e sottrarre poi il risultato ottenuto da 84. Calcoliamo quindi dapprima il contenuto della parentesi tonda:  $9 - 6 = 3$ , invece di  $(9 - 6)$  possiamo quindi scrivere 3 e l'espressione diventa allora:  $84 - [10 + 3] = ?$ . Calcoliamo ora il contenuto della parentesi quadra:  $10 + 3 = 13$ , sostituiamo quindi  $[10 + 3]$  con 13 e otteniamo  $84 - 13 = 71$  che è il risultato cercato.

Esercitatevi ora attentamente sull'uso delle parentesi seguendo gli esempi sotto indicati:

$$4) \quad 52 - [12 - (17 - 8)] = ?$$

Risolta la parentesi tonda abbiamo:  $52 - [12 - 9] = ?$ ; risolta quella quadra:  $52 - 3 = 49$ .

$$5) \quad 25 - \{8 + [19 - (3 + 4)]\} = ?; \text{ risolta la parentesi tonda: } 25 - \{8 + [19 - 7]\} = ?$$

Risolta la parentesi quadra:  $25 - \{8 + 12\} = ?$ ; risolta la parentesi a graffe:  $25 - 20 = 5$ .

### L'eliminazione delle parentesi.

Come abbiamo visto, per risolvere un'espressione che comprenda calcoli racchiusi in parentesi, questi devono essere eseguiti per primi rispetto ai rimanenti. Dovendo quindi risolvere l'espressione  $6 + (4 - 2)$  si comincia dapprima ad effettuare l'operazione compresa nella parentesi tonda;  $4 - 2 = 2$ , ottenendo il risultato finale  $6 + 2 = 8$ . Talvolta, però in pratica, si presenta anche la necessità di effettuare le operazioni fra numeri racchiusi in parentesi, solo dopo che questa sia stata eliminata, cioè non tenendo conto della esistenza della parentesi stessa. Per ben comprendere come ciò sia possibile, dobbiamo innanzi tutto renderci conto di quale sia la influenza che la parentesi esercita sui numeri che essa comprende: Nell'esempio citato innanzi:  $6 + (4 - 2) = 8$ , vediamo che la parentesi è preceduta dal segno +; se noi eliminiamo la parentesi e scriviamo i numeri

compresi nell'espressione nello stesso ordine che avevano quando la parentesi esisteva, constatiamo che il risultato finale non cambia; infatti  $6 + 4 - 2 = 8$ .

**Esempio:**  $5 + 3 + (7 - 3) = 5 + 3 + 4 = 12$ .

Anche se eliminiamo la parentesi e scriviamo tutti i numeri della espressione nello stesso ordine che avevano quando la parentesi esisteva, il risultato rimane identico:

$$5 + 3 + (7 - 3) = 5 + 3 + 7 - 3 = 12.$$

Dagli esercizi che abbiamo risolti, rileviamo quindi che, quando una parentesi è preceduta dal segno « + », è indifferente tenere o non tenere conto della parentesi stessa. In proposito è utile ricordare la seguente regola:

**Regola 7:** « Quando una parentesi è preceduta dal segno « + » essa può venire eliminata scrivendo i numeri in essa compresi con lo stesso ordine e gli stessi segni ».

Le cose invece sono diverse, quando si tratta di una parentesi preceduta dal segno « — ». Nella seguente espressione:  $8 - (5 - 2)$  la parentesi tonda indica che deve essere prima eseguito il calcolo dei numeri in essa compresi e che successivamente il risultato ottenuto deve essere sottratto da 8; quindi, poichè  $5 - 2 = 3$  otteniamo  $8 - 3 = 5$ .

Se noi invece eliminassimo senz'altro la parentesi, mantenendo i numeri in essa compresi nello stesso ordine e con lo stesso segno, otterremmo  $8 - 5 - 2 = 1$ , risultato diverso da quello ottenuto precedentemente e quindi errato. Constatiamo quindi che, quando una parentesi è preceduta dal segno « — », essa non può essere eliminata. Se è però necessario per una ragione qualsiasi eliminare la parentesi senza per questo falsare il risultato del calcolo, esiste il mezzo per poterlo fare. Bisogna allora togliere la parentesi, ma invertire anche tutti i segni che in essa sono compresi e quindi mutare i « + », in « — » e i « — » in « + ». Operiamo in questo modo nella nostra espressione  $8 - (5 - 2)$ , tralasciando la parentesi e invertendo i segni in essa compresi. Avremo allora  $8 - (5 - 2) = 8 - 5 + 2 = 5$ , risultato esatto ed uguale a quello ottenuto effettuando il calcolo tenendo conto della parentesi.

**Esempio:**  $16 + 2 - (8 + 3) = ?$ ; per eliminare la parentesi bisogna invertire i segni in essa compresi e avremo quindi:  $16 + 2 - 8 - 3 = 7$ .

Abbiamo così trovato la regola per la eliminazione delle parentesi precedute dal segno « — ».

**Regola 8:** « Quando una parentesi è preceduta dal segno « — », essa può venire eliminata scrivendo i numeri in essa compresi nello stesso ordine, ma variando invece tutti i segni e quindi mutando i segni « + » in segni « — » e viceversa ».

È da ricordare che il primo numero che si trova nella parentesi senza alcun segno, assume il segno « — » che precede la parentesi.

#### Esempi per l'eliminazione di parentesi.

1)  $19 - (8 + 8) = ?$  Trovandosi un « — » davanti alla parentesi, il « + » entro la parentesi va mutato in un « — »;  $19 - 8 - 8 = 3$ .

2)  $15 - 3 + 4 - (6 + 12 - 10 - 3) = ?$  Tutti i segni entro la parentesi vanno invertiti:  
 $15 - 3 + 4 - 6 - 12 + 10 + 3 = 11$ .

3)  $9x - (8 + 8x) = ?$

Questo problema è il primo che ci dimostra un caso ove la eliminazione della parentesi preceduta dal segno — è indispensabile. È infatti impossibile effettuare il calcolo completo dell'espressione, sino a che una parte dei termini che vi appaiono, sono racchiusi in parentesi. La parentesi deve quindi essere eliminata e in proposito seguiremo il procedimento indicato dalla regola N. 8. Poichè davanti alla parentesi abbiamo il segno « — », dobbiamo invertire il segno contenuto nella parentesi stessa ed avremo:  $9x - (8 + 8x) = 9x - 8 - 8x = x - 8$ , risultato che non può essere ulteriormente semplificato.

Quando in una espressione esistono diversi tipi di parentesi, bisogna eliminare una parentesi alla volta, cominciando da quelle tonde che sono situate più all'interno rispetto a quelle quadrate e a quelle graffe. Ecco alcuni esercizi che vi serviranno da esempio:

4)  $5 + [30 - (14 - 4)] = ?$

Eliminiamo dapprima la parentesi tonda. Poichè essa è preceduta da un « — », invertiamo il segno in essa contenuto:

$$5 + [30 - 14 + 4] = ?$$

La parentesi quadra si può tralasciare, perchè preceduta da un « + »:

$$5 + 30 - 14 + 4 = 25.$$

Controllate ora voi stessi se ottenete il medesimo risultato calcolando l'espressione senza eliminare le parentesi.

5)  $12a - [7b - 6a + (4a - 3b)] = ?$                        $12a - [7b - 6a + 4a - 3b] = ?$   
 $12a - 7b + 6a - 4a + 3b = 14a - 4b.$

#### Domande

1. Qual'è la funzione delle parentesi nelle espressioni numeriche o letterali?
2. Ha un senso mettere la parentesi nella seguente espressione:  $(3 - 7 - 5)$ , oppure si può semplicemente tralasciarla?

## Risposte alle domande di pag. 19

1. Due sistemi oscillanti sono accordati tra loro, quando hanno la stessa frequenza propria.
2. Si ha per esempio un fenomeno di risonanza quando la nota emessa dalla corda di uno strumento provoca la vibrazione di una corda di un altro strumento accordato alla medesima frequenza. Le onde sonore emesse dal primo strumento cadono sulla corrispondente corda del secondo strumento, eccitandola a vibrazioni dapprima debolissime. Gli impulsi ondulatori che sopravvengono successivamente sempre nel medesimo e giusto ritmo amplificano poi fortemente queste vibrazioni.

## ELETTROTECNICA GENERALE

### L'autoinduzione

Prima di poter spiegare i fenomeni elettrici che si presentano nell'interno di un radiorecettore, è necessario che vi siano perfettamente familiari alcuni importanti concetti. In primo luogo quello della autoinduzione. Nella Dispensa N. 5 avete già conosciuto gli effetti della « induzione mutua » fra due circuiti comprendenti ognuno una bobina ed avete visto allora che, aprendo o chiudendo o anche solo variando l'intensità della corrente che circola in un circuito primario, in un circuito secondario, ad esso adiacente e sprovvisto di tensione propria, viene indotta una tensione. Allo stesso modo viene indotta una tensione anche nello stesso circuito primario e cioè, gli stessi fenomeni che si verificano fra due bobine adiacenti, si manifestano anche in una bobina sola percorsa da corrente. In questo caso non si tratta più di « induzione mutua », della quale già abbiamo parlato, ma di « induzione propria » o meglio di « autoinduzione ». È da tenere presente che la « autoinduzione », in una bobina, viene prodotta dalla stessa corrente che in essa circola.

Trattando della induzione mutua, abbiamo spiegato tale fenomeno con il fatto che le due bobine considerate sono fra di loro « magneticamente accoppiate » e cioè che la bobina secondaria viene a trovarsi immersa nel campo magnetico prodotto dalla bobina primaria in modo da essere influenzata dalle variazioni d'intensità del campo stesso. Da ciò risulta chiaro che in una bobina il fenomeno della induzione si verifica appunto, quando la bobina stessa è immersa in un campo magnetico variabile e concatenata con esso.

Il modo più semplice per spiegarci il manifestarsi della tensione di autoinduzione in una bobina sola, è quello di pensare che la bobina stessa si trova immersa nel campo magnetico che essa stessa genera, quando è percorsa da corrente. Ci è noto infatti che ogni campo magnetico passa nell'interno della bobina che lo genera e la racchiude concatenandosi con essa. In questa situazione, se variamo l'intensità della corrente che circola nella nostra bobina sola, varia nello stesso senso anche l'intensità del suo campo magnetico: ogni variazione di intensità del campo magnetico, tanto in aumento che in diminuzione, induce una tensione nella bobina che con il campo è concatenata. Non ha nessuna importanza il fatto che la bobina considerata è la stessa che genera il campo magnetico, invece di essere un'altra bobina adiacente e con essa accoppiata magneticamente. Se la bobina in cui è indotta la tensione è la stessa che produce il campo magnetico, il fenomeno si chiama « autoinduzione »; se invece la bobina è un'altra, si parla di « induzione mutua ».

Riassumendo, possiamo quindi dire: « *In una bobina concatenata con un campo magnetico viene indotta una tensione ogni qual volta si varia l'intensità di tale campo. A questo riguardo non ha nessuna importanza il mezzo con il quale il campo è generato. Se la tensione si manifesta nella stessa bobina che ha generato il campo magnetico, il fenomeno si chiama « autoinduzione ». Se la tensione invece si manifesta in una bobina concatenata con il campo, ma diversa da quella che lo ha generato, il fenomeno si chiama « induzione mutua o estranea ».* »

A conclusione di queste considerazioni vogliamo ripetervi chiaramente che *la corrente dovuta alla autoinduzione è sempre diretta in modo da contrastare le variazioni di corrente imposte dall'esterno alla bobina stessa.* Se si provoca un aumento di corrente, l'autoinduzione tende a farla diminuire, se si provoca una diminuzione di corrente, l'autoinduzione tende a farla aumentare. Quando si chiude un circuito, per autoinduzione, si forma una tensione *opposta* alla corrente inserita e che tende ad *indebolire* quest'ultima, che quindi non può raggiungere immediatamente il suo valore completo, ma solo gradualmente, sia pure in un tempo molto breve. Quando si apre un circuito, cioè si provoca una diminuzione di corrente sino ad annullarla, l'autoinduzione invece tende ad aumentarla e per questo la corrente non cessa immediatamente, ma circola ancora per un breve istante. La tensione generata all'apertura di un circuito è talvolta così elevata da provocare nel punto di interruzione la cosiddetta « scintilla di apertura ».

Il ritardo nell'aumento o nella diminuzione di una corrente dovuto alla autoinduzione, viene chiamato « inerzia magnetica », in quanto la sua vera origine è il campo magnetico.

Non vi stupisca il fatto che abbiamo ora parlato di corrente e ora di tensione. Infatti la corrente può scorrere soltanto se viene spinta da una « pressione » elettrica, cioè da una « tensione ». La presenza di una corrente presuppone quindi sempre l'esistenza di una tensione.

A questo punto dobbiamo ricordare che i fenomeni di autoinduzione non si verificano solo nei circuiti alimentati da corrente continua, ma anche e in maggiore misura in quelli alimentati da corrente alternata. Come è noto la corrente alternata, per la sua stessa natura, varia continuamente di direzione e di intensità, di modo che le variazioni del campo ed il conseguente fenomeno della autoinduzione si verificano anche senza interventi esterni, ma per il solo fatto che in una bobina circola corrente alternata.

### L'induttanza.

Il valore della autoinduzione in una bobina, cioè la sua « induttanza » dipende da vari fattori come vedremo subito. Anzitutto l'induttanza dipende dalle dimensioni della bobina e quindi dal suo diametro, dalla sua lunghezza nonché dal numero delle spire che la compongono; anche la forma della bobina ha una certa influenza. Se la bobina a solenoide è avvolta su di un nucleo di ferro, per le ragioni che già conosciamo, il suo campo magnetico ne risulta rinforzato e quindi, in essa, a parità di variazione di corrente, le variazioni del campo sono molto maggiori di quelle che avvengono in una bobina di uguali dimensioni ma sprovvista di nucleo di ferro.

### L'unità di misura dell'induttanza.

L'induttanza viene misurata in henry (sigla: « H »). 1 henry è un valore relativamente elevato, per cui in pratica, per poter esprimere comodamente anche valori d'induttanza piuttosto piccoli, si usa generalmente l'unità millihenry (sigla: « mH »). 1 millihenry è la millesima parte di un henry. Un milionesimo di henry si chiama microhenry (sigla: « µH »), µ è la lettera greca « mi », che corrisponde alla nostra « emme ». Un miliardesimo di henry si chiama nanohenry (sigla: « nH »). L'unità dell'induttanza, l'henry, appartiene al sistema di misura elettrotecnico pratico. Ora esiste pure un altro sistema di misura, il cosiddetto sistema assoluto elettromagnetico, nel quale l'induttanza si misura in centimetri (sigla: « cm »). Tra le due unità vale la seguente relazione:

$$1 \text{ henry} = 1\,000\,000\,000 \text{ centimetri} = 10^9 \text{ centimetri,}$$

ossia

$$1 \text{ H} = 10^9 \text{ cm}$$

L'unità assoluta « cm » si usa principalmente in fisica e anche qualche volta in radiotecnica. Attualmente si cerca però di usare in radio tecnica solo l'unità henry e i suoi sottomultipli « mH » e « µH ».

Il fatto che l'induttanza si misuri nel sistema assoluto elettromagnetico con l'unità di *lunghezza*, il « cm », dipende dalle premesse e dalla costruzione di questo sistema di misura, in merito alle quali non è il caso di entrare in questa sede.

Come sapete dal capitolo sull'elevazione a potenza, l'espressione  $10^9$  significa che la base 10 deve essere moltiplicata nove volte per se stessa. In questo caso non occorrono però lunghi conti; basta ricordare che per elevare a potenza la base 10 bisogna aggiungere dietro all'1 tanti zeri quanti sono indicati dall'esponente. L'espressione  $10^9$  vale quindi 1 000 000 000.

Valgono pertanto le seguenti relazioni:

$$1 \text{ millihenry (mH)} = \frac{1}{1\,000} \text{ henry (H)} = \frac{1}{1\,000} \cdot 10^9 \text{ cm} = \frac{1}{1\,000} \cdot 1\,000\,000\,000 \text{ cm} = 1\,000\,000 \text{ cm} = 10^6 \text{ cm}$$

Inoltre:

$$1 \text{ microhenry (µH)} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ H} = \frac{1}{1\,000\,000} \cdot 1\,000\,000\,000 \text{ cm} = 1\,000 \text{ cm} = 10^3 \text{ cm}$$

E infine:

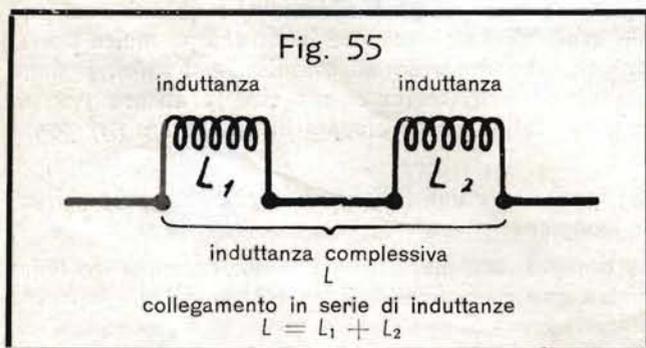
$$1 \text{ nanohenry (nH)} = \frac{1}{1\,000\,000\,000} \text{ H} = \frac{1}{1\,000\,000\,000} \cdot 1\,000\,000\,000 \text{ cm} = 1 \text{ cm}$$

Come vedete data l'uguaglianza  $1 \text{ nH} = 1 \text{ cm}$ , l'unità « cm » può venire senz'altro sostituita, nel sistema elettrotecnico pratico, con l'unità « nH ». E infine potete ricordare la relazione inversa:  $1 \text{ cm} = 10^{-9} \text{ H}$ .

**Osservazione:** Se l'esponente di una potenza è dotato del segno « — », il suo valore equivale ad una frazione in cui il denominatore è uguale alla potenza con l'esponente positivo, e il numeratore è 1. Quindi invece di  $1 \text{ cm} = 10^{-9} \text{ H}$  si può anche scrivere:

$$\frac{1}{1\,000\,000\,000} \text{ H}$$

### Collegamento in serie di induttanze.



Collegando in serie due bobine d'induttanza, come indicato nella fig. 55, le loro induttanze si sommano. Per contraddistinguere una induttanza si usa la lettera « L », allo stesso modo come si designa la tensione con V, la corrente con I e la resistenza con R. Il valore complessivo di due induttanze  $L_1 + L_2$ , collegate in serie è quindi, come risulta dalla fig. 57,  $L = L_1 + L_2$ .

Questa formula è formalmente la medesima di quella per calcolare il valore complessivo di due resistenze collegate in serie:  $R = R_1 + R_2$ , ed è quindi facile da ricordare. D'altronde imparerete prossimamente che, per le correnti alternate, le induttanze non sono altro che resistenze.

Quando le induttanze collegate in serie sono parecchie,

la relazione sopra menzionata assume la forma seguente:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots \dots \dots \quad (\text{Formula 14})$$

Il valore complessivo di più induttanze collegate in serie equivale alla somma delle induttanze singole.

**Collegamento in parallelo di induttanze.**

Quando invece due induttanze vengono collegate in parallelo, come rappresentato nella fig. 58, l'induttanza complessiva risulta dalla relazione:

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$$

Anche questa formula corrisponde a quella analoga per le resistenze. L'equazione viene risolta riducendo dapprima le frazioni del secondo membro al denominatore comune, che è  $L_1 \cdot L_2$ .

$$\frac{1}{L} = \frac{L_2}{L_1 \cdot L_2} + \frac{L_1}{L_1 \cdot L_2} = \frac{L_1 + L_2}{L_1 \cdot L_2}$$

Per ottenere  $L$ , si capovolgono entrambi i membri dell'equazione, ottenendo il *valore reciproco*:

$$L = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

Questa equazione vale però soltanto per due induttanze collegate in parallelo, e non è quindi molto importante ricordarsela.

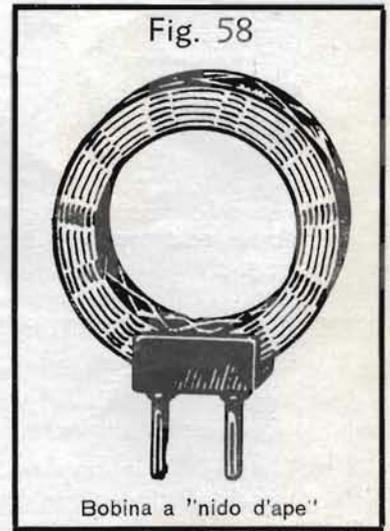
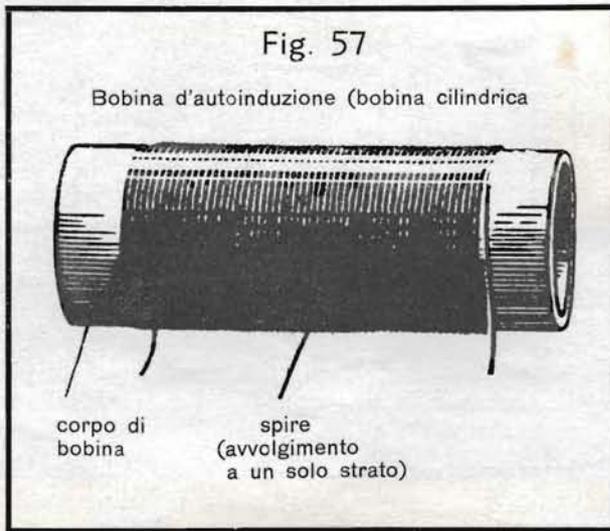
Nel collegamento in parallelo di parecchie induttanze, vale la formula:

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots \quad \dots \quad \dots \quad \text{(Formula 15)}$$

Nel collegamento in parallelo di più riluttanze, il reciproco del valore complessivo equivale alla somma dei valori reciproci delle singole induttanze.

**La costruzione delle bobine d'autoinduzione.**

Le bobine d'autoinduzione (o d'induttanza) hanno numerose applicazioni non soltanto in radiotecnica, ma in tutta la tecnica delle telecomunicazioni. La forma usata più frequentemente, la cosiddetta bobina cilindrica o solenoide, è rappresentata nella fig. 57. Le spire sono avvolte in uno o più strati su un corpo di bobina di materiale isolante. (Notiamo a questo proposito che le bobine d'induzione montate negli apparecchi radioriceventi, che si chiamano brevemente « bobine », sono generalmente avvolte a un solo strato).



In passato si usavano frequentemente in radiotecnica le cosiddette « bobine a nido d'ape », come quella visibile nella fig. 58; oggi si preferiscono invece bobine minuscole, che contengono perfino un nucleo di ferro. Di questo però parleremo in seguito.

**La reattanza induttiva.**

Le bobine d'autoinduzione si comportano in modo assai differente a seconda che in esse circoli corrente continua o alternata. Nel primo caso si osserva che, applicando alla bobina una determinata tensione continua, passa una corrente molto più elevata. Se invece si applica alla medesima bobina una tensione alternata, benchè la tensione abbia lo stesso valore di prima, la corrente diventa piccolissima.

Poichè conosciamo ormai bene la legge di Ohm, possiamo fare il seguente ragionamento:

Quando la bobina viene alimentata con tensione continua e quindi percorsa da corrente continua, l'intensità di corrente è elevata, e quindi la resistenza della bobina è piccola. Se invece applicando una tensione alternata del medesimo valore la corrente alternata diventa assai più piccola, ciò significa che la resistenza della bobina per la corrente alternata è molto più grande che non per la corrente continua.

Questo ragionamento è perfettamente giustificato e possiamo quindi ricordare la seguente proprietà:

Una bobina d'induttanza offre una piccola resistenza alla corrente continua ed una resistenza elevata alla corrente alternata.

Questa proprietà viene sfruttata molto spesso nella tecnica delle telecomunicazioni e particolarmente nella radiotecnica; e vogliamo quindi occuparcene un po' più dettagliatamente.

Le bobine d'autoinduzione oppongono alla *corrente continua* la sola resistenza che è determinata dalla qualità e dalle dimensioni del filo impiegato: si tratta della cosiddetta « *resistenza ohmica* ». Usando del filo di rame, questa resistenza è talmente piccola, da poter essere quasi trascurata, a meno che non venga usato del filo assai sottile e avvolto con numerosissime spire. Le cose cambiano quando si tratta di *corrente alternata*. Allora, oltre alla normale resistenza del conduttore (cioè la resistenza ohmica che, per la corrente alternata, si chiama anche « *resistenza attiva* »), si ha una cosiddetta « *resistenza reattiva* » o « *reattanza* »; trattandosi poi di una bobina d'induzione, essa si dice « *reattanza induttiva* ». Questa resistenza supplementare è dovuta al fatto che, la corrente alternata, attraversando la bobina, crea un campo magnetico di intensità e direzione continuamente varianti. Come avete già appreso, ogni variazione del campo magnetico produce nella bobina una tensione autoindotta, tale da ostacolare la variazione della corrente magnetizzante e del campo stesso. Naturalmente la tensione indotta non riesce a impedire completamente il passaggio della corrente, dato che questa è prodotta da una tensione esterna applicata ai morsetti della bobina. Questa tensione impressa ai morsetti è una tensione alternata, e cambia di grandezza e direzione con la stessa frequenza della corrente da essa generata. La tensione ai morsetti viene consumata per superare le varie resistenze che ostacolano il passaggio della corrente. Tra queste agisce dapprima, come abbiamo visto, la resistenza ohmica o attiva, per superare la quale viene consumata solo una parte della tensione ai morsetti, di conseguenza si ha una « *caduta di tensione ohmica* » o « *attiva* ».



A ciò si aggiunge l'effetto contrastante e ritardante della tensione autoindotta, per superare la quale viene impiegata la rimanente parte della tensione applicata ai morsetti. Il fenomeno della autoinduzione agisce quindi sulla corrente alternata come una vera resistenza; si tratta di una « *resistenza induttiva* ». Il termine « *reattanza* », con il quale essa viene generalmente indicata per evitare confusioni, vuol significare che si tratta di una resistenza di origine del tutto diversa dalla comune resistenza ohmica. La parte di tensione consumata a causa della reattanza provoca una « *caduta di tensione reattiva* ».

La tensione autoindotta e il suo effetto resistente sono tanto più grandi, quanto più rapida è la variazione del campo magnetico, e quindi quanto più elevata è la frequenza della corrente alternata. La reattanza induttiva cresce quindi con l'aumentare della frequenza.

Per facilitarvi la comprensione del fenomeno, vogliamo servirvi di un paragone. Immaginatevi la grossa mola di un arrotino. Supponete di far girare la mola sempre nella stessa direzione; abbiamo in questo caso un movimento che assomiglia in un certo senso ad una corrente continua, e il lavoro effettuato dall'uomo alla manovella non è faticoso (fig. 59). Se invece si vuole continuamente invertire il senso di rotazione della mola l'uomo che aziona la manovella dovrà faticare assai, dovendo superare una resistenza molto forte (fig. 60). La resistenza è tanto maggiore, quanto più sovente viene invertito il senso di rotazione.

Ripetete ora bene questo capitolo. Prima di procedere, è necessario che conosciate bene il comportamento delle bobine d'induttanza con la corrente continua e con quella alternata.

### Risposte alle domande di pag. 20

1. I vari tipi di parentesi indicano l'ordine di successione col quale in una espressione vanno eseguite le singole operazioni.
2. Sì, la parentesi significa che si deve calcolare dapprima  $7 - 5 = 2$ , e che il numero risultante va quindi sottratto dal numero 3; quindi:  $3 - (7 - 5) = 3 - 2 = 1$ .



**TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI**

**OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO, 9  
VARESE**

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



## INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 7

	Pag.
<b>Riassunto della materia trattata nella dispensa precedente</b>	1
<b>Elettrotecnica generale</b>	1
Le bobine d'impedenza	1
Calcolo di induttanze	2
Domande	4
<b>Matematica</b>	4
12. Le parentesi (continuazione)	4
La moltiplicazione di espressioni tra parentesi	4
La riduzione delle espressioni tra parentesi	5
La moltiplicazione dei polinomi tra loro	6
Domande	6
<b>Elettrotecnica generale</b>	6
Il condensatore (capacità)	6
Carica e scarica	7
Il dielettrico e le armature	8
La bottiglia di Leida	8
La capacità	9
L'unità di misura della capacità	9
Forme costruttive di condensatori	10
Condensatori a blocco	10
Condensatori cilindrici	10
Condensatori a mica	11
Compensatori	11
Condensatori variabili	12
Collegamento in parallelo di condensatori	13
Collegamento in serie di condensatori	13
Il passaggio della corrente alternata attraverso i condensatori	15
Il calcolo della capacità	16
Domande	17
Risposte	18
<b>Impianti di segnalazione</b>	19
Ancora qualcosa sui relè	19
Relè con uno o più contatti	19
Relè polarizzati	20
Relè per correnti forti	21
Domande	23
<b>La natura dell'elettricità</b>	23
Gli elettroni, i portatori dell'elettricità	23
Lo spostamento degli elettroni	24
Le molecole e gli atomi	24
La vera direzione della corrente	26
La costituzione dell'atomo	26
Risposte	27
<b>Compiti</b>	28

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 7

## RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Dopo aver imparato cosa siano le onde di trasmissione, avete appreso nella Dispensa precedente in che modo le onde sonore vengano trasportate dalle onde elettriche dell'etere, e come vengano ritrasformate in suoni nell'apparecchio ricevente. Le « onde portanti » ad alta frequenza (chiamate anche « onde non modulate ») vengono « modulate » per mezzo delle onde sonore, ridotte ad oscillazioni elettriche di bassa frequenza. Si approfitta delle proprietà raddrizzanti del « detector a cristallo » per eliminare la metà negativa della corrente alternata ad alta frequenza modulata; in tal modo la membrana telefonica è in grado di « rispondere » alle variazioni di ampiezza di tale corrente e produce le corrispondenti onde sonore.

Nel capitolo sugli « Impianti di segnalazione » vi è stato mostrato che, in corrente continua, si usano, oltre alla « suoneria ad auto-interruzione », anche altri tipi di suonerie. Tra questi la « suoneria in derivazione » e la « suoneria a correnti inverse », le quali hanno il vantaggio di funzionare perfettamente, anche se collegate in serie, a differenza della suoneria ad auto-interruzione. È inoltre degna di menzione la « suoneria a un sol colpo ».

È stata poi descritta, piuttosto dettagliatamente, la « pila a sacchetto di biossido di manganese », la più comune tra quelle usate come sorgente di corrente nella tecnica delle telecomunicazioni. Particolarmente importanti le spiegazioni sugli accumulatori, i quali oggi hanno sostituito quasi completamente le pile. Ne avete conosciuto due tipi: l'accumulatore al piombo e quello al ferro-nichel. Il primo eroga, in media, una tensione di 2 volt, il secondo invece soltanto di 1,2 volt.

In Radiotecnica avete compiuto un altro passo, studiando i fenomeni di risonanza e il concetto della sintonia di un ricevitore con la frequenza del trasmettitore.

Per comprendere i fenomeni elettrici, che avvengono nell'interno di un apparecchio radio, occorre sapere che cosa è l'induttanza, e conoscere quindi la formazione di una tensione autoindotta in una bobina, quando viene variata la corrente in essa fluente e quindi il campo magnetico da questa prodotto. Tale tensione autoindotta si oppone sempre alla variazione della corrente, cioè la ritarda. L'unità di misura dell'induttanza è l'« henry ».

Per calcolare con le induttanze, bisogna ricordare le formule relative al loro collegamento in serie ed al collegamento in parallelo. Infine abbiamo dato alcune spiegazioni sulla costruzione delle bobine d'induzione propria.

Per ampliare le vostre cognizioni matematiche vi è stata spiegata l'addizione e la sottrazione delle frazioni. In un altro capitolo abbiamo chiarito lo scopo delle parentesi e il modo di usarle; sono state inoltre spiegate le regole che presiedono all'eliminazione delle parentesi stesse.

## ELETTROTECNICA GENERALE

Nell'ultimo capitolo della Dispensa N. 6 avete appreso varie nozioni sulla « reattanza induttiva ». Ricordate il paragone con la mola da arrotino; l'uomo che la deve far girare rapidamente, ora in un senso, ora nell'altro, si affatica tanto maggiormente, quanto più frequentemente inverte il senso di rotazione della mola.

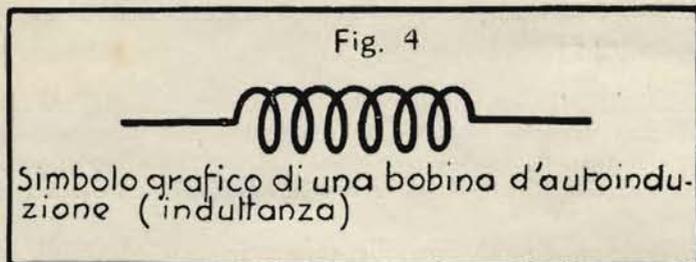
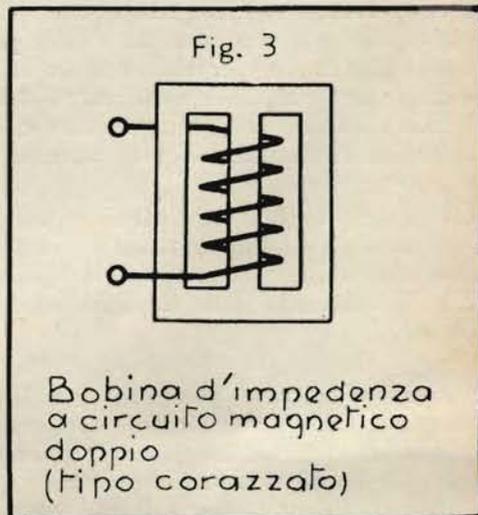
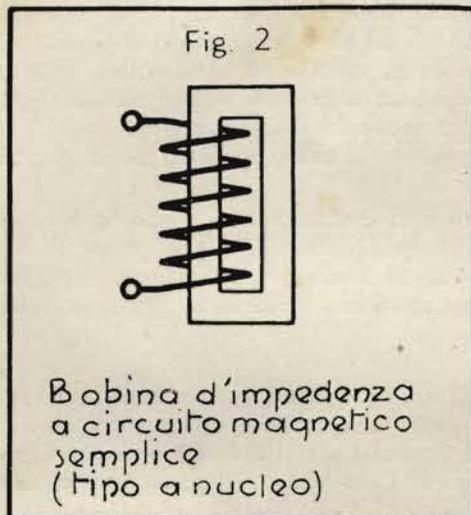
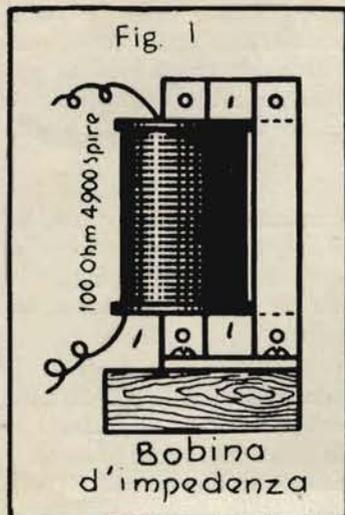
### La bobina d'impedenza

*Un comportamento analogo è quello delle bobine d'induzione inserite in un circuito di corrente alternata. La resistenza, o meglio la reattanza induttiva, è tanto maggiore, quanto più alta è la frequenza della corrente alternata. E quanto più grande è la reattanza, tanto più piccola è la corrente.*

È perciò possibile indebolire le correnti alternate per mezzo di bobine d'induzione, o addirittura impedirne il passaggio. Le bobine che servono esclusivamente a questo scopo si chiamano bobine d'impedenza o semplicemente impedenze. Una siffatta bobina può essere dimensionata in modo da non lasciar passare, in pratica, correnti di frequenza superiore ad un dato valore. La corrente continua incontra invece nella bobina d'impedenza soltanto una resistenza piccolissima; essa può quindi passare senza indebolirsi.

Abbiamo trovato quindi una specie di « valvola », che lascia passare la corrente continua e trattiene invece quella alternata. Questa proprietà delle bobine d'impedenza viene continuamente sfruttata; giova quindi ricordarne bene il funzionamento.

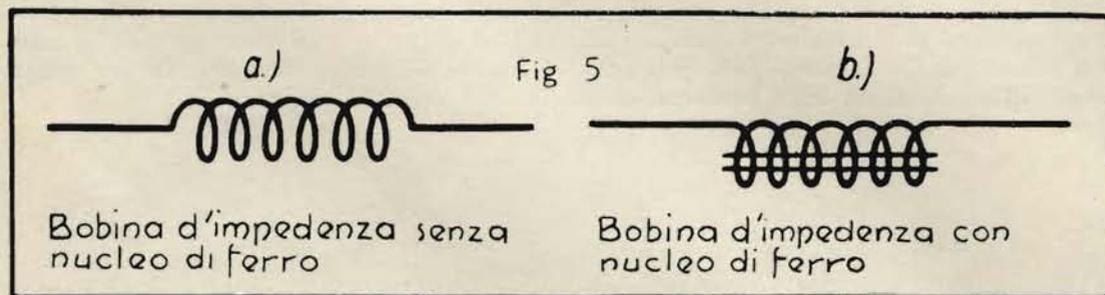
La fig. 1 mostra un'impedenza di tipo piuttosto antiquato. La bobina, avvolta in più strati di filo di rame isolato, è infilata su di un nucleo chiuso, costituito, per determinate ragioni, da singoli lamierini, isolati fra di loro da sottili fogli di carta, così come si usa fare anche per i trasformatori.



Esistono inoltre impedenze nelle quali il nucleo circonda la bobina da due lati; questo tipo si dice « a mantello » o « corazzato ».

Nelle figg. 2 e 3 sono rappresentati schematicamente i due tipi di bobina d'impedenza: rispettivamente chiuso da un lato e da due.

La fig. 4 rappresenta il simbolo di una bobina d'autoinduzione, mentre la fig. 5-b è il corrispondente segno per



una bobina d'impedenza con nucleo di ferro. Diciamo però fin d'ora che, per determinati scopi, si usano pure bobine d'impedenza senza nucleo di ferro, il cui simbolo è rappresentato ugualmente dalla fig. 4.

presentato ugualmente dalla fig. 4.

Le bobine d'induzione propria si usano nella tecnica dell'alta frequenza, ma non soltanto come impedenze. Un loro principale compito, sia nei trasmettitori che nei ricevitori, consiste nel far parte di circuiti oscillanti elettrici. Un circuito oscillante (ne parleremo estesamente in seguito) è costituito da una bobina e da un cosiddetto condensatore. Quest'ultimo è un'importante elemento di circuito, che conoscerete tra breve.

### Calcolo di induttanze

L'induttanza di una bobina senza nucleo di ferro si può calcolare, in molti casi, facilmente e con precisione.

Ciò vale in particolare per la forma più usata di bobina, il solenoide o bobina cilindrica a un solo strato, semprechè sia privo di ferro.

Nella fig. 6 è rappresentato un solenoide. La sua induttanza  $L$ , misurata in henry, è

$$L = \frac{k \cdot \pi^2 \cdot w^2 \cdot D^2}{l} \cdot 10^{-9} \text{ H}$$

Se si traslascia il fattore  $10^{-9}$ , ottiene  $L$  in cm. In questa equazione  $D$  indica il diametro del solenoide espresso in cm;  $l$  la lunghezza della bobina (la sola parte avvolta) in cm,  $w$  il numero di spire complessivo e  $k$  il cosiddetto «fattore di forma» della bobina, che considera l'effetto della forma del solenoide sulla sua induttanza.

Il valore del fattore di forma varia con le dimensioni della bobina, e dipende dal rapporto  $\frac{l}{D}$ , cioè dal rapporto della lunghezza al diametro della bobina. Questa relazione è rappresentata dal diagramma della fig. 7. Sull'asse orizzontale sono riportati i valori del rapporto  $\frac{l}{D}$ , sull'asse verticale i valori del fattore di forma  $k$ .

Se, per esempio, la parte avvolta della bobina è lunga 8 cm ed il diametro equivale a 5 cm, si ha:

$$\frac{l}{D} = \frac{8}{5} = 1,6$$

Sul diagramma (fig. 7) si cerca allora il valore  $\frac{l}{D} = 1,6$  sull'asse orizzontale e si risale da quel punto verticalmente fino ad incontrare la curva; di qui si procede orizzontalmente verso sinistra fino all'asse verticale, sul quale si legge il valore del fattore di forma cercato: nell'esempio, 0,78.

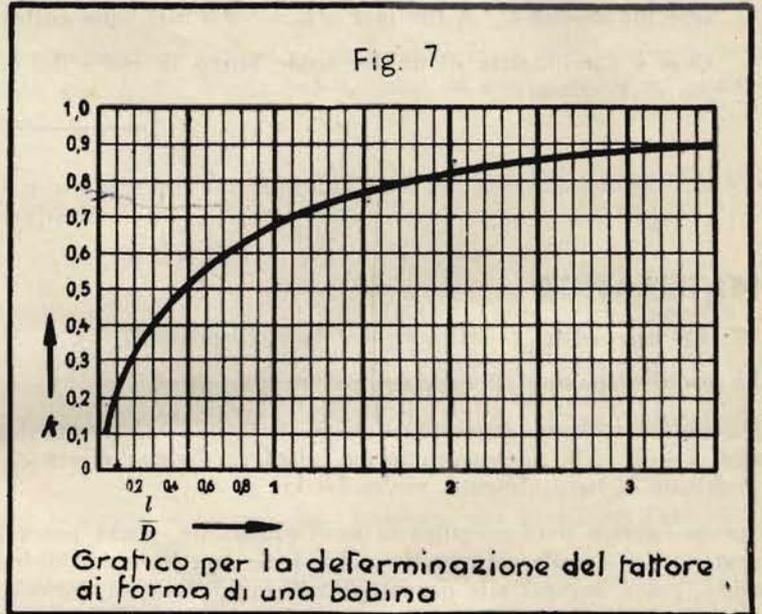
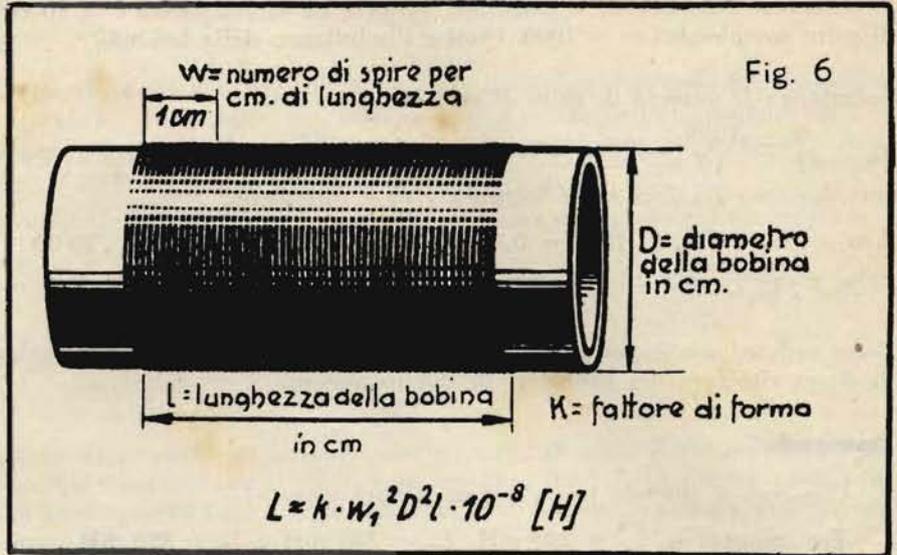
Nell'equazione testè indicata per l'induttanza di un solenoide privo di ferro, ad un solo strato di spire è da notare la forte dipendenza dell'induttanza dal numero di spire  $w$  e dal diametro  $D$ . Infatti queste due grandezze si trovano, nell'espressione, elevate al quadrato. Raddoppiando, p.es., il numero delle spire, si ottiene un'induttanza quadrupla, perchè  $2^2 = 4$ . Lo stesso vale per il raddoppiamento del diametro. Se si raddoppiano, nel medesimo tempo, il numero di spire ed il diametro, l'induttanza aumenta di 16 volte, poichè  $2^2 \cdot 2^2 = 4 \cdot 4 = 16$ .

D'altra parte basta moltiplicare il numero di spire per  $\sqrt{2} = 1,414$  per ottenere il valore doppio dell'induttanza.

Per il calcolo pratico è conveniente modificare un poco l'equazione per  $L$ . Il numero  $\pi$  equivale, come è noto, a circa 3,14. Il quadrato di questo valore, e cioè  $\pi^2 = 3,14^2 = 9,86$  può essere assunto, con approssimazione sufficiente per i nostri calcoli, come uguale a 10. Inoltre si pone  $w_1 = \frac{w}{l}$ , uguale al numero di spire del solenoide per centimetro di lunghezza. Moltiplicando entrambi i termini della frazione per  $l$ , e ponendo  $\pi^2 \approx 10$  e quindi  $10 \cdot 10^{-9} = \frac{10}{10^9} = \frac{1}{10^8} = 10^{-8}$ , si ottiene:

$$L \approx \frac{k \cdot 10 \cdot w^2 \cdot D^2 \cdot l}{l \cdot l} \cdot 10^{-9} = k \cdot \frac{w^2}{l^2} \cdot D^2 \cdot l \cdot 10^{-8} = k \left(\frac{w}{l}\right)^2 \cdot D^2 \cdot l \cdot 10^{-8} = k \cdot w_1^2 \cdot D^2 \cdot l \cdot 10^{-8}$$

$$L \approx k \cdot w_1^2 \cdot D^2 \cdot l \cdot 10^{-8} \text{ henry (H)} \quad \text{Formola (16)}$$



**Problema:** Una bobina d'induzione propria ha la lunghezza  $l = 10$  cm, il diametro  $D = 5$  cm, e un numero di spire complessivo  $w = 1000$ . Qual è l'induttanza della bobina?

**Soluzione:** Il numero di spire al centimetro è:

$$w_1 = \frac{w}{l} = \frac{1000}{10} = 100. \text{ Il fattore di forma si ottiene dal diagramma (fig. 7) per } \frac{l}{D} = 2, \text{ ed è } k = 0,82.$$

Introduciamo i valori nella formula (16) e otteniamo:

$$L \approx k \cdot w_1^2 \cdot D^2 \cdot l \cdot 10^{-8} = 0,82 \cdot 100^2 \cdot 5^2 \cdot 10 \cdot 10^{-8} = 0,82 \cdot 10\,000 \cdot 25 \cdot 10 \cdot 10^{-8} = 20,5 \cdot 100\,000 \cdot 10^{-8} \\ = 20,5 \cdot 10^5 \cdot 10^{-8} = 20,5 \cdot 10^{-3} = \frac{20,5}{1000} = 0,0205 \text{ H} = 20,5 \text{ mH}.$$

Come vedete, non è per niente difficile calcolare l'induttanza di un solenoide. Vi capiterà sovente, in pratica, di dover risolvere dei problemi di questo genere.

### Domande

1. Che cosa si intende per « bobina d'impedenza »?
2. Tre induttanze,  $L_1 = 200$  mH,  $L_2 = 150$  mH e  $L_3 = 220$  mH, sono collegate in serie. Qual è l'induttanza complessiva?
3. Due induttanze  $L_1 = 100$  mH e  $L_2 = 400$  mH sono collegate in parallelo. Qual è l'induttanza complessiva?
4. Qual è l'induttanza di un solenoide lungo 18 cm e del diametro di 10 cm, che possiede 120 spire per ogni cm di lunghezza?

## MATEMATICA

### 12. Le parentesi (continuazione dalla Dispensa N. 6).

#### La moltiplicazione di espressioni fra parentesi.

Dovendo calcolare l'espressione  $3 \cdot (5 - 1) = ?$ , riuniamo dapprima i numeri che si trovano entro la parentesi, cioè  $5 - 1 = 4$ . L'espressione da calcolare diventa allora:  $3 \cdot 4 = ?$ . Il risultato è 12. La soluzione di questo problema è, naturalmente, molto facile.

Spesso occorre però eseguire la moltiplicazione, senza poter prima riunire fra loro i termini situati entro parentesi. Ciò accade soprattutto nel calcolo con lettere. Dobbiamo esaminare, in questo caso, l'influenza del numero, posto davanti alla parentesi, sui singoli termini entro la parentesi. Si tratta di due fattori che vanno moltiplicati fra loro. Nell'esempio sopra riportato uno dei fattori è 3, l'altro  $(5 - 1)$ . Come avete però già appreso fin dalla Dispensa N. 1, eseguire una moltiplicazione non significa altro che aggiungere un fattore tante volte, quante sono indicate dall'altro fattore. Così possiamo scrivere:

$$3 \cdot (5 - 1) = (5 - 1) + (5 - 1) + (5 - 1)$$

Poichè ciascuna parentesi è preceduta dal segno « + », possiamo tralasciare le parentesi, come è stato spiegato nella Dispensa precedente (regola 7).

$$5 - 1 + 5 - 1 + 5 - 1$$

In questa espressione si ritrovano *tre volte il numero 5 e tre volte il numero 1*. In luogo dei tre 5 isolati possiamo scrivere pertanto  $3 \cdot 5$ . Il numero 1 invece è preceduto ogni volta dal segno « - »; esso va quindi sottratto tre volte e possiamo scrivere  $- 3 \cdot 1$ . Si ottiene dunque:

$$3 \cdot 5 - 3 \cdot 1 = 15 - 3 = 12 \text{ e quindi } 3 \cdot (5 - 1) = 3 \cdot 5 - 3 \cdot 1$$

Da ciò deriva la seguente importante regola:

**Regola 9:** Si moltiplica un'espressione posta tra parentesi — o polinomio —, per una grandezza situata davanti alla medesima, moltiplicando ciascun termine entro parentesi per la grandezza che precede la parentesi.

Naturalmente non ha importanza, se la grandezza è posta davanti o dietro la parentesi, poichè otteniamo il medesimo risultato anche se il problema è posto nei seguenti termini:

$$(5 - 1) \cdot 3 = 5 \cdot 3 - 1 \cdot 3 = 12.$$

**Esempio 1:**  $2 \cdot (a + b) = ?$  Si moltiplica per 2 dapprima  $a$ , poi  $b$ . La soluzione è quindi:

$$2 \cdot (a + b) = 2a + 2b.$$

Potete rendere evidente il significato di questo problema, supponendo che  $a$  sia l'abbreviazione di « arancia », e  $b$  di « banana ».  $(a + b)$  è quindi: 1 arancia + 1 banana. Se raddoppiamo il valore dell'espressione, ossia se la moltiplichiamo per 2, otteniamo, naturalmente, 2 arance + 2 banane. Il nostro problema, espresso in parole, significa quindi: Il doppio di (1 arancia + 1 banana) è 2 arance + 2 banane.

Anche il problema seguente non è più difficile del primo; abbiamo solo la lettera  $c$  al posto del numero 2.

**Esempio 2:**  $(a + b) \cdot c = ?$  Moltiplichiamo dapprima  $a \cdot c$ , poi  $b \cdot c$ . La soluzione è:  $(a + b) \cdot c = ac + bc$ .

**Esempio 3:**  $(4a - b) \cdot d = 4ad - bd$ .

**Esempio 4:**  $5a \cdot (a - b) = 5aa - 5ab = 5a^2 - 5ab$ .

Dal nostro esempio 3. (5 - 1) si ricava un'altra regola importante, che riguarda il segno delle grandezze. Bisognava dapprima moltiplicare 3 . 5 Sono due numeri positivi ed il loro prodotto 3 . 5 = 15 risulta pure positivo. Occorreva poi moltiplicare il numero 3 col numero 1 preceduto dal segno « - », ossia un numero positivo con uno negativo. Si ottiene allora: 3 . -1 = -3.

Riscontriamo così la

**Regola 10:** Moltiplicando tra loro due grandezze positive, si ottiene come prodotto una grandezza positiva. Moltiplicando invece tra di loro due grandezze, di cui una positiva ed una negativa, si ottiene come prodotto una grandezza negativa.

Esiste però anche una terza possibilità: qual è il segno che precede il prodotto di due grandezze negative? Vogliamo esaminare questo caso servendoci di un esempio.

$$-3 \cdot (5 - 2) = ?$$

Sappiamo quale deve essere il risultato in questo caso, poichè  $5 - 2 = 3$  e  $-3 \cdot 3 = -9$ . Eliminiamo la parentesi servendoci della regola sopra espressa.

$$-3 \cdot (5 - 2) = -3 \cdot 5 \text{ e } -3 \cdot -2 = ?$$

Ora  $-3 \cdot 5 = -15$ . Se quindi si deve ottenere il giusto risultato  $-9$ , deve essere  $-3 \cdot -2 = +6$ , poichè  $-15 + 6 = -9$ . Vale perciò la:

**Regola 11:** Moltiplicando tra loro due grandezze negative, si ottiene come prodotto una grandezza positiva.

Osservate in modo particolare questa regola, che potete ricordarvi così abbreviata: *meno per meno uguale a più*. Le varie regole per il segno dei prodotti si possono riunire nella seguente:

*Nella moltiplicazione di due grandezze di ugual segno si ottiene una grandezza positiva; da due grandezze di segno differente si ottiene una grandezza negativa.*

**Esempio 5:**  $7a \cdot -4 = -28a$

**Esempio 6:**  $7a \cdot -4b = -28ab$

**Esempio 7:**  $(10a - 4b + 2c) \cdot -2 = -20a + 8b - 4c$

**Esempio 8:**  $3ab \cdot (2a - 3b + 1) = 3ab \cdot 2a - 3ab \cdot 3b + 3ab \cdot 1 = 6a^2b - 9ab^2 + 3ab$

**La riduzione delle espressioni tra parentesi.**

La riduzione delle espressioni tra parentesi è l'operazione inversa della eliminazione delle parentesi. Come vedrete, essa occorre in molte formule tecniche. Se, per esempio, è data l'espressione  $4ad - bd$ , possiamo anche scrivere, come abbiamo visto precedentemente nell'esempio 3:  $(4a - b) \cdot d$  oppure, ciò che è lo stesso:

$d \cdot (4a - b)$ . Abbiamo dunque:  $4ad - bd = d \cdot (4a - b)$

Questa operazione è possibile, poichè in entrambi i termini dell'espressione  $4ad - bd$  è contenuto il medesimo fattore  $d$ . Ecco la relativa regola:

**Regola 12:** Quando in tutti i termini di una espressione (polinomio) è contenuto il medesimo fattore, questo può essere estratto e posto davanti alla parentesi, lasciando entro di essa i termini, ridotti del fattore suddetto.

**Esempio 9:** È data la somma  $2a + 2b$ . Qual è il fattore che si può estrarre, e come diventa l'espressione dopo la riduzione?

Il fattore contenuto in entrambi i termini è 2. Estraendo 2, si ha:  $2a + 2b = 2 \cdot (a + b)$

Confrontando con l'esempio 1, noterete chiaramente che la « riduzione delle espressioni tra parentesi » è il contrario della « eliminazione delle parentesi ».

È molto facile eseguire la prova di tali problemi. Si supponga che sia dato il compito di eliminare la parentesi dell'espressione  $2 \cdot (a + b)$ . Seguendo la regola 9, si ottiene:

$$2 \cdot (a + b) = 2a + 2b.$$

Poichè tale risultato corrisponde al valore iniziale del problema proposto poc'anzi, si deduce che l'operazione è stata eseguita correttamente.

**Esempio 10:** È dato:  $5cd - 3cd - cnd$ . Si riduca il polinomio ai minimi termini (cioè si estrarrebbero quanti più fattori è possibile). In tutti e tre i termini sono contenuti  $c$  e  $d$ . Quindi  $5cd - 3cd - cnd = cd \cdot (5 - 3 - n) = cd \cdot (2 - n)$ .

**La moltiplicazione dei polinomi tra loro.**

**Regola 13:** Le espressioni tra parentesi, o polinomi, si moltiplicano tra di loro, moltiplicando ciascun termine del primo polinomio per ciascun termine del secondo polinomio.

**Esempio 11:**  $(a + b) \cdot (c + d)$ .

Si può iniziare la moltiplicazione con qualsiasi termine indifferentemente. È però preferibile abituarsi ad una certa regolarità nell'eseguire l'operazione. Cominciamo con  $a$  e moltiplichiamo prima  $a$  con  $c$ , poi  $a$  con  $d$ . Tocca poi a  $b$ : moltiplichiamo  $b$  con  $c$  e  $b$  con  $d$ . Si ottiene:  $ac + ad + bc + bd$ .

**Esempio 12:**  $(2 + y) \cdot (3 + d) = 2 \cdot 3 + 2d + 3y + yd = 6 + 2d + 3y + yd$

**Esempio 13:**  $(a + b) \cdot (a + b) = a^2 + ab + ab + b^2 = a^2 + 2ab + b^2$

### Domande

1. Ha importanza il fatto che una grandezza, con la quale si desidera moltiplicare un polinomio entro parentesi, si trovi prima o dopo la parentesi?
2. Qual è il segno del prodotto ottenuto moltiplicando due grandezze negative?
3. Qual è il fattore che si può estrarre dall'espressione:  $4c + 6d$ ?

## ELETTROTECNICA GENERALE

### Il condensatore (Capacità)

Se ci seguite con attenzione, imparerete ora rapidamente che cosa sia un condensatore e che cosa si intenda per una capacità. Come vedrete in seguito, anche i condensatori, cioè le capacità, rivestono una grande importanza nella tecnica dell'alta frequenza.

**Carica e scarica.**

Nella fig. 10 è rappresentato un condensatore semplicissimo. Esso è costituito dalle due piastre di metallo *A* e *B*, isolate tra loro dallo strato d'aria situato in mezzo ad esse.

Se si collega una delle due piastre al polo positivo e l'altra al polo negativo di una sorgente di corrente continua, come si vede nella fig. 10, avviene che la piastra *A* si carica di *elettricità positiva*, la piastra *B* di *elettricità negativa*. La carica avviene con estrema rapidità, dopodichè si ha uno stato di riposo. L'elevata resistenza dell'aria interposta tra le due piastre impedisce il passaggio di una corrente.

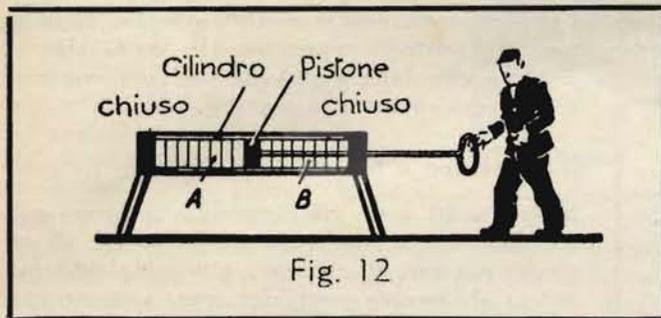
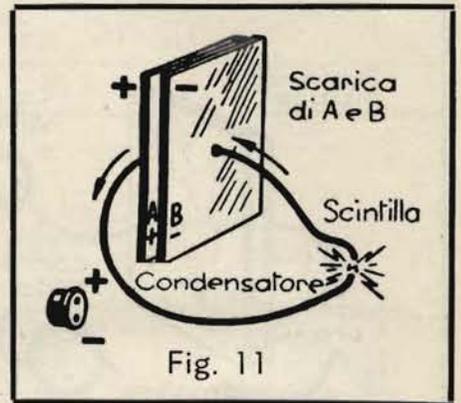
Se i fili di collegamento con la sorgente di corrente vengono distaccati da questa e avvicinati tra loro, come disegnato nella figura 11, le cariche elettriche cercano di compensarsi: avviene così la « scarica », che si manifesta anche in modo visibile, sotto forma di una scintilla che scocca da un filo all'altro.

A scarica avvenuta, il condensatore si ritrova nel medesimo stato di prima della carica; le sue piastre sono di nuovo *elettricamente neutrali*, ossia non caricate nè positivamente nè negativamente.

Per facilitarvi la comprensione dei fenomeni ora descritti, ci gioveremo di un paragone, rappresentato nelle figg. 12-14.

Nella fig. 12 vedete un cilindro chiuso da entrambi i lati, entro il quale si trova un pistone che può essere spostato avanti e indietro. Spingendo il pistone verso sinistra, come si vede nella fig. 13, l'aria che si trova nella parte sinistra del cilindro rimane compressa, mentre quella situata nella parte destra viene assoggettata ad una espansione. In questo caso si forma a sinistra una sovrappressione (*più*), mentre a destra si ottiene una depressione (*meno*).

Che avviene ora, se l'uomo che aziona il pistone ne abbandona il manico? Il pistone ritornerà di scatto nella posizione iniziale, nella quale il



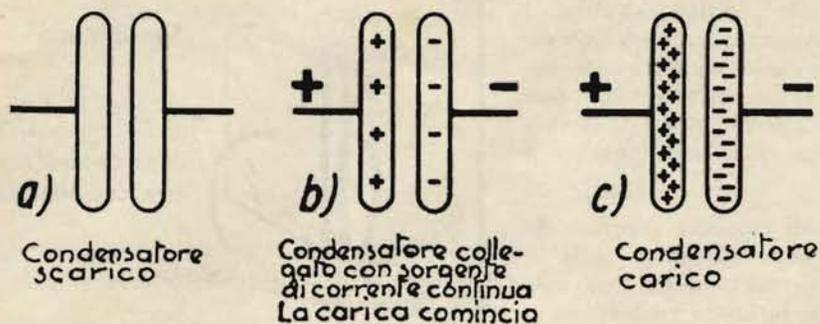
« più » da una parte ed il « meno » dall'altra si sono compensati (fig. 14). La compensazione delle pressioni avviene però con qualche oscillazione pendolare, nel senso che il pistone oltrepasserà dapprima la posizione mediana, provocando per breve tempo una sovrappressione a destra ed una depressione a sinistra. I fenomeni che avvengono durante la compensazione delle cariche elettriche di un condensatore sono molto simili.

Naturalmente, invece di *spingere verso sinistra* il pistone, sarebbe anche stato possibile *tirarlo verso destra*. In questo caso si sarebbero formate una depressione a sinistra e una sovrappressione a destra: in linea di principio però le condizioni sono identiche alle precedenti. In modo analogo, è indifferente se la piastra di sinistra del condensatore viene collegata col polo positivo della sorgente di corrente, e la piastra di destra col polo negativo, o viceversa. Nella fig. 15 è indicato schematicamente il processo della carica di un condensatore.

Finora abbiamo parlato soltanto di corrente continua. Se però le due piastre metalliche del condensatore vengono allacciate ad una *corrente alternata*, e viene inserito in uno dei due fili



Fig 15 Carica di un condensatore



uno strumento di misura, esso segnerà, con nostro stupore, una corrente. Si tratta però soltanto di una *corrente apparente*, poichè nemmeno la corrente alternata può attraversare l'elevatissima resistenza dell'aria tra le piastre. La corrente illusoria è dovuta a un altro effetto, che spiegheremo subito.

Nell'istante in cui la piastra A viene caricata d'elettricità positiva dalla prima semionda (positiva) della corrente alternata, la piastra B viene caricata d'elettricità negativa; nell'istante successivo, intervenendo la seconda semionda, nella quale la corrente alternata corre in senso contrario, le piastre vengono dapprima scaricate e poi ricaricate con la polarità inversa. La piastra A diventa allora negativa, e la piastra B positiva.

Questo ciclo si ripete continuamente. La continua variazione della carica delle piastre fa sì che nei conduttori, allacciati alle piastre, scorra una corrente alternata. Essa infatti è indicata dallo strumento inserito nel circuito. Tra le piastre A e B però non circola corrente.

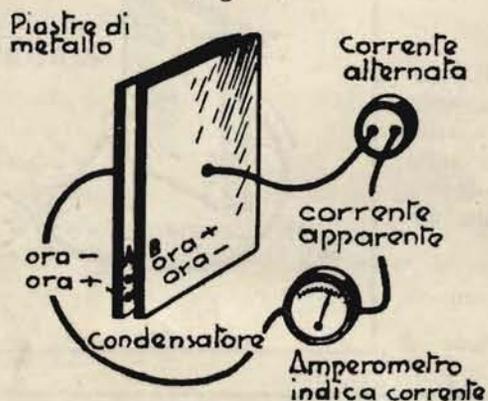
Ciononostante si suol dire che i condensatori lasciano passare la corrente alternata, ma non quella continua. Si pensa però agli effetti pratici, non ai fenomeni fisici. Effettivamente, se si collega una lampadina come indicato nella fig. 17, inserendola in un circuito a corrente alternata, in serie con un condensatore, essa si accende proprio come se il condensatore non esistesse nemmeno. (In verità ciò dipende anche dalla grandezza del condensatore, come verrà spiegato in seguito).

### Il dielettrico e le armature.

Nella fig. 10 avete già conosciuto la forma più semplice di un condensatore. Nella fig. 18 ne mostriamo uno, di struttura più complessa, ma ancora abbastanza semplice: come « mezzo isolante » serve una *lastra di vetro*. In elettrotecnica, la materia isolante, contenuta tra le piastre di metallo, si chiama « *dielettrico* ».

Le piastre del condensatore, che vi sono note dalla fig. 10, sono costituite da fogli di stagnola, incollati sulle due facce della lastra di vetro.

Fig 16



Preso a spine

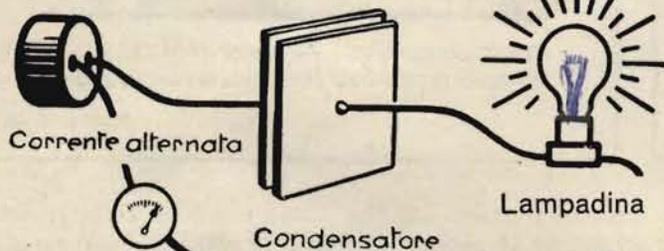


Fig. 17

Vetro

Fig. 18



### La bottiglia di Leida.

Una delle più antiche forme praticamente utilizzabili di condensatore è la cosiddetta « *bottiglia di Leida* » (fig. 19); anche in essa abbiamo, in un certo senso, due piastre metalliche affacciate l'una all'altra, come vedrete subito.

Una *bottiglia di Leida* è costituita da un recipiente cilindrico di vetro, « armato » internamente ed esternamente di stagnola. Il dielettrico è costituito dal recipiente di vetro stesso. L'armatura interna è collegata generalmente con un'asta di metallo terminante in una piccola sfera. La carica della bottiglia di Leida avviene, applicando

una tensione continua tra le due armature. La scarica si ottiene facendo un collegamento tra le due armature (fig. 20). Si forma allora una scintilla, che è tanto più forte, quanto più elevata è la tensione applicata e quanto più è grande la bottiglia di Leyda.

Le bottiglie di Leyda si possono collegare in serie o in parallelo, come le pile, a formare delle batterie.

### La capacità.

Abbiamo parlato già dianzi di condensatori « grossi » e « piccoli ».

Questa distinzione, che riguarda la grandezza dei condensatori, è di primaria importanza; un condensatore grosso può infatti contenere molta elettricità, mentre uno piccolo ne contiene poca. A somiglianza dei recipienti, che possono contenere più o meno liquido, secondo la loro grandezza, e si dicono quindi più o meno « capaci », si parla in elettrotecnica di « capacità » di un condensatore (figura 21).

*La capacità di un condensatore, cioè la sua facoltà di contenere dell'elettricità, è tanto più grande, quanto più estese sono le superfici metalliche contrapposte, e quanto più piccola è la distanza tra di esse. Essa dipende inoltre anche dalla qualità del dielettrico.*

### L'unità di misura della capacità.

La capacità di grossi condensatori si misura in « farad » (questa designazione venne scelta in onore del fisico Faraday); la sigla dell'unità è rappresentata dalla lettera *F*. Generalmente l'unità « 1 farad » (1F) è troppo grande per la pratica. Si usa pertanto la milionesima parte di essa, detta « microfarad » e abbreviata «  $\mu F$  ». In radio-

tecnica si usa perfino un'unità ancora notevolmente più piccola, dato che vengono adoperati condensatori particolarmente minuscoli. Si tratta del « picofarad » abbreviato « *pF* » che è un milionesimo di microfarad. (Con usanza americana lo si indica anche con  $\mu\mu F$ ).

Secondo quanto abbiamo detto, fra le misure succitate esistono dunque le seguenti relazioni:

$$1F = 1\,000\,000 \mu F = 10^6 \mu F$$

$$1 \mu F = 1\,000\,000 pF = 10^6 pF$$

$$1F = 1\,000\,000 \cdot 1\,000\,000 pF = 10^6 \cdot 10^6 pF = 1\,000\,000\,000\,000 pF = 10^{12} pF$$

Concludendo, la capacità si misura, nel sistema elettrotecnico pratico, in farad o in parti di farad.

Come l'induttanza però, anche la capacità si può misurare in un sistema assoluto, denominato qui sistema assoluto elettrostatico. L'unità di misura assoluta per la capacità è ancora l'unità di lunghezza « *cm* ». Le due unità di misura sono legate dalla seguente relazione:

$$1F = 9 \cdot 10^{11} \text{ cm} = 900\,000\,000\,000 \text{ cm}$$

$$1 \mu F = \frac{1}{10^6} F = 10^{-6} F = 10^{-6} \cdot 9 \cdot 10^{11} \text{ cm} = 9 \cdot 10^5 \text{ cm} = 900\,000 \text{ cm}$$



Fig. 19

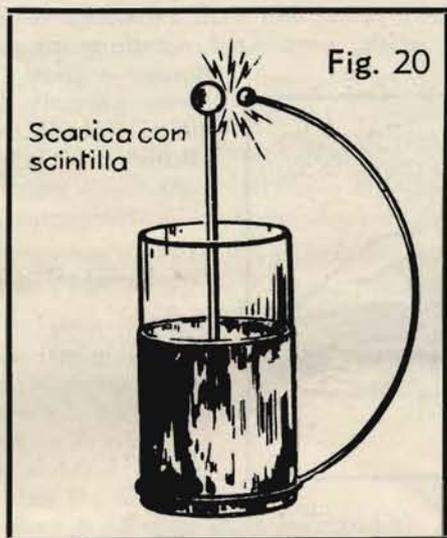


Fig. 20

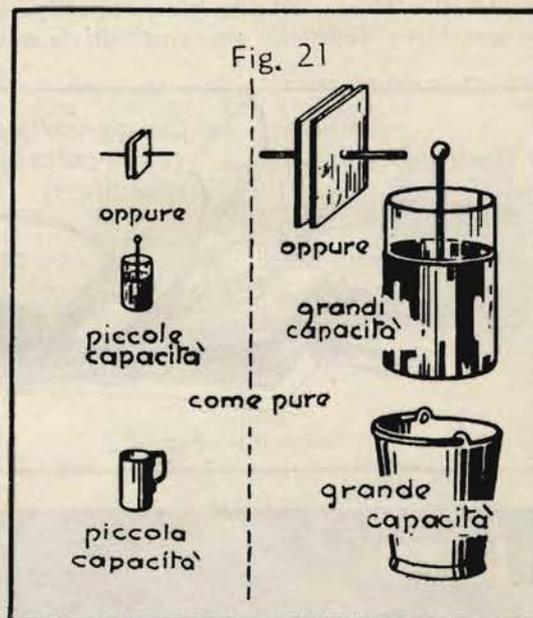


Fig. 21

$$1 \text{ pF} = \frac{1}{10^{12}} \text{ F} = 10^{-12} \text{ F} = 10^{-12} \cdot 9 \cdot 10^{11} \text{ cm} = 9 \cdot 10^{-1} \text{ cm} = \frac{9}{10} \text{ cm} = 0,9 \text{ cm}$$

Vale vicendevolmente la relazione:

$$1 \text{ cm} = \frac{1}{0,9} \text{ pF} = \frac{10}{9} \text{ pF} = 1,11 \text{ pF}$$

$$1 \text{ cm} = \frac{1}{900\,000} \mu\text{F} = \frac{10}{9 \cdot 1\,000\,000} \mu\text{F} = \frac{1,11}{10^6} \mu\text{F} = 1,11 \cdot 10^{-6} \mu\text{F}$$

$$1 \text{ cm} = \frac{1}{9 \cdot 10^{11}} \text{ F} = \frac{10}{9 \cdot 10^{13}} \text{ F} = \frac{1,11}{10^{12}} \text{ F} = 1,11 \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

L'unità assoluta « cm » si usa soprattutto in fisica, mentre *in elettrotecnica si preferisce l'unità pratica « F »*. La unità di misura « cm » serve solo, come vedete senz'altro, per capacità assai piccole. *I condensatori a bicchiere posseggono capacità di 0,1, 0,2, 0,5, 1, 2, 3, 4 e più  $\mu\text{F}$ .*

### Forme costruttive di condensatori.

I tipi dei condensatori usati in radiotecnica si suddividono in due gruppi principali: da un lato, *i condensatori cosiddetti a blocco, ad avvolgimento, cilindrici ed a mica*; dall'altro, *i condensatori elettrolitici*. Nel primo gruppo armature e dielettrico sono costituiti da materie solide, mentre nel secondo gruppo si hanno anche delle sostanze liquide o quasi. Tratteremo dapprima delle forme normali del primo gruppo. Oltre a questi tipi di condensatori cosiddetti fissi, esistono tipi la cui capacità può essere variata: sono i cosiddetti *condensatori variabili* e « compensatori ».

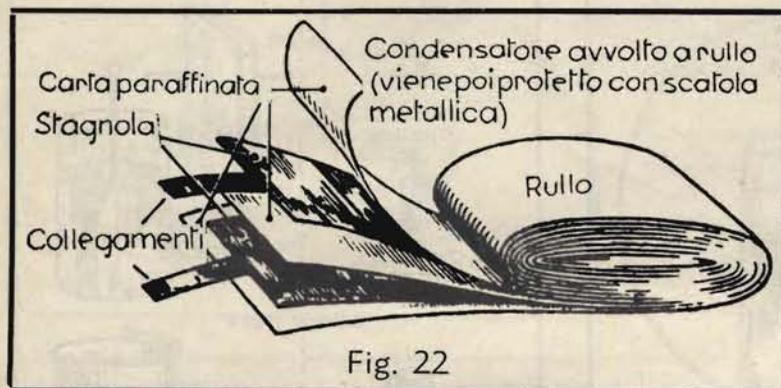


Fig. 22

#### Condensatori a blocco (di carta).

*I condensatori a blocco di carta sono costituiti da nastri di carta paraffinata e di stagnola, arrotolati nel modo rappresentato nella fig. 22. La carta costituisce il dielettrico, e i nastri di stagnola le armature del condensatore. I rotoli o avvolgimenti finiti vengono collocati entro scatolette parallelepipedo*

(« bicchieri ») di metallo e « miscelati », ossia vi viene versata sopra, fino a riempire il bicchiere, una speciale miscela isolante e protettiva a base di paraffina. Dalla scatoletta si lasciano sporgere in alto gli attacchi o collegamenti delle armature. Tali condensatori si trovano in commercio sotto la designazione di « condensatori a bicchiere » o « a blocco ». La fig. 23 ne esemplifica alcune forme costruttive.

Quando gli avvolgimenti non sono montati entro una custodia, ma soltanto immersi nella massa isolante, si parla spesso di *condensatori a rotolo*.

#### Condensatori cilindrici.

Una forma molto usata nella tecnica delle telecomunicazioni è quella dei piccoli *condensatori cilindrici*, visibili nella figura 24. Generalmente *la loro capacità si aggira nei limiti da 100 pF a 2  $\mu\text{F}$* . Come dielettrico si usa di solito carta impregnata, inserita in uno o più fogli, secondo il valore della tensione da applicare, tra le armature di foglio di alluminio. I condensatori così avvolti vengono infilati in un tubetto di cartone e richiusi.

Per gli scopi radiotecnici si richiede da un buon condensatore che esso funzioni realmente come una « pura capacità ».

Come avete però già appreso, un avvolgimento agisce come



Fig. 23

un'induttanza, poichè, quando è percorso da corrente alternata, crea un campo magnetico ed oppone quindi una resistenza al passaggio della corrente stessa. Questo effetto è inopportuno nei condensatori, poichè le correnti alternate dovrebbero poter passare indisturbate. Siccome i nastri costituenti le armature vengono arrotolati assieme agli strati intermedi, formando un avvolgimento, occorre un accorgimento speciale per impedire questo effetto autoinduttivo.

La fig. 25-a dimostra la formazione di un condensatore cilindrico dotato d'auto induzione. Le due armature sono avvolte in modo semplice e le loro estremità sono saldate ai terminali uscenti.

Nella fig. 25-b è invece rappresentata la formazione di un condensatore cilindrico « anti-induttivo ». Anche qui le armature sono arrotolate come nella struttura sopra descritta; diversamente da questa, però, i terminali sono costituiti nel modo seguente: il foglio metallico viene fatto sporgere lateralmente dall'isolante, un'armatura da un lato, l'altra dall'altro. Il bordo sporgente viene saldato assieme e collegato col termine uscente. Si ottengono in tal modo due spirali infilate l'una nell'altra, e che possiamo anche considerare come numerose bottiglie di Leida poste l'una entro l'altra e collegate in parallelo. I condensatori di questo genere posseggono un'induttanza trascurabile, sono chiamati *condensatori anti-induttivi* e vengono usati vantaggiosamente nella radiotecnica.

#### Condensatori a mica.

In molti casi della tecnica dell'alta frequenza i condensatori a carta ora descritti non sono più idonei; si usano allora come dielettrico, in luogo degli strati intermedi di carta, delle *piastrelle di mica*. La mica è un minerale naturale e si trova racchiusa in certe specie di rocce. Quando è di qualità pura, si può sfaldare in lamine sottilissime e trasparenti come il vetro, che si adoperano come isolanti tra le armature dei condensatori. I condensatori a mica non sono arrotolati, poichè il materiale non lo consente, ma hanno la forma rappresentata nelle figg. 26 e 27. I valori di capacità si aggirano dai 5 pF fino a circa 20 000 pF. In confronto ai condensatori a carta presentano soprattutto il vantaggio delle minori perdite e della grande costanza.

#### Compensatori.

In radiotecnica occorre spesso di poter regolare il valore della capacità entro determinati limiti. Quando tale messa a punto deve essere effettuata una volta sola, si usano i cosiddetti *compensatori* raffigurati nelle figg. 28 e 29. Questi *compensatori* o *condensatori aggiustabili* sono montati su una *piastrella ceramica* e posseggono come dielettrico della *mica*.

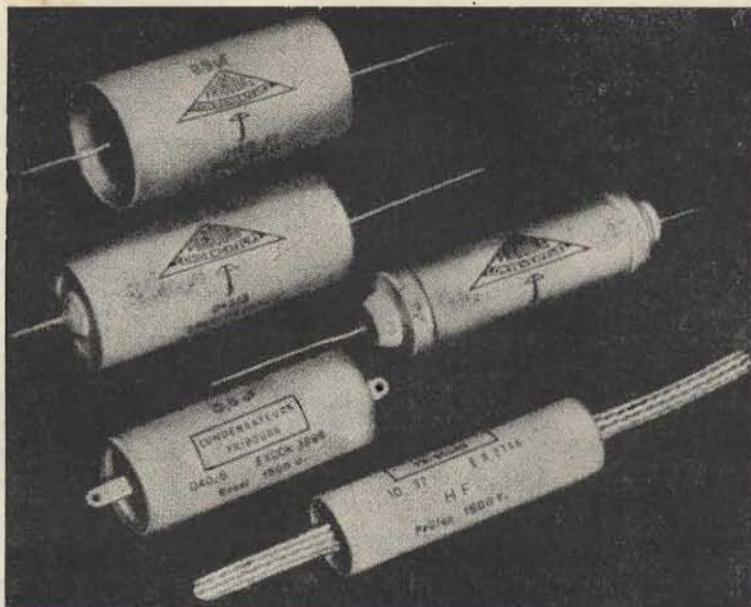


Fig. 24

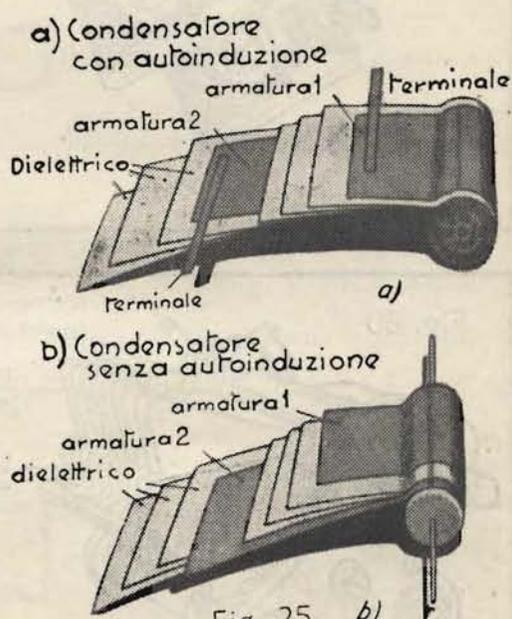


Fig. 25 b)

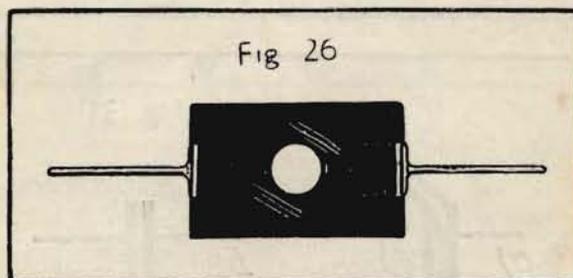
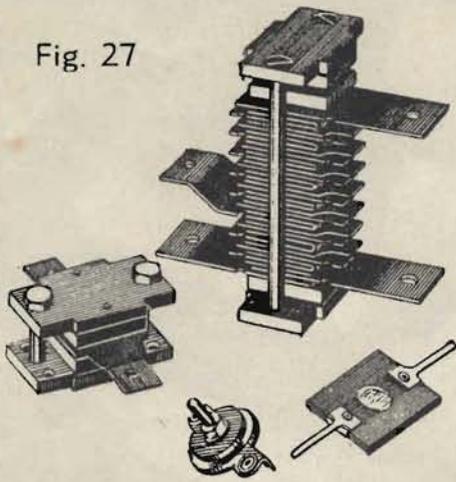


Fig 26

Fig. 27



Agendo sulla vite visibile anteriormente, è possibile variare il valore della capacità. L'armatura superiore è infatti costituita a forma di molla a lamina, la cui distanza dall'armatura inferiore viene determinata dalla posizione della testa della vite. Stringendo la vite, la distanza diminuisce e quindi aumenta la capacità; se invece viene allentata, la molla si distacca per elasticità e la capacità diminuisce.

**Condensatori variabili.**

Un tipo speciale di condensatore molto usato in radiotecnica è il cosiddetto *condensatore variabile* rotativo. La capacità è variabile a piacere, entro certi limiti (più vasti che nei compensatori); ciò avviene, in quanto tali condensatori sono costituiti da due pacchi di lamine metalliche, intercalate le une tra le altre, e mobili in modo da poter modificare la porzione delle superfici affacciate (fig. 30).

Il simbolo dei condensatori è derivato dalla rappresentazione visibile nella fig. 31-a; è costituito da due tratti paralleli

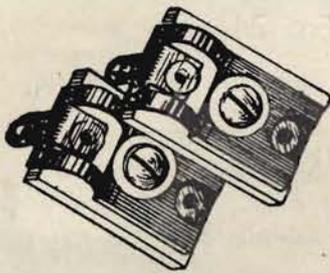


Fig. 28

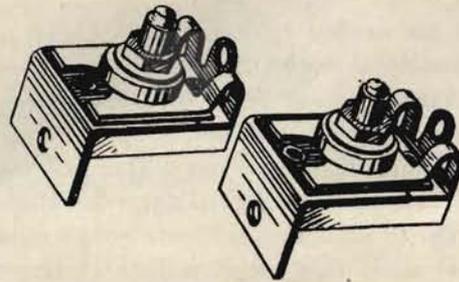
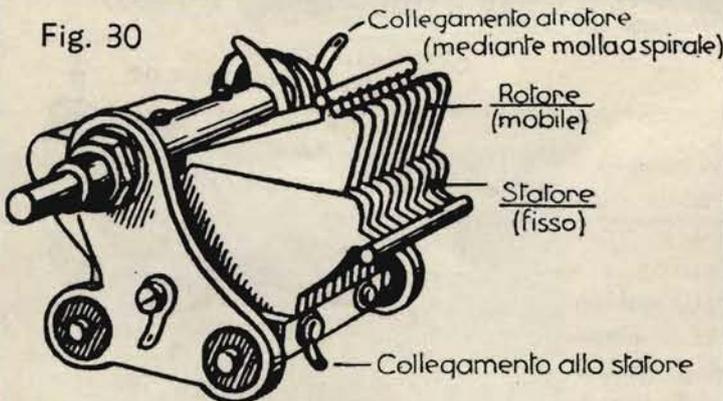


Fig. 29

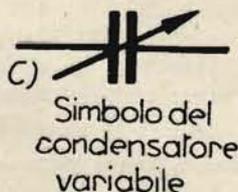
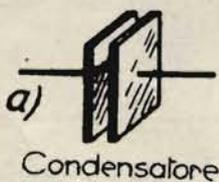
Fig. 30



Condensatore variabile

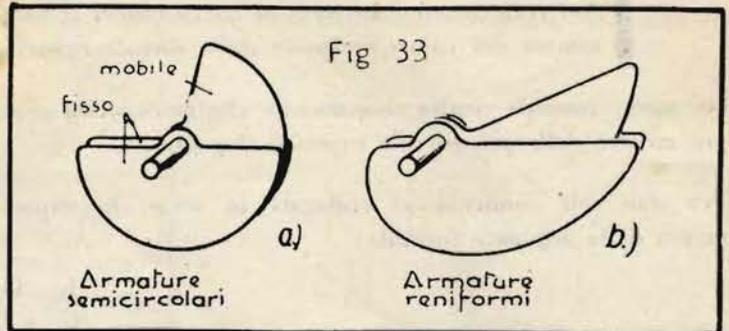
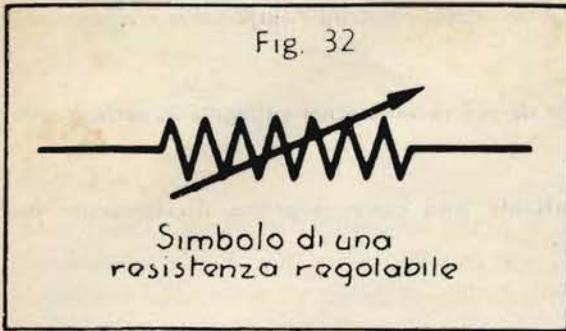
verticali di uguale grossezza, che simboleggiano le due superfici metalliche affacciate, nonché dai due collegamenti uscenti (fig. 31-b). Il simbolo di un condensatore variabile è rappresentato nella fig. 31-c; esso si distingue dal simbolo di un comune condensatore (fisso) perchè è attraversato da una freccia inclinata. Questa freccia la troverete anche con altri simboli; essa significa che l'elemento o l'organo in questione può essere modificato in modo continuo in qualche sua proprietà elettrica. Per esempio il simbolo disegnato nella fig. 32 rappresenta una resistenza variabile in modo continuo. Esso indica propriamente che si tratta di una *resistenza dotata non solo di resistenza ohmica, ma anche di induttanza*. Il segno grafico usato finora si usa solo per resistenze puramente ohmiche, prive di auto-induzione.

Fig. 31



Anche per avvolgimenti qualsiasi, per esempio di traslatori o di relè, si può adoperare il simbolo della fig. 32, senza però la freccia. Di questo argomento dovremo riparlare, ora torniamo al condensatore.

*Le piastrine statoriche e rotoriche*



dei condensatori variabili posseggono una forma ben determinata e studiata. *In passato si facevano a forma di semicerchio (fig. 33-a), ma la pratica dimostrò che questa forma non è la più adatta. Oggi si usano generalmente piastre di condensatore a forma di rene o di fagiolo, come appare nella fig. 33-b.*

### Collegamento in parallelo di condensatori.

Collegando in parallelo più condensatori, le loro capacità si sommano, come avrete già rilevato dalla fig. 27. Nella fig. 34 sono rappresentati schematicamente alcuni condensatori collegati in parallelo. La capacità complessiva tra *A* e *B* ha il seguente valore:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots \quad \text{Formula (17)}$$

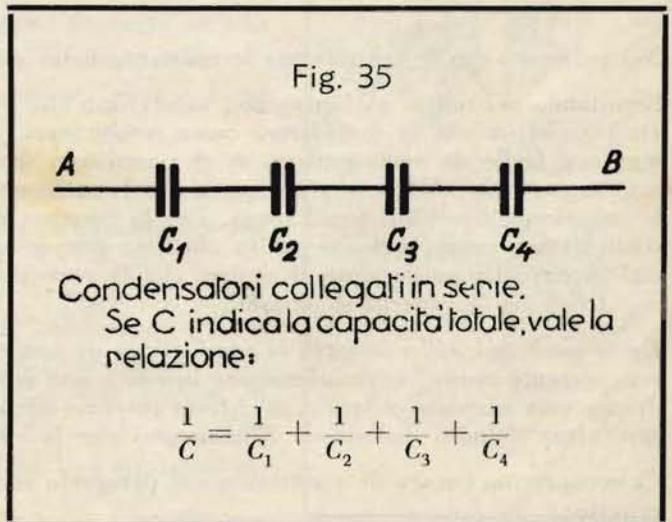
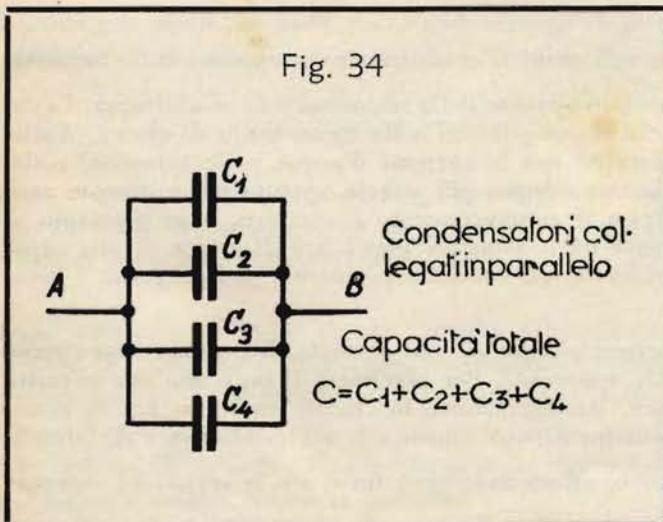
**Nel collegamento in parallelo di condensatori la capacità complessiva è la somma delle singole capacità.**

### Collegamento in serie di condensatori.

Quando i condensatori sono invece collegati in serie, come si vede nella fig. 35, la capacità complessiva *C* risulta diminuita, perchè gli strati isolanti rimangono uno dietro l'altro.

Vale allora la seguente relazione:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots \quad \text{Formula (18)}$$



**Nel collegamento in serie di condensatori il valore reciproco della capacità complessiva è uguale alla somma dei valori reciproci delle singole capacità.**

Da questa formula risulta chiaramente che *la capacità complessiva di più condensatori collegati in serie è sempre minore della più piccola capacità singola.*

Per due soli condensatori collegati in serie, la capacità risultante può essere espressa direttamente per mezzo della seguente formula:

$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

Del resto *la capacità complessiva di due capacità uguali, collegate in serie, equivale alla metà di una capacità singola.* Se i due condensatori hanno ciascuno una capacità di 100 pF, la capacità complessiva è uguale a 50 pF. (L'esattezza di questa affermazione può essere controllata senz'altro mediante l'equazione sopra riportata).

Considerate ora attentamente le formule per i collegamenti in serie e in parallelo delle resistenze, delle induttanze e delle capacità. Per le resistenze avevamo trovato che, nel collegamento in serie, la resistenza complessiva equivale semplicemente alla somma delle resistenze singole, mentre il ragionamento ci fece concludere che nel collegamento in parallelo si devono considerare i valori reciproci delle resistenze.

#### Resistenze ohmiche

<p><i>Serie</i></p> $R_{\text{totale}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$		<p><i>Parallelo</i></p> $\frac{1}{R_{\text{totale}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$
---	--	---

Questa legge è diventata evidente per noi. Infatti è così anche nella vita: quando dobbiamo affrontare tutta una serie di resistenze e di difficoltà, diciamo di incontrare delle forti resistenze. Quando invece, per raggiungere un determinato scopo, ci si presentano diverse strade, diciamo di tentare parallelamente varie soluzioni, e la difficoltà risultante ci sembra minore.

Consideriamo ancora le corrispondenti formule per le capacità:

#### Capacità

<p><i>Serie</i></p> $\frac{1}{C_{\text{totale}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$		<p><i>Parallelo</i></p> $C_{\text{totale}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$
---	--	---

Nel confronto con le formule per le resistenze balza subito agli occhi *il comportamento opposto delle capacità.*

Seguitando nel nostro ragionamento, osserviamo che *il concetto opposto della resistenza è la conduttanza. Le capacità sono quindi da considerare come conduttanze,* poichè si comportano nello stesso modo di queste. Anche questo è facile da comprendere, se ci ricordiamo del paragone con le correnti d'acqua nelle tubazioni collegate in parallelo. Abbiamo visto infatti che la resistenza diventa sempre più piccola, quanto più numerose sono le tubazioni disponibili per l'acqua. Per la corrente elettrica il comportamento è identico, e se pensiamo al condensatore comprendiamo subito che *una grande capacità offre maggiori possibilità di carica di una capacità piccola.* Di conseguenza si capisce che *la corrente apparente nei conduttori è intensa se la capacità è grande, debole se la capacità è piccola.*

*Esiste però una differenza tra la conduttanza di una resistenza ohmica ed una capacità. Nel primo caso circola una corrente reale; nel condensatore invece è una corrente apparente.* Per esprimere il fatto che non si tratta di una vera corrente elettrica, si chiama *corrente dielettrica.* Analogamente, lo spazio compreso tra le armature viene definito dielettrico. Si dice così che la conduttanza di una capacità è una conduttanza dielettrica.

Ci occuperemo ancora di queste cose nel paragrafo successivo, affermando però fin d'ora la verità del seguente criterio:

La capacità ha il significato di una conduttanza dielettrica, ossia del reciproco di una resistenza dielettrica.

Ed ora un non troppo facile

**Esempio:**

Calcolare la capacità complessiva tra *A* e *B* (fig. 36). I tre condensatori  $C_1$ ,  $C_2$  e  $C_3$  sono collegati in serie, mentre il condensatore  $C_4$  si trova in parallelo agli altri tre. Le singole capacità sono:

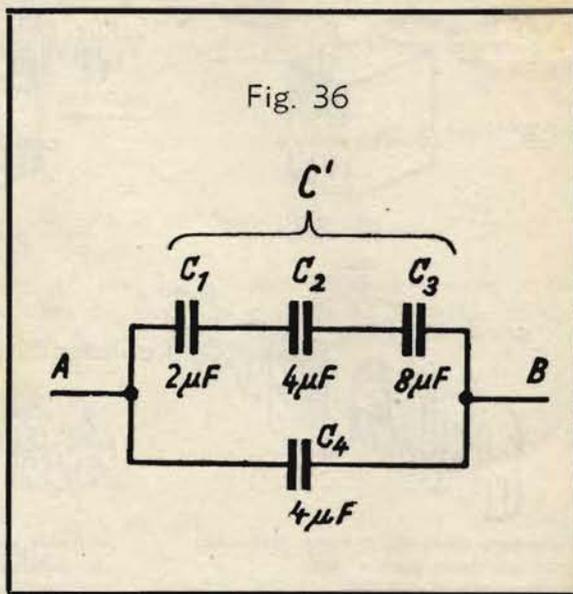
$$C_1 = 2\mu\text{F}, C_2 = 4\mu\text{F}, C_3 = 8\mu\text{F}, C_4 = 4\mu\text{F}.$$

**Soluzione:**

Si determina dapprima la capacità risultante  $C'$  dei tre condensatori collegati in serie. Applicando la formula (18) si ha:

$$\frac{1}{C'} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} = \frac{4 + 2 + 1}{8} = \frac{7}{8}$$

Si ricava:  $C' = \frac{8}{7} \approx 1,14 \mu\text{F}$



La capacità complessiva  $C$  di tutto l'insieme risulta dal collegamento in parallelo di  $C_4$  con  $C'$  ed è quindi:

$$C = C' + C_4 = 1,14 + 4 = 5,14 \mu\text{F}$$

**Il passaggio della corrente alternata attraverso i condensatori.**

Mantenendo il modo di dire usato già in precedenza, secondo il quale i condensatori « lasciano passare » la corrente alternata (cosa che fisicamente non è esatta), non dobbiamo tralasciare di notare che la corrente alternata attraversa tanto più facilmente un condensatore, quanto più alta è la sua frequenza.

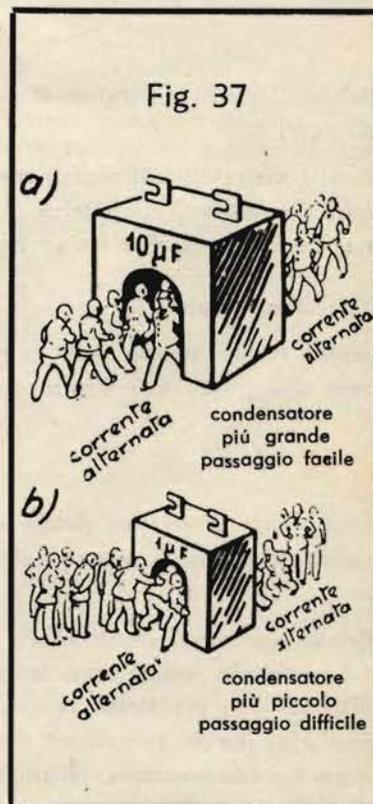
Una corrente alternata ad alta frequenza, che abbia, ad esempio, 10 000 o 100 000 o addirittura milioni di oscillazioni al secondo, passa molto più facilmente attraverso un condensatore che una corrente a bassa frequenza o frequenza industriale, per esempio di 50 Hz (vedi fig. 38-a e b).

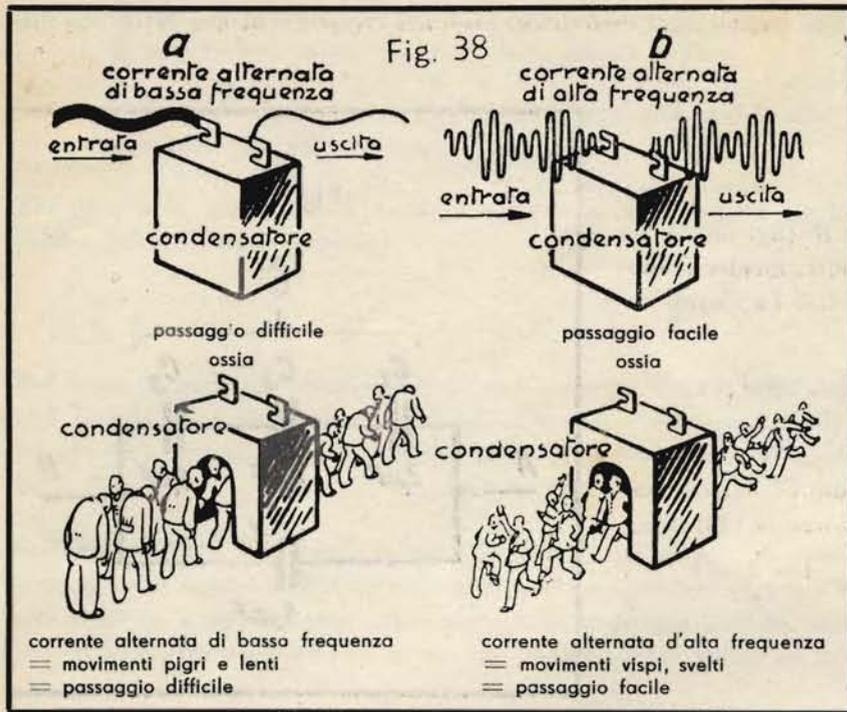
D'altra parte un condensatore da 10 microfarad, p. es., lascia passare molto meglio la corrente alternata a 50 Hz che un condensatore da solo 1 microfarad (vedi fig. 37-a e 37-b).

Come già sapete, le onde radio costituiscono delle correnti alternate ad alta frequenza, che attraversano quindi facilmente i condensatori, mentre le correnti « industriali », p. es., quelle usate per l'illuminazione, sono a bassa frequenza e attraversano male i condensatori.

Da quanto abbiamo detto risulta che un condensatore conduce tanto meglio la corrente alternata, quanto più grande è la capacità del condensatore e più alta la frequenza della corrente.

Ciò concorda col fatto che la capacità rappresenta una conduttanza dielettrica. Si può quindi dire che la resistenza dielettrica del condensatore diminuisce con l'aumentare della capacità. Del resto, poichè non si tratta di una vera e propria resistenza, si parla anche per i condensatori, come per le bobine d'induzione, di « reattanza »; si distingue infatti la « reattanza capacitiva » dalla « reattanza induttiva ».





Concludendo, data la grande importanza di queste nozioni, confrontiamo il comportamento del condensatore col comportamento della bobina d'induzione. Essi sono perfettamente opposti.

La reattanza di un condensatore è tanto più piccola, quanto più grande è la capacità dello stesso e più alta la frequenza della corrente.

La reattanza di una bobina d'induzione è tanto più grande, quanto più grande è l'induttanza della stessa e più alta la frequenza della corrente.

### Il calcolo della capacità.

La capacità di un condensatore a piastre dipende dalla superficie attiva  $A$  (in  $\text{cm}^2$ ) di una piastra, dalla distanza tra le piastre  $d$  (cm), e dalla «conduttività dielettrica» dello strato isolante.

Avete già appreso che questo strato isolante tra le piastre o armature si chiama « dielettrico ». Ogni materiale isolante, che può servire come dielettrico, è contraddistinto da un dato numero invariabile (costante), caratteristico per le proprietà dielettriche del materiale stesso. Questa costante si chiama « conduttività dielettrica » e si designa con la lettera maiuscola greca  $\Delta$  (« delta »).  $\Delta$  si misura coll'unità  $\frac{\text{farad}}{\text{cm}}$ .

Se un condensatore a piastre, che abbia per dielettrico l'aria, viene posto in un recipiente a chiusura ermetica, e si estrae con una pompa tutta l'aria dal recipiente, tra le piastre non si trova più alcuna materia. Il dielettrico è allora costituito dal « nulla », cioè dal « vuoto ». Il valore della conduttività dielettrica del vuoto è stato determinato sperimentalmente in

$$\Delta_0 = 0,0884 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{cm}} = 0,0884 \frac{\text{pF}}{\text{cm}}$$

Poichè il vuoto costituisce il migliore isolante, la sua conduttività dielettrica è la peggiore, cioè la più piccola di tutte.

Tutti i materiali utilizzabili come dielettrici posseggono una conduttività dielettrica  $\Delta$  più grande. Il rapporto della conduttività dielettrica  $\Delta$  di un corpo qualsiasi rispetto alla conduttività dielettrica  $\Delta_0$  del vuoto si chiama « costante dielettrica ». Per tale grandezza si usa come sigla la lettera greca  $\epsilon$  (« epsilon »).

La costante dielettrica  $\epsilon = \frac{\Delta}{\Delta_0}$  è un numero come si suol dire « senza dimensione », cioè senza unità di misura, perchè indica quante volte la conduttività dielettrica di una data sostanza è superiore alla conduttività dielettrica del vuoto. Ciò risulta chiaramente dalla seguente equazione :

$$\Delta = \epsilon \cdot \Delta_0 \quad \dots \dots \dots \text{Formula (19)}$$

La costante dielettrica dell'aria e di altre sostanze gassose è praticamente uguale ad 1; ciò significa che la capacità di un condensatore nell'aria e nel vuoto è praticamente la stessa. Per l'aria vale quindi  $\Delta = 1 \cdot \Delta_0 = \Delta_0$ .

Per le sostanze isolanti solide generalmente usate  $\epsilon$  si aggira all'incirca tra 2 e 80. A seconda della purezza del materiale considerato, la costante dielettrica può variare entro determinati limiti. Per esempio, per la mica  $\epsilon = 7$ , per l'ebanite  $\epsilon = 3$ , per il vetro  $\epsilon =$  da 4,2 fino a 16,5, per la carta bachelizzata  $\epsilon =$  da 4,5 fino a 6, per la porcellana dura  $\epsilon =$  da 5 fino a 6,5; per i materiali ceramici moderni usati nella fabbricazione dei condensatori, chiamati Condensa N e Condensa C, è rispettivamente  $\epsilon = 40$  ed  $\epsilon = 80$ . Nella Tabella N. 3 di questa Dispensa sono riuniti i valori  $\epsilon$  dei più importanti dielettrici per condensatori.

Spiegando il concetto della « capacità » era già stato fatto osservare che questa aumenta, quanto più grande è la superficie  $A$  di una piastra e più piccola la distanza  $d$  fra le armature.

Come terza grandezza, da cui dipende la capacità dobbiamo ora aggiungere la *conduttività dielettrica*. Più grande è  $\Delta$ , e maggiore diventa la capacità. Da queste relazioni si ottiene, per un condensatore semplice costituito da due sole piastre:

$$C = \frac{\Delta \cdot A}{d} \quad \dots \dots \dots \text{Formula (20)}$$

Il valore di  $C$  si ottiene in farad, se si inserisce il valore di  $\Delta$  in  $\frac{\text{F}}{\text{cm}}$ , e in pF, se si inserisce  $\Delta$  in  $\frac{\text{pF}}{\text{cm}}$ .

**Problema:** La distanza tra le piastre di un condensatore è  $d = 0,1$  cm, la superficie di una piastra  $A = 100$  cm<sup>2</sup>. Come dielettrico si usa aria, la cui costante dielettrica  $\epsilon$  equivale ad 1. Qual è il valore della capacità di questo condensatore espressa in farad, picofarad e centimetri?

**Soluzione:** La conduttività dielettrica dell'aria è:

$$\Delta = \epsilon \cdot \Delta_0 = 1 \cdot 0,0884 \cdot 10^{-12} = 0,0884 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{cm}}$$

Inseriamo questo valore e quelli dati nella formula (20) e otteniamo:

$$C = \frac{\Delta \cdot A}{d} = \frac{0,0884 \cdot 10^{-12} \cdot 100}{0,1} = 0,0384 \cdot 10^{-12} \cdot 1000 = 0,0884 \cdot 10^{-12} \cdot 10^3 = 0,0884 \cdot 10^{-9} = 0,000\ 000\ 000\ 884\ \text{F}$$

Per il calcolo del valore nelle altre unità teniamo conto della relazione  $1\text{F} = 10^{12}$  pF.

Quindi:

$$0,000\ 000\ 000\ 884\ \text{F} = 0,000\ 000\ 000\ 884 \cdot 10^{12}\ \text{pF} = 88,4\ \text{pF}.$$

Questo valore in pF si sarebbe potuto ricavare anche direttamente dalla formula (20), inserendo per  $\Delta$  il valore in pF/cm, cioè 0,0884 pF/cm. Per il calcolo del valore in cm bisogna poi usare la relazione  $1\ \text{pF} = 0,9\ \text{cm}$ . Si ottiene allora:  $88,4\ \text{pF} = 88,4 \cdot 0,9\ \text{cm} = 79,56\ \text{cm}$ .

Se un condensatore è costituito da parecchie piastre collegate in parallelo, il cui numero indichiamo con  $m$ , si trovano tra le piastre  $m - 1$  strati isolanti. L'intero condensatore è costituito quindi da  $m - 1$  singoli condensatori collegati in parallelo. La capacità complessiva è però uguale alla somma delle singole capacità, e quindi (secondo la formula 17):

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

Poichè tutte le singole capacità sono uguali tra loro, la somma equivale a  $m - 1$  volte la capacità singola. Non occorre scrivere un'apposita formula: *si calcola la capacità singola in base alla formula (20) e si moltiplica per  $m - 1$ .*

Supponiamo che il condensatore sia costituito da 10 piastre (collegate in due gruppi di cinque):

$m = 10$ , quindi  $m - 1 = 10 - 1 = 9$ , e la capacità complessiva risulta:

$$C' = (m - 1) \cdot C = 9 \cdot 88,4\ \text{pF} = 795,6\ \text{pF}.$$

### Domande

1. Qual è la grandezza caratteristica di un condensatore?
2. Quali sono le abbreviazioni per le unità di misura microfarad e picofarad?
3. Da che cosa dipende la capacità di un condensatore?
4. Quattro condensatori da  $1\ \mu\text{F}$  sono collegati in serie. Qual è la capacità risultante?
5. Dieci condensatori da  $5\ \mu\text{F}$  sono collegati in parallelo. Qual è la capacità risultante?
6. Due condensatori da  $4\ \mu\text{F}$  sono collegati in serie; in parallelo ad essi si trovano due altri condensatori, pure collegati in serie tra loro, e la cui capacità è ugualmente di  $4\ \mu\text{F}$ . Qual è, in questo caso, la capacità complessiva?
7. Qual è la capacità di un condensatore con 12 piastre, con superficie  $A = 120\ \text{cm}^2$  e distanza  $d = 2\ \text{mm}$ ? Il dielettrico è l'aria.

### Risposte alle domande di pag. 4

1. Si chiama bobina d'impedenza una bobina d'induzione, che serve ad impedire completamente o quasi il passaggio di una corrente alternata.

2. Secondo la formula (14) è:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 \text{ quindi } L = 200 + 150 + 220 = 570 \text{ mH}$$

3. Secondo la formula (15) è:  $\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} = \frac{1}{100} + \frac{1}{400}$

Comune denominatore = 400.

$$\frac{1}{L} = \frac{4}{400} + \frac{1}{400} = \frac{5}{400}; L = \frac{400}{5} = 80 \text{ mH}$$

4. Per  $\frac{l}{D} = \frac{18}{10} = 1,8$  si ricava dalla fig. 7:  $k = 0,8$ . Questa volta è già indicato addirittura il numero di spire per centimetro di lunghezza della bobina:  $w_1 = 120$ . Secondo la formula (16) è:

$$L \approx k \cdot w_1^2 \cdot D^2 \cdot l \cdot 10^{-8} = 0,8 \cdot 120^2 \cdot 10^2 \cdot 18 \cdot 10^{-8} = 0,8 \cdot 14\,400 \cdot 100 \cdot 18 \cdot 10^{-8} = 20\,736\,000 \cdot 10^{-8} = 0,20736 \text{ H} = 207,36 \text{ mH}$$

A causa dell'esponente  $-8$  bisogna spostare la virgola di 8 decimali verso sinistra.

### Risposte alle domande di pag. 6

1. Non ha importanza, poichè in entrambi i casi si ottiene il medesimo risultato.

2. Il prodotto è positivo, poichè due grandezze d'ugual segno moltiplicate tra loro danno un prodotto positivo.

3. Si può estrarre il fattore 2, che è contenuto in entrambi i termini, poichè invece di  $4c$  si può scrivere  $2 \cdot 2 \cdot c$ , e invece di  $6d$ ,  $2 \cdot 3 \cdot d$ . Quindi:  $4c + 6d = 2(2c + 3d)$ .

### Risposte alle domande di pag. 17

1. La grandezza che contraddistingue un condensatore è la sua « capacità ».

2. L'abbreviazione di microfarad è «  $\mu\text{F}$  »; quella di picofarad, «  $\text{pF}$  ».

3. La capacità di un condensatore dipende dalla superficie delle piastre (rispettivamente, delle armature, considerando il numero delle piastre), dalla distanza tra le piastre e dalla conduttività dielettrica.

$$4. \frac{1}{C} = \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} = 1 + 1 + 1 + 1 = 4;$$

$$C = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ microfarad.}$$

5.  $10 \cdot 5 = 50 \text{ microfarad.}$

6. I due condensatori da  $4 \mu\text{F}$ , collegati in serie, danno una capacità risultante  $C' = 2 \mu\text{F}$ , poichè:

$$\frac{1}{C'} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2}; C' = 2. \text{ Lo stesso vale naturalmente per gli altri due condensatori collegati in serie.}$$

Poichè poi i due gruppi sono collegati in parallelo, la capacità complessiva è:  $C = C' + C' = 2 + 2 = 4 \mu\text{F}$ .

7. Dato  $m = 12$ , si ha  $m - 1 = 12 - 1 = 11$ , numero dei condensatori collegati in parallelo. La capacità di ogni singolo condensatore si ottiene, ponendo  $d = 2 \text{ mm} = 0,2 \text{ cm}$ ;  $\varepsilon = 1$  per l'aria e  $A = \varepsilon A_0 = 1 \cdot 0,0884 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{cm}} = 0,0884 \text{ pF/cm}$ , in  $C = \frac{A \cdot A}{d} = \frac{0,0884 \cdot 120}{0,2} = 53 \text{ pF}$

La capacità complessiva è:

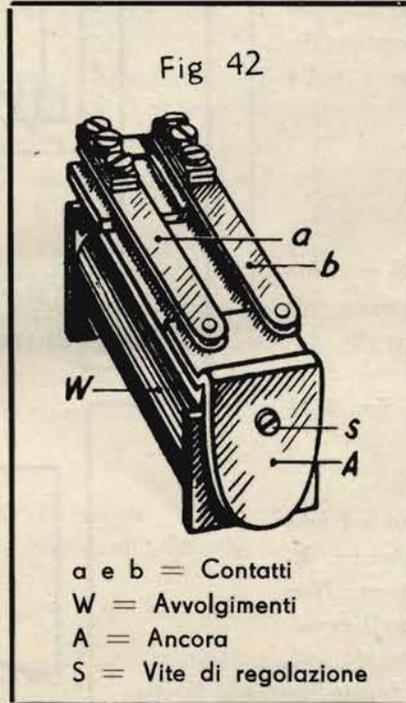
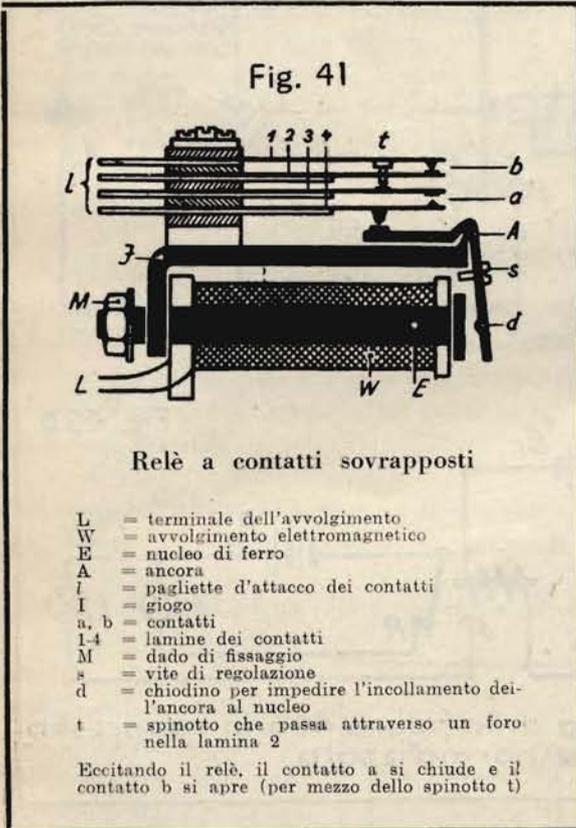
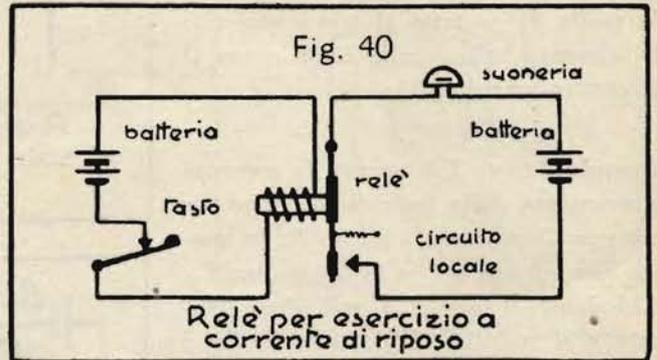
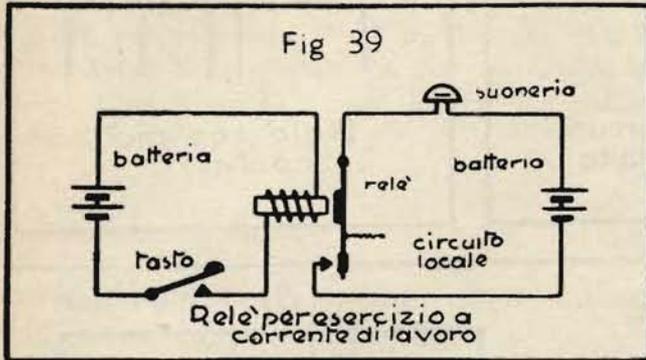
$$C' = (m - 1) C = 11 \cdot 53 = 583 \text{ pF}$$

$$583 \text{ pF} = 583 \cdot 0,9 \text{ cm} = 524,7 \text{ cm}$$

# IMPIANTI DI SEGNALAZIONE

## Ancora qualcosa sui relè

Il relè è un organo molto importante nella tecnica delle telecomunicazioni. Avete conosciuto il relè a suo tempo, in relazione con gli impianti telegrafici. Vi ricorderete inoltre che, negli impianti di chiamata luminosa, i relè sono usati per numerose funzioni di assoluta necessità. Vogliamo occuparci ora più dettagliatamente del relè e delle sue possibilità di impiego.



Nella tecnica delle correnti forti il relè si chiama anche « teleruttore »; esso può venire impiegato, come già sapete, tanto nell'esercizio a corrente di lavoro, quanto in quello a corrente di riposo.

Nella fig. 39 vedete un relè per corrente di lavoro, usato in un impianto di suoneria. Il relè rende utili servizi nel caso di linee lunghe e quando si richieda una grande intensità sonora dei segnali.

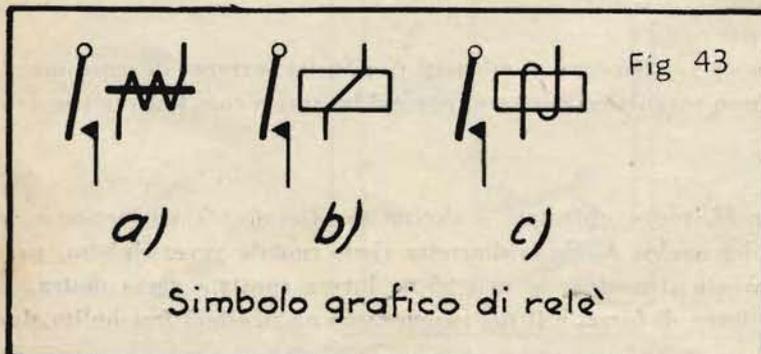
Nella fig. 39 è rappresentato anche il simbolo per la suoneria a corrente continua. Lo schema per

esercizio a corrente di riposo è riportato nella fig. 40. In questo caso la corrente circola nel relè continuamente; si tratta però di una corrente relativamente debole.

La fig. 41 mostra un tipo assai usato di relè; la fig. 42 rappresenta il medesimo relè in vista. Nella fig. 43 sono riuniti i tre simboli usuali per relè. Tutte e tre le rappresentazioni grafiche sono permesse e hanno il medesimo significato. Negli schemi del Corso di Telecomunicazioni ci atterremo però al simbolo della fig. 43-a.

### Relè con uno o più contatti.

Nella fig. 44 è rappresentato un relè con un solo contatto, mentre la fig. 45 rappresenta



un relè con parecchi contatti. Alle volte si richiede da un relè che apra un circuito in un determinato posto e ne chiuda un altro. In questo caso il relè deve essere dotato di un cosiddetto *contatto di scambio*. La fig. 46-a mostra chiaramente ciò che si intenda con questo termine: da entrambi i lati della molla di contatto si trova una vite di contatto, alla quale è collegato il rispettivo circuito.

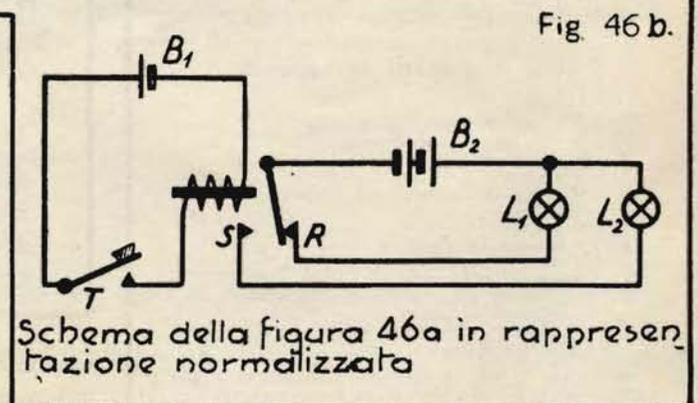
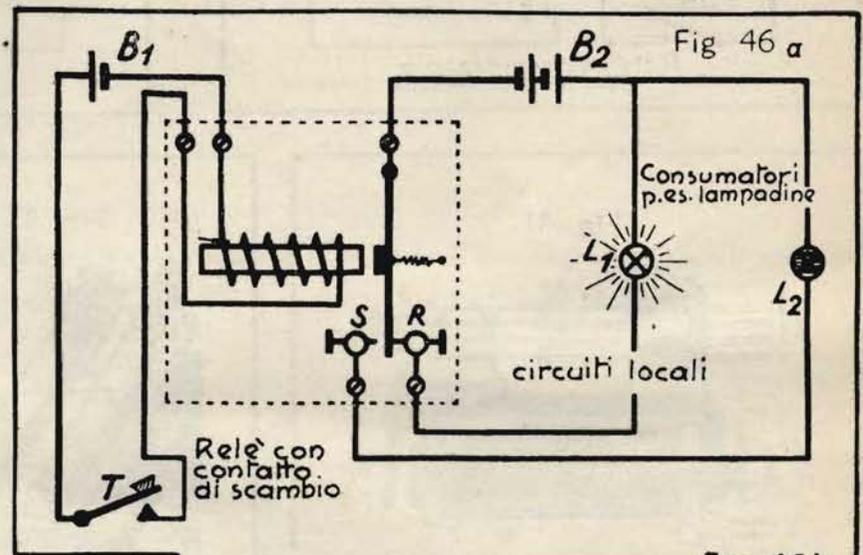
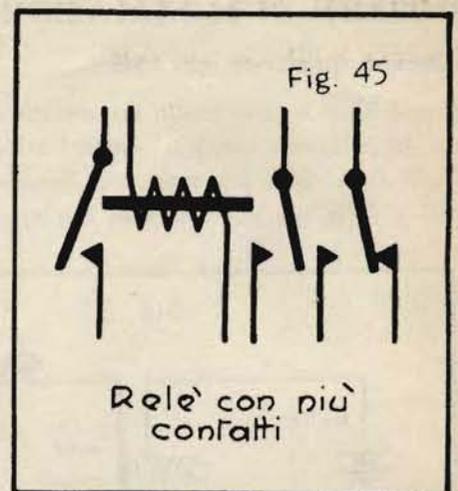
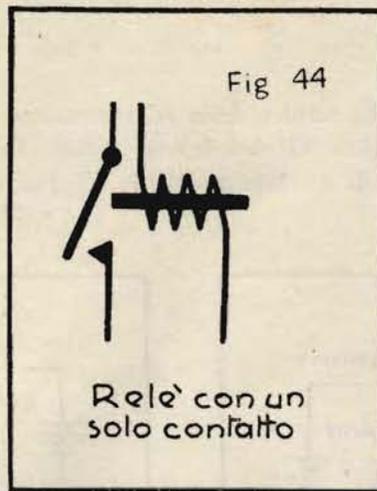
Quando il tasto  $T$  è aperto, la corrente proveniente dalla batteria  $B_2$  passa attraverso il contatto di riposo  $R$ ; in questo caso rimane accesa la lampadina  $L_1$ . Chiudendo il tasto  $T$ , il relè viene eccitato e si stabilisce il contatto in  $S$ ; si spegne allora la lampadina  $L_1$ , mentre si accende la lampadina  $L_2$ . Il dispositivo ora descritto è rappresentato in modo schematicamente corretto nella fig. 46-b.

#### Relè polarizzati.

I relè *polarizzati* sono costruiti con una struttura speciale. Essi funzionano soltanto, quando la corrente circola nell'avvolgimento magnetico in una direzione ben determinata. Nella fig. 47 è rappresentato un tale relè.

Il nucleo  $K$  del relè è fissato ad una gamba di un magnete permanente, dimodochè si magnetizza esso stesso. Non appena la corrente circola nell'avvolgimento, il campo magnetico già esistente viene rinforzato o indebolito, secondo la direzione della corrente. La molla  $F$  impedisce l'attrazione dell'ancoretta in assenza di corrente; quando però si invia corrente nell'avvolgimento magnetico del relè, attraverso i punti  $A$  e  $B$ , e precisamente in direzione tale da rinforzare il campo già esistente della calamita, allora l'ancoretta riesce a superare la tensione della molla  $F$  e a chiudere il cosiddetto « circuito locale », allacciato ai morsetti  $C$  e  $D$ . La corrente di senso inverso provocherebbe invece un indebolimento del campo magnetico esistente, per cui in questo caso l'attrazione dell'ancora è impossibile.

La sbarretta di ferro  $E$ , girevole attorno al punto  $H$ , viene chiamata « *derivatore (o shunt) magnetico* », e serve per regolare l'intensità di magnetizzazione del nucleo  $K$ . Se la sbarretta viene ruotata verso sinistra, passerà un numero maggiore di linee di forza attraverso il nucleo; se essa viene invece spostata verso destra, il nucleo sarà attraversato da un numero minore di linee di forza, e il suo magnetismo ne risulterà indebolito. In-



fatti in quest'ultimo caso le linee di forza della calamita si chiudono quasi tutte attraverso lo *shunt* (pronuncia « scent ») *magnetico*, e ben poco rimane per il nucleo del relè.

Nella fig. 48 vedete il simbolo di un relè polarizzato. La fig. 49 mostra un esempio di applicazione per relè polarizzati. Si desidera comandare due suonerie  $W_1$  e  $W_2$  a piacimento, servendosi di un'unica linea  $M-N$  assai lunga, per mezzo di due pulsanti  $T_1$  e  $T_2$ . Le suonerie sono inserite nei circuiti locali, in modo da ricevere la corrente attraverso i contatti dei relè polarizzati  $R_1$  e  $R_2$ . Per una data direzione della corrente risponde uno solo dei due relè; invertendo la polarità, risponde l'altro. L'inversione di polarità avviene automaticamente premendo i pulsanti  $T_1$  e  $T_2$ .

### Relè per correnti forti.

Abbiamo parlato finora soltanto dei relè nei circuiti di corrente debole.

Esistono però anche i cosiddetti *telerruttori*; essi si impiegano ovunque si voglia azionare un circuito di corrente forte per mezzo di un circuito di corrente debole. Un relè di questa specie è visibile nella fig. 50.

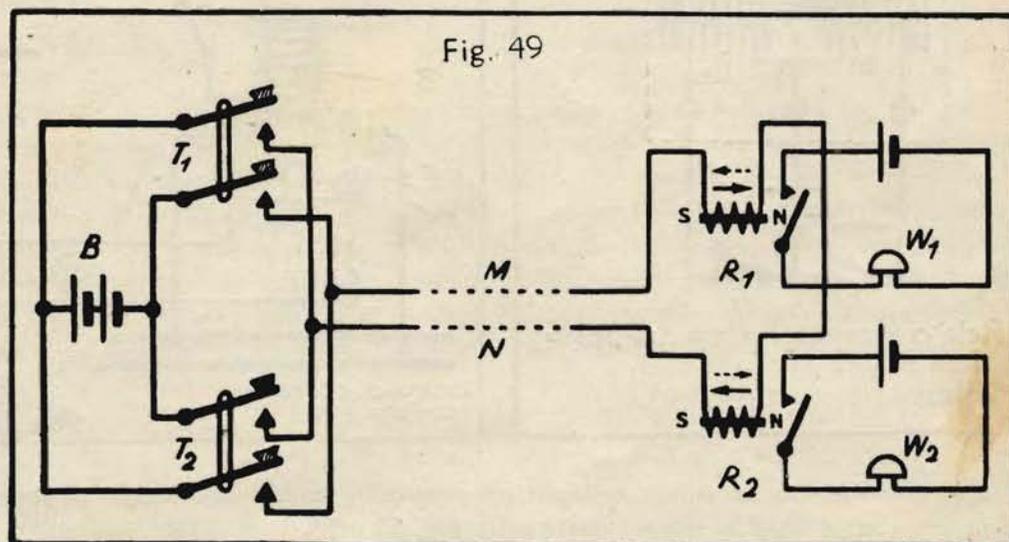
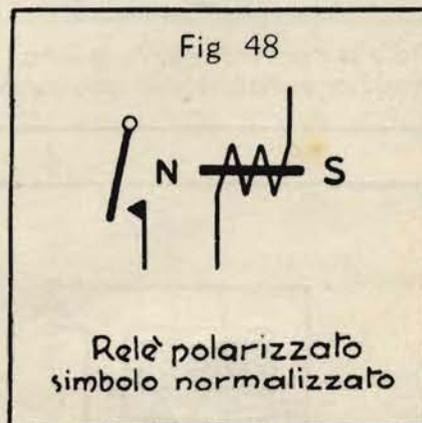
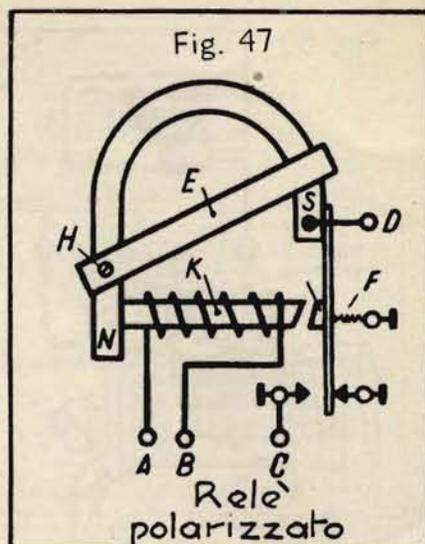
Quando, premendo il tasto  $T$ , la corrente debole fornita dalla batteria  $B$  attraversa l'avvolgimento  $W$  del relè, l'ancoretta, che ha il fulcro nel punto  $C$ , viene attratta. Il prolungamento dell'ancora preme contro il supporto di un piccolo bulbo a mercurio, girevole assieme al supporto stesso nel punto  $D$ .

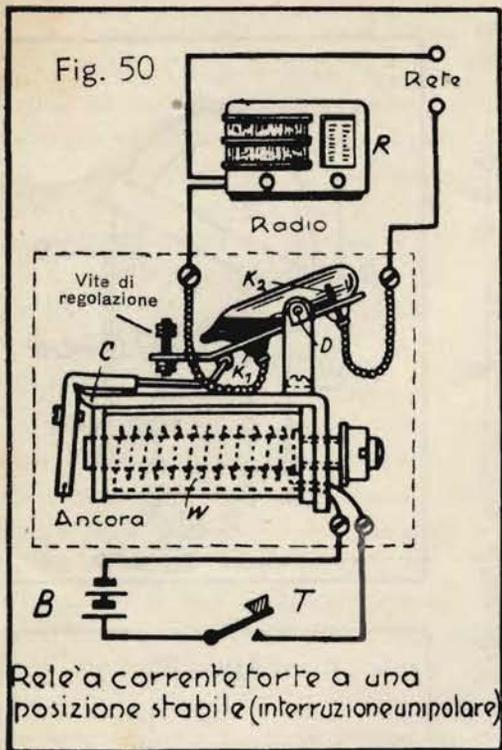
Nella posizione rappresentata nella fig. 50, il mercurio è raccolto nell'interno del bulbo, all'estremità sinistra; dopo l'attrazione dell'ancora il bulbo viene portato in posizione orizzontale, dimodochè il mercurio scorre verso destra e stabilisce il contatto tra le due asticciuole  $K_1$  e  $K_2$ , penetranti nel bulbo. Viene in tal modo chiuso il circuito a corrente forte allacciato a questi contatti attraverso conduttori flessibili.

Si può, per esempio, allacciare in  $R$  una radio, ed è possibile così accenderla e spegnerla a distanza; occorre però mantenere chiuso il contatto  $T$  durante il funzionamento, affinché rimanga eccitato l'avvolgimento del relè.

Mediante *due* tasti ed un *relè a mercurio*, di costruzione un po' diversa, si può fare in modo, come è dimostrato nella fig. 51, che la corrente della batteria circoli solo nell'istante della commutazione. In questo caso il relè deve possedere due posizioni stabili. Anche in questo caso il bulbo a mercurio è collegato alla rete di corrente forte attraverso conduttori flessibili.

Il nucleo di ferro  $E$  è disposto in modo da potersi muovere con facilità, rimanendo succhiato o dalla bobina  $B_1$ , o dalla





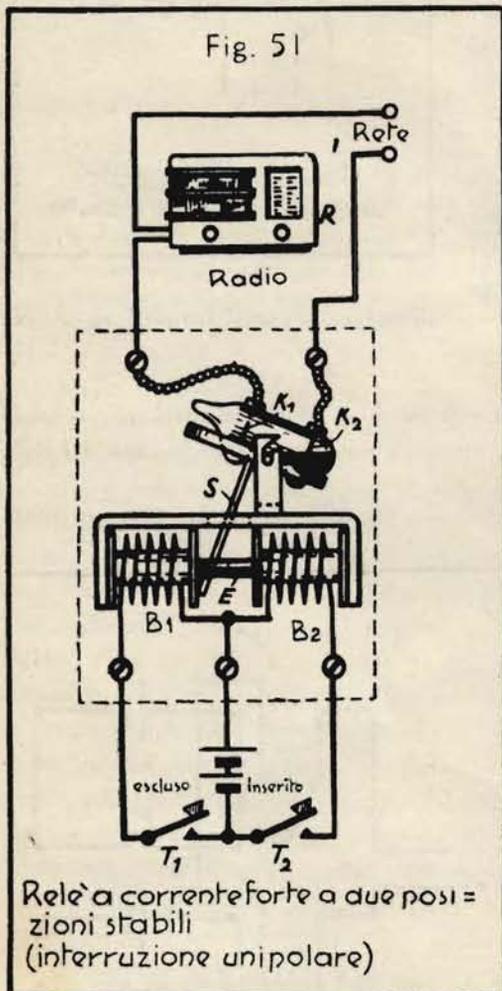
$B_2$ . Esso possiede un intaglio, entro il quale penetra la sbarretta  $S$ , solidale col supporto del bulbo a mercurio. Quando il nucleo si sposta verso destra, attratto dalla bobina  $B_2$ , la sbarretta  $S$  ne segue il moto ed il bulbo viene a trovarsi in posizione orizzontale, così che il mercurio in esso contenuto viene a collegare tra loro le due asticciuole di contatto  $K_1$  e  $K_2$ .

Si sfrutta anche qui una forza meccanica generata dalla corrente elettrica. Quando la corrente attraversa una bobina, si forma un campo magnetico capace di attrarre entro di sé un nucleo di ferro, purchè questo non sia troppo pesante o, in caso contrario, purchè la corrente sia abbastanza forte.

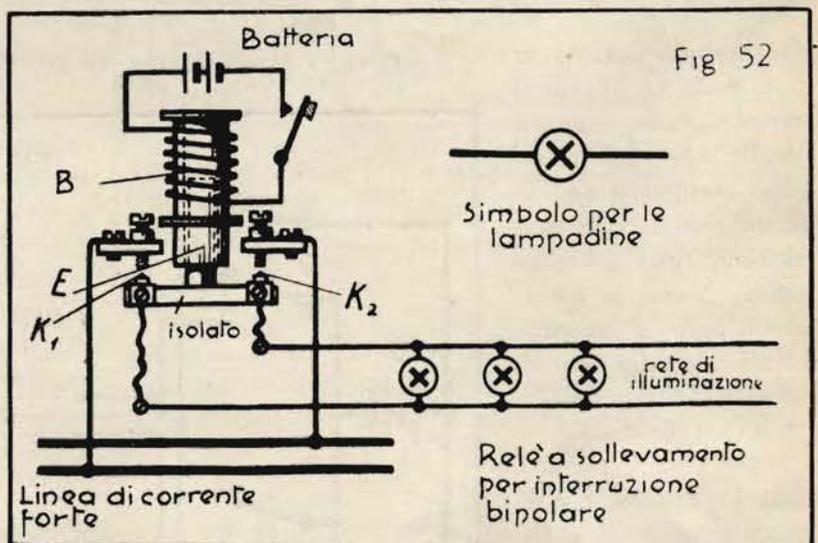
Premendo il pulsante  $T_2$  la bobina  $B_2$  viene percorsa dalla corrente, per cui il nucleo di ferro  $E$  rimane succhiato nella bobina ed i contatti  $K_1$  e  $K_2$  collegati tra loro attraverso il mercurio.

Il ricevitore radio viene messo in funzione in tal modo. Per spegnere la radio basta invece premere sul pulsante  $T_1$ . Allora il nucleo  $E$  si sposta verso sinistra penetrando nella bobina  $B_1$ , ed il mercurio nel bulbo scorre verso destra, interrompendo il collegamento tra  $K_1$  e  $K_2$ , e disinserendo l'apparecchio radio.

Abbiamo descritto due sole possibilità d'inserzione di relè a bulbo di mercurio; naturalmente ne esistono numerose altre, sulle quali non è però il caso di dilungarci.



Nella fig. 52 si vede infine un cosiddetto « teleruttore a sollevamento », che permette di interrompere rapidamente, ed in entrambi i poli, un circuito di corrente forte. Chiudendo il circuito di corrente debole, la bobina  $B$  attira entro di sé il nucleo di ferro  $E$ , chiudendo nel contempo i contatti  $K_1$  e  $K_2$ . Un relè di questo genere può essere anche disposto in modo che, in posizione di riposo, i contatti siano chiusi, ed eccitando il relè i collegamenti vengano interrotti (fig. 53). È anche possibile dotare il relè di due paia di contatti. Nell'esempio della fig. 54, un circuito è sempre chiuso. Azionando il relè, un circuito si apre e contemporaneamente si chiude il circuito dell'altro paio di contatti.



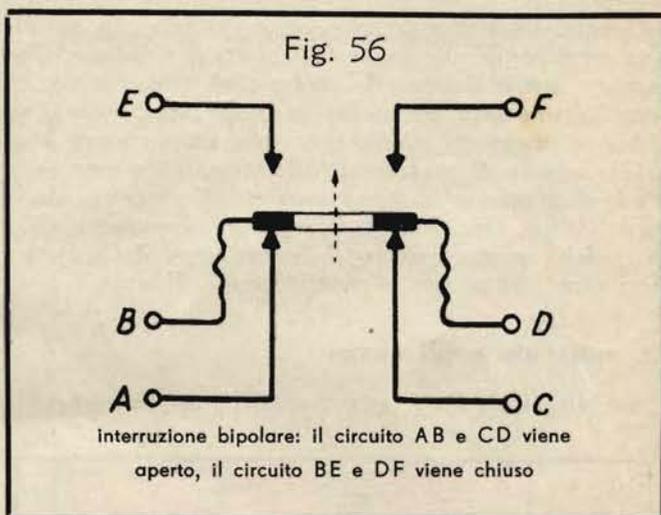
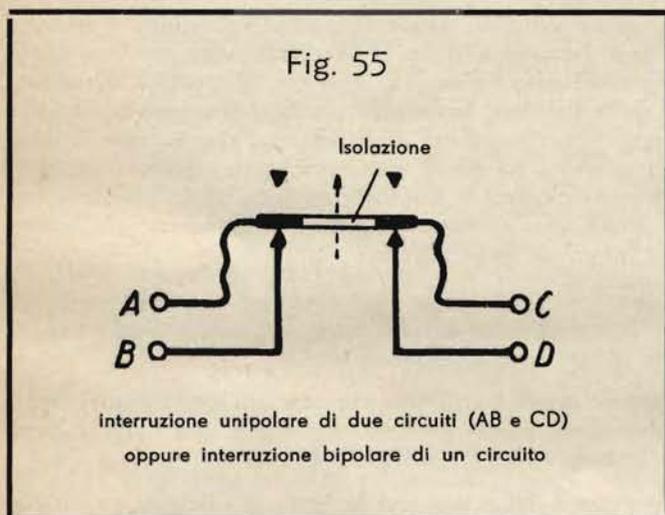
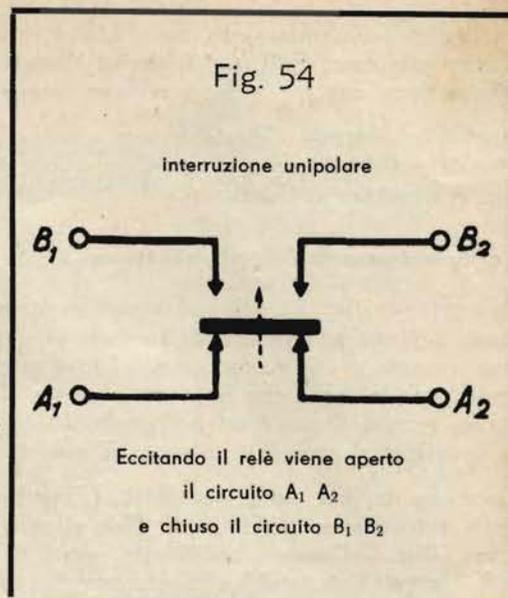
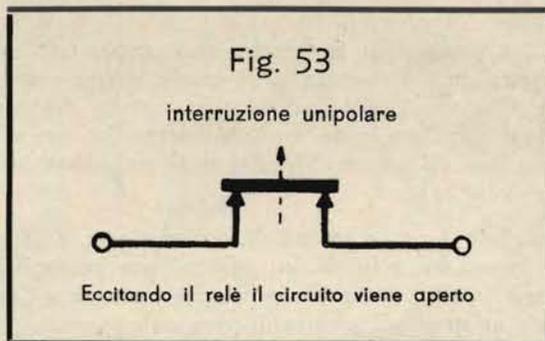
Usando dei conduttori flessibili, collegati col ponticello mobile di contatto, si possono effettuare le commutazioni unipolari e bipolari schematizzate nelle figg. 55 e 56.

## Domande

1. In che cosa si distingue un relè polarizzato da uno comune?
2. Che cos'è un teleruttore?
3. È possibile comandare con un unico relè vari circuiti separati l'uno dall'altro?

E, in caso affermativo, in che modo?

4. Che differenza passa tra un relè a corrente di lavoro ed uno a corrente di riposo?



## LA NATURA DELL'ELETTRICITÀ

In questo Corso avete già appreso molte cose nuove, che avete anche potuto mettere in pratica con profitto. Vi siete occupato di correnti elettriche, capaci di far squillare i campanelli, di accendere le lampade, di produrre dei suoni e perfino di trasmetterli a distanza. Forse vi siete già chiesto che cosa sia questa elettricità, e in quale forma si presenti. Non è una domanda cui sia facile dare una risposta; l'elettricità infatti non si vede e non si può nè toccare nè pesare. « Però », voi direte, « osservando se una lampadina è accesa o spenta, io posso capire se in essa circola la corrente, o no ». In questo avete perfettamente ragione; non solo, ma potete, p.es., anche sentire la forza prodotta dalla corrente elettrica in un elettromotore. Tuttavia, con ciò voi non vedete e non sentite l'elettricità in sè. Sono soltanto gli *effetti* dell'elettricità che si percepiscono, per esempio sotto l'aspetto di *forza* o di *calore*.

*L'elettricità non è dunque qualcosa di materiale; essa si manifesta attraverso i suoi effetti.*

### Gli elettroni, i portatori dell'elettricità

L'elettricità è una forza capace di muovere le *particelle elementari*, che compongono i corpi materiali. Queste

particelle si chiamano elettroni. L'elettricità è come un muratore, che sposta i mattoni e li sovrappone per costruire una casa. Egli non fabbrica i mattoni, non produce alcunchè di materiale; il muratore mette soltanto a disposizione una forza che serve per muovere i mattoni.

Anche le centrali elettriche non producono elettroni: gli elettroni esistono già in qualsiasi corpo, e le centrali elettriche si limitano a spostarli, a spingerli avanti. Sono come un nastro trasportatore, usato in una fabbrica per trasportare dei mattoni.

### Lo spostamento degli elettroni

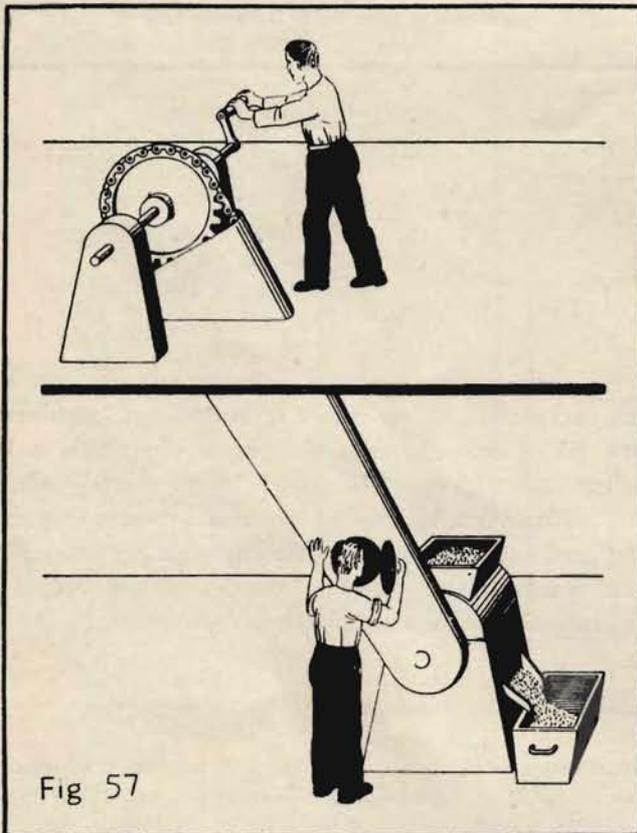
Osservate la fig. 57. C'è, al piano superiore, un uomo che fa girare una grossa ruota dentata. Con questa ruota ingrana una catena di trasmissione, protetta da un involucro, la quale, a sua volta, trasmette il moto ad una seconda ruota e, con essa, ad una macina. Chi sta accanto alla macina, vede che essa gira e lavora. Non vede però la forza che imprime il moto alla macina. Non vede anzi nemmeno la catena che trasmette questa forza, perchè è nascosta dall'involucro che la copre. Bisognerebbe aprire in un punto quest'involucro di lamiera, e allora si vedrebbe almeno il movimento della catena.

Lo stesso avviene per l'elettricità. L'involucro, che copre la catena di trasmissione, è il conduttore; i segmenti della catena sono gli elettroni. Non si vede la forza, ma solo il suo effetto, per esempio, lo splendore di una lampadina. « Come », chiederete, « nei fili, così sottili, c'è qualcosa che si muove? » Certo, sono gli elettroni. « È dunque l'elettricità che si muove? » Niente affatto; gli elettroni sono solo portatori di elettricità: sono i segmenti della catena, che trasportano la forza.

« Dunque come l'acqua che, attraversando una tubazione, va ad azionare una turbina? » No, questo paragone non corrisponde che in parte; infatti il serbatoio d'acqua non fornisce soltanto la pressione, cioè una forza, ma fornisce anche l'acqua; la centrale elettrica, invece, produce soltanto forza, ma non gli elettroni. Altrimenti questi dovrebbero uscire da qualche parte, come l'acqua dalla turbina. Invece... guardate di nuovo la fig. 57: abbiamo disegnato a bella posta una catena senza fine. Quanti sono i segmenti della catena, che entrano in alto nell'involucro di protezione, altrettanti ne escono in ogni momento. La stessa cosa avviene in una centrale elettrica; esattamente lo stesso numero di elettroni, che viene spinto entro la linea da un lato, viene poi succhiato dall'altro. Ora, è facile immaginare i segmenti di una catena, che si muovono entro un involucro di lamiera, poichè questo è vuoto; è invece più difficile capire che qualcosa possa scorrere attraverso dei fili di rame, tutti pieni, senza fori o canali interni. Eppure è proprio così.

### Le molecole e gli atomi

Cerchiamo di scoprire questi misteri. Supponiamo di possedere tre lenti di ingrandimento; lenti speciali, che non esistono e non possono esistere, le quali ingrandiscano le cose milioni e miliardi di volte.



Osserviamo dapprima con la lente più debole un sottile, lucido filo di rame. Saremo certamente stupiti, quasi increduli, poichè vedremo una specie di catena montana di colore rossiccio, tutta vette e burroni, piena di punte e di crepacci. Questo non è l'interno del filo: è soltanto la sua superficie, che ad occhio nudo ci pareva tanto liscia e lucente.

Prendiamo ora la seconda lente, più forte. Che cosa vediamo? « Ma questo non è rame! » — direte con sorpresa.

« Non è un metallo; è come una rete sottile di piccole particelle, tra le quali si trovano degli enormi spazi vuoti, assai più grandi delle particelle stesse! » (fig. 58).

Eppure questo è proprio il filo di rame, e le particelle che vedete sono le sue *molecole*.

La terza lente! Basta uno sguardo per farci strabiliare.

Si vede infatti una gran confusione di corpuscoli, che si agitano, che danzano vorticosamente e balenano in tutte le direzioni. Ci sono come dei piccoli sistemi solari, dei minuscoli soli attorno ai quali ruotano, come tanti pianetini, altri piccolissimi corpuscoli, tracciando delle orbite ellittiche, in un folle turbinio. Ognuno di questi sistemi solari, nei quali i veri corpuscoli non occupano che uno spazio inconcepibilmente piccolo, mentre tutto il resto è vuoto, costituisce un *atomo* (fig. 59).

Un atomo è dunque uno spazio quasi vuoto? Com'è possibile che qualcosa di materiale come un metallo, che si può toccare, pesare, foggiare, sia quasi una nulla?

Per poter comprendere questo fatto, ricorriamo ad un paragone. Prendiamo una sottile asticciuola d'acciaio, infilata attraverso l'estremità superiore di una sbarra verticale più grossa, in modo da sporgere ugualmente da entrambi i lati. La sbarra verticale è girevole, e la facciamo girare dapprima lentamente. Le estremità dell'asticciuola descrivono allora un cerchio. E ora mettiamo una « ringhiera » attorno a questo cerchio: vedrete subito perchè.

Facciamo infatti ruotare la sbarra velocemente e sempre più velocemente: cento, mille, diecimila giri al minuto. L'asticciuola d'acciaio a poco a poco diventa invisibile; si scorge soltanto come un leggero velo grigio, un disco grigio trasparente, che ci fa indovinare l'orbita dell'asticciuola. Un disco che sembra un piatto. Possiamo fidarci a posare una palla su questo piatto? Temete forse che la palla caschi attraverso il piatto, perchè non è per l'appunto un vero piatto? Niente affatto; appena la palla cade un pochino, incontra una metà dell'asticciuola e si ferma. Subito dopo si scontra con la seconda metà, poi di nuovo con la prima. Ventimila volte al minuto la palla è ostacolata nel moto di caduta.

Ed ora venitemi a dire che sotto alla palla non c'è un piatto; che c'è un nulla, con una sottile asticciuola turbinante!

Per la palla, questo vuoto è pieno di materia. Anche voi, alla medesima stregua, non ardreste sporgere rapidamente la mano attraverso un'elica di aeroplano in moto.

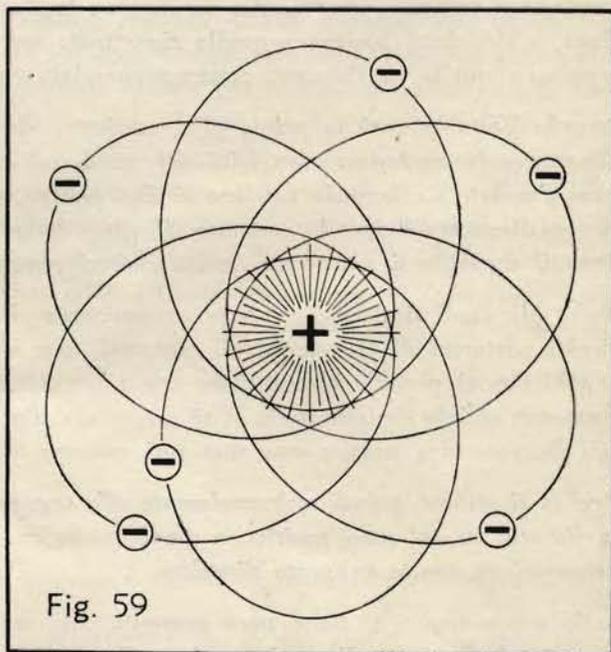
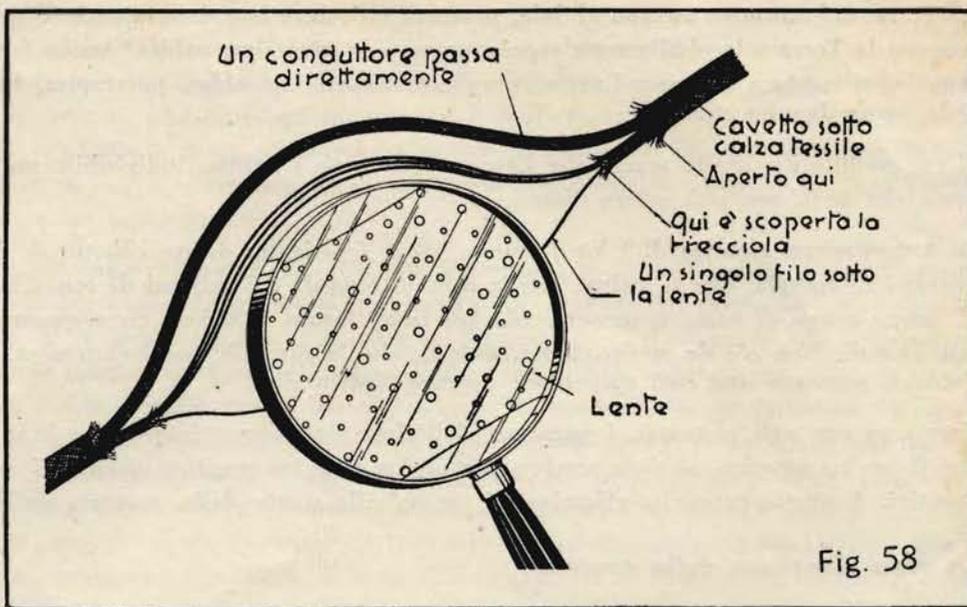
I numerosi, rapidi colpi dell'asticciuola spingeranno naturalmente la palla contro la ringhiera, e la faranno circolare più o meno velocemente. Però essa non cadrà mai in basso, fintantochè l'asticciuola ruota a velocità sufficiente.

Vediamo dunque che anche uno spazio vuoto, o quasi vuoto, può parere completamente pieno e impenetrabile, a condizione che il minuscolo *qualche cosa*, ruotante entro di esso, abbia una velocità sufficiente; ciò avviene proprio nel caso dell'atomo, attorno al cui nucleo gli elettroni ruotano a velocità incredibile.

Concludendo: ciò che noi riteniamo un corpo solido, una materia compatta, non è per niente rigido e impenetrabile. Per quanto possa parer strano, è effettivamente così. Se voi limate un pezzetto di rame, ne separate delle minuscole particelle. Se fosse possibile suddividere ancora, e ripetutamente, queste particelle, come vi abbiamo già detto, otterreste alla fine un atomo: un nucleo atomico, attorno al quale ruotano velocissimamente alcuni elettroni, in numero ben determinato. Tutti questi corpuscoli sono di dimensioni così inconcepibilmente piccole, che le stesse distanze tra due atomi contigui, e perfino tra il nucleo e gli elettroni del medesimo atomo, distanze per se stesse piccolissime, sono enormi in confronto delle dimensioni degli elettroni.

Ingrandito smisuratamente, l'atomo assomiglia al nostro sistema solare. Il Sole sarebbe il nucleo atomico, e la Terra uno degli elettroni.

Esiste una strana corrispondenza tra il mondo infinitamente grande delle stelle e quello infinitamente piccolo degli atomi. La nostra Terra, pur così piccina in confronto all'enorme distanza che la separa dal sole, sembra a noi quasi senza limiti. Immaginate quindi l'estrema piccolezza di un elettrone!



La Terra, nel suo moto attorno al Sole, percorre un'orbita ben determinata. Gigantesche sono le forze che trattengono la Terra e la obbligano a seguire sempre la medesima orbita. Anche i corpuscoli costituenti la materia sono legati tra loro da straordinarie energie. L'umanità ne ebbe, purtroppo, la dimostrazione con lo scoppio della prima bomba atomica.

Si era creduto per molto tempo che l'atomo costituisse l'ultima, indivisibile unità della materia, finchè si scopre che anch'esso può essere disgregato.

La disgregazione atomica di 1 kg d'uranio U 235 (costituito da un cubetto di 3,8 cm di lato) libera la stessa quantità di energia, che si ottiene con la combustione di 2,5 milioni di tonnellate di carbone! Per il trasporto di questa massa di carbone occorrerebbe un treno lungo 2500 km, circa quanto distano tra loro Londra e Costantinopoli. Non c'è da meravigliarsi, quindi, che la terribile bomba atomica, basata sulla disgregazione dell'atomo, possieda una così spaventosa potenza distruttrice!

Torniamo ora agli elettroni, i portatori dell'elettricità, che ci interessano in modo particolare. È stato trovato che *il nucleo atomico possiede sempre una carica elettrica positiva, mentre i suoi satelliti, gli elettroni, sono negativi*. A questo proposito rifacciamoci un po' alla storia della scoperta dell'elettricità.

### La vera direzione della corrente

Fin dall'antichità si trovò che, sfregando una bacchetta di vetro ed una di ambra, esse si caricano elettricamente, con polarità diversa. Per distinguere le due specie di elettricità, si chiamò, senza una particolare ragione, « *elettricità positiva* » quella *riscontrata nel vetro*, contrassegnandola col segno « + », ed « *elettricità negativa* » quella dell'*ambra*, contrassegnandola col segno « - » (meno).

Quando Volta inventò la prima pila, costituita da rame e zinco in acido diluito, trovò che la piastra di *rame* presentava *la medesima elettricità del vetro*, ed era quindi *positiva*, mentre la piastra di *zinco* era *negativa* come *l'ambra*. Collegando tra loro le due piastre, si ottiene una corrente. Purtroppo non era possibile stabilire in che direzione fluisse la corrente. Si disse quindi che la corrente doveva « naturalmente » scorrere *dal più verso il meno*, e si mantenne questa *ipotesi convenzionale*.

Molto più tardi si vide che *questa supposizione ritenuta evidente non corrispondeva per niente alla verità*. I piccoli portatori di elettricità, *gli elettroni*, non si spostano infatti *dal più verso il meno*, bensì *dal meno verso il più*. Ormai però la convenzione era talmente entrata nell'uso, che non si ebbe il coraggio di cambiarla. Si mantenne così *la designazione, in sè erronea, della polarità*; e ciò si potè fare tanto più facilmente, in quanto *nell'elettrotecnica pratica essa non può causare alcuna seria difficoltà*.

Oggi ci si attiene quindi universalmente alla seguente convenzione: *si considera come direzione della corrente quella che va dal polo positivo a quello negativo*. Tutte le leggi fondamentali dell'elettricità sono formulate basandosi su questa supposta direzione.

Nello stesso tempo si tiene però presente che, in verità, *la direzione dello spostamento degli elettroni è quella contraria*, e non si dimentica così quella che è la realtà fisica.

Queste cose sono da notare in modo particolare, perchè in una delle prossime Dispense verranno spiegate le funzioni delle *valvole radio*, dette meglio « *tubi elettronici* », e allora tutto questo dovrà esservi ben presente. Specialmente nella radiotecnica è importante ricordare bene quanto segue:

■ *Gli elettroni, portatori dell'elettricità, si muovono dal meno verso il più; la corrente elettrica che si osserva, come effetto di tale movimento, viene invece considerata fluente dal più verso il meno.*

### La costituzione dell'atomo

Al principio del secolo scorso vigeva la convinzione generale che gli atomi fossero gli estremi e più piccoli elementi costitutivi della materia. Tuttavia le numerose scoperte nel campo dell'elettricità, sopravvenute intorno alla metà del secolo, resero sempre più difficile la possibilità di formarsi un'idea priva di contraddizioni della natura dell'elettricità, conservando l'antica teoria. Finalmente gli scienziati trovarono che anche gli atomi sono, a loro volta, formati da particelle ancor più minuscole.

Come abbiamo testè spiegato, *ogni atomo contiene un nucleo positivo, attorno al quale ruotano degli elettroni negativi*. Per quanto riguarda il *nucleo*, vi diremo solo brevemente che esso è *composto da protoni e neutroni*. I *protoni sono particelle positive; i neutroni sono invece elettricamente neutri*.

*Tutti i protoni, tutti i neutroni e tutti gli elettroni sono uguali tra loro. Ma allora sono uguali tra loro anche tutti gli atomi? E come si spiegano le differenze, che esistono tra i vari elementi della materia, p. es., tra il rame ed il ferro, tra l'oro e il carbone? Tutto dipende dal numero di particelle di cui è composto l'atomo, e particolarmente dal numero di protoni, che risiedono nel nucleo, e di elettroni che ruotano attorno ad esso. Le differenze sono tutte qui, ma ciò basta a spiegare la grande varietà delle sostanze esistenti in natura. Il nucleo dell'atomo d'idrogeno, per esempio, è circondato da un solo elettrone; il nucleo d'elio ne ha due; quello d'ossigeno, otto, e infine l'argento ne possiede 47.*

Vi ricordate delle nostre spiegazioni sulle calamite? Vi abbiamo spiegato che *i poli uguali si respingono, quelli opposti si attirano. Anche le particelle elementari si comportano in modo simile.* Quelle di carica uguale si respingono, mentre le cariche di polarità opposta si attraggono. È questa forza d'attrazione che tiene legati gli elettroni al nucleo. Questa forza non si manifesta all'esterno dell'atomo, poichè ogni carica positiva, localizzata in un protone del nucleo, è bilanciata da un'uguale carica negativa, costituita da un elettrone. Pertanto *l'atomo completo è elettricamente neutro.* I protoni, i neutroni e gli elettroni, però, non sono le sole particelle elementari della materia. La scienza atomica moderna ha scoperto, p. es., anche gli *elettroni positivi*, i cosiddetti « *positroni* ». Esistono inoltre anche degli *elettroni pesanti*, i cosiddetti « *mesoni* », e poi c'è il « *neutrino* », il più piccolo corpuscolo privo di carica elettrica. Tutti questi corpuscoli sono però assai rari, e per i nostri scopi non occorre che ce ne occupiamo. Comunque è certo che *la quantità di gran lunga maggiore della materia è costituita da elettroni e nuclei atomici.*

Abbiamo rinunciato, per questo Capitolo, a proporvi degli esercizi, essendo nostro intendimento di fornirvi solo un orientamento generale sulla costituzione della materia e dell'elettricità. Abbiamo intravisto alcune meravigliose leggi della natura, che ci riempiono di profondo rispetto, quanto più riusciamo a penetrare in esse, e che, nello stesso tempo, ci incutono spavento, al pensiero dell'uso o piuttosto dell'abuso che ne potrebbe fare la scienza umana... Intendiamo riferirci al grave problema degli armamenti atomici. Tornando però alle nozioni più innocue, che ci interessano come radiotecnici, la cosa fondamentale da ricordare è che l'elettricità non è nulla di materiale, e che la più piccola carica elettrica negativa viene trasportata dagli elettroni. Quando gli elettroni si mettono a scorrere in una determinata direzione, abbandonando l'atomo di cui facevano parte, si dice che circola una corrente elettrica, riconoscibile dai suoi effetti. Continueremo queste spiegazioni nella prossima Dispensa.

Ripensate in qualche ora tranquilla a quanto vi abbiamo esposto in questo Capitolo. Queste nuove nozioni vi serviranno presto per comprendere alcuni argomenti di grande importanza ed interesse, per esempio le *valvole termioniche*, ausilio indispensabile della radiotecnica.

### **Risposte alle domande di pag. 23**

1. Il relè polarizzato funziona solo, quando è percorso da corrente continua di determinata direzione.
2. Un teleruttore è un relè comandato da corrente debole, mediante il quale si può aprire o chiudere uno o più circuiti a corrente forte.
3. È possibile comandare vari circuiti, elettricamente separati, mediante un unico relè, quando questo è dotato di parecchie mollette di contatto, oppure di parecchi bulbi a mercurio.
4. I due tipi di relè hanno entrambi il contatto di utilizzazione aperto in condizione di riposo, e chiuso quando viene azionato il tasto di comando. Nel relè a corrente di lavoro, però, l'avvolgimento è normalmente privo di corrente; solo chiudendo il tasto di comando il relè viene eccitato, per cui rimane attratta l'ancoretta e chiuso il contatto di utilizzazione. Il relè a corrente di riposo è invece costantemente percorso dalla corrente; questa è interrotta solo nell'istante in cui viene azionato il tasto di comando. Allora l'ancoretta rimane abbandonata, e l'azione di una molla provoca la chiusura del contatto di utilizzazione (vedi figg. 39 e 40).

## COMPITI

1. Calcolare l'induttanza di una bobina in H e mH. La lunghezza della bobina è  $l = 14$  cm ed il suo diametro  $D = 7$  cm. Per cm di lunghezza si hanno  $w_1 = 150$  spire.
2. Qual è l'unità di misura della capacità?
3. Qual è il comportamento dei condensatori nei confronti della corrente continua e della alternata?
4. Un condensatore della capacità  $C_1 = 4 \mu\text{F}$  è collegato in serie con un altro condensatore della capacità  $C_2 = 6 \mu\text{F}$ . Qual è il valore della capacità complessiva?
5. Due condensatori  $C_1 = 4 \mu\text{F}$  e  $C_2 = 12 \mu\text{F}$ , sono collegati in parallelo. Qual è la capacità complessiva?
6. Qual è la capacità in F e in pF di un condensatore composto da 10 piastre, ciascuna della superficie  $A = 90 \text{ cm}^2$ , e poste alla distanza  $d = 1 \text{ mm}$  tra loro? Il dielettrico è l'aria.
7. In qual caso è consigliabile l'adozione di un relè per un impianto di suoneria?
8. a)  $(5 - 3) \cdot 10 = ?$   
b)  $4a \cdot (3a - 2b) = ?$   
c)  $(2x - y) \cdot -4x = ?$   
d)  $(a + b) \cdot (a - b) = ?$
9.  $4ab + 2ac$   
È possibile estrarre qualche fattore comune dall'espressione sopra riportata? In caso affermativo, trasformate l'espressione, facendo precedere la parentesi da tutti i fattori comuni, che è possibile estrarre.

**Tabella N. 3**

Materiale	Costante dielettrica $\epsilon$
Aria	1
Paraffina	2,1
Trolitul	2,2
Gommalacca	2,6
Ebanite	3,0
Quarzo	4,7
Calite	6,5
Mica	7,0
Tempa N	12,5
Tempa S	14
Condensa N	40,0
Condensa C	80,0

## FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 7

### Formula

- (16) Induttanza:  $L \approx k \cdot w_1^2 \cdot D^2 \cdot l \cdot 10^{-8}$  (H) . . . . . Pag. 3
- (17) Capacità complessiva nel collegamento in parallelo di condensatori:  $C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$  . . . . . „ 13
- (18) Capacità complessiva nel collegamento in serie di condensatori:  $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$  . . . . . „ 13
- (19) Conduttività dielettrica  $\Delta = \epsilon \cdot \Delta_0$  . . . . . „ 16
- (20) Capacità di un condensatore semplice:  $C = \frac{\Delta \cdot A}{d}$  . . . . . „ 17

## TABELLE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 7

### Tabella

- (3) Costante dielettrica  $\epsilon$  per materiali usati come dielettrici per condensatori . . . . . Pag. 28

---

Stampato come manoscritto

Ogni alienazione, prestito o diffusione in genere di questa dispensa, anche in riassunto, è proibita.

Tutti i diritti, in particolare la traduzione in lingue straniere, sono riservati.

---

TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI

---

OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO, 9  
V A R E S E

---

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



## INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 8

	Pag.
<b>Riassunto della materia trattata nella Dispensa precedente</b>	1
<b>Acustica ed elettroacustica</b>	1
Altoparlanti magnetici	1
L'altoparlante a megafono	1
L'altoparlante a superficie vibrante estesa	2
Altoparlanti a due e a quattro poli	3
Il sistema ad oscillazione libera	3
Altoparlanti dinamici	4
Gli altoparlanti elettrodinamici	4
Il magnete a vaso	5
Domande	6
<b>Matematica</b>	7
3. Le equazioni (continuazione)	7
Applicazione delle equazioni	7
<b>Tecnica delle misure</b>	9
Gli strumenti a bobina mobile	9
Strumenti a bobina mobile per la misura della tensione	9
L'allargamento del campo di misura nei voltmetri	9
L'allargamento del campo di misura negli amperometri	11
Strumenti universali (strumenti multipli)	13
Il galvanoscopio ed il galvanometro ad ago	15
Il galvanometro a specchio	16
Domande	18
<b>Impianti telegrafici</b>	18
Apparecchiature per la telegrafia Morse	18
Il ricevitore acustico battente	18
Il complesso Morse	19
Protezione contro le sovratensioni negli impianti telegrafici	20
Valvole fusibili	21
I fusibili a cartuccia	23
I fusibili a tempo	23
Domande	23
<b>Matematica</b>	24
11. L'estrazione delle radici (continuazione)	24
La radice quadrata	24
<b>La natura dell'elettricità</b>	25
Le particelle costitutive della materia	25
Gli elettroni liberi	26
Moto degli elettroni sotto l'influenza di una sorgente di tensione	26
Conduttori e non conduttori dell'elettricità	27
La produzione elettrica di calore spiegata con la teoria degli elettroni	27
<b>Compiti</b>	28

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 8

## RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Dopo aver spiegato nella Dispensa N. 6 il concetto dell'autoinduzione e dell'induttanza, vi abbiamo spiegato nella Dispensa N. 7 il particolare comportamento di una bobina d'induzione, a seconda che venga percorsa dalla corrente continua o da quella alternata.

Vi abbiamo quindi illustrato i fenomeni che avvengono nella carica e nella scarica dei condensatori, mettendo in evidenza le formule per il collegamento in serie ed in parallelo, e cioè:

$$\text{Parallelo: } C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots \quad \frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots \quad \text{Serie: } \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots \quad L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots$$

L'unità di misura della capacità è il farad (F), usato generalmente nei suoi sottomultipli microfarad ( $\mu$ F) e picofarad (pF).

Nel Capitolo sugli « Impianti di segnalazione » abbiamo trattato nuovamente dei relè, e ne abbiamo spiegato l'applicazione negli impianti di suoneria e per segnalazioni analoghe.

Nel Capitolo di « Matematica » vi abbiamo dimostrato l'importanza delle parentesi ed il loro uso.

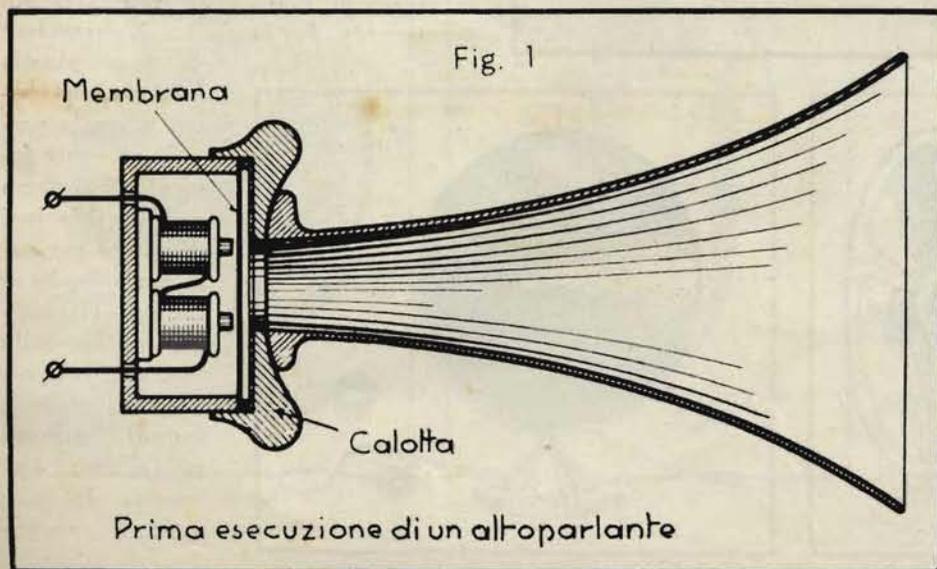
Per ultimo ci siamo occupati dei portatori dell'elettricità: gli elettroni. Abbiamo dato un rapido sguardo al mondo meraviglioso e immensamente piccolo dell'atomo e del suo nucleo, circondato dagli elettroni come il Sole dai suoi pianeti.

## ACUSTICA ED ELETTROACUSTICA

### Altoparlanti magnetici

#### L'altoparlante a megafono.

I primi altoparlanti non erano in fondo altro che l'unione di un ricevitore telefonico con un dispositivo a imbuto (megafono). Si otteneva in questo modo una discreta amplificazione del suono. Agli inizi della radio si usava, per esempio, un altoparlante come quello rappresentato schematicamente nella fig. 1, e costituito da un ricevitore telefonico munito di tromba a imbuto. Più tardi si ottenne un notevole miglioramento disponendo una membrana relativamente grande nello zoccolo dell'altoparlante, e rinforzando il sistema magnetico (figura 2). In tal modo si rese possibile un'intensità sonora molto maggiore. Il sistema magnetico era generalmente spostabile, nel senso che, per mezzo di una piccola leva situata sul piede dell'altoparlante, esso si poteva avvicinare o allontanare dalla membrana, regolando in tal modo l'intensità del suono.

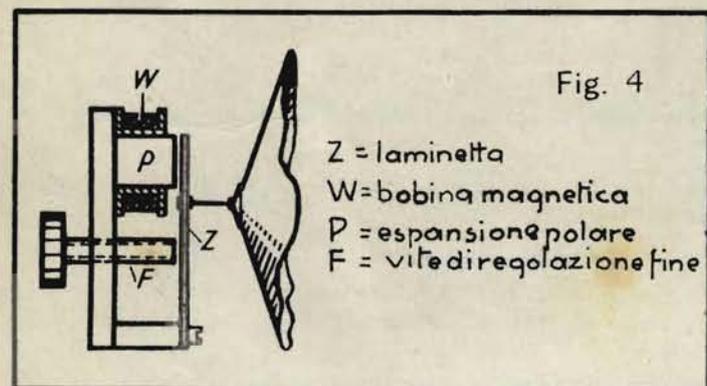


## L'altoparlante a superficie vibrante estesa.



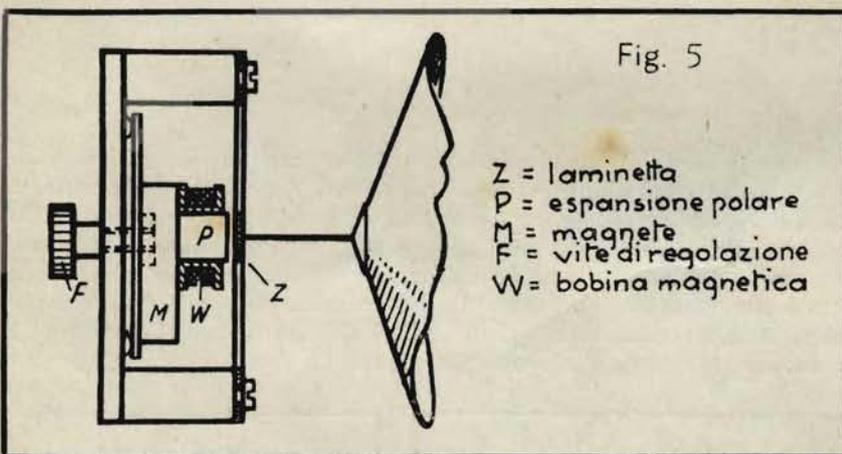
L'aumento di intensità sonora così ottenuto non corrispose però minimamente ad un miglioramento della qualità del suono. Le tonalità medie risultavano relativamente forti, ma le note acute e basse erano piuttosto deboli. La membrana non era dunque in grado di seguire fedelmente le vibrazioni particolarmente rapide, nè quelle più lente, della parola e della musica. Si passò quindi a separare la membrana, che determina l'effettiva emissione del suono, dalla parte mobile del sistema magnetico (fig. 3).

I primi altoparlanti, costruiti secondo questo punto di vista, erano dotati di una laminetta di ferro, fissata ad una estremità, e con l'altra libera di vibrare davanti all'elettromagnete. Alla laminetta era fissata un'asticciuola, collegata con la punta di un cono di carta, di qualità speciale o di materiale isolante « pertinax », cono che costituiva la membrana vibrante. Durante il funzionamento la membrana era costretta dall'asticciuola ad oscillare ed imprimeva le medesime vibrazioni all'aria circostante, emettendo perciò i suoni.



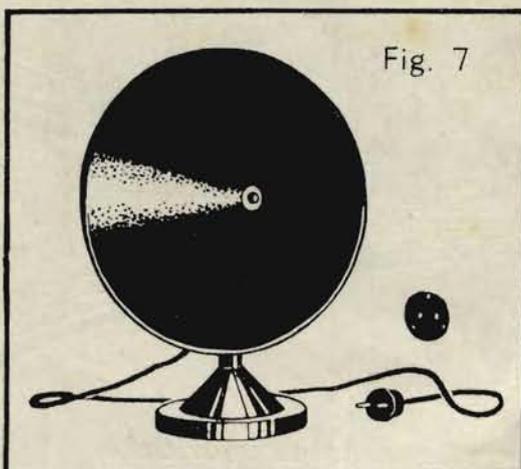
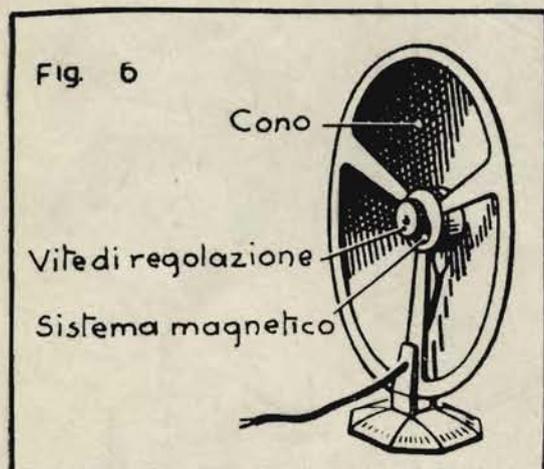
La fig. 4 mostra la sezione di un altoparlante di questo genere. Una notevole miglioria si ottenne fissando la lamina ad entrambe le estremità (figura 5). La laminetta è costituita in questo caso da una strisciola di ferro dolce. Per mezzo della vite *F* è possibile spostare l'espansione polare *P* del magnete *M*, in modo da avvicinarla più o meno alla laminetta.

Le dimensioni delle membrane coniche si aggiravano tra i 150 ed i 400 mm di diametro. Il cono era fissato elasticamente per mezzo di un anello di cuoio incollato lungo l'orlo.



La fig. 6 mostra la vista posteriore di uno di questi altoparlanti a superficie vibrante estesa. Nella fig. 7 si vede il medesimo altoparlante di fronte. Come risulta dalle due figure, la posizione del cono rispetto al sistema magnetico è l'opposta di quella delle figg. 4 e 5.

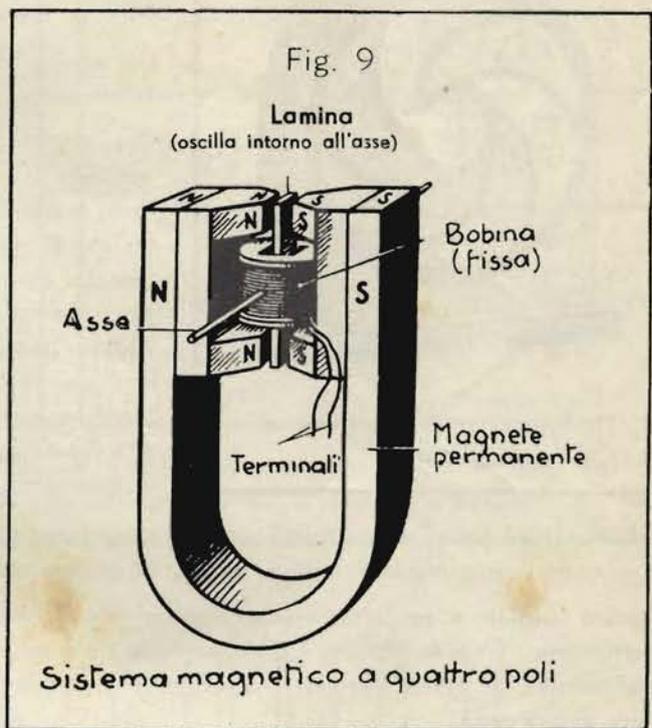
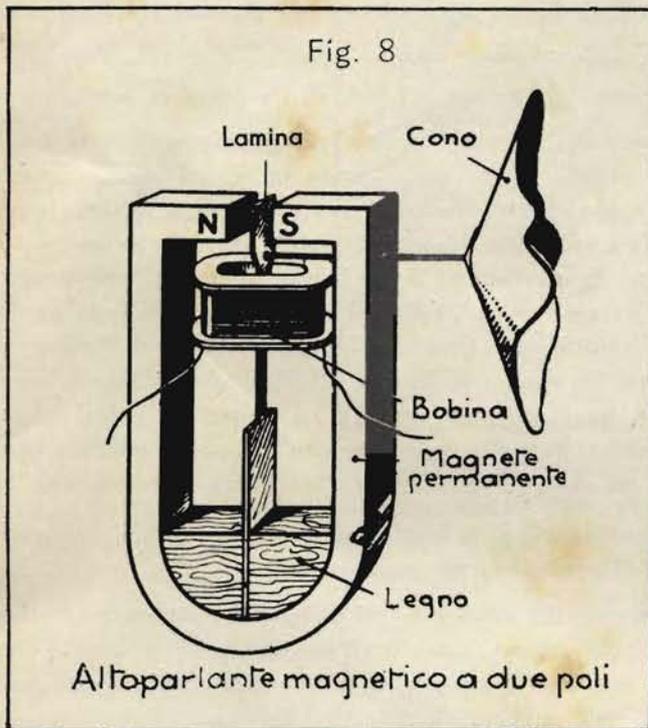
Nella fig. 8 è rappresentato schematicamente un sistema magnetico ulteriormente perfezionato. C'è anche qui una laminetta fissata ad un'estremità. L'altra estremità però è libera di oscillare in mezzo ai poli di un forte magnete permanente. La laminetta è circondata da una piccola bobina fissa, entro la quale passa la corrente fonica.



Nel ritmo delle oscillazioni di questa corrente varia anche il campo magnetico, all'estremità libera della lamina, la quale è quindi attratta più o meno fortemente dal polo nord e respinta

più o meno fortemente dal polo sud della calamita. È facile comprendere che la lamina seguirà così, fedelmente, le oscillazioni della corrente fonica.

Anche in questo caso il movimento della laminetta è trasmesso mediante una piccola asticciola al cono dell'altoparlante.



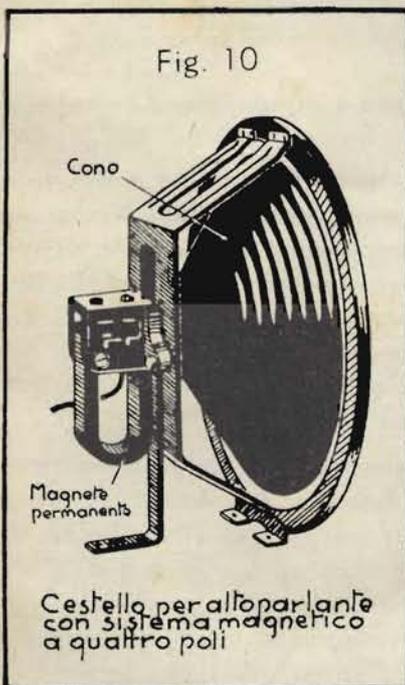
### Altoparlanti a due e a quattro poli.

Gli altoparlanti costruiti nel modo ora descritto si chiamano *a due poli*, poichè la laminetta è soggetta all'azione di due poli magnetici. Un ulteriore miglioramento si ebbe con i cosiddetti altoparlanti *a quattro poli*,

la cui struttura è illustrata nella figura 9. In questo tipo la lamina è libera di muoversi tra due paia di poli di una calamita, oscillando attorno ad un asse centrale. Anche in questo tipo essa è circondata dalla piccola bobina percorsa dalla corrente fonica. La forza elettromagnetica agisce qui però su tutt'e due le estremità della lamina, e ne risulta pertanto una maggiore potenza del sistema ed un'intensità superiore delle vibrazioni sonore emesse dalla membrana. La fig. 10 mostra un esempio di questo tipo di altoparlante.

### Il sistema a oscillazione libera.

Il progresso nella costruzione degli altoparlanti portò quindi alla fabbricazione del cosiddetto *sistema a oscillazione libera*, che viene usato anche oggi, almeno nella variante costruita secondo il cosiddetto *principio elettrodinamico*.





Oltre al *tipo elettromagnetico*, a cui appartengono gli altoparlanti ora descritti, esiste infatti anche il *sistema elettrodinamico*, di cui parleremo tra breve.

Prima però spiegheremo succintamente il principio costruttivo del *sistema a oscillazione libera*, servendoci a questo scopo della fig. 11.

Gli altoparlanti finora descritti presentavano tutti il difetto di avere la laminetta vibrante situata entro i poli di un magnete permanente.

Ora, per rinforzare il campo magnetico è necessario avvicinare i poli tra loro il più possibile. In questo modo la libertà di movimento della laminetta rimane molto limitata; essa può seguire soltanto oscillazioni di piccola ampiezza e l'intensità sonora deve essere mantenuta piccola. Se infatti le oscillazioni della lamina diventano troppo ampie, essa va ad urtare contro i poli del magnete, provocando un fastidioso rumore tintinnante. Questo difetto è evitato nel *sistema ad oscillazione libera*, in quanto la lamina vibrante viene disposta sopra i poli anzichè in mezzo ad essi (fig. 11). Le espansioni polari hanno una forma appuntita, in modo da evitare che il flusso magnetico passi direttamente da un polo all'altro senza attraversare la laminetta.

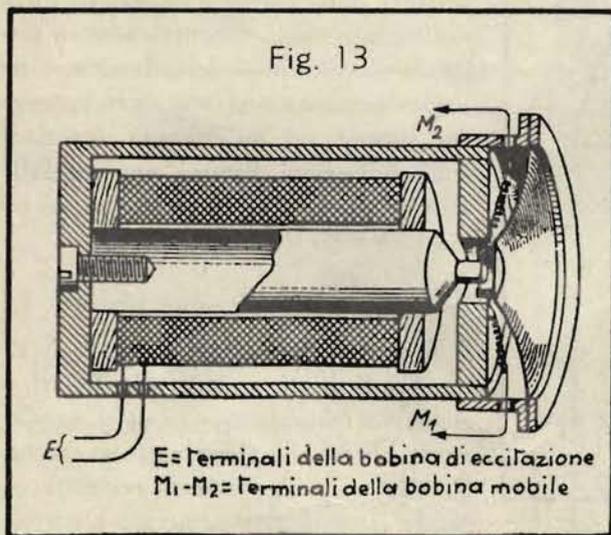
All'epoca dei primi altoparlanti, questi erano montati entro custodie di legno o di materia plastica, seguendo il gusto dei compratori di allora; la fig. 12 mostra una delle prime forme costruttive.

Furono studiate a suo tempo numerose soluzioni, per ottenere dei sistemi dotati di intensità sonora particolarmente forte: tra esse citiamo gli *altoparlanti a nastro* e *a foglio sonoro*, tipi che sfruttavano già il principio elettrodinamico. Si tratta però di tipi ormai completamente sorpassati, per cui è inutile dedicare ad essi maggiore attenzione.

## ALTOPARLANTI DINAMICI

### Gli altoparlanti elettrodinamici

Un progresso essenziale nella costruzione degli altoparlanti si ebbe soltanto con l'introduzione del *sistema elettrodinamico*.



Diciamo appositamente *introduzione*, perchè il sistema in sè esisteva già da molto tempo. Fin dal 1877 Werner von Siemens aveva costruito un *telefono alto-parlante*, di concezione identica agli attuali *altoparlanti dinamici*. La figura 13 mostra una sezione di tale apparecchio. Nel 1889 questo altoparlante venne fatto conoscere pubblicamente a Berlino, ma poi cadde in dimenticanza, finchè dopo molti anni non ci si ricordò della sua esistenza.

A titolo di confronto mostriamo nella fig. 14 la sezione di un moderno *altoparlante dinamico*; è evidente la corrispondenza dei due sistemi fin nei più piccoli particolari. La denominazione degli altoparlanti *elettrodinamici*, detti brevemente anche *dinamici*, deriva dal loro principio di funzionamento. Infatti la membrana di questi altoparlanti è sottoposta a vibrazioni per effetto della forza agente sulla corrente elettrica (*effetto dinamico della corrente*, ossia *effetto elettrodinamico*).

Come già sapete, un conduttore percorso da corrente e giacente in un campo magnetico è soggetto ad una for-

za. (Vedi Dispensa N. 4).

Così, per esempio, il conduttore della fig. 15, giacente tra i poli di una calamita, è deviato verso l'alto quando la corrente fluisce in una determinata direzione; invertendo la direzione della corrente, il conduttore viene deviato verso il basso.

Il medesimo effetto è sfruttato nell'altoparlante elettrodinamico, nel quale le correnti foniche circolano in una piccola bobina, giacente nel campo

di un potente elettromagnete e sospesa in modo da potersi muovere con facilità nella direzione del suo asse di simmetria. Questa bobina è chiaramente visibile nelle figure 13 e 14; i suoi fili d'allacciamento sono contrassegnati con le lettere  $M_1$  e  $M_2$ . Il campo magnetico è generato da un potente elettromagnete, la cui bobina è alimentata attraverso i propri terminali fuoruscenti,  $E$ . Il magnete ha forma di vaso.

#### Il magnete a vaso.

La fig. 16 mette in evidenza la struttura del magnete a vaso. Nella fig. 16-a si vede una comune calamita a ferro di cavallo; le linee di forza si dipartono dal polo nord dirigendosi verso il polo sud. Esse devono superare un tratto d'aria relativamente lungo, e quindi il campo magnetico non può essere molto intenso.

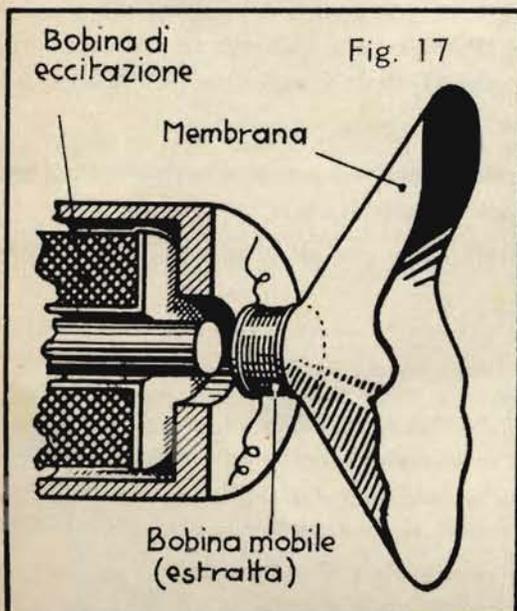
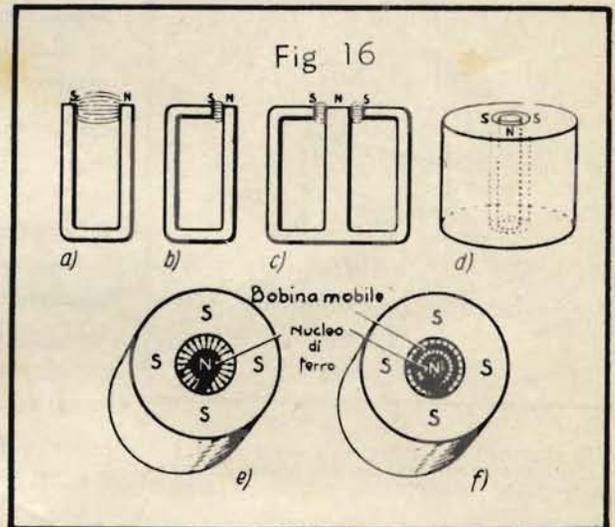
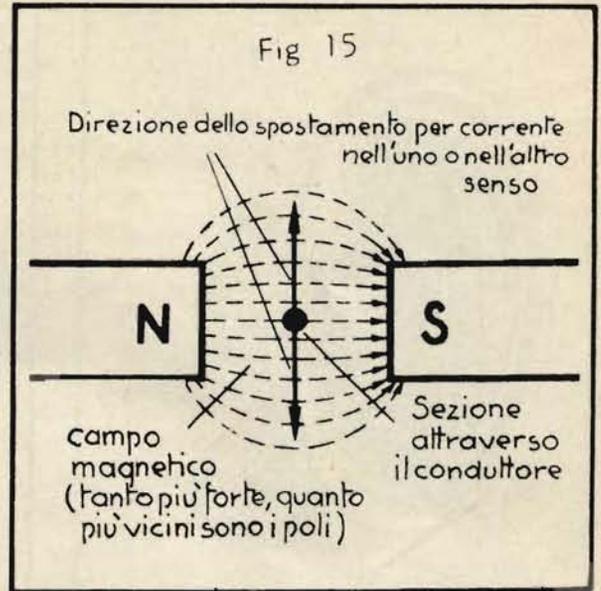
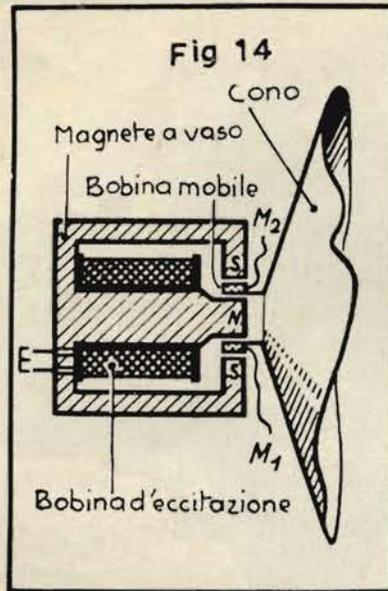
Nella fig. 16-b invece una gamba della calamita a ferro di cavallo è prolungata in modo da lasciare tra i poli solo una piccola distanza, ossia uno stretto traferro, come si dice in termine tecnico.

In questo modo si riesce a concentrare le linee di forza nel traferro e a rinforzarvi quindi il campo. Se al magnete si dà la forma della fig. 16-c, con una struttura a tre gambe, si ha un polo nord centrale a due poli sud laterali e si ottiene un campo intenso in entrambi i traferri.

Infine si può costruire il magnete anche secondo la fig. 16-d. Si ha qui un cilindro pieno di ferro, costituente il polo nord, fissato concentricamente entro una scatola rotonda di ferro. Il « coperchio » della scatola costituisce in questo caso il polo sud. Si ottiene così, tra il polo nord ed il polo sud, un traferro circolare relativamente stretto.

Dapprima furono usati quasi esclusivamente degli elettromagneti, ma poi si riuscì a fabbricare dei magneti permanenti abbastanza potenti.

Nel primo tipo, il polo cilindrico situato nel centro del vaso magnetico è



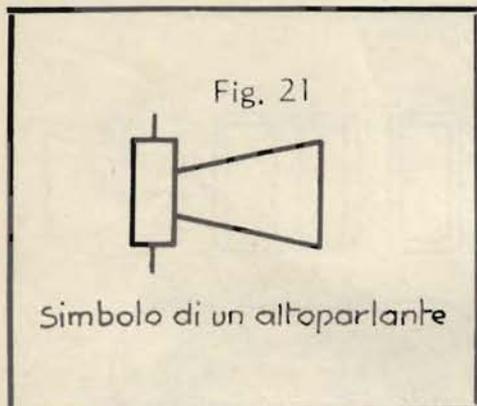


circondato da una grossa bobina, la cosiddetta *bobina di eccitazione*, che si distingue chiaramente nelle figure 13 e 14.

Essa è percorsa da un'intensa corrente, la quale genera nel traferro, un campo magnetico (indicated nella figura 16-e). Nella figura 16-f, infine, si distingue sotto forma di un anellino nero la

bobinetta immersa nel traferro, la cosiddetta *bobina mobile* o *bobina dinamica*. Essa è attraversata naturalmente dalle linee di forza del campo magnetico esistente nel traferro.

La bobina mobile è fissata alla membrana dell'altoparlante. Nella figura 17 la bobina mobile è disegnata estratta dal traferro, per mostrare meglio le varie parti del sistema. Il traferro cilindrico è largo in pratica al massimo da 1,0 a 1,5 mm. È necessario quindi che la bobina mobile sia guidata con molta precisione o, come si dice tecnicamente, sia bene *centrata*. Questa centratura costituisce anche il solo fissaggio della bobina, che le impedisce di uscire dal traferro. Questo problema è stato risolto in vari modi, dei quali tratteremo in una successiva Dispensa.



Gli altoparlanti dinamici sono oggi i dispositivi più perfetti per la riproduzione del suono. In esecuzione appropriata, consentono anche la riproduzione fedele di forti intensità sonore.

Nella fig. 18 è rappresentata una delle prime esecuzioni di altoparlante dinamico. Qui non è ancora usato il vaso magnetico, ma un elettromagnete a ferro di cavallo. I due cordoni servono uno per portare la corrente d'eccitazione alla bobina dell'elettromagnete, l'altro per l'adduzione della corrente fonica alla bobina mobile. Nella fig. 19 è rappresentato un tipo nel quale è usato un magnete a vaso. Nel centro del cono si riconosce il polo centrale cilindrico del magnete a vaso. Alla parte superiore dell'altoparlante è fissato un trasformatore, che serve ad *adattare* meglio l'altoparlante, p. es., all'apparecchio radio al quale è collegato.

Attualmente quasi tutti i buoni altoparlanti dinamici vengono muniti di *magnete permanente*.

La fig. 20 mostra un altoparlante di tale tipo, che si chiama appunto *dinamico a magnete permanente* oppure anche *altoparlante magnetodinamico*.

Il simbolo di un altoparlante è rappresentato nella fig. 21; esso vale tanto per gli altoparlanti elettromagnetici, quanto per quelli dinamici.

### Domande

1. Quali sono i due tipi principali di altoparlanti?
2. Qual è il sistema che, tra gli altoparlanti magnetici, presenta i maggiori vantaggi?
3. Come si chiama la piccola bobina degli altoparlanti dinamici, che è immersa nel campo magnetico?
4. Perché gli altoparlanti dinamici di costruzione un po' antiquata sono spesso dotati di due cordoni d'allacciamento, oppure di due linee bipolari?
5. Perché i moderni altoparlanti magnetodinamici non posseggono una bobina d'eccitazione?

## MATEMATICA

### 3. Le equazioni (Continuazione dalla Dispensa N. 3).

Nelle Dispense precedenti avete imparato a risolvere delle equazioni e avete visto come si procede quando l'incognita  $x$  è contenuta in più di un termine. Ripeteremo ora con qualche esempio ciò che avete appreso.

**Esempio 1:** È da risolvere la seguente equazione:  $8x + 4 = 5x + 22$ .

Bisogna dapprima trasportare nel primo membro quei termini del secondo, che contengono la  $x$ . Ciò facendo, è da tener presente che i termini che si trovano già nel primo membro non cambiano il segno: invece le grandezze che passano da un membro dell'equazione all'altro assumono il segno opposto. Quindi:

$$8x - 5x + 4 = + 22$$

Tutti i termini che non contengono la  $x$  vanno portati ora nel secondo membro dell'equazione, ricordando sempre la relativa regola menzionata nella Dispensa N. 3. Nel presente problema non c'è che il 4 da portare dall'altra parte:

$$8x - 5x = + 22 - 4; \quad 3x = 18$$

Seguendo la regola 2-a della Dispensa N. 1, dobbiamo ora dividere il secondo membro dell'equazione per 3,

per far sì che l'incognita  $x$  rimanga isolata a sinistra:  $x = \frac{18}{3}$ ;  $x = 6$

*Prova:* Per convincerci della giustezza del risultato, possiamo inserire il valore 6 al posto di  $x$  nell'equazione data  $8x + 4 = 5x + 22$ , e dobbiamo trovare l'identico valore per entrambi i membri dell'equazione:

$$8 \cdot 6 + 4 = 5 \cdot 6 + 22; \quad 48 + 4 = 30 + 22; \quad 52 = 52.$$

I due membri sono uguali, e quindi il risultato trovato è giusto.

**Esempio 2:** È da risolvere la seguente equazione:  $18 - 7x = 20 - 5x + 12$ .

Trasportiamo i termini da un membro all'altro dell'equazione, cambiandone nel contempo il segno.

Se facessimo tale operazione con tutti i termini, invertiremmo tutti i segni, ottenendo

$$- 20 + 5x - 12 = - 18 + 7x$$

Ora, è senz'altro permesso di invertire i due membri di una equazione. Per esempio, al posto di  $500 = 5 \cdot 100$  si può scrivere:  $5 \cdot 100 = 500$ . Possiamo quindi scrivere la nostra equazione così:

$$- 18 + 7x = - 20 + 5x - 12$$

Quest'equazione si distingue da quella data semplicemente per il fatto che sono stati invertiti tutti i segni, senza che per questo sia minimamente cambiato il carattere dell'equazione. Ne deriva la

**Regola 14:** È lecito invertire contemporaneamente il segno di tutti i termini di un'equazione.

La soluzione dell'equazione avviene nell'identico modo come nell'esempio 1: trasportando nel primo membro tutti i termini contenenti la  $x$  e nel secondo membro quelli che ne sono privi:

$$+ 7x - 5x = - 20 - 12 + 18; \quad 2x = - 14; \quad x = - 7.$$

La regola sopra esposta si mette in pratica quando si ha interesse a invertire i segni, per facilitare la soluzione dell'equazione, come avviene anche nei seguenti problemi:

**Esempio 3:**  $25 - x = 40$ ;  $- x = 40 - 25$ ;  $- x = 15$ .

Poichè non interessa conoscere il valore di «  $- x$  », ma quello di «  $+ x$  », si applica la regola 14 e si invertono tutti i segni, ottenendo:  $+ x = - 15$ , o semplicemente  $x = - 15$

**Esempio 4:**  $15 - 18x = - 75$ . Si porta dall'altra parte il numero 15:  $- 18x = - 75 - 15$ ;  $- 18x = - 90$

Invertendo i segni:  $18x = + 90$ ; ossia:  $18x = 90$ ;  $x = \frac{90}{18}$ ;  $x = 5$ .

**Esempio 5:**  $5x - 14 - 8x = 3x - 16 - 4x$ . Tutti i termini contenenti la  $x$  vengono trasportati a sinistra, quelli senza  $x$  a destra:  $5x - 8x - 3x + 4x = - 16 + 14$ ;  $- 2x = - 2$ ;  $2x = 2$ ;  $x = 1$ .

Controlliamo un'altra volta l'esattezza del risultato ottenuto. Inseriamo al posto di  $x$  il numero trovato 1:  $5x - 14x - 8x = 3x - 16 - 4x$ ;  $5 \cdot 1 - 14 \cdot 1 - 8 \cdot 1 = 3 \cdot 1 - 16 - 4 \cdot 1$ ;  $5 - 14 - 8 = 3 - 16 - 4$ ;  $- 17 = - 17$

#### Applicazioni delle equazioni.

Le equazioni finora esaminate hanno mostrato come si trova il valore dell'incognita  $x$ , data l'equazione. In pratica però capita raramente di trovare le equazioni da risolvere già bell'e preparate. In quasi tutti i casi bisogna invece formulare dapprima l'equazione, basandosi sulle condizioni date, e questo è spesso più difficile che risolvere l'equazione stessa.

**Esempio 6:**  $4x - (5 - 2x) = 2 \cdot (2,5x - 1,5)$ . In questo problema occorre dapprima eliminare le parentesi. Le regole occorrenti sono già state riportate nella Dispensa N. 7:  $4x - 5 + 2x = 2 \cdot 2,5x - 2 \cdot 1,5$ ;  $4x - 5 + 2x = 5x - 3$ ;  $4x + 2x - 5x = - 3 + 5$ ;  $6x - 5x = + 2$ ;  $x = 2$ .

**Esempio 7:** Sommando 30 ad un certo numero, si ottiene 70. Qual è il numero cercato?

Benchè la soluzione di questo problema sia molto semplice, vogliamo abituarci già in questo caso al giusto procedimento di soluzione. Ci servirà per quando dovremo risolvere dei problemi più difficili.

Il numero che non conosciamo e che cerchiamo viene chiamato *l'incognita* e designato generalmente con la lettera  $x$ . Formiamo così l'equazione basandoci sulle condizioni date.

Sommando il numero 30 ad  $x$ , si ottiene 70. Se scriviamo questa proposizione sotto forma di equazione, otteniamo:

$$x + 30 = 70; \quad x = 70 - 30; \quad x = 40.$$

**Esempio 8:** Prendendo 8 volte un numero e aggiungendo 12, si ottiene 60. Qual è il numero?

L'incognita è  $x$ . 8 volte  $x$  è quindi  $8x$ . A questi  $8x$  va aggiunto 12, e ciò deve dare 60. L'equazione è dunque la seguente:

$$8x + 12 = 60; \quad 8x = 60 - 12; \quad 8x = 48; \quad x = \frac{48}{8} = 6.$$

*Prova:* Per convincerci dell'esattezza del risultato, inseriamo nell'equazione formulata al posto di  $x$  il numero 6:

$$8 \cdot 6 + 12 = 48 + 12 = 60; \quad 60 = 60. \quad \text{Perciò la soluzione è esatta.}$$

**Esempio 9:** Il quadruplo e il quintuplo del medesimo numero, sommati, danno 117. Qual è il numero?

Il numero viene designato dapprima con  $x$ . Il quadruplo del numero è  $4x$ , il quintuplo  $5x$ . L'equazione è:

$$4x + 5x = 117; \quad 9x = 117; \quad x = \frac{117}{9} = 13.$$

$$\text{Prova: } 4 \cdot 13 + 5 \cdot 13 = 117; \quad 52 + 65 = 117; \quad 117 = 117.$$

**Esempio 10:** Aggiungendo a un numero il suo triplo e sommando al risultato il numero 8, si ottiene 6 volte il numero primitivo. Qual era questo numero?

Il numero cercato è  $x$ , il triplo  $3x$ . Dobbiamo aggiungere al numero cercato  $x$  il suo triplo  $3x$ : dobbiamo quindi formare l'espressione  $x + 3x$ . A questa somma bisogna aggiungere il numero 8:  $x + 3x + 8$ . Tutta questa espressione deve equivalere (in base al problema) a 6 volte il numero cercato  $x$ , ossia deve essere  $6x$ . L'equazione è quindi:

$$6x = x + 3x + 8; \quad 6x = 4x + 8; \quad 6x - 4x = 8; \quad 2x = 8; \quad x = \frac{8}{2}; \quad x = 4.$$

*Prova:*  $6x = x + 3x + 8; \quad 6 \cdot 4 = 4 + 3 \cdot 4 + 8; \quad 24 = 24.$  La prova corrisponde: il numero cercato è dunque proprio 4.

**Esempio 11:** Un ciclista deve percorrere in tre giorni una distanza di 120 km. Il primo giorno supera una certa distanza, il secondo giorno ne fa il doppio e il terzo giorno gli rimangono ancora 60 km. Quanti chilometri ha fatto il primo giorno?

Il primo giorno il ciclista supera il percorso  $x$ , fa quindi  $x$  km. Il secondo giorno percorre una strada doppia, quindi  $2x$  km. Il terzo giorno fa 60 km. Le tre distanze sommate devono fare 120 km. Si ha quindi la seguente equazione:

$$x + 2x + 60 = 120; \quad x + 2x = 120 - 60; \quad 3x = 60; \quad x = \frac{60}{3} = 20.$$

*Prova:* Il ciclista ha percorso il primo giorno 20 km, il secondo giorno il doppio, quindi  $2 \cdot 20 = 40$  km; i tre percorsi sono quindi:  $20 + 40 + 60 = 120$  km (risultato giusto).

**Esempio 12:** Tre persone si dividono fra loro 80 mele, in modo che la seconda persona riceva 30 mele più della prima, e la terza persona 10 mele meno della prima. Quante mele riceve ciascuna persona?

Supponiamo che la prima persona riceva  $x$  mele. La seconda persona riceve  $x + 30$  mele, e quindi 30 mele più della prima. La terza persona riceve 10 mele meno della prima, e quindi  $x - 10$ . Tutte e tre le persone assieme ricevono 80 mele. L'equazione deve essere quindi:

$$x + x + 30 + x - 10 = 80;$$

$x$	+	$x + 30$	+	$x - 10$	=	80:
↓						
prima		seconda		terza		
persona		persona		persona		

$$3x = 80 - 30 + 10; \quad 3x = 60; \quad x = \frac{60}{3} = 20.$$

*Prova:* La prima persona riceve dunque 20 mele. La seconda persona ne riceve 30 di più, quindi  $20 + 30 = 50$  mele. La terza persona 10 mele meno della prima, quindi  $20 - 10 = 10$  mele.

$$20 + 50 + 10 = 80 \quad (\text{esatto!})$$

**Esempio 13:** Un tale versa ancora 15 lire nel suo salvadanaio, e dopo qualche giorno ne toglie 28. Ricontando poi il contenuto del salvadanaio, trova 9 lire. Quale somma si trovava dapprima nel salvadanaio?

Poniamo che il denaro esistente in principio nel salvadanaio fosse  $x$ . Aggiungendo 15 lire, si trovano nel salvadanaio  $x + 15$  lire. Poi si tolgono 28 lire, in modo che la rimanenza è  $x + 15 - 28$ . Questa rimanenza deve essere uguale a 9 lire. Sussiste quindi la seguente equazione:  $x + 15 - 28 = 9; \quad x = 9 - 15 + 28; \quad x = 22$ . In principio c'erano 22 lire nel salvadanaio.

**Esempio 14:** Tre pacchi postali pesano complessivamente 14 kg. Il secondo pacco pesa quattro volte più del primo, e il terzo pacco solo la metà del secondo. Quanto pesa ciascuno dei pacchi?

Chiamiamo  $x$  il peso del primo pacco. Il secondo pacco, in base alle condizioni del problema, pesa  $4x$ . Il terzo pacco pesa la metà del secondo, quindi:  $\frac{4x}{2} = 2x$ .

L'equazione è:  $x + 4x + 2x = 14$ ;  $7x = 14$ ;  $x = 2$ .

Il primo pacco pesa 2 kg, il secondo 8 kg, il terzo 4 kg.  $2 + 8 + 4 = 14$  (esatto!)

Come avete visto dalla soluzione di questi esempi, si procede sempre nel seguente modo: si comincia col designare la grandezza incognita con  $x$  e si stabilisce poi la relazione, che intercorre tra le altre grandezze date e l'incognita  $x$ . Per esprimere una seconda o una terza grandezza occorre spesso aggiungere un numero dato a  $x$ , oppure sottrarlo.

Dopo aver espresso a questo modo le varie grandezze, si forma un'equazione che si risolve poi per  $x$  servendosi delle note regole.

### Risposte alle domande di pag. 6

1. Si distinguono altoparlanti magnetici e altoparlanti dinamici.
2. Il sistema più vantaggioso di altoparlanti magnetici è quello a oscillazione libera.
3. Si chiama bobina mobile o dinamica.
4. Tali altoparlanti abbisognano di una corrente per la bobina d'eccitazione, e d'altra parte alla bobina mobile vanno addotte le correnti foniche.
5. I moderni altoparlanti magneto-dinamici posseggono un campo magnetico generato da un magnete permanente, ragione per cui non occorre la bobina d'eccitazione.

## TECNICA DELLE MISURE

### Gli strumenti a bobina mobile

Nella Dispensa N. 4 ci siamo occupati per ultimo degli *strumenti a bobina mobile*. Avete conosciuto così tali strumenti nella loro qualità di *misuratori di corrente*. Con gli strumenti a bobina mobile è però possibile misurare anche *le tensioni*, esattamente come con gli strumenti a ferro mobile.

#### Strumenti a bobina mobile per la misura della tensione.

Ovunque circola una corrente, esiste anche una tensione, che ne è la causa. Volendo quindi usare uno strumento a bobina mobile per la misura della tensione, basta tararne la scala, tenendo conto della legge di Ohm, e badare che il campo di misura dato non venga sorpassato. Questo genere di strumento consente la misura di correnti o tensioni assai piccole; vi spiegheremo però ora in che modo sia possibile ampliare il campo di misura.

*Gli strumenti a bobina mobile presentano un campo di misura particolarmente piccolo.* Un decimo di volt applicato alla bobina mobile basta già per far deviare l'indice fino in fondo alla scala. Se la scala è divisa in cento parti, ogni divisione corrisponde allora a solo 0,001 volt, ossia a un millesimo di volt.

Il fatto di poter misurare con uno strumento a bobina mobile delle tensioni così minuscole è però assai vantaggioso, poichè proprio nella tecnica delle telecomunicazioni occorre spesso determinare dei valori di tensione così piccoli.

Gli strumenti che permettono di misurare i millesimi di volt si chiamano *millivoltmetri*; analogamente gli strumenti adatti per la misura dei millesimi di ampère si chiamano *milliamperometri*.

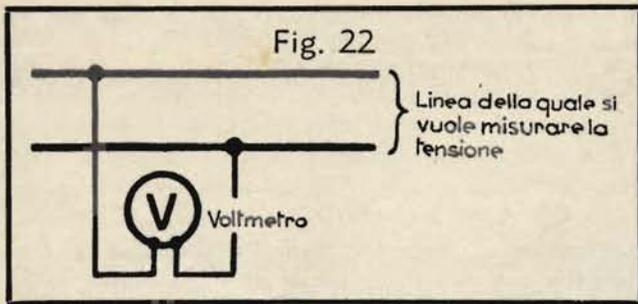
Anche questi ultimi hanno numerose applicazioni nella tecnica delle telecomunicazioni.

A parte i suddetti strumenti, *occorrono anche voltmetri e amperometri per valori più elevati.* Esistono, per esempio, degli amperometri, che consentono la misura di correnti fino a 1000 o addirittura fino a 5000 ampère, come pure altri, il cui campo di misura arriva soltanto fino a 1 A o 5 A, oppure anche 10 A. Analogamente esistono voltmetri per i più svariati campi di tensione; per esempio, strumenti per misurare la tensione di batterie di accumulatori, che di regola è di 6 volt; altri per controllare la tensione di rete di 220 V; infine esistono perfino dei *chilovoltmetri*, cioè voltmetri adatti per misurare tensioni di parecchie migliaia di volt.

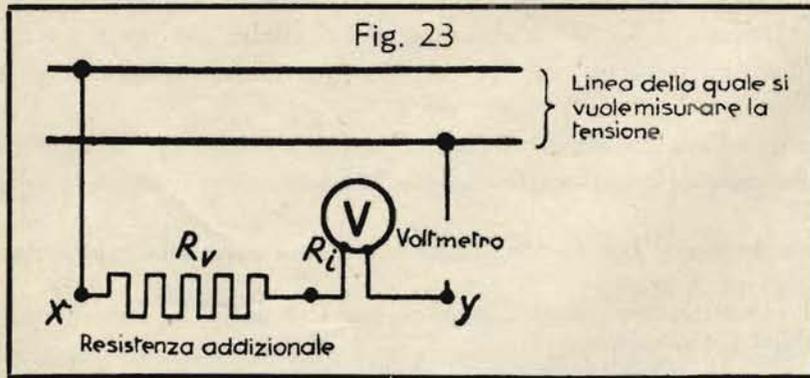
Tutti questi strumenti utilizzano degli apparati di misura per tensioni, oppure correnti, assai piccole. Occorre quindi, in ogni caso, far uso di speciali accorgimenti per *l'ampliamento del campo di misura*.

#### L'allargamento del campo di misura nei voltmetri.

Per allargare il campo di misura dei voltmetri si inserisce, in serie allo strumento, una cosiddetta *resistenza*



addizionale. Nella fig. 22 è mostrato il normale collegamento di un voltmetro ad una coppia di conduttori sotto tensione. Qualora la tensione da misurare fosse, presumibilmente, troppo elevata rispetto al campo di misura dello strumento, si inserisce una resistenza nella connessione del voltmetro, come è rappresentato nella fig. 23. Questa resistenza addizionale viene designata con la sigla  $R_s$ .



Se, per esempio, si desidera misurare con un voltmetro delle tensioni dieci volte più alte della maggior tensione per la quale lo strumento è stato originariamente costruito, basta scegliere in modo adatto la resistenza addizionale. La resistenza complessiva del ramo voltmetrico, ossia la resistenza giacente tra i punti  $x$  e  $y$  (fig. 23), deve essere in questo caso decuplicata; allora passa solo la decima parte della corrente che passerebbe, se non ci fosse la resistenza addizionale, e quindi l'escursione dell'indice viene ridotta in proporzione, indicando però in pari tempo tensioni più grandi.

Lo strumento di misura possiede esso pure una resistenza, che si chiama *resistenza propria* o *resistenza interna* dello

strumento e si designa con l'abbreviazione  $R_i$ . Se desideriamo quindi aumentare dieci volte la resistenza del ramo voltmetrico tra  $x$  e  $y$  allo scopo di allargare il campo di misura, dobbiamo tener conto della resistenza interna dello strumento. Se la resistenza interna è  $R_i$ , la resistenza addizionale  $R_s$  dovrà allora equivalere a  $9 R_i$ , come evidente. Infatti la resistenza giacente tra i punti  $x$  e  $y$  diventa

$$R_s + R_i = 9 R_i + R_i = 10 R_i$$

quindi dieci volte il valore originario  $R_i$ . In via generale possiamo dire:

*Dovendo allargare il campo di misura di un voltmetro a  $n$  volte l'ampiezza iniziale, bisogna usare una resistenza addizionale del seguente valore:*

$$R_s = R_i (n - 1) \quad \dots \dots \dots \text{Formula (21)}$$

In questa formula  $n$  è il multiplo richiesto; se, per esempio, il campo di misura deve essere allargato di 5 volte, bisogna mettere  $n = 5$ ; se va allargato di 100 volte, si pone  $n = 100$ .

**Esempio:**

**Problema:** Uno strumento a bobina mobile, della resistenza interna di 1 ohm, consente la misura diretta di tensioni fino ad un massimo di 0,15 volt. Il suo campo di misura è quindi uguale a 0,15 volt. Quali sono le resistenze addizionali necessarie per allargare il campo di misura fino a:

- a) 1,5 volt                      b) 15 volt                      c) 150 volt?

**Soluzione:** Applichiamo la formula (21):  $R_s = R_i (n - 1)$ .

La resistenza propria  $R_i$  è nota; il numero  $n$  va determinato per ciascuna delle tre singole domande. Poichè  $1,5 = 10 \cdot 0,15$ ,  $15 = 100 \cdot 0,15$  e  $150 = 1000 \cdot 0,15$ , abbiamo nel primo caso  $n = 10$ , nel secondo caso  $n = 100$  e nel terzo  $n = 1000$ . Otteniamo così:

a)  $R_s = R_i \cdot (n - 1) = 1 \cdot 9 = 9 \text{ ohm}$ ;    b)  $R_s = R_i \cdot (n - 1) = 1 \cdot 99 = 99 \text{ ohm}$ ;    c)  $R_s = R_i \cdot (n - 1) = 1 \cdot 999 = 999 \text{ ohm}$ .

La soluzione di questo problema può essere ottenuta anche per altra via. La massima corrente che lo strumento può sopportare è, per qualsiasi campo di misura e quindi anche senza alcuna resistenza addizionale,  $I = \frac{V_1}{R_i}$  dove  $V_1$  è la tensione applicata direttamente allo strumento, e quindi  $V_1 = 0,15$  volt. Si ha dunque:

$$I = \frac{V_1}{R_i} = \frac{0,15}{1} = 0,15 \text{ ampère.}$$

a) Anche per il campo di misura di  $V = 1,5$  volt, la corrente non deve superare  $I = 0,15$  ampère. Quindi la resistenza complessiva del ramo voltmetrico deve essere:  $R = \frac{V}{I} = \frac{1,5}{0,15} = 10 \text{ ohm}$ .

In questo caso  $R$  è costituito dalla messa in serie di  $R_1$  ed  $R_n$ , cioè  $R = R_1 + R_n$ . Da ciò consegue che  $R_n = R - R_1 = 10 - 1 = 9 \text{ ohm}$ .

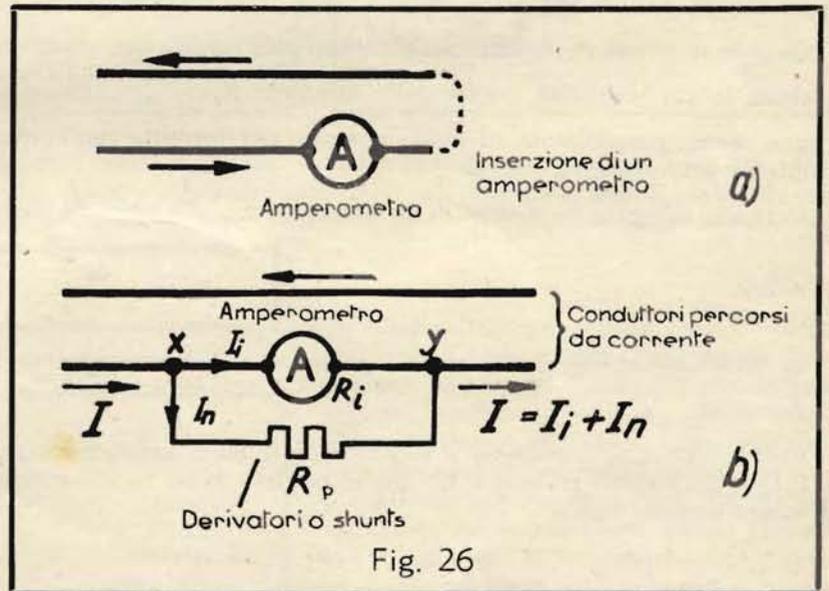
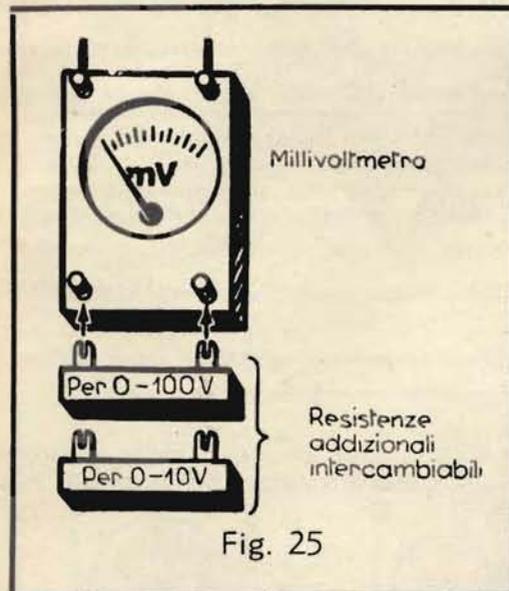
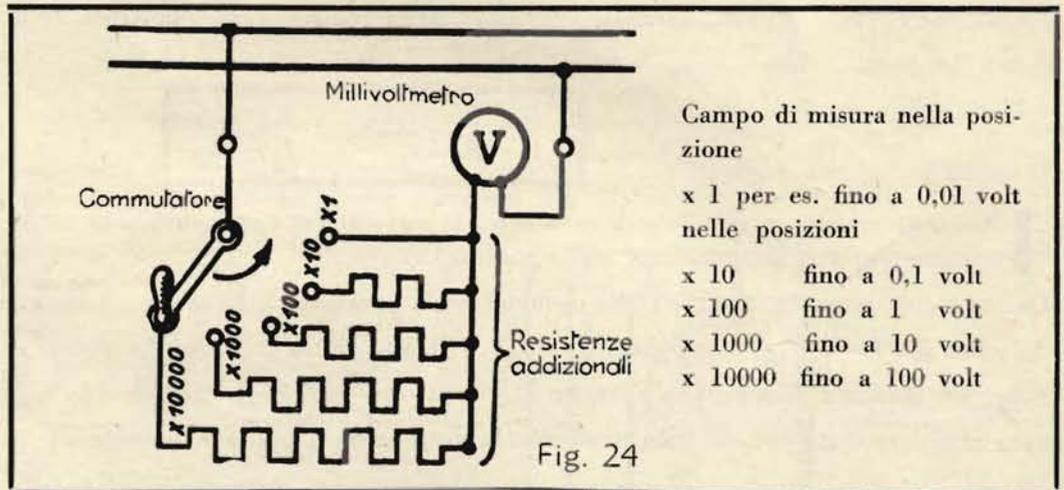
b)  $V = 15 \text{ volt}; R = \frac{V}{I} = \frac{15}{0,15} = 100 \text{ ohm}; R_n = R - R_1 = 100 - 1 = 99 \text{ ohm}$

c)  $V = 150 \text{ volt}; R = \frac{V}{I} = \frac{150}{0,15} = 1000 \text{ ohm}; R_n = R - R_1 = 1000 - 1 = 999 \text{ ohm}$

Quando occorre misurare in rapida successione tensioni di differente grandezza, ci si serve del dispositivo rappresentato nella figura 24. Esso possiede quattro differenti resistenze addizionali, che si possono scegliere mediante un commutatore a manovella. Esistono poi altri strumenti, previsti per la applicazione a scelta di varie resistenze addizionali, che sono date in dotazione degli strumenti stessi (figura 25).

**L'allargamento del campo di misura negli amperometri.**

Anche nelle misure di corrente è possibile allargare il campo di misura. Nella fig. 26-a si vede come viene inserito un amperometro in una linea. Se ora si desidera misurare con lo stesso amperometro una corrente di maggiore intensità, si inserisce una resistenza in parallelo allo strumento. Questa resistenza si chiama *derivatore* oppure *shunt* (leggi « scent »), e si designa con la sigla  $R_p$ .



Supponiamo, per fissare le idee, che l'amperometro di cui disponiamo abbia un campo di misura fino ad un ampère (o, come si dice anche, la portata di 1 A); si devono però misurare correnti fino a 10 ampère. In questo caso lo strumento da solo non può servire, poichè la sua scala non arriva fino a correnti così forti. Inoltre esso potrebbe anche rimanere danneggiato, poichè si potrebbe bruciare la bobina mobile.

Per far sì che la corrente circolante nello strumento non sia troppo forte, si usa, come abbiamo detto, uno *shunt*, attraverso il quale passa la maggior parte della corrente. Poichè abbiamo l'intenzione di misurare correnti dieci volte più grandi della portata dello strumento, dobbiamo far sì che la corrente, che attraversa lo strumento (corrente interna  $I_i$ ) sia uguale a un decimo della corrente totale, e quindi gli altri nove decimi passino attraverso lo *shunt*.

Per poter calcolare il valore della resistenza in parallelo, (cioè dello *shunt*), si considera il quoziente  $\frac{R_p}{R_i}$  delle due resistenze. Questo quoziente deriva dal seguente ragionamento di ordine generale:

Abbiamo due resistenze  $R_1$  e  $R_2$ , collegate in parallelo e percorse dalle correnti  $I_1$ , rispettivamente  $I_2$ . La corrente totale è  $I = I_1 + I_2$ . Essendo collegate in parallelo, le due resistenze sono sottoposte alla medesima tensione, e quindi  $V = I_1 \cdot R_1$ , come pure  $V = I_2 \cdot R_2$ .

Calcolando con le conduttanze  $G_1 = \frac{1}{R_1}$  e  $G_2 = \frac{1}{R_2}$ , si ha invece  $V = \frac{I_1}{G_1}$ ;  $V = \frac{I_2}{G_2}$ . Ad ogni modo si ha l'equazione  $I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2$ , oppure:  $\frac{I_1}{G_1} = \frac{I_2}{G_2}$ , dalla quale, per il quoziente delle due correnti parziali, si ricava il seguente valore:

$$\boxed{\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}; \text{ oppure: } \frac{I_1}{I_2} = \frac{G_1}{G_2}} \quad \dots \dots \dots \text{Formula (22)}$$

**Nel collegamento in parallelo di resistenze, le correnti nei rami stanno fra di loro come le rispettive conduttanze (oppure inversamente alle resistenze).**

Questa regola generale si applica alla connessione in parallelo di  $R_p$  con  $R_i$ , e si ottiene quindi, per le correnti dei rami  $I_i$  e  $I_p$ :  $\frac{I_i}{I_p} = \frac{G_i}{G_p}$ ; oppure:  $\frac{I_i}{I_p} = \frac{R_p}{R_i}$ . Questo non è altro che il rapporto cercato delle due resistenze. Se quindi il campo di misura va allargato di dieci volte, ossia se la corrente totale  $I = I_i + I_p$  dev'essere dieci volte maggiore della portata dello strumento  $I_i$ , deve essere  $I_i = \frac{1}{10}I$  e la rimanente parte  $I_p = \frac{9}{10}I$ . Il rapporto

delle correnti è  $\frac{I_i}{I_p} = \frac{\frac{1}{10}I}{\frac{9}{10}I} = \frac{1}{9} = \frac{1}{9}$ , dimodochè  $\frac{R_p}{R_i} = \frac{I_i}{I_p} = \frac{1}{9}$ , e quindi:  $R_p = \frac{1}{9}R_i = \frac{R_i}{9}$ .

Poichè nello *shunt* deve passare una corrente nove volte maggiore di quella che passa nell'amperometro, la resistenza  $R_p$  dello *shunt* deve essere la nona parte della resistenza interna  $R_i$ .

Quando invece si vuole misurare una corrente cento volte superiore alla portata dell'amperometro, occorre uno *shunt* la cui resistenza è data dalla relazione  $R_p = \frac{R_i}{99}$ . Come vedete senza difficoltà, anche questa formula può essere generalizzata in modo analogo alla formula che abbiamo già visto per l'allargamento del campo di misura dei voltmetri.

*Dovendo allargare la portata di un amperometro a n volte la portata iniziale, occorre uno shunt del seguente*

*valore:*

$$\boxed{R_p = \frac{R_i}{n - 1}} \quad \dots \dots \dots \text{Formula (23)}$$

In questa equazione il numero  $n$  significa quante volte viene moltiplicata la portata iniziale.

**Esempio:**

**Problema:** Uno strumento a bobina mobile ha la resistenza interna  $R_i = 1$  ohm; la portata dello strumento è  $I_i = 0,15$  ampère. Qual è il valore che deve avere lo *shunt*, affinchè si possano misurare col medesimo strumento correnti fino a

- a) 1,5 ampère
- b) 15 ampère
- c) 150 ampère?

**Soluzione:** Secondo le condizioni del problema, la portata deve essere allargata a dieci, cento e mille volte il valore iniziale; quindi si ha nei vari casi:

- a)  $n = 10$
- b)  $n = 100$
- c)  $n = 1000$

Inseriamo questi valori nella formula (23) e troviamo:

a)  $R_p = \frac{1}{10 - 1} = \frac{1}{9} \text{ ohm};$     b)  $R_p = \frac{1}{100 - 1} = \frac{1}{99} \text{ ohm};$     c)  $R_p = \frac{1}{1000 - 1} = \frac{1}{999} \text{ ohm}.$

Anche in questo caso è possibile arrivare al medesimo risultato per altra via.

La tensione  $V$  occorrente per far passare attraverso lo strumento la corrente di 0,15 ampère, corrispondente alla sua portata è:

$$V = I_i \cdot R_i = 0,15 \cdot 1 = 0,15 \text{ volt}.$$

La tensione applicata ai morsetti dello strumento, ossia tra i punti  $x$  e  $y$  della fig. 26-b, non deve superare questo valore, poichè altrimenti la corrente  $I_1$  supererebbe la portata dello strumento e l'indice uscirebbe dalla scala.

Lo shunt  $R_p$ , collegato in parallelo all'amperometro, è sottoposto alla medesima tensione di 0,15 volt. Ora nel caso a) del problema si vuole misurare la corrente  $I = 1,5$  ampère, invece di 0,15 ampère, e quindi la corrente passante nello shunt deve essere  $I_p = I - I_1 = 1,5 - 0,15 = 1,35$  ampère. Secondo la legge di Ohm, la resistenza dello shunt è quindi

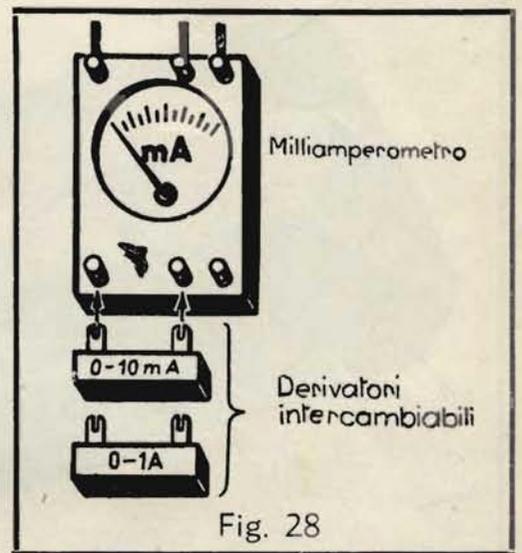
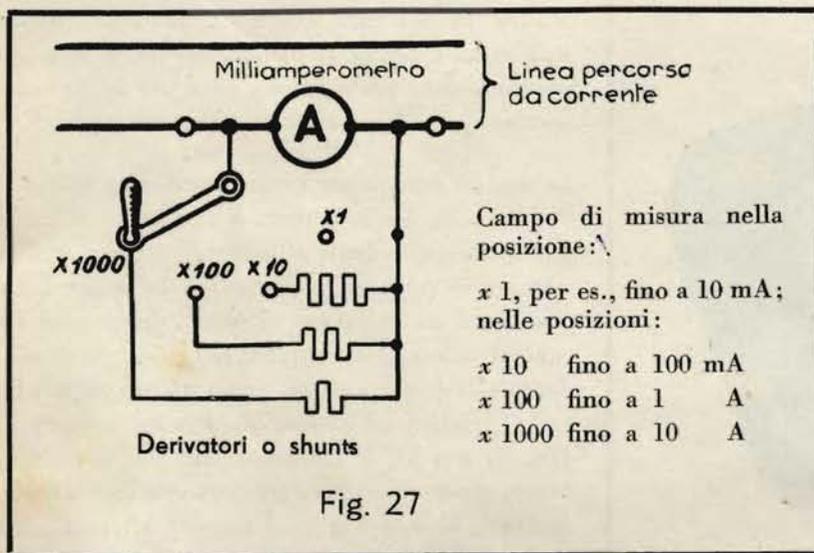
$$R_p = \frac{V}{I_p} = \frac{0,15}{1,35} = \frac{1}{9} \text{ ohm}$$

Allo stesso modo si possono calcolare gli shunts occorrenti per aumentare di cento, rispettivamente mille volte, la portata:

b)  $I = 15$  ampère;  $I_p = I - I_1 = 15 - 0,15 = 14,85$  ampère;  $R_p = \frac{V}{I_p} = \frac{0,15}{14,85} = \frac{1}{99}$  ohm

c)  $I = 150$  ampère;  $I_p = I - I_1 = 150 - 0,15 = 149,85$  ampère;  $R_p = \frac{V}{I_p} = \frac{0,15}{149,85} = \frac{1}{999}$  ohm.

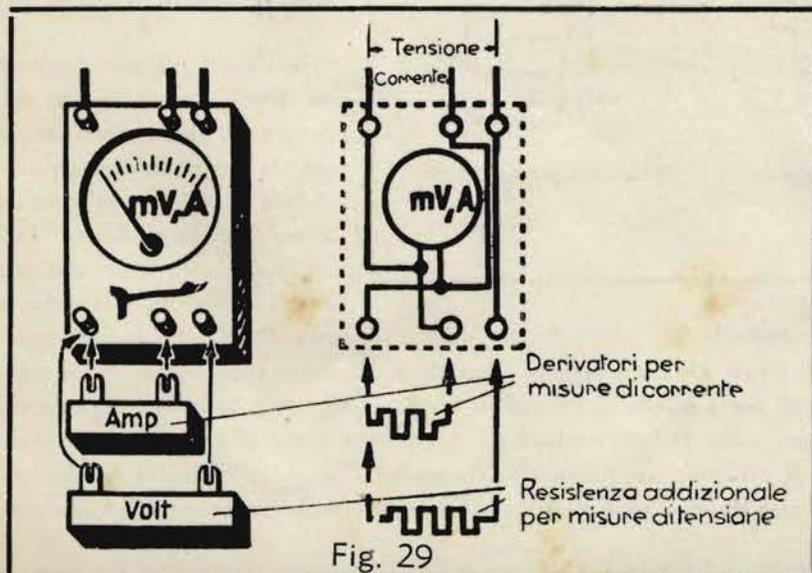
Anche un amperometro può essere dotato di un commutatore a manovella per scegliere vari campi di misura, nel medesimo modo che abbiamo già visto nel caso del voltmetro (fig. 27).



D'altronde l'industria costruisce anche strumenti dotati di shunts intercambiabili, per la scelta dei differenti campi di misura (fig. 28). Alle volte strumenti di questo genere sono dotati, sia di shunts, che di resistenze addizionali, in modo da poter servire come amperometri e come voltmetri, per differenti campi di misura. Lo schema di un siffatto strumento è riportato nella fig. 29.

#### Strumenti universali (strumenti multipli).

Come avete visto, un equipaggio a bobina mobile può essere usato tanto come voltmetro, quanto come amperometro; basta collegare con l'equipaggio stesso (o sistema di misura, come si dice anche) degli adatti shunts o resistenze addizionali. La fig. 29 mostra una maniera semplice di eseguire questa inserzione.



In questo caso occorre una resistenza addizionale oppure uno shunt separato per ciascun campo di misura. Questa disposizione ha lo svantaggio che si devono avere, oltre allo strumento universale stesso, numerosi pezzi accessori, che si possono facilmente perdere, oppure non avere sottomano al momento dell'uso. Inoltre il fissaggio di queste resistenze accessorie richiede sempre un certo tempo e va fatto con cautela. Si sono creati perciò dei tipi perfezionati, nei quali le resistenze addizionali e gli shunts sono incorporati nello strumento stesso.

Generalmente tali strumenti contengono un dispositivo speciale, che permette di misurare anche correnti e tensioni alternate; in tal modo essi diventano adatti per le più

svariate misure. Questo dispositivo è necessario poichè, come è noto, gli strumenti a bobina mobile a sè stanti si possono usare solo per le correnti continue, che vanno applicate con la giusta polarità. Le correnti alternate, invece, invertono continuamente la direzione, e costringerebbero quindi l'indice a oscillare continuamente avanti e indietro con lo stesso ritmo. Ora ciò non è possibile, poichè, in primo luogo, gli strumenti non sono generalmente costruiti in modo da permettere l'escursione dell'indice sotto lo zero, e in secondo luogo, l'indice, data la sua inerzia, non è nemmeno in grado di seguire le rapide oscillazioni della corrente alternata.

Volendo misurare le correnti alternate con lo strumento a bobina mobile, si pone anzitutto il problema di far circolare la corrente sempre nella medesima direzione, anzichè alternativamente nell'una e nell'altra. Questa funzione è svolta dal cosiddetto *raddrizzatore* che, per l'uso ora contemplato, è un organo assai semplice. Ritorniamo in seguito sull'argomento: per ora basta sapere che una corrente alternata, addotta al raddrizzatore, ne esce come corrente continua e può quindi essere facilmente misurata con uno strumento a bobina mobile.

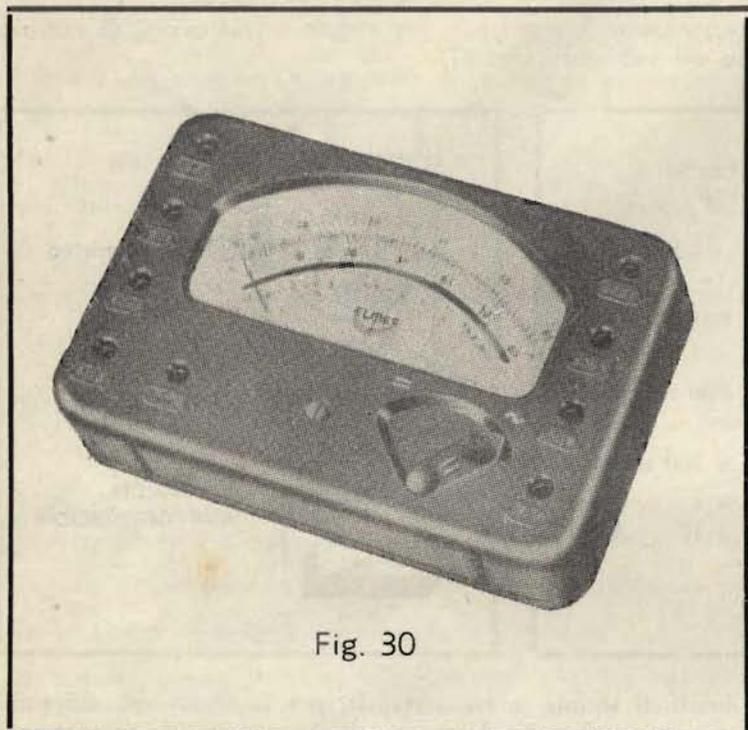


Fig. 30

Lo *strumento universale* è dotato di un piccolo commutatore, che permette di inserire questo raddrizzatore quando si vogliono eseguire delle misure in corrente alternata. Il commutatore può assumere due posizioni, contrassegnate rispettivamente con i segni « = » per la corrente continua e « ∞ » per la corrente alternata.

La fig. 30 mostra un perfezionamento dell'idea della fig. 29. Lo strumento è ora dotato di varie prese, corrispondenti alle varie portate; a sinistra per le correnti, a destra per le tensioni. La grandezza da misurare viene applicata con un capo al polo comune (qui il negativo, corrispondente alla presa « — »), e con l'altro capo alla presa relativa al campo di misura occorrente (fig. 31 a e b). Il commutatore, che si vede in basso, serve a scegliere tra corrente (o tensione) continua e corrente (o tensione) alternata. La scala dello strumento porta varie graduazioni.

Quella centrale, divisa in modo uniforme, serve per la lettura dei valori di corrente o tensione continua; la scala superiore per le correnti e tensioni alternate. Quest'ultima è leggermente ristretta al principio.

Con l'aiuto di una batteria ausiliaria si possono poi misurare anche le resistenze. A questo scopo lo strumento è dotato di una terza graduazione, quella in ohm, in base alla legge di Ohm. Per la misura

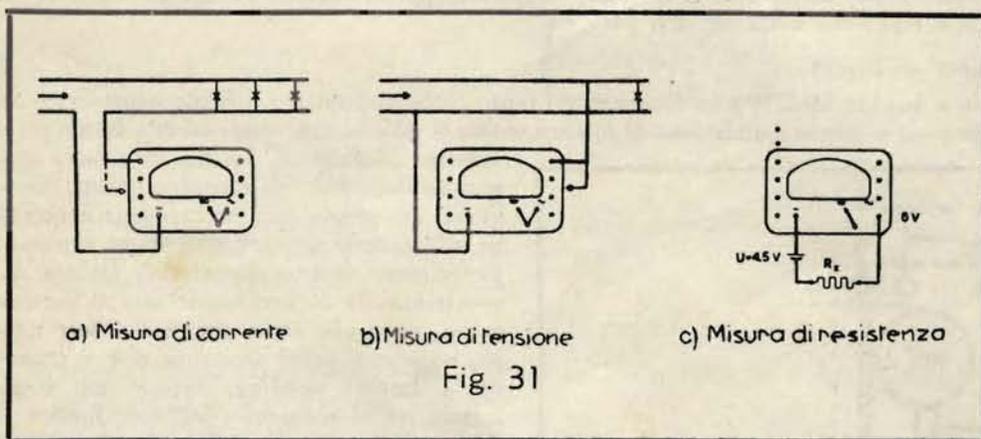


Fig. 31

delle resistenze si eseguisce il collegamento secondo la fig. 31-c. Anche questo metodo di misura è facilmente comprensibile, se ci ricordiamo della legge di Ohm. Quando la resistenza  $R_x$  è uguale a zero, agisce sullo strumento l'intera tensione di 4,5 volt. L'indice si porta allora su zero ohm (corrispondente a 4,5 volt). Aumentando la resistenza  $R_x$ , si ha una caduta di tensione, che diventa sempre più forte man mano che aumenta il valore di  $R_x$ ; di conseguenza diminuisce la parte di tensione applicata allo strumento. La scala graduata in ohm riporta valori crescenti di resistenza, in direzione dello « zero » dello strumento. Se la resistenza da misurare

La tensione applicata ai morsetti dello strumento, ossia tra i punti *x* e *y* della fig. 26-b, non deve superare questo valore, poichè altrimenti la corrente  $I_1$  supererebbe la portata dello strumento e l'indice uscirebbe dalla scala.

Lo shunt  $R_p$ , collegato in parallelo all'amperometro, è sottoposto alla medesima tensione di 0,15 volt. Ora nel caso *a*) del problema si vuole misurare la corrente  $I = 1,5$  ampère, invece di 0,15 ampère, e quindi la corrente passante nello shunt deve essere  $I_p = I - I_1 = 1,5 - 0,15 = 1,35$  ampère. Secondo la legge di Ohm, la resistenza dello shunt è quindi

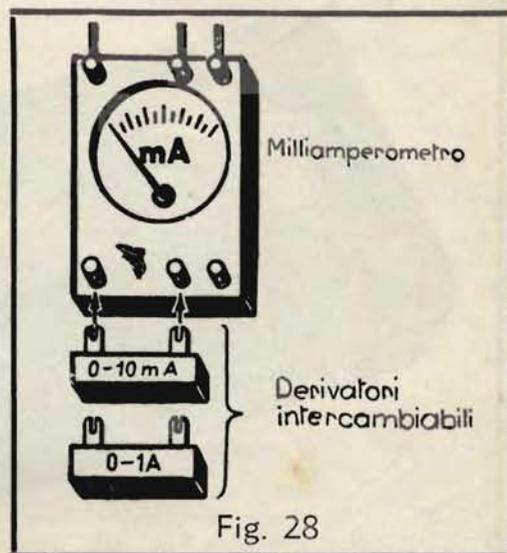
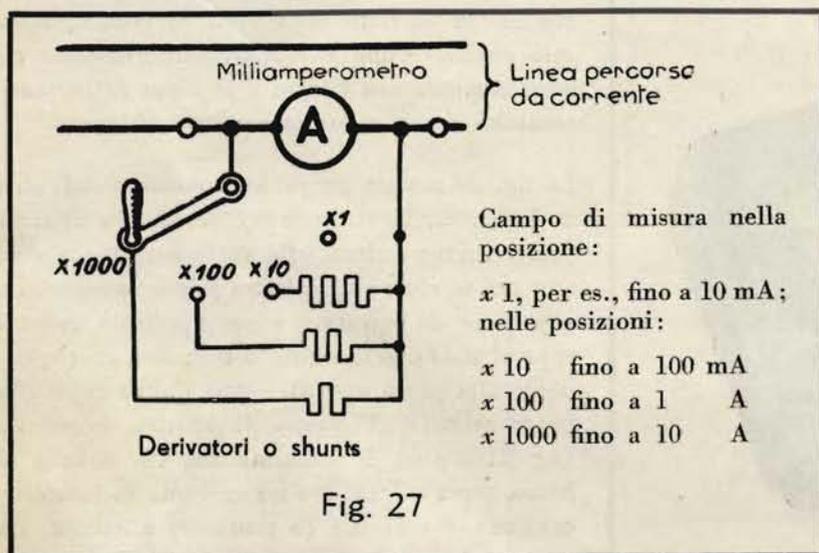
$$R_p = \frac{V}{I_p} = \frac{0,15}{1,35} = \frac{1}{9} \text{ ohm}$$

Allo stesso modo si possono calcolare gli shunts occorrenti per aumentare di cento, rispettivamente mille volte, la portata:

b)  $I = 15$  ampère;  $I_p = I - I_1 = 15 - 0,15 = 14,85$  ampère;  $R_p = \frac{V}{I_p} = \frac{0,15}{14,85} = \frac{1}{99}$  ohm

c)  $I = 150$  ampère;  $I_p = I - I_1 = 150 - 0,15 = 149,85$  ampère;  $R_p = \frac{V}{I_p} = \frac{0,15}{149,85} = \frac{1}{999}$  ohm.

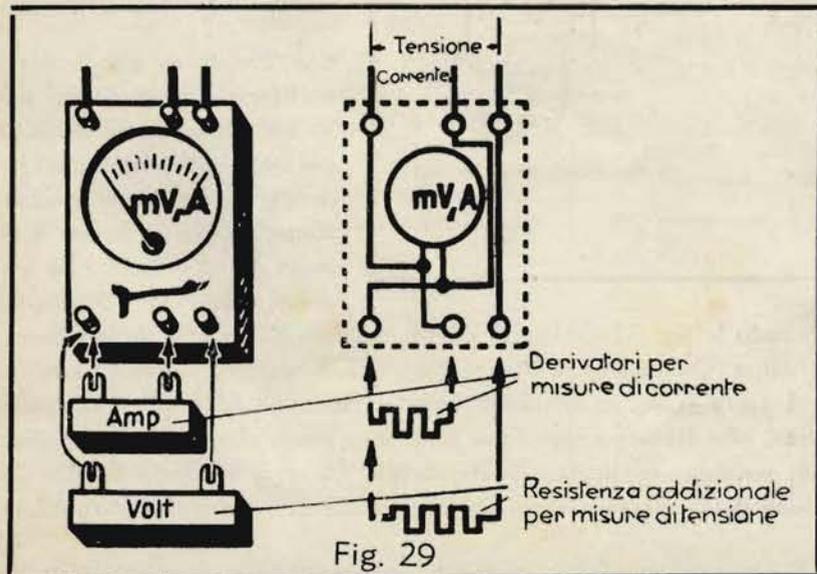
Anche un amperometro può essere dotato di un commutatore a manovella per scegliere vari campi di misura, nel medesimo modo che abbiamo già visto nel caso del voltmetro (fig. 27).



D'altronde l'industria costruisce anche strumenti dotati di shunts intercambiabili, per la scelta dei differenti campi di misura (fig. 28). Alle volte strumenti di questo genere sono dotati, sia di shunts, che di resistenze addizionali, in modo da poter servire come amperometri e come voltmetri, per differenti campi di misura. Lo schema di un siffatto strumento è riportato nella fig. 29.

#### Strumenti universali (strumenti multipli).

Come avete visto, un equipaggio a bobina mobile può essere usato tanto come voltmetro, quanto come amperometro; basta collegare con l'equipaggio stesso (o sistema di misura, come si dice anche) degli adatti shunts o resistenze addizionali. La fig. 29 mostra una maniera semplice di eseguire questa inserzione. In questo caso occorre una resistenza addizionale oppure uno shunt separato per ciascun campo di misura. Questa disposizione ha lo svantaggio che si devono avere, oltre allo strumento universale stesso, numerosi pezzi accessori, che si possono facilmente perdere, oppure non avere sottomano al momento dell'uso. Inoltre il fissaggio di queste resistenze accessorie richiede sempre un certo tempo e va fatto con cautela. Si sono creati perciò dei tipi perfezionati, nei quali le resistenze addizionali e gli shunts sono incorporati nello strumento stesso.



Generalmente tali strumenti contengono un dispositivo speciale, che permette di misurare anche correnti e tensioni alternate; in tal modo essi diventano adatti per le più

svariate misure. Questo dispositivo è necessario poichè, come è noto, gli strumenti a bobina mobile a sè stanti si possono usare solo per le correnti continue, che vanno applicate con la giusta polarità. Le correnti alternate, invece, invertono continuamente la direzione, e costringerebbero quindi l'indice a oscillare continuamente avanti e indietro con lo stesso ritmo. Ora ciò non è possibile, poichè, in primo luogo, gli strumenti non sono generalmente costruiti in modo da permettere l'escursione dell'indice sotto lo zero, e in secondo luogo, l'indice, data la sua inerzia, non è nemmeno in grado di seguire le rapide oscillazioni della corrente alternata.

Volendo misurare le correnti alternate con lo strumento a bobina mobile, si pone anzitutto il problema di far circolare la corrente sempre nella medesima direzione, anzichè alternativamente nell'una e nell'altra. Questa funzione è svolta dal cosiddetto *raddrizzatore* che, per l'uso ora contemplato, è un organo assai semplice. Ritorniamo in seguito sull'argomento: per ora basta sapere che una corrente alternata, addotta al raddrizzatore, ne esce come corrente continua e può quindi essere facilmente misurata con uno strumento a bobina mobile.

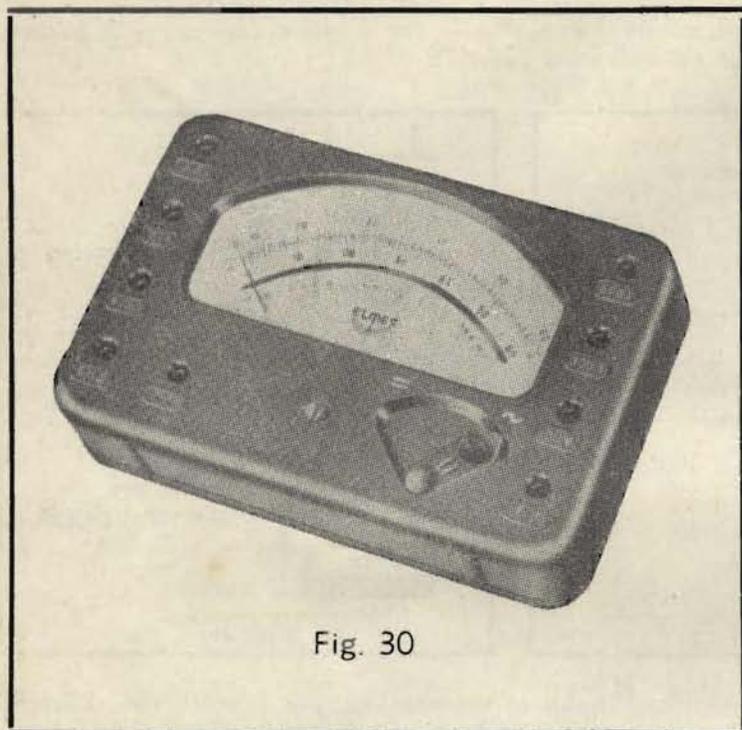


Fig. 30

Lo strumento universale è dotato di un piccolo commutatore, che permette di inserire questo raddrizzatore quando si vogliono eseguire delle misure in corrente alternata. Il commutatore può assumere due posizioni, contrassegnate rispettivamente con i segni « = » per la corrente continua e « ~ » per la corrente alternata.

La fig. 30 mostra un perfezionamento dell'idea della fig. 29. Lo strumento è ora dotato di varie prese, corrispondenti alle varie portate; a sinistra per le correnti, a destra per le tensioni. La grandezza da misurare viene applicata con un capo al polo comune (qui il negativo, corrispondente alla presa « - »), e con l'altro capo alla presa relativa al campo di misura occorrente (fig. 31 a e b). Il commutatore, che si vede in basso, serve a scegliere tra corrente (o tensione) continua e corrente (o tensione) alternata. La scala dello strumento porta varie graduazioni.

Quella centrale, divisa in modo uniforme, serve per la lettura dei valori di corrente o tensione continua; la scala superiore per le correnti e tensioni alternate. Quest'ultima è leggermente ristretta al principio.

Con l'aiuto di una batteria ausiliaria si possono poi misurare anche le resistenze. A questo scopo lo strumento è dotato di una terza graduazione, quella in basso, divisa in ohm, in base alla legge di Ohm. Per la misura

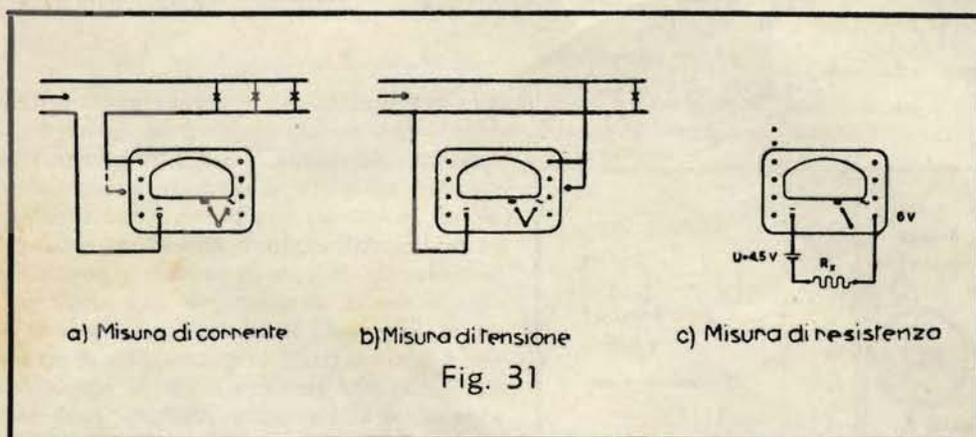


Fig. 31

delle resistenze si eseguisce il collegamento secondo la fig. 31-c. Anche questo metodo di misura è facilmente comprensibile, se ci ricordiamo della legge di Ohm. Quando la resistenza  $R_x$  è uguale a zero, agisce sullo strumento l'intera tensione di 4,5 volt. L'indice si porta allora su zero ohm (corrispondente a 4,5 volt). Aumentando la resistenza  $R_x$ , si ha una caduta di tensione, che diventa sempre più forte man mano che aumenta il valore di  $R_x$ ; di conseguenza diminuisce la parte di tensione applicata allo strumento. La scala graduata in ohm riporta valori crescenti di resistenza, in direzione dello « zero » dello strumento. Se la resistenza da misurare



Fig. 32

è infinita, la tensione rimane completamente assorbita dalla resistenza; non resta più alcuna tensione per lo strumento, e quindi l'indice torna all'inizio della scala dove segna la resistenza « infinita » =  $\infty$ .

Un altro tipo di strumento universale è quello della figura 32. Anche in questo caso tutte le resistenze addizionali e in derivazione, come pure un raddrizzatore, sono incorporati nello strumento. A differenza dello strumento rappresentato nella fig. 30, i campi di misura vengono, in questo tipo, scelti per mezzo del commutatore situato nella parte anteriore dell'apparecchio. In questo modo occorrono soltanto due morsetti. Il commutatore per la scelta delle correnti continue, oppure alternate, si trova tra i morsetti dello strumento. Anche qui esistono varie graduazioni, come per lo strumento della fig. 30, con la differenza che la scala per la corrente continua si trova in alto e quella per l'alternata in mezzo.

Esistono molti altri strumenti analoghi, tutti costruiti però sul medesimo principio. Spesso la pila, occorrente per le misure di resistenza, è già incorporata anch'essa entro la custodia dello strumento. Nella tecnica delle

telecomunicazioni si usano volentieri strumenti di questo genere, perchè servono per eseguire quasi tutte le misure necessarie.

#### Il galvanoscopio ed il galvanometro ad ago.

Nella Dispensa N. 2, alla fig. 46, avete conosciuto il primo apparecchio telegrafico, che costituisce anche un rudimentale strumento per la misura della corrente. Secondo l'uso al quale è destinato, questo dispositivo si chiama *galvanoscopio* oppure *galvanometro ad ago*.

Il galvanoscopio serve generalmente soltanto per mostrare l'esistenza e la direzione della corrente. Il galvanometro invece è uno strumento ad elevata sensibilità per la misura di correnti piccolissime. Il galvanometro ad ago è senza dubbio il più antico strumento di misura elettrico. Ecco in breve la sua storia.

Nell'anno 1820 il professore *Giovanni Cristiano Oersted*, di Copenaghen, docente all'università di Kiel, stava eseguendo degli esperimenti per determinare la velocità di propagazione della corrente elettrica in un conduttore. Sul tavolo del laboratorio, sotto la linea percorsa dalla corrente, si trovava per caso una bussola. Un assistente di Oersted, che era presente alle esperienze, notò che, ogni qual volta veniva inserita la corrente, l'ago della bussola subiva una deviazione. Fatto osservare il fenomeno al professore, questi riconobbe subito l'enorme importanza della scoperta, sulla quale doveva poi basarsi un intero ramo della scienza elettrotecnica.



Fig. 33

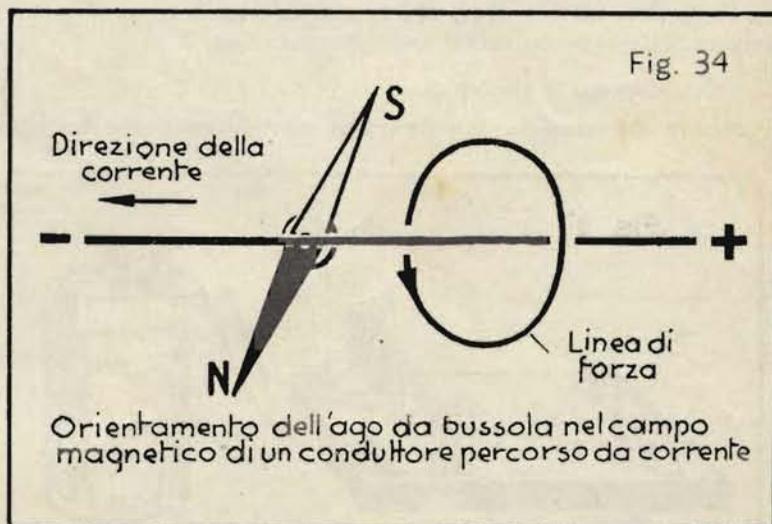
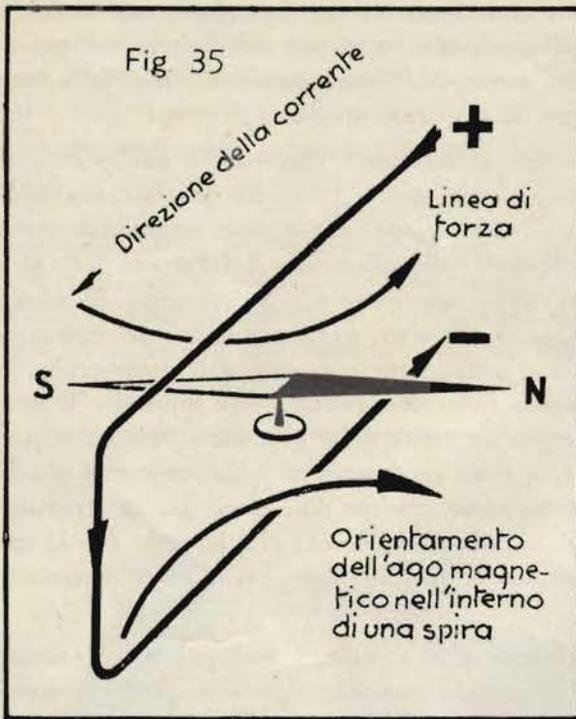


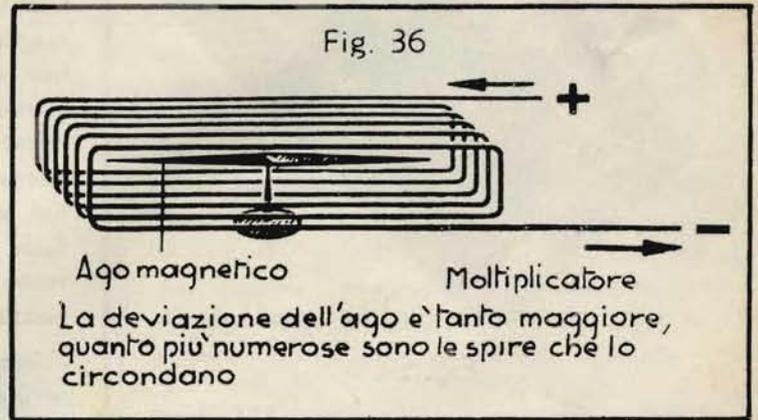
Fig. 34

Orientamento dell'ago da bussola nel campo magnetico di un conduttore percorso da corrente



Nella fig. 33 è rappresentata la disposizione sperimentale del professor Oersted. Sopra un ago magnetico è teso un conduttore percorso dalla corrente. L'ago subisce una deviazione più o meno forte, secondo l'intensità della corrente nel filo. Con questo dispositivo semplicissimo è effettivamente possibile misurare delle correnti.

Dalle cognizioni sul magnetismo, che avete già appreso, si deduce facilmente la direzione della deviazione dell'ago ma-



gnatico. Come sapete, l'ago si orienta nel campo magnetico in modo da indicare col proprio polo nord la direzione delle linee di forza. Sapete inoltre che ogni corrente elettrica produce un campo magnetico nello spazio circostante. Nel caso del conduttore rettilineo, le linee di forza sono dei cerchi concentrici al conduttore. L'ago da bussola è però sottoposto pure all'azione del campo magnetico terrestre; esso viene quindi deviato tanto maggiormente dalla direzione nord-sud, quanto più intensa è la corrente nel filo. Quando la corrente è molto debole, l'ago non si dispone ancora completamente nella direzione delle linee di forza (fig. 34). La direzione delle linee di forza si determina mediante la già descritta *regola del cavatappi*.

Se il conduttore viene ripiegato su se stesso, in modo da passare sopra e sotto l'ago, formando una spira, entrambi i lati della spira agiscono sull'ago, e quindi, a parità di corrente, la deviazione risulta maggiore. Anche in questo caso (fig. 35) si ottiene la direzione delle linee di forza con la regola del cavatappi.

Se si dispongono ora parecchie spire attorno all'ago, in luogo di una sola, si possono misurare con un siffatto galvanometro correnti relativamente minuscole (fig. 36), poichè queste sono già sufficienti per provocare una sensibile deviazione dell'ago. Un dispositivo di questo genere è chiamato anche *moltiplicatore*, perchè produce una moltiplicazione della forza agente sull'ago.

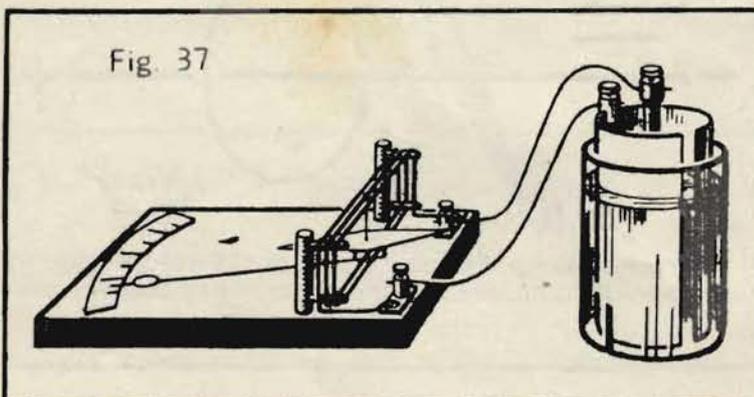
Poichè ogni ago magnetico si dispone nella direzione nord-sud, per effetto del campo magnetico terrestre, è necessario, prima di procedere alle misure, orientare lo strumento in modo da far coincidere il piano in cui giacciono le spire della bobina con la posizione iniziale dell'ago, cioè con la direzione nord-sud.

Questo galvanoscopio permette di stabilire la presenza di una corrente e naturalmente anche di determinare la direzione in base al senso della deviazione dell'ago.

Se l'ago viene dotato di un indice e di una scala adeguatamente graduata, si ha un vero e proprio strumento di misura, ottenuto con mezzi assai semplici (fig. 37).

### Il galvanometro a specchio.

Partendo dal semplice galvanometro, che abbiamo ora descritto, lo scienziato Gauss sviluppò uno strumento di misura molto sensibile, il cosiddetto *galvanometro a specchio*.



Questo strumento è costituito da un ago da bussola, oppure da una sbarretta magnetica sospesa ad un filo sottile (fig. 38-a), al quale è fissato anche uno specchietto. Un raggio proveniente da una sorgente luminosa viene riflesso dallo specchio e cade, per esempio, sulla superficie di una parete. Quando, in seguito al movimento dell'ago magnetico, lo specchietto subisce una lieve deviazione, la chiazza luminosa compie sulla parete un certo spostamento, che è tanto maggiore quanto più distante si trova la parete. Basta un mo-



Fig. 32

è infinita, la tensione rimane completamente assorbita dalla resistenza; non resta più alcuna tensione per lo strumento, e quindi l'indice torna all'inizio della scala dove segna la resistenza « infinita » =  $\infty$ .

Un altro tipo di strumento universale è quello della figura 32. Anche in questo caso tutte le resistenze addizionali e in derivazione, come pure un raddrizzatore, sono incorporati nello strumento. A differenza dello strumento rappresentato nella fig. 30, i campi di misura vengono, in questo tipo, scelti per mezzo del commutatore situato nella parte anteriore dell'apparecchio. In questo modo occorrono soltanto due morsetti. Il commutatore per la scelta delle correnti continue, oppure alternate, si trova tra i morsetti dello strumento. Anche qui esistono varie graduazioni, come per lo strumento della fig. 30, con la differenza che la scala per la corrente continua si trova in alto e quella per l'alternata in mezzo.

Esistono molti altri strumenti analoghi, tutti costruiti però sul medesimo principio. Spesso la pila, occorrente per le misure di resistenza, è già incorporata anch'essa entro la custodia dello strumento. Nella tecnica delle

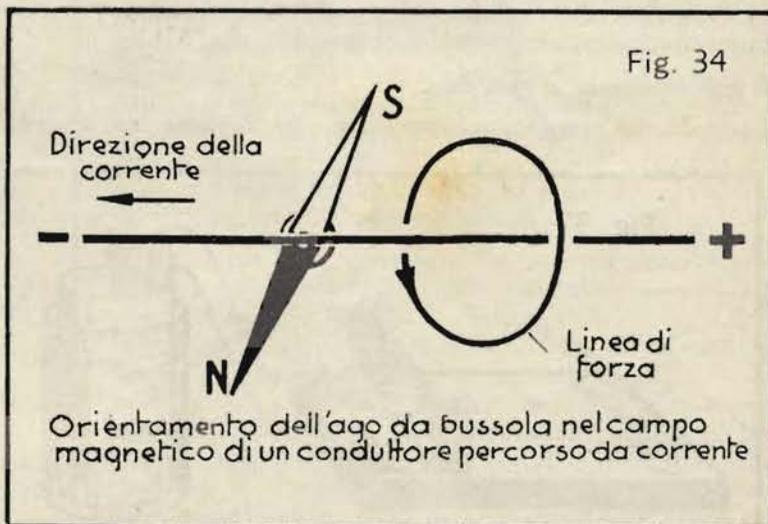
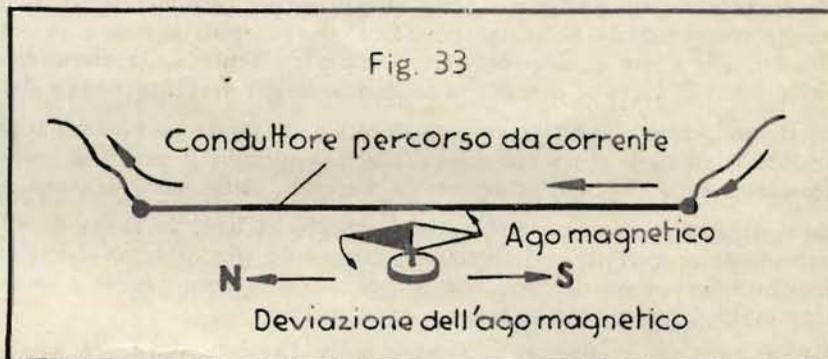
telecomunicazioni si usano volentieri strumenti di questo genere, perchè servono per eseguire quasi tutte le misure necessarie.

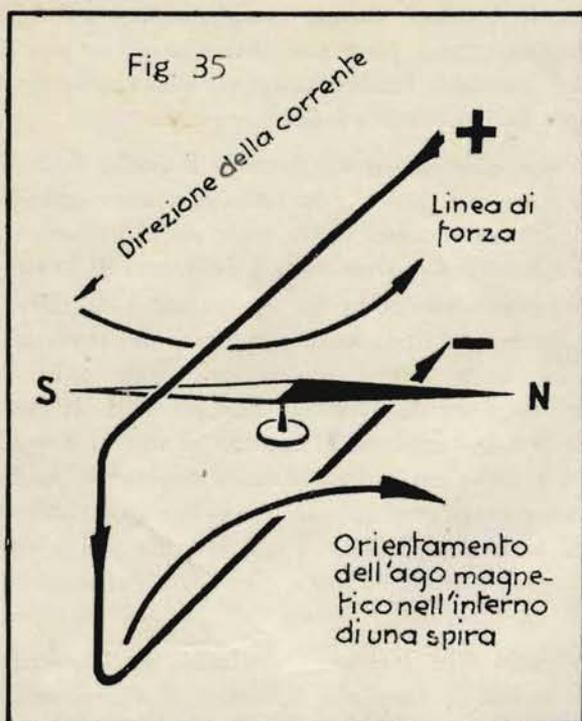
#### Il galvanoscopio ed il galvanometro ad ago.

Nella Dispensa N. 2, alla fig. 46, avete conosciuto il primo apparecchio telegrafico, che costituisce anche un rudimentale strumento per la misura della corrente. Secondo l'uso al quale è destinato, questo dispositivo si chiama *galvanoscopio* oppure *galvanometro ad ago*.

Il galvanoscopio serve generalmente soltanto per mostrare l'esistenza e la direzione della corrente. Il galvanometro invece è uno strumento ad elevata sensibilità per la misura di correnti piccolissime. Il galvanometro ad ago è senza dubbio il più antico strumento di misura elettrico. Ecco in breve la sua storia.

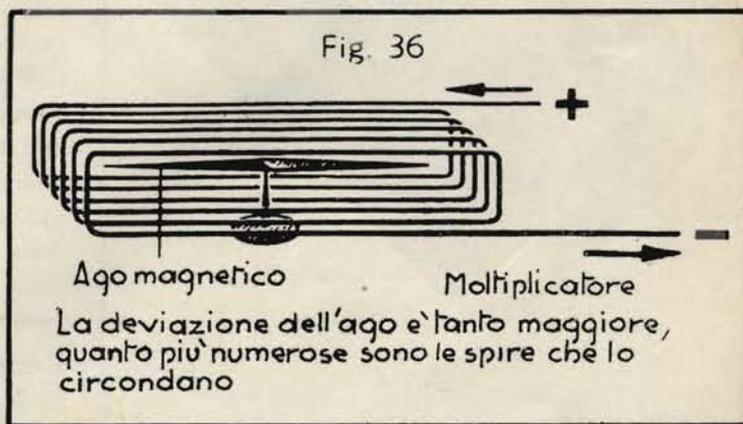
Nell'anno 1820 il professore *Giovanni Cristiano Oersted*, di Copenaghen, docente all'università di Kiel, stava eseguendo degli esperimenti per determinare la velocità di propagazione della corrente elettrica in un conduttore. Sul tavolo del laboratorio, sotto la linea percorsa dalla corrente, si trovava per caso una bussola. Un assistente di Oersted, che era presente alle esperienze, notò che, ogni qual volta veniva inserita la corrente, l'ago della bussola subiva una deviazione. Fatto osservare il fenomeno al professore, questi riconobbe subito l'enorme importanza della scoperta, sulla quale doveva poi basarsi un intero ramo della scienza elettrotecnica.





Nella fig. 33 è rappresentata la disposizione sperimentale del professor Oersted. Sopra un ago magnetico è teso un conduttore percorso dalla corrente. L'ago subisce una deviazione più o meno forte, secondo l'intensità della corrente nel filo. Con questo dispositivo semplicissimo è effettivamente possibile misurare delle correnti.

Dalle cognizioni sul magnetismo, che avete già appreso, si deduce facilmente la direzione della deviazione dell'ago ma-



gnetico. Come sapete, l'ago si orienta nel campo magnetico in modo da indicare col proprio polo nord la direzione delle linee di forza. Sapete inoltre che ogni corrente elettrica produce un campo magnetico nello spazio circostante. Nel caso del conduttore rettilineo, le linee di forza sono dei cerchi concentrici al conduttore. L'ago da bussola è però sottoposto pure all'azione del campo magnetico terrestre; esso viene quindi deviato tanto maggiormente dalla direzione nord-sud, quanto più intensa è la corrente nel filo. Quando la corrente è molto debole, l'ago non si dispone ancora completamente nella direzione delle linee di forza (fig. 34). La direzione delle linee di forza si determina mediante la già descritta *regola del cavatappi*.

Se il conduttore viene ripiegato su se stesso, in modo da passare sopra e sotto l'ago, formando una spira, entrambi i lati della spira agiscono sull'ago, e quindi, a parità di corrente, la deviazione risulta maggiore. Anche in questo caso (fig. 35) si ottiene la direzione delle linee di forza con la regola del cavatappi.

Se si dispongono ora parecchie spire attorno all'ago, in luogo di una sola, si possono misurare con un siffatto galvanometro correnti relativamente minuscole (fig. 36), poichè queste sono già sufficienti per provocare una sensibile deviazione dell'ago. Un dispositivo di questo genere è chiamato anche *moltiplicatore*, perchè produce una moltiplicazione della forza agente sull'ago.

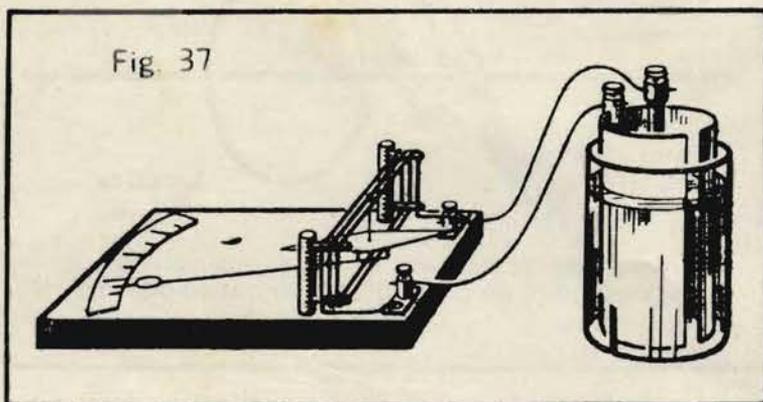
Poichè ogni ago magnetico si dispone nella direzione nord-sud, per effetto del campo magnetico terrestre, è necessario, prima di procedere alle misure, orientare lo strumento in modo da far coincidere il piano in cui giacciono le spire della bobina con la posizione iniziale dell'ago, cioè con la direzione nord-sud.

Questo galvanoscopio permette di stabilire la presenza di una corrente e naturalmente anche di determinare la direzione in base al senso della deviazione dell'ago.

Se l'ago viene dotato di un indice e di una scala adeguatamente graduata, si ha un vero e proprio strumento di misura, ottenuto con mezzi assai semplici (fig. 37).

### Il galvanometro a specchio.

Partendo dal semplice galvanometro, che abbiamo ora descritto, lo scienziato Gauss sviluppò uno strumento di misura molto sensibile, il cosiddetto *galvanometro a specchio*.



Questo strumento è costituito da un ago da bussola, oppure da una sbarretta magnetica sospesa ad un filo sottile (fig. 38-a), al quale è fissato anche uno specchietto. Un raggio proveniente da una sorgente luminosa viene riflesso dallo specchio e cade, per esempio, sulla superficie di una parete. Quando, in seguito al movimento dell'ago magnetico, lo specchietto subisce una lieve deviazione, la chiazza luminosa compie sulla parete un certo spostamento, che è tanto maggiore quanto più distante si trova la parete. Basta un mo-

vimento quasi impercettibile dello specchio per ottenere già un notevole spostamento della chiazza. Riportando sulla parete una graduazione, è possibile misurare in tal modo l'intensità della corrente, supposto naturalmente che il dispositivo sia stato adeguatamente tarato.

Nella fig. 38 è rappresentato, come paragone per il galvanometro a specchio, un ragazzo che con uno specchietto si diverte a riflettere i raggi solari. Per esperienza personale saprete certamente come una minima inclinazione dello specchio sia sufficiente per spostare di un gran tratto il raggio di luce sulla parete della casa colpita dallo stesso.

I moderni galvanometri sono straordinariamente sensibili: si possono leggere comodamente perfino frazioni di microampère. Per poter misurare con precisione anche delle correnti così estremamente piccole, la costruzione dello strumento venne alquanto modificata. Oggi è mobile la bobina, ed è invece fissa la parte magnetica; l'effetto deve essere ovviamente lo stesso, solo che prima si muoveva l'ago, ora la bobina. È chiaro poi che l'escursione risulta tanto maggiore, quanto più intenso è il campo magnetico. Ora, un ago non può produrre che un campo molto debole, date le sue minuscole dimensioni e dato che le linee di forza del circuito magnetico non si chiudono nel ferro, che è un buon conduttore del flusso magnetico, ma devono seguire un percorso nell'aria. Per queste ragioni si passò alla costruzione del moderno strumento a bobina mobile, mantenendo però la sospensione e lo specchio del vecchio galvanometro. La fig. 39 mostra il sistema di misura di un galvanometro a specchio di questo tipo.

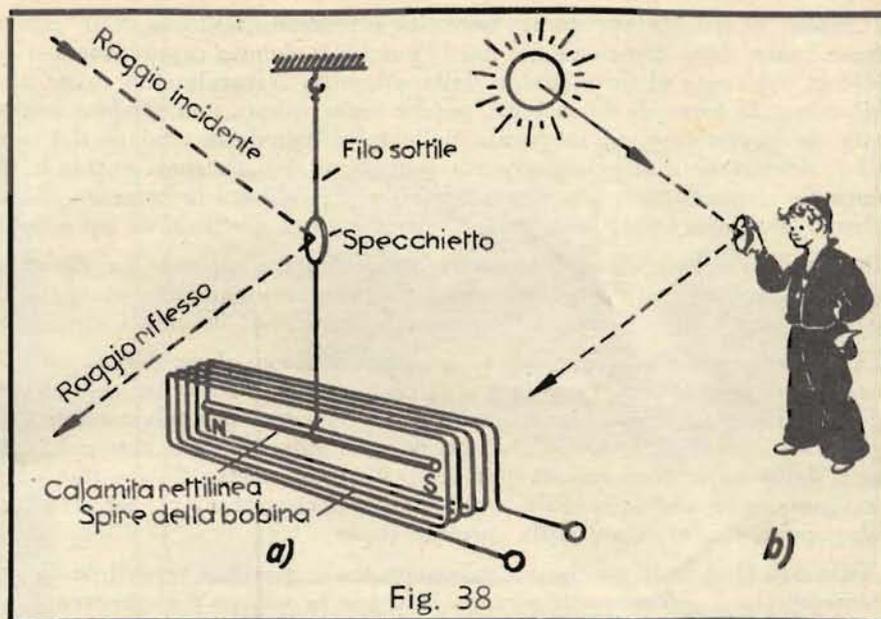


Fig. 38

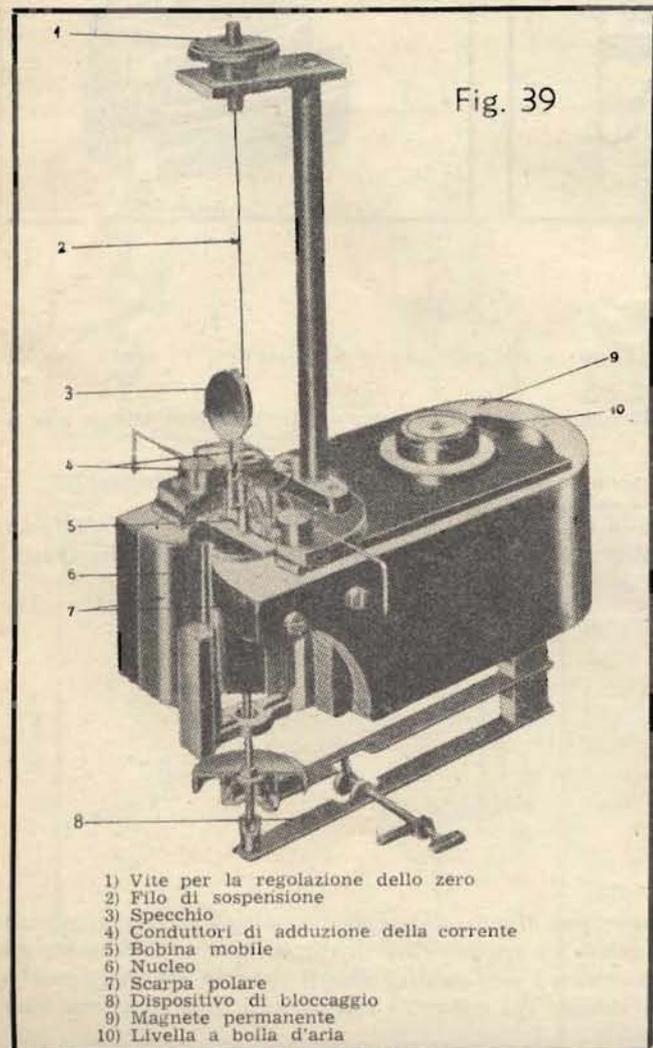


Fig. 39

- 1) Vite per la regolazione dello zero
- 2) Filo di sospensione
- 3) Specchio
- 4) Conduttori di adduzione della corrente
- 5) Bobina mobile
- 6) Nucleo
- 7) Scarpa polare
- 8) Dispositivo di bloccaggio
- 9) Magnete permanente
- 10) Livella a bolla d'aria

Osserverete subito la somiglianza con lo strumento a bobina mobile che abbiamo visto nella Dispensa N. 4. È visibile facilmente il sottile filo metallico al quale sono sospesi la bobina mobile e lo specchietto che riflette il raggio luminoso.

Sotto alla bobina mobile ed alla calamita si trova il freno pneumatico (o smorzatore ad aria), del cui funzionamento abbiamo già parlato trattando degli strumenti a ferro mobile. Lo smorzatore ad aria è importante nei galvanometri a sensibilità elevata, poichè in questo caso la bobina mobile non viene avvolta su di un telaino d'alluminio. Lo strumento è poi dotato del cosiddetto dispositivo di bloccaggio, che permette di fissare la bobina mobile e di scaricare il nastro di sospensione durante il trasporto. Questo dispositivo è necessario, poichè, essendo l'equipaggio mobile semplicemente appeso al nastro, esso potrebbe rimanere danneggiato a seguito di scosse, oppure trovandosi in posizione non verticale. Per questa ragione è montata sul sistema anche una piccola bolla livellare, che permette di portare lo strumento a piombo. Se lo strumento non venisse messo a livello, la bobina mobile potrebbe strisciare sul nucleo o sulle espansioni polari e si avrebbero di conseguenza delle misure errate.

Avrete forse notato che, a differenza del comune strumento a bobina mobile, il galvanometro a specchio non possiede molle a spirale. Ricordate sicuramente che le spiraline servono a bilanciare la forza di deviazione prodotta dalla corrente fluente nella bobina mobile; solo in tal modo è possibile ottenere una determinata posizione dell'indice per ogni valore della corrente. Nell'antico galvanometro ad ago era il magnetismo terrestre, cioè il campo magnetico naturale della terra, che controbilanciava la forza di deviazione agente sull'ago.

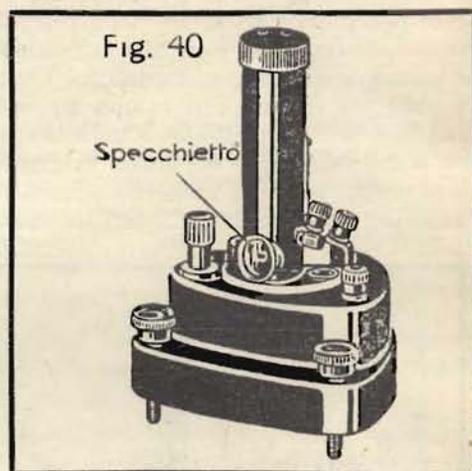
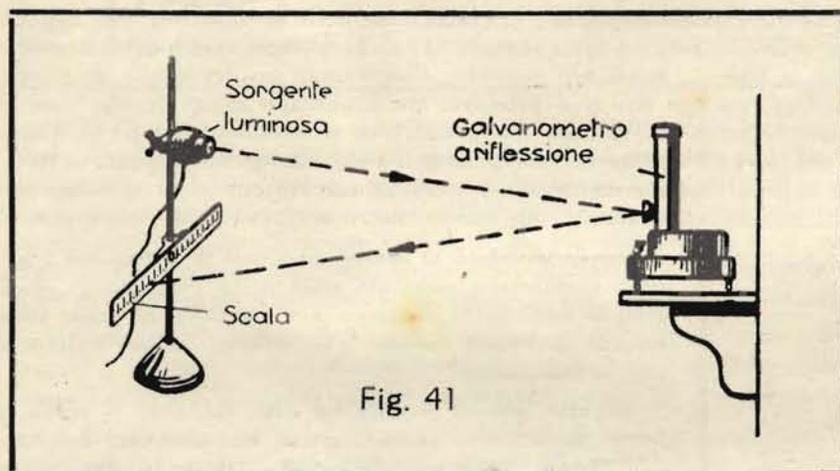
Per questo appunto occorreva orientare lo strumento in modo da far corrispondere il piano della bobina alla

direzione nord-sud; ma questa necessità è scomoda nell'uso. Col galvanometro moderno invece non occorre tener conto della direzione del nord, poichè il debole campo magnetico terrestre è completamente trascurabile in confronto al forte campo della calamita. Naturalmente esiste anche qui una forza antagonista, atta a bilanciare la forza di deviazione, poichè senza questa non sarebbe nemmeno possibile misurare. Essa viene fornita, in questo caso, in mancanza delle spiruline, dalla torsione del nastro di sospensione. Più grande è la forza di deviazione e maggiore diventa la torsione del nastrino e quindi la tendenza a ritornare nella posizione normale. I conduttori, attraverso i quali viene addotta la corrente della bobina mobile, non devono esercitare alcuna ulteriore forza; sono quindi generalmente costituiti da un sottilissimo nastrino di oro tenero.

Il campo di misura dei galvanometri a specchio è compreso tra circa 0,0001 microampère e 10 microampère. A questo proposito va ricordato che 1 microampère equivale ad appena un milionesimo di ampère: ciò basta per indicare sufficientemente l'eccezionale sensibilità di questi strumenti.

La fig. 40 rappresenta in modo schematico la disposizione dell'apparecchiatura occorrente per l'uso di un galvanometro a specchio. Con l'aiuto di un sistema di lenti un raggio di luce, proveniente da un'apposita sorgente luminosa, viene concentrato sullo specchietto del galvanometro. Da qui il raggio è riflesso su di una scala graduata, sistemata in modo che, quando nel galvanometro non passa corrente il raggio cada esattamente sullo zero della scala. Non appena attraverso il galvanometro fluisce una corrente, sia pure assai debole, la traccia luminosa si sposta sulla scala, verso destra o verso sinistra, secondo la direzione della corrente, fermandosi in corrispondenza al valore della corrente stessa.

Nella fig. 41 si vede un tipo di galvanometro a specchio reperibile in commercio. Per finire osserviamo esplicitamente che i galvanometri servono solo per la misura delle correnti continue.



## Domande

- 1) Che cosa si intende per millivoltmetro?
- 2) Un millivoltmetro ha una resistenza interna di 2 ohm. Usato come misuratore di corrente, presenta una deviazione di 0,01 ampère per ogni divisione.
  - a) A quale intensità di corrente corrisponde una deviazione di 150 divisioni, semprechè non esista alcuno shunt?
  - b) Che shunt occorre per misurare col medesimo strumento una corrente massima di 150 ampère?
- 3) Un voltmetro, della portata di 10 volt, va trasformato in modo da poterlo usare per tensioni fino a 50 volt. Da un catalogo è noto che questo strumento presenta una resistenza interna di 1000 ohm per volt. Qual è il valore della resistenza addizionale necessaria per il campo di misura di 50 volt?

## IMPIANTI TELEGRAFICI

### Apparecchiature per la telegrafia Morse

#### Il ricevitore acustico battente.

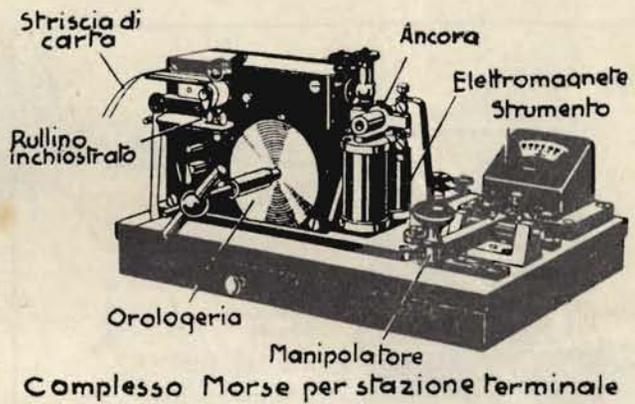
Nella telegrafia Morse si usavano, in passato, non solo i ricevitori Morse, dotati di dispositivo scrivente, ma anche dei ricevitori acustici battenti. Nella fig. 42 è rappresentato un apparecchio di questo genere, sistemato entro un'adatta custodia, aperta anteriormente. Il ricevitore acustico non è altro che il sistema elettromagnetico di un ricevitore Morse, racchiuso entro una custodia amplificatrice del suono. I telegrammi in arrivo sono rice-

Fig. 42



Apparecchio Morse non scrivente per ricezione acustica

Fig. 43

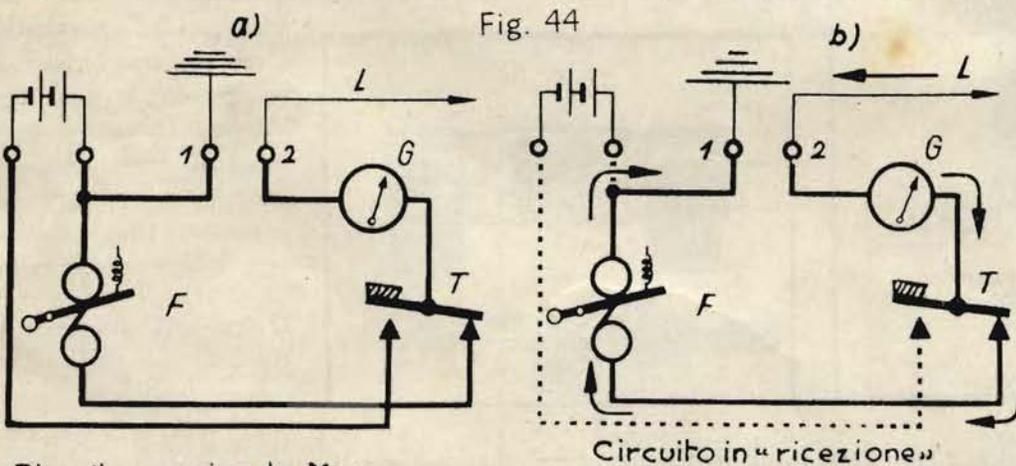


vuti a orecchio dal funzionario postale. Un telegrafista esercitato è spesso in grado di ricevere dei messaggi più rapidamente col ricevitore acustico che col telegrafo scrivente Morse.

**Il complesso Morse.**

L'industria fornisce per le stazioni telegrafiche dei cosiddetti *complessi Morse*, nei quali tutti gli apparecchi occorrenti sono riuniti su di una base comune.

Fig. 44



Ricevitore scrivente Morse a inserzione diretta, per correnti di lavoro

Circuito in "ricezione"

Circuito in "trasmissione"

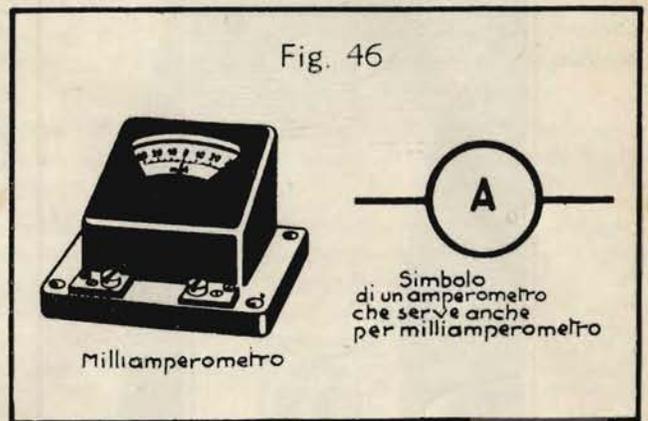
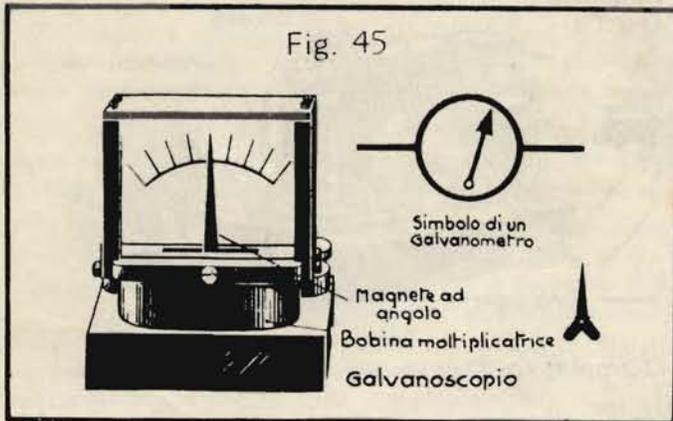
La fig. 43 rappresenta uno di questi complessi; si tratta di un ricevitore Morse ad inserzione diretta, per correnti di lavoro. La figura 44-a mostra lo schema di questa apparecchiatura. Il ricevitore scrivente è indicato con la sigla *F*, il manipolatore Morse con *T*; *G* è lo strumento indicatore, del quale parleremo tra breve. Abbiamo qui una cosiddetta *stazione terminale*, cioè una stazione situata all'inizio oppure alla fine di una linea (le altre si chiamano *stazioni intermedie*).

La corrente telegrafica proveniente dalla linea *L* attraversa il circuito nel senso delle frecce riportate nella fig. 44-b. Quando invece si telegrafia dalla stazione considerata, la corrente segue il percorso indicato nella fig. 44-c.

Nel caso di temporali si possono, per ragioni di sicurezza, collegare direttamente i due morsetti 1 e 2 (fig. 44), in modo da mettere a terra tutto il dispositivo e particolarmente la linea.

Lo strumento indicatore contrassegnato nella fig. 44 con *G* è un *galvanoscopio*; esso è visibile anche nella fig. 43, in fondo a destra. Nell'esercizio telegrafico si desidera avere un controllo continuo della corrente circolante nella linea. Il galvanoscopio permette di controllare anche lo stato della linea, poichè, se questa è interrotta, la corrente non passa più, e lo strumento rimane inattivo.

Nei complessi Morse moderni si usano milliamperometri a bobina mobile con zero centrale, ma le apparecchiature più vecchie sono ancora dotate di autentici galvanoscopi. La fig. 45 mostra uno strumento di questo genere, e riporta a fianco il simbolo dello stesso. La bobina situata nella parte inferiore dello strumento si chiama

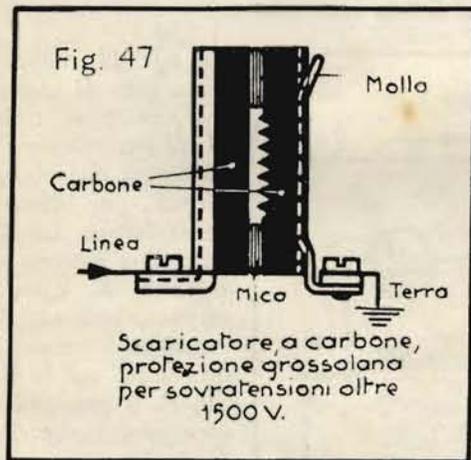


bobina moltiplicatrice, perchè moltiplica la deviazione dell'indice. Nella fig. 46 si vede invece un milliamperometro usato negli apparecchi moderni, e accanto ad esso ancora il suo simbolo.

### Protezione contro le sovratensioni degli impianti telegrafici

Tutte le linee e le apparecchiature di telecomunicazione vanno protette contro le scariche o, rispettivamente, le cariche atmosferiche.

Non esiste protezione sufficiente contro i fulmini, che colpiscono le linee aeree su palificata; tuttavia è assai importante che almeno le minori scariche o sovratensioni d'origine atmosferica vengano condotte, in modo sicuro, a terra.

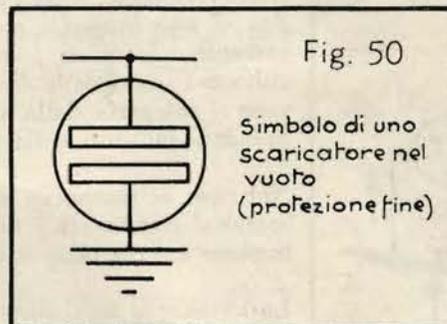
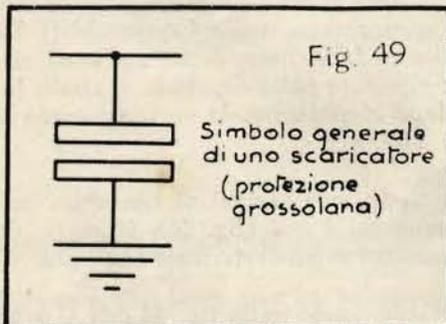


Quando una linea aerea si carica per effetto atmosferico, si formano spesso tensioni rilevanti che possono talora arrecare danni.

L'elettricità atmosferica ad alta tensione stenta ad attraversare le bobine dotate di molte spire e di una elevata

induttanza, poichè queste si comportano come impedenze. Però quando l'alta tensione si scarica attraverso tali bobine, esse vengono distrutte con grande facilità. Molti impianti telegrafici, per esempio i ricevitori Morse, contengono alcune di queste

grosse bobine, ed occorre pertanto proteggerle convenientemente. Si usano a questo scopo degli appositi parafulmini, chiamati scaricatori di sovratensioni, i quali facilitano il passaggio dell'elettricità atmosferica alla terra, impedendole di raggiungere le bobine e gli altri organi delicati.



Nella fig. 47 è rappresentato schematicamente uno scaricatore di sovratensione per protezione grossolana. Esso è costituito da due piastre di carbone con uno strato isolante intermedio di mica. Le piastre sono collegate l'una con la linea da proteggere, l'altra con la terra. Una delle due piastre è dentata come una sega, poichè le punte

favoriscono l'uscita della scarica elettrica. Con uno scaricatore a carbone di questo genere si possono condurre, senza danno, a terra tensioni superiori ad un minimo di 1500 volt.

Anche le sovratensioni atmosferiche più piccole possono però essere pericolose per le apparecchiature telegrafiche; oltre alla protezione grossolana occorre quindi anche una protezione fine, come quella visibile nella fig. 48. Essa è costituita da due elettrodi di carbone (o anche di metallo), affacciati l'uno all'altro a piccola distanza, e contenuti in un tubetto di vetro entro il quale è stato fatto il vuoto. Questi cosiddetti scaricatori nel vuoto conducono a terra le sovratensioni superiori a 300 volt. Il simbolo generale per uno scaricatore, e in particolare per una cosiddetta protezione grossolana contro le sovratensioni, è riportato nella figura 49, mentre la fig. 50 rappresenta il simbolo normalizzato di uno scaricatore nel vuoto (protezione fine).

**Valvole fusibili.**

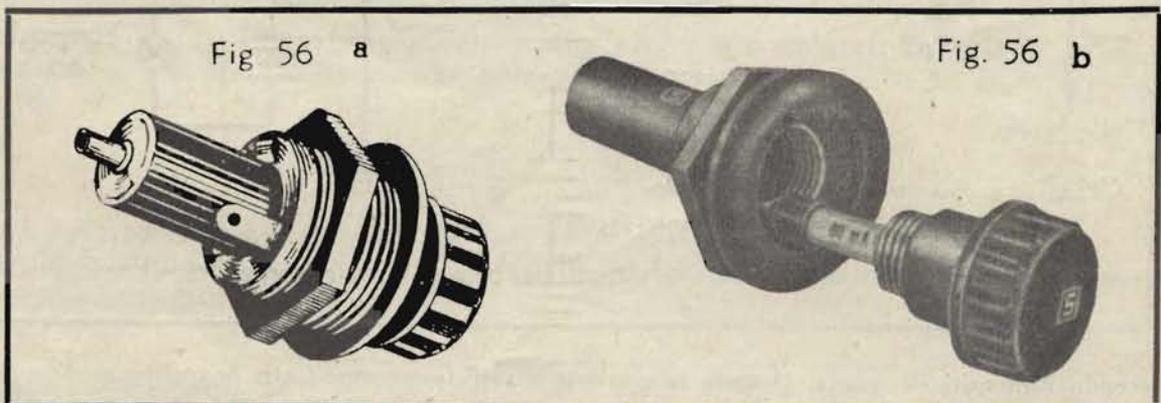
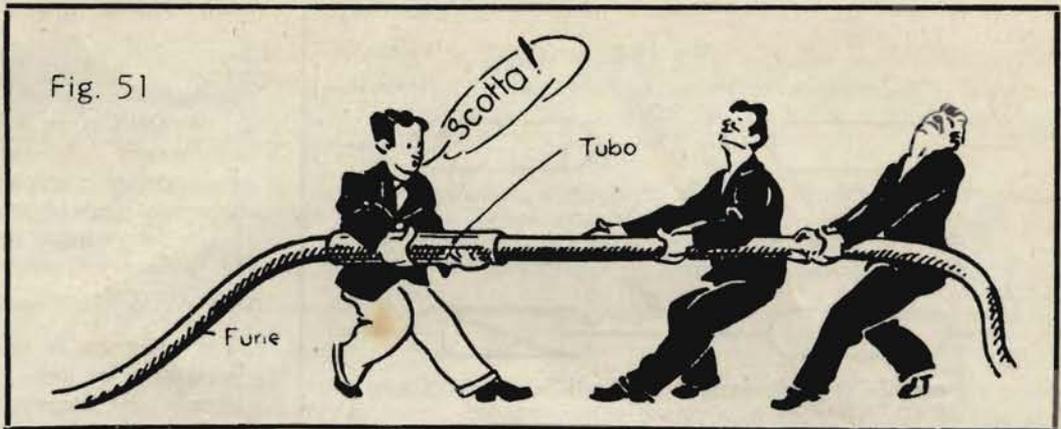
Negli impianti elettrici si possono talora provocare, a seguito di circostanze disgraziate, dei cosiddetti corti circuiti, i quali possono causare essi pure la distruzione di singole parti. Come protezione contro i corti circuiti si impiegano le valvole fusibili.

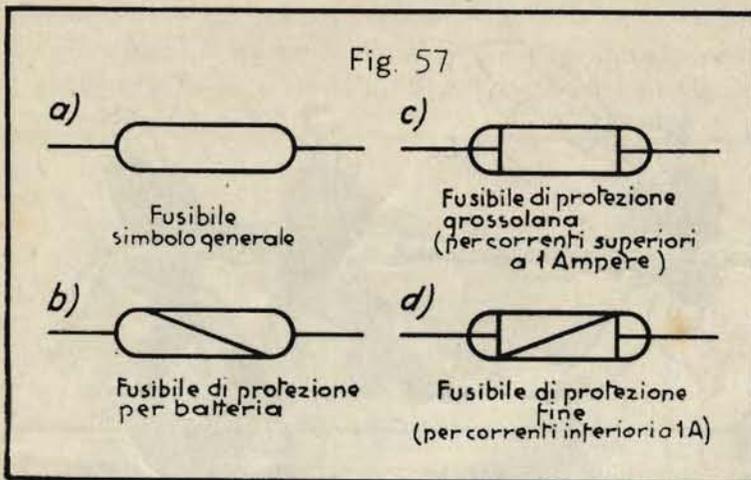
È noto che la corrente elettrica si manifesta, tra l'altro, per mezzo dei suoi effetti termici, sfruttati, per esempio, nelle stufette elettriche, nei ferri da stiro, ecc. L'effetto termico della corrente si presenta sempre quando in un circuito è inserita una resistenza e la tensione è abbastanza grande per far passare attraverso ad essa una forte intensità di corrente.

Per facilitare la comprensione del fenomeno facciamo un paragone:

Nella fig. 51 c'è un uomo che tiene in mano un tubo di metallo, attraverso al quale viene fatta scorrere velocemente una fune. Se la fune è grossa, il tubo si riscalderebbe a causa dell'attrito,

fino addirittura a scottare. Ciò avviene, sia nel caso che la fune venga fatta scorrere sempre nella medesima direzione, sia che venga tirata avanti e indietro. Per superare la resistenza opposta dal tubo occorre natural-

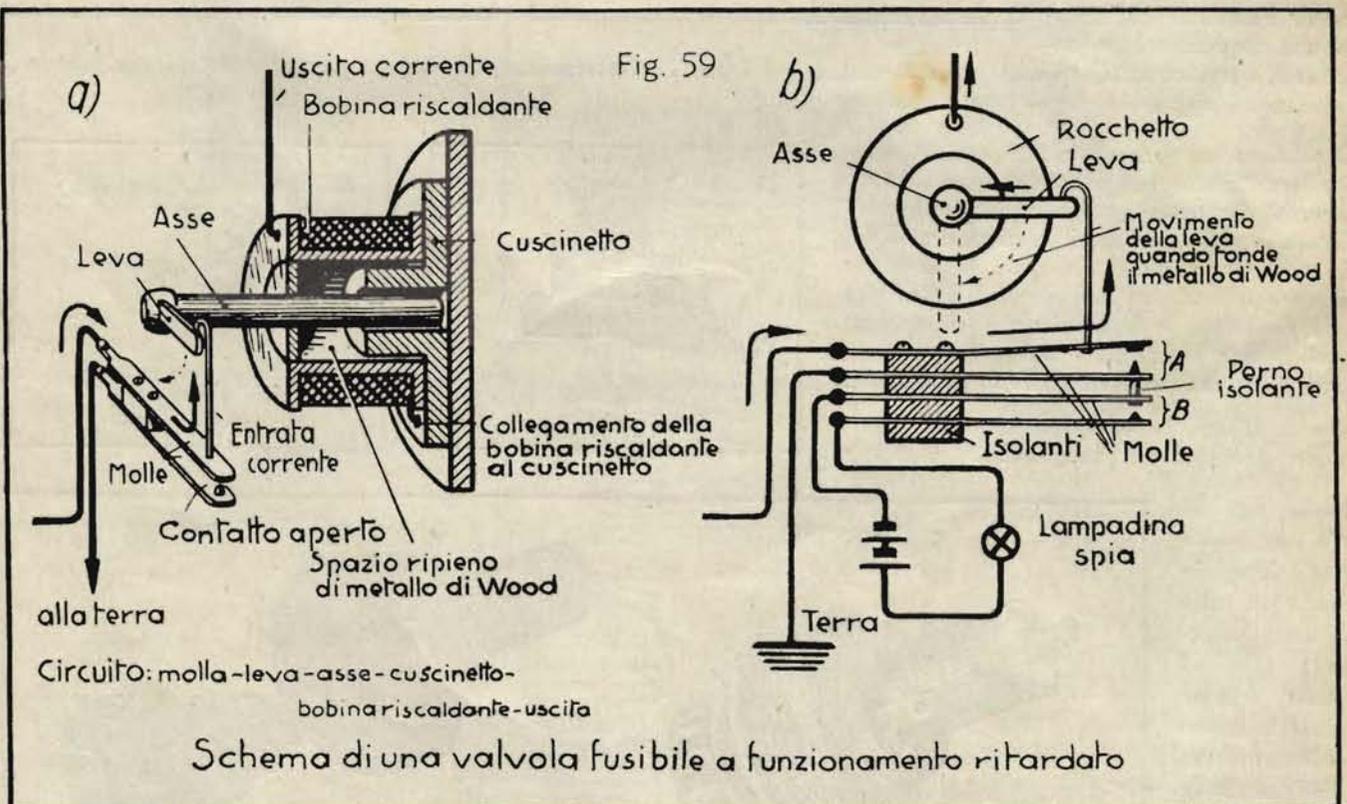
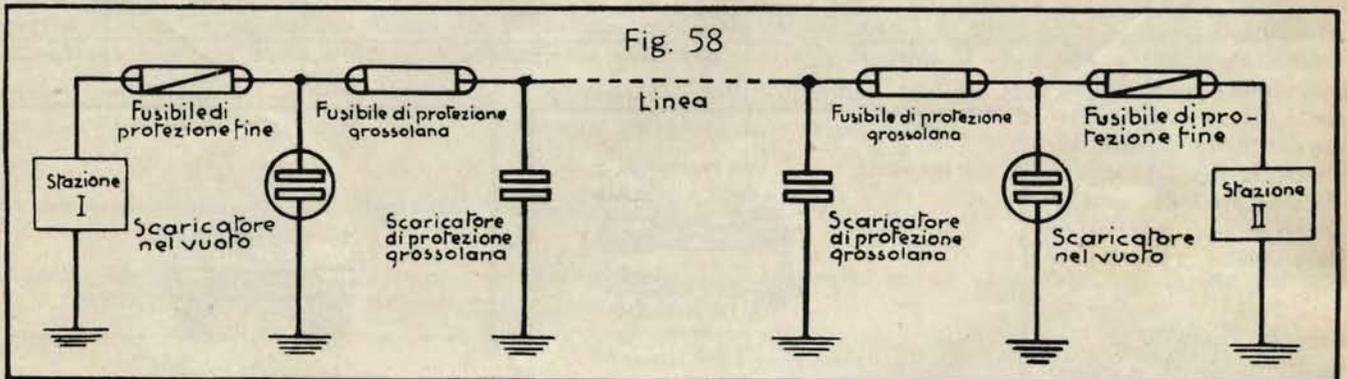




mente che la fune venga tirata con forza.

Tutto questo riportato alle condizioni elettriche significa quanto segue. Il riscaldamento di un conduttore è tanto maggiore, quanto più intensa è la corrente che lo attraversa; non importa a questo proposito che si tratti di corrente continua o alternata. Occorre però che la tensione sia abbastanza elevata per far passare attraverso la resistenza data una forte corrente.

Se si inserisce in un certo punto, entro una linea elettrica (che presenta una piccola resistenza alla corrente), un filo sottile, dotato di una resistenza piuttosto forte, esso, al passaggio della corrente, si riscalda più o meno,



secondo l'intensità di questa. Quando la corrente è sufficientemente forte, la resistenza diventa incandescente e alla fine essa fonde. Su questo fenomeno è basata la costruzione delle valvole fusibili (dette anche semplicemente i fusibili), per la protezione degli impianti elettrici.

## I fusibili a cartuccia.

Nella tecnica delle telecomunicazioni si usano i cosiddetti *fusibili a cartuccia*, come quello rappresentato nella fig. 52. Il *filo fusibile* è contenuto in un *tubetto di vetro*, con le estremità annegate nella sabbia. Variando il diametro del filo, si può determinare l'intensità di corrente per la quale il filo fonde. Si fabbricano a questo modo *valvole*, per la protezione grossolana, fino a 6 ampère.

Accanto a queste *valvole grossolane* esistono anche le *protezioni fini*, costituite da un *tubetto di vetro* contenente due mollette unite mediante una goccia di metallo di Wood (fig. 53). Il metallo di Wood è una lega speciale che fonde già a 60 gradi. Non appena la corrente supera circa  $\frac{1}{2}$  ampère, il metallo di Wood fonde e le due mollette scattano interrompendo il circuito. Questo fusibile per protezione fine si chiama anche *cartuccia di Bose*.

I fusibili sono dotati di cosiddetti *contatti a coltello*, oppure di *contatti cilindrici* (fig. 52 e 53), per l'inserzione negli appositi zoccoli (fig. 54 e 55). Per il montaggio negli apparecchi si preferiscono i *portafusibili del tipo della fig. 56-a*, che vengono inseriti in un apposito foro del pannello e fissati, stringendoli con un dado da avvitare posteriormente. Con questa disposizione la sostituzione del fusibile dall'esterno è molto facilitata (figura 56-b).

I simboli normalizzati dei differenti tipi di fusibili sono riuniti nella fig. 57. Per fusibili principali, come quelli usati per la protezione delle reti di corrente forte, si usa il simbolo della fig. 57-a, mentre i fusibili per la protezione di batterie, o per le derivazioni, corrispondono alla fig. 57-b. I fusibili di protezione grossolana e quelli di protezione fine sono riportati negli schemi, conformemente alle figg. 57-c e 57-d.

Nella fig. 58 è mostrato schematicamente in quali punti di una linea telegrafica (o telefonica), e in quale ordine di successione, sono da inserire gli scaricatori ed i fusibili.

## I fusibili a tempo.

Per la protezione contro lievi, ma continue correnti eccessive, quali possono essere, per esempio, quelle provocate da un effetto induttivo di linee di corrente forte, adiacenti alla linea di telecomunicazione, si impiegano i cosiddetti *fusibili a tempo* (o a funzionamento ritardato).

Un aumento della corrente di breve durata non può causare, generalmente, alcun danno, ma se tale aumento si prolunga per parecchio tempo, le bobine degli apparecchi si riscaldano e finiscono per bruciare.

Per la protezione ritardata si usano nella tecnica delle telecomunicazioni, per esempio, i cosiddetti *fusibili a rocchetto*. Questi sono costituiti da un *tubetto corto ripieno di metallo di Wood* e circondato da una bobina riscaldante. Nella fig. 59-a è mostrata la sezione di un fusibile di questo genere. Nel rocchetto è infilato un asse, dotato di una leva, sulla quale agisce una molla. La bobina riscaldante è collegata da un lato alla linea, dall'altro al cuscinetto nel quale è registrato l'asse. Il collegamento al resto della linea passa poi attraverso l'asse e la molla.

La fig. 59-b rappresenta il fusibile a rocchetto visto di fronte. Quando la corrente perdura troppo forte per un tempo prolungato, la bobina si riscalda, il metallo di Wood si liquefa e la molla tira in basso la leva, poichè l'asse non è più bloccato dal metallo di Wood. La molla, rimasta quindi libera, chiude il contatto nel punto A, collegando in tal modo la linea alla terra ed evitando un danneggiamento dell'apparecchiatura.

Spesso i fusibili di questo genere sono dotati anche di una *seconda coppia di molle*, costituenti il contatto B, il quale serve per l'allacciamento di un circuito ausiliario con lampadina di segnalazione, per avvertire del guasto avvenuto. Questo *dispositivo d'allarme* è riportato schematicamente nella fig. 59-b.

Sempre basati sul medesimo principio, esistono anche i *fusibili a funzionamento ritardato a forma di cartuccia*.

I fusibili a rocchetto possono essere usati nuovamente anche dopo il loro funzionamento. Basta infatti riscaldarli per fondere il metallo di Wood e riportare la levetta nella posizione primitiva; in tal modo il fusibile è nuovamente pronto per l'uso.

## Domande

1. A che scopo servono gli strumenti di misura installati nelle apparecchiature telegrafiche?
2. Quali sono i tipi di scaricatori, per la protezione degli impianti di telecomunicazione, che voi conoscete?
3. Qual è il compito dei fusibili a tempo?

## Risposte alle domande di pag. 18

1. Un millivoltmetro è uno strumento che permette di misurare i millesimi di volt.
2. a) L'intensità di corrente è:  $150 \cdot 0,01 = 1,5$  ampère.

- b) La portata massima di 150 ampère richiede l'allargamento del campo di misura di cento volte, ossia  $n = 100$ . Il valore dello *shunt* occorrente si ricava dalla formula (23):

$$R_p = \frac{R_i}{n - 1} = \frac{2}{100 - 1} = \frac{2}{99} \text{ ohm}$$

3. Dobbiamo calcolare dapprima la resistenza interna totale. Se per 1 volt si ha una resistenza di 1000 ohm, ciò significa che per 10 volt si hanno  $10 \cdot 1000 = 10\,000$  ohm. Ora, si vuole aumentare di 5 volte il campo di misura. Secondo la formula (21) abbiamo:

$$R_s = R_i \cdot (n - 1) = 10\,000 \cdot (5 - 1); \quad R_s = 10\,000 \cdot 4 = 40\,000 \text{ ohm} = 40 \text{ kOhm (40 chilo-ohm)}.$$

Per l'occasione, calcoliamo rapidamente la corrente che attraversa il voltmetro. In base alla legge di Ohm, essa

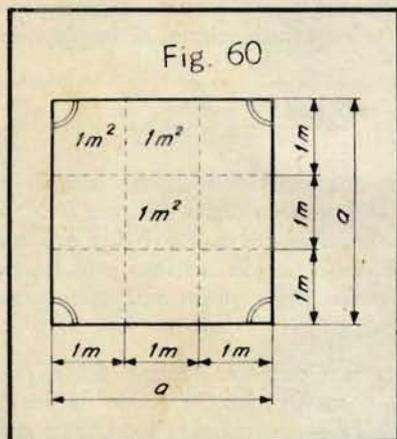
$$I = \frac{V}{R} = \frac{1 \text{ volt}}{1000 \text{ ohm}} = 1 \text{ milliamperè}$$

## MATEMATICA

### 11. L'estrazione delle radici (continuazione dalla Dispensa N. 5).

#### La radice quadrata.

Abbiamo già spiegato che cosa sia la radice quadrata: nient'altro che un valore, variabile, generalmente, per ogni numero, che si trova con un'operazione matematica. Vi sarete certamente chiesti perchè questa radice sia quadrata; non basta parlare di radice? Effettivamente, quando si dice soltanto radice, si intende la radice quadrata, e vi spiegheremo ora perchè questa si chiami così.



Voi sapete che cos'è un quadrato, e sapete che l'area di un quadrato, il cui lato equivale, per esempio, a 3, è uguale a  $3 \cdot 3$  ossia a  $3^2$  (fig. 60).  $3^2$  si legge: *tre alla seconda potenza*, oppure, *perchè indica l'area di un quadrato, tre al quadrato*. Per questo, invece di: *moltiplicare un numero per se stesso*, si dice anche: *elevare un numero al quadrato*.

Ecco alcuni esempi di *elevazione al quadrato*:

$$3^2 = 3 \cdot 3 = 9; \quad 5^2 = 5 \cdot 5 = 25; \quad 10^2 = 10 \cdot 10 = 100$$

L'operazione inversa dell'elevazione al quadrato è l'estrazione della radice quadrata. Quando si scrive per esempio  $\sqrt{9}$ , ciò significa che si deve estrarre la radice di 9; in altre parole, si chiede: *qual è il numero che, elevato al quadrato, dà 9?* Sappiamo che questo numero è 3; infatti  $3 \cdot 3 = 9$ . Quindi  $\sqrt{9} = 3$ ;  $\sqrt{25} = 5$ ;  $\sqrt{100} = 10$ .

Queste radici si chiamano *radici quadrate*, perchè si cerca il numero che, elevato al quadrato, equivale al numero posto sotto al segno di radice. Im-

parerete in seguito che esistono anche altre radici, ma queste sono contraddistinte in un modo particolare:

Quando si parla semplicemente di radice e si usa il segno  $\sqrt{\quad}$ , si tratta sempre della radice quadrata.

Negli esempi precedenti l'estrazione della radice era assai facile. Chi conosce bene la tavola pitagorica, sa scrivere subito il risultato. Nei casi più difficili ci si può servire della tabella riportata in fondo alla Dispensa N. 5; con la quale vi siete già esercitati.

Questa tabella contiene le radici di tutti i numeri da 1 a 99, inoltre le radici dei numeri tondi 100, 110, 120 ecc. fino a 1000. Quando si deve estrarre la radice di un numero qualsiasi, che non sia uno di questi numeri tondi, si può stimarne il valore con sufficiente esattezza basandosi sulle radici dei numeri tondi, come vedrete subito.

Nei calcoli tecnici non occorre generalmente una grandissima precisione. Per questa ragione non si deve quasi mai tener conto della terza cifra decimale nella Tabella delle Radici. Per esempio, nella quasi totalità dei calcoli è del tutto sufficiente se si scrive  $\sqrt{540} = 23,24$ . In moltissimi casi basta addirittura scrivere 23,2. Se quindi si cerca per esempio  $\sqrt{545}$ , si sa che questo valore deve trovarsi a metà tra  $\sqrt{540}$  e  $\sqrt{550}$ , quindi tra 23,24 e 23,45. La distanza tra questi due numeri è 0,21, la metà è circa 0,10. Quindi  $\sqrt{545} = 23,24 + 0,10 = 23,34$ .

A questo modo, basandosi sulle radici dei numeri tondi contigui, è facile trovare una buona approssimazione per qualsiasi radice. Si dice allora che si è compiuta una *interpolazione* e che la radice cercata è stata determinata interpolando la Tabella delle Radici. Può darsi che con questo sistema il valore trovato non riesca completamente esatto, ma ciò non ha importanza, tanto più che si può sempre controllare l'esattezza della radice moltiplicandola per se stessa, come è stato spiegato nella Dispensa N. 5.

Come si fa a estrarre la radice dei numeri maggiori di 1000, che non sono più contenuti nella tabella? Anche ciò è possibile, servendosi della

**Regola 14:** Per trovare la radice dei numeri maggiori di 1000 si separano con la virgola, a destra, 2 o 4 o 6 cifre (sempre un numero pari di cifre), finchè si ottiene un numero contenuto nella Tabella. Da questo si estrae la radice per mezzo della Tabella e la si moltiplica per 10 oppure per 100 oppure per 1000, secondo che prima siano state separate 2 oppure 4 oppure 6 cifre.

Per controllare se la virgola è stata messa al giusto posto, basta tener presente che la radice di un numero di 1 o 2 cifre è sempre un numero di 1 cifra; quella di un numero di 3 o 4 cifre è sempre un numero di 2 cifre; quella di un numero di 5 o 6 cifre è sempre un numero di 3 cifre; e quella di un numero di 7 o 8 cifre è sempre un numero di 4 cifre (non contando i decimali).

**Problema 1:**  $\sqrt{47\ 000} = ?$

**Soluzione:** Separiamo due cifre. Il problema diventa:  $\sqrt{470} = ?$

In base alla Tabella della Dispensa N. 5 si ottiene  $\sqrt{470} = 21,68$ . Questo valore va ancora moltiplicato per 10, perchè prima abbiamo separato due cifre. Quindi:  $\sqrt{47\ 000} = 216,8$ .

In questo problema si trattava di trovare la radice di un numero di 5 cifre. Il risultato deve essere quindi di 3 cifre (non contando i decimali), ossia la virgola deve trovarsi dopo la terza cifra. Il risultato deve essere quindi 216,8; non può essere nè 21,68 nè 2168.

**Problema 2:**  $\sqrt{4\ 700} = ?$

**Soluzione:** Anche qui si separano due cifre. Secondo la Tabella,  $\sqrt{47} = 6,856$ . Questo valore va moltiplicato per 10, e si ottiene  $\sqrt{4\ 700} = 68,56$ .

**Osservazione:** L'esattezza della regola sopra riportata è evidente, se si considera quanto segue: 47 000 è la medesima cosa come  $100 \cdot 47$ . Quindi  $\sqrt{47\ 000}$  equivale a  $\sqrt{100 \cdot 47}$ , ossia  $\sqrt{47\ 000} = \sqrt{100} \cdot \sqrt{47}$ . Ora  $\sqrt{100}$  è uguale a 10, e quindi  $\sqrt{47\ 000} = 10 \cdot \sqrt{47}$ . È dimostrato così che si ottiene la radice di 47 000 moltiplicando per 10 la radice di 470. Per la medesima ragione è esatto scrivere:

$$\sqrt{4\ 700} = 10 \cdot \sqrt{47};$$

$$\sqrt{470\ 000} = 100 \cdot \sqrt{47};$$

$$\sqrt{4\ 700\ 000} = 100 \cdot \sqrt{470}.$$

### Risposte alle domande di pag. 23

1. Gli strumenti di misura inseriti nelle linee telegrafiche servono a controllare costantemente le correnti circolanti nelle linee e quindi anche lo stato delle linee.
2. Esistono scaricatori a carbone come protezione grossolana e scaricatori nel vuoto come protezione fine contro le sovratensioni.
3. I fusibili a tempo servono come protezione contro gli aumenti di corrente di lieve entità ma prolungati. Essi non interrompono il circuito immediatamente, ma solo dopo un certo tempo.

## LA NATURA DELL'ELETTRICITÀ

Nella precedente Dispensa vi abbiamo esposto, sotto questo titolo, alcune nozioni generali sulla natura e la costituzione della materia. Apprenderete ora maggiori particolari sugli elettroni ed avrete la spiegazione di alcuni fenomeni elettrici, considerati dal punto di vista della teoria elettronica.

### Le particelle costitutive della materia

Fin dagli inizi della chimica scientifica si sapeva che la maggioranza delle sostanze può essere separata, per via chimica, in vari componenti completamente diversi. Le sostanze che, invece, non possono essere ulteriormente separate coi mezzi della chimica, si chiamano *sostanze elementari* o *elementi*. Sono per esempio elementi il rame, il ferro, il carbonio, lo zolfo, l'ossigeno, ecc. Questi elementi sono costituiti da *atomi*. Gli atomi di un medesimo elemento sono tutti eguali, mentre gli atomi di elementi diversi hanno caratteristiche differenti, per esempio il *pcso*.

Le *sostanze composte*, cioè non elementari, come l'acqua, l'acido solforico, ecc., sono formate dall'unione di vari elementi e sono costituite da uno o più atomi di questi elementi, che si raggruppano assieme a formare una minuscola quantità di sostanza composta, ossia una *molecola*. Così, per esempio, nella combustione dello zolfo si uniscono sempre un atomo di zolfo con due atomi d'ossigeno, formando una molecola di anidride solforica, un gas dall'odore pungente. Le molecole sono effettivamente le maggiori particelle costituenti la materia. Si è trovato, anzi, che anche nella maggior parte degli elementi gli atomi si uniscono sempre a due o più per volta, formando una molecola, che, in questo caso, risulta costituita da atomi del medesimo elemento. Gli atomi e le molecole non sono mai completamente immobili, ma si spostano con movimenti irregolari.

Nella Dispensa precedente abbiamo visto che l'atomo è costituito da un *nucleo positivo* e dagli *elettroni* ruotanti attorno ad esso. Il nucleo contiene *protoni* (positivi) e *neutroni* (neutri). Le cariche, positiva del nucleo e negativa degli elettroni, generalmente si compensano a vicenda nell'ambito dell'atomo.

### Gli elettroni liberi.

Se guardiamo di nuovo col nostro immaginario « microscopio speciale », di cui ci siamo serviti nell'ultima Dispensa, nell'interno del filo di rame, notiamo che non tutti gli elettroni si muovono sulle stesse traiettorie. Ci sono elettroni che ruotano vicini al nucleo, altri che si spostano su orbite molto lontane. Ci sono però anche molti elettroni che ruotano tutti seguendo la medesima orbita. E infine scorgiamo delle piccolissime particelle, che si aggirano tra gli atomi senza ruotare costantemente attorno al medesimo nucleo, ma volando, ora qua ora là, attraverso ai vari sistemi planetari, con un moto del tutto disordinato, come uno sciame di moscerini, e compiendo i singoli balzi, da un punto all'altro, con la velocità di molti chilometri al secondo. Queste piccole particelle sono *elettroni liberi*.

C'è una quantità di sostanze nelle quali gli elettroni si liberano con facilità dai vincoli atomici. Si tratta in primo luogo dei metalli, che posseggono una quantità rilevante di elettroni. *Quando un atomo, che era dapprima elettricamente neutro, perde uno o più elettroni, esso diventa positivo. Accade poi anche che certi atomi catturino qualche elettrone in più di quelli, che normalmente possiedono, e allora diventano elettricamente negativi.* Gli atomi, elettricamente non neutri, che si formano a codesto modo si chiamano *ioni*. Quando un atomo diventa uno ione si dice che esso si ionizza.

### Moto degli elettroni sotto l'influenza di una sorgente di tensione.

Quando inseriamo *la corrente*, cioè inviamo nel filo l'elettricità prelevata da una batteria, facciamo una sorprendente scoperta. È vero che *i movimenti disordinati degli elettroni rimangono; però a questi movimenti si aggiunge un moto uniforme*: l'intero sciame dei moscerini si mette a spostarsi lungo il filo, come se qualcuno lo spingesse. L'effetto della batteria è dunque questo spostamento dello sciame: *l'elettricità stessa non è che questo spostamento.*

Ci sono molti elettroni liberi che, colpendo un atomo, rimangono legati ad esso; altrettanti però sono quelli che riescono, nel medesimo tempo, a sfuggire all'atomo, che li tratteneva, ed a mettersi a guizzare attorno liberamente.

Indovinate ora qual è *la velocità con la quale gli elettroni si spostano sotto l'influenza della batteria?* « 300 000 chilometri al secondo »! direte subito: « è questa infatti la pazzesca velocità dell'elettricità ». Sbagliato! Lo sciame degli elettroni si sposta invece molto lentamente: più lentamente di una lumaca, malgrado la gigantesca velocità con la quale gli elettroni compiono la loro danza a zig-zag. *Lo spostamento dello sciame di elettroni è soltanto di pochi millimetri o frazioni di millimetro al secondo.* Vedremo in seguito da che cosa dipenda questa velocità.

Interrompiamo la corrente. Che rimane? Abbiamo ancora atomi ed elettroni nel filo, come se non fosse successo proprio niente. Che ha fatto dunque la nostra sorgente di corrente? Non ha fatto niente altro che spostare lo sciame di moscerini, nè più nè meno. Non ha *prodotto* elettroni; ha soltanto causato un *moto* degli elettroni; non ha generato nulla, ha solo effettuato un lavoro.

Come è dunque possibile, dato questo spostamento così sorprendentemente lento degli elettroni, che si telegrafi e si trasmettano notizie attraverso ai fili con velocità fulminea?

Non sono gli elettroni che si spostano come razzi lungo i fili; è solamente la *pressione*. Se l'acquedotto raddoppiasse improvvisamente la pressione con la quale spinge l'acqua nelle tubazioni delle nostre case, questa pressione si propagherebbe velocissima per le tubazioni, molto più celermente di quanto scorra l'acqua stessa.

Le particelle d'acqua possono anche spostarsi solo per un piccolissimo tratto, eppure il colpo è immediatamente percettibile all'estremità della tubazione. Ora l'acquedotto deve spingere qualcosa di pesante e di inerte come l'acqua, mentre la sorgente di corrente elettrica fa muovere soltanto le minuscole particelle elementari, gli elettroni, lungo le maglie larghe e rade, che costituiscono i nostri fili di rame. Quando essa comincia a *soffiare* da un lato e a succhiare dall'altro, ogni elettrone viene spinto e tirato nel medesimo tempo.

Quando si parla di *elettroni liberi*, sembrerebbe che queste minuscole particelle non avessero alcun rapporto con la sostanza nella quale sono contenuti. Eppure ognuno di questi elettroni è un componente essenziale del filo e dei suoi atomi.

La costituzione degli atomi di un filo di rame è molto più complessa di quella dell'atomo d'idrogeno, di cui abbiamo già parlato. Il nucleo è composto da 35 neutroni e 29 protoni e attorno ad esso ruotano 29 elettroni, distribuiti su varie orbite, più o meno vicine al nucleo. Gli elettroni dell'orbita più esterna hanno una certa tendenza all'*autonomia*. *Accade così che, a volte, uno di questi elettroni si liberi e vada poi aggirandosi tra gli atomi fino ad incontrare per caso un atomo al quale sia appena sfuggito un elettrone.*

Dunque se un elettrone abbandona il suo atomo, varia la costituzione di questo. Non è ciò una specie di disintegrazione o trasformazione dell'atomo?

Non si può negare che la perdita di un elettrone modifichi l'atomo. Anzitutto c'è un cambiamento elettrico, poichè un atomo che ha perso un elettrone possiede una carica positiva di troppo e risulta quindi elettricamente positivo. Possiamo quindi dire che:

*La carica positiva è dovuta a mancanza di elettroni.*

La fuga di un elettrone non è del resto, per l'atomo, altro che uno stimolo a ricompetersi al più presto, catturando un altro elettrone. A parte ciò, *la perdita di un elettrone non significa nulla, poichè solo quando viene intaccato anche il nucleo e ne vengono tolti dei protoni, l'atomo perde la forza di attrarre tanti elettroni quanti ne possedeva in precedenza. E solo allora l'atomo diventa un altro.*

### Conduttori e non conduttori dell'elettricità.

Gli elettroni *liberi* sono, per così dire, i vagabondi del mondo atomico. Ora, esistono atomi che tengono ben legati tutti i membri della loro famiglia e non permettono loro una simile vita zingaresca. Sono gli atomi « per bene », dalle buone tradizioni familiari. Gli altri sono invece i vagabondi, i « pocodibuono ». Ci sono poi, naturalmente, anche quelli che non si contano nè tra gli uni, nè tra gli altri, e che chiudono ogni tanto un occhio e lasciano un po' di libertà ai loro elettroni. I vagabondi sono i metalli. Uno di quelli della peggior risma è l'atomo di rame. E per questo il filo di rame è un così eccellente e ricercato conduttore della corrente elettrica.

*Perchè un corpo sia buon conduttore, occorre che possenga un gran numero di elettroni liberi.* Sappiamo che nel rame il numero degli elettroni liberi uguaglia all'incirca il numero degli atomi, mentre nelle altre sostanze gli elettroni sono molto meno liberi e quindi la conducibilità è meno buona.

Il contrario di un buon conduttore è un isolante. *Negli isolanti non esistono elettroni liberi. Il miglior isolante è naturalmente il vuoto, nel quale non si trovano atomi nè elettroni; ma purtroppo questo isolante non esiste che relativamente, perchè è impossibile fare il vuoto assoluto.*

Tra gli isolanti e i conduttori ci sono i *conduttori mediocri* e i *cattivi conduttori*. Anche questi hanno la loro ragione di essere: *servono come resistenze, cioè come freni per gli elettroni.*

Ora che sapete che gli elettroni si spostano lungo il filo, vi chiederete anche che cosa avvenga quando il filo, a un certo punto, diviene più sottile o più grosso. Vi passano allora meno o più elettroni? Oppure diventano più rapidi o più lenti? Gli elettroni si comportano nell'identica maniera come le particelle d'acqua in una conduttura. Se la sezione di un canale diventa più stretta, le particelle d'acqua sono obbligate a scorrere più velocemente. Così anche *gli elettroni si spostano lentamente nei fili di grossa sezione e sono costretti a scorrere più velocemente dove il filo diventa più sottile, come per esempio nel sottilissimo filamento di una lampadina.* Ritornando poi nel filo grosso, gli elettroni diventano subito più lenti.

### La produzione elettrica di calore spiegata con la teoria degli elettroni.

Quando una sorgente di corrente continua sospinge la massa degli elettroni attraverso ai fili, imprime a questo sciame di particelle in movimento disordinato una determinata, se pur piccola, velocità media. Se ora *si raddoppia la tensione*, che cosa succede? Si è tentati di supporre che allora si liberino ancor più elettroni dalla sostanza metallica, per immettersi nella corrente. In verità la cosa è diversa: *il numero di elettroni rimane inalterato, ma essi si spostano con la velocità doppia. E se aumentiamo la tensione di dieci volte, lo « sciame di moscerini » si sposterà dieci volte più presto.*

Ma questa ipotesi non è in contraddizione con la legge, tante volte dimostrata, per cui l'intensità di corrente è uguale in tutti i punti di un circuito? No, perchè l'intensità di corrente non dipende dalla quantità di elettroni presenti, ma dal numero di elettroni che passano in un punto qualsiasi del filo in un dato tempo, per esempio in un secondo. Quello che importa è dunque il tempo. Supponiamo, per esempio, che in ogni secondo passino 100 elettroni attraverso la sezione del nostro filo. In questo caso non ha alcuna importanza se ogni centesimo di secondo ne passa uno a gran velocità, oppure se ne passano cento tutti assieme, lentamente, in un secondo.

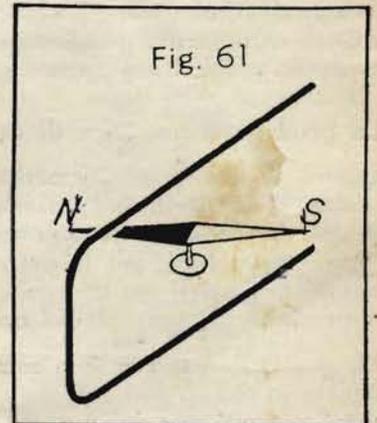
Qualcuno potrebbe ancora osservare: il fatto che il filo si riscaldi maggiormente nel punto ove è più sottile, non dimostra che esso è percorso in quel punto da un maggior numero di elettroni? Possiamo immaginare che il flusso di elettroni, passando dal grosso filo della linea al filo sottilissimo di una lampadina, venga addirittura compresso e che per questo si sviluppi calore.

La scienza invece ci insegna che, *nel filo, gli elettroni cozzano continuamente contro gli atomi.* Ciò frena fortemente la loro velocità, allo stesso modo con cui una corrente d'aria, in una tubazione, viene frenata da un filtro inserito nella stessa. È solo questo *effetto frenante* a impedire che gli elettroni si spostino con quella velocità enorme, che sappiamo essere propria dell'elettricità. *Frenando si sviluppa calore, e ciò avviene anche nel filo percorso dalla corrente.* È evidente che questo calore sarà tanto maggiore, quanto più velocemente saranno sospinti gli elettroni. *Aumentando la pressione, il filo si riscalda al punto da diventare incandescente e da fondersi (per esempio nelle valvole fusibili).*

La storia degli elettroni sembra un po' una favola del paese delle meraviglie. Eppure è soltanto questa teoria, chiamata « elettronica », che permette di spiegare tanti fenomeni, particolarmente della radiotecnica. L'elettronica viene applicata in pratica nelle valvole radio, nei tubi a raggi catodici, nel microscopio elettronico, nella televisione, ecc. Sarà certamente assai utile, se ci dedicheremo un po' più profondamente a questo interessantissimo ramo della tecnica.

## COMPITI

- Che cos'è un altoparlante « magnetodinamico »?
- Come si chiamano le resistenze, che vengono aggiunte ad uno strumento di misura, per allargarne il campo di misura,
  - negli amperometri?
  - nei voltmetri?
- Uno strumento a bobina mobile, con una resistenza interna di 2 ohm, ha una portata di 0,25 volt. Quale resistenza addizionale occorre per poter misurare 25 volt?
- Un milliamperometro, la cui resistenza interna è di 1,4 ohm, deve servire per misurare 150 milliamperè. Senza shunt lo strumento ha la portata di 10 milliamperè. Che valore deve avere lo shunt?
- Disegnate la direzione della corrente nella spira della fig. 61, affinché l'ago subisca la deviazione rappresentata.
- A quale tipo di valvola appartengono i fusibili a rocchetto?
  - $5x + 7x + 8 = 44; \quad x = ?$
  - $13x - 8x - 16 = 39; \quad x = ?$
  - $60x + 7 - 14x + 23 = 36 + 50; \quad x = ?$
- $4 \cdot (18 - 2x) = 20x - (11x - 4); \quad x = ?$
- |                     |                     |                        |                             |
|---------------------|---------------------|------------------------|-----------------------------|
| a) $\sqrt{333} = ?$ | b) $\sqrt{225} = ?$ | c) $\sqrt{6\,400} = ?$ | d) $\sqrt{7\,900\,000} = ?$ |
|---------------------|---------------------|------------------------|-----------------------------|



## FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 8

Formula

(21) Resistenza addizionale  $R_s = R_1 \cdot (n - 1)$  . . . . . Pag. 10

(22) Rapporto di due resistenze in parallelo:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} \text{ oppure } \frac{I_1}{I_2} = \frac{G_1}{G_2} . . . . . \text{ " } 12$$

(23) Resistenza in derivazione:  $R_p = \frac{R_1}{n - 1}$  . . . . . " 12

---

Stampato come manoscritto

Ogni alienazione, prestito o diffusione in genere di questa dispensa, anche in riassunto, è proibita.

Tutti i diritti, in particolare la traduzione in lingue straniere, sono riservati.

---

TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI

---

OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO, 9  
VARESE

---

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

## INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 9

	Pag.
<b>Riassunto della materia trattata nella Dispensa precedente</b>	1
<b>Radiotecnica</b>	1
Il tubo elettronico	1
I fenomeni fisici dei tubi elettronici	2
Il tubo elettronico dotato di griglia	3
Il collegamento della batteria di griglia	4
La batteria combinata di placca e di griglia	5
Forme costruttive delle valvole termoioniche	5
Domande	7
<b>Matematica</b>	7
La radice cubica	7
Radici superiori	9
<b>Telefonia</b>	9
Impianti telefonici a « inserzione diretta »	9
Simboli importanti	9
Apparecchi telefonici con tasto d'inserzione nell'impugnatura	10
La comunicazione telefonica	10
Circuiti di chiamata e circuiti telefonici	10
Apparecchi telefonici con gancio di commutazione	11
Gli attacchi delle stazioni telefoniche	11
Ganci e forcelle di commutazione	11
Impianti telefonici a « inserzione indiretta »	13
Domande	14
<b>Matematica</b>	14
Rapporti e proporzioni	14
<b>Telefonia</b>	15
L'induttore a manovella	15
La generazione magnetoelettrica di tensione	16
La regola della mano destra	18
Il generatore magnetoelettrico (dinamo)	18
Domande	21
<b>Elettrotecnica generale</b>	21
Calcolo di resistenze	21
Dipendenza delle resistenze dalla temperatura	24
<b>Compiti</b>	27

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 9

## RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

In una precedente Dispensa è stata descritta la costituzione dell'orecchio tecnico; nella Dispensa N. 8 siamo passati invece all'importante ed interessante campo degli *altoparlanti*. A questo proposito avete appreso che esistono due grandi gruppi di altoparlanti: quelli *magnetici* e quelli *dinamici*. Del primo gruppo avete conosciuto gli altoparlanti a megafono, quelli a superficie vibrante estesa, i sistemi a due e a quattro poli e il sistema a oscillazione libera. In relazione agli altoparlanti dinamici avete conosciuto l'importanza dei magneti *a vaso* e di un tipo di altoparlante particolarmente semplice, l'altoparlante a magnete permanente.

Nella Dispensa N. 7 avete appreso varie nozioni sulla natura dell'elettricità, che sono state ampliate nella Dispensa N. 8. Avete studiato sicuramente con interesse la descrizione di alcuni fenomeni elettrici, dal punto di vista della teoria elettronica, allargando così, in maniera piacevole, le vostre cognizioni generali sulla costituzione della materia. Vedrete in seguito che, nella tecnica delle alte frequenze, sono indispensabili buone cognizioni della teoria degli elettroni.

Nel Capitolo sulla *Tecnica delle misure* è proseguita la descrizione degli strumenti a bobina mobile e vi è stato mostrato che questi servono anche per la misura delle tensioni. Avete appreso il modo di allargare il campo di misura mediante inserzione di resistenze; si tratta di un accorgimento indispensabile, data l'elevata sensibilità degli strumenti a bobina mobile, per cui questi, da soli, sono adatti solamente per misurare valori assai piccoli. Le espressioni di: « *resistenza addizionale* » e di « *derivatore* » o « *shunt* » vi sono ormai familiari. Alla fine del Capitolo seguiva una descrizione dei vecchi strumenti ad ago, il galvanoscopio ed il galvanometro ad ago, dal quale deriva il galvanometro a specchio, frequentemente usato in pratica.

Nel campo della *Telegrafia* vi sono stati descritti alcuni importanti apparecchi usati nella telegrafia Morse: il ricevitore acustico, che consente solamente la ricezione ad orecchio, e il complesso Morse, nel quale su di una unica piastra base sono riuniti tutti gli strumenti necessari per telegrafare. In relazione a queste apparecchiature siamo passati a parlare della protezione contro le sovratensioni, questione importantissima nell'interesse della conservazione degli impianti e della sicurezza d'esercizio.

Abbiamo trattato di *scaricatori a carbone*, *scaricatori nel vuoto* e infine dei *fusibili*, che costituiscono la protezione contro i corti circuiti. Avete così conosciuto i *fusibili a cartuccia* e i *fusibili a tempo*, entrambi utilizzati nella tecnica delle telecomunicazioni.

Nella *Matematica* abbiamo proceduto nel campo delle equazioni e ci siamo rivolti infine nuovamente alle radici quadrate.

Anche la precedente Dispensa recava dunque molte cose nuove e interessanti, contribuendo a far sì che continuiate lo studio con piacere inalterato.

## RADIOTECNICA

### Il tubo elettronico

Il tubo elettronico costituisce una delle parti più importanti utilizzate nella radiotecnica. Sono solo i tubi elettronici che hanno reso possibile lo sviluppo di tutta la moderna tecnica dell'alta frequenza; l'elettrotecnica moderna non può più farne a meno.

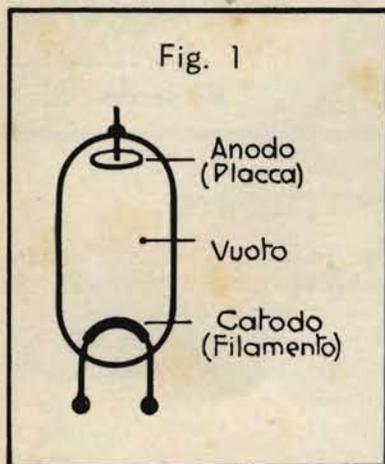
Osservando l'interno di un apparecchio radio, avete notato come prima cosa i tubi elettronici. Forse voi li chiamate ancora « *lampadine* » o « *lampade-radio* ». Una parola migliore è « *valvole* »: la denominazione esatta però è « *tubi elettronici* »; giusta è, tuttavia, anche quella di « *valvole termoioniche* », denominazione che spiegheremo in seguito. I *tubi elettronici* sono usati non solo negli *apparecchi riceventi*, ma anche nelle *stazioni trasmettenti*, negli *amplificatori* e perfino in una *quantità di apparecchi di comando o di regolazione automatica* impiegati nella tecnica delle correnti forti. Stiamo dunque iniziando la trattazione di un campo straordinariamente importante; voi stesso ne siete sicuramente convinto.

Nelle due precedenti Dispense è già stata trattata la teoria degli elettroni. Sentendo parlare di « *tubi elettronici* », si forma già nella vostra mente l'immagine degli elettroni guizzanti; ed è bene sia così, poichè altrimenti non potreste comprendere completamente il funzionamento dei tubi elettronici in parola.

Inoltriamoci dunque passo passo in questo nuovo, e, vorremmo dire, meraviglioso campo della tecnica. Seguiteci bene e non sorvolate una sola riga.

## I fenomeni fisici dei tubi elettronici

Il tubo elettronico è costituito, in primo luogo, da un recipiente di vetro di forma tubolare, dall'interno del quale è stata estratta l'aria. Nel tubo si trova un sottile filo metallico, i cui terminali attraversano il vetro, uscendo dal bulbo; è il cosiddetto « filamento » (fig. 1). Esso assomiglia al filamento incandescente di una lampadina; durante il funzionamento il tubo elettronico emette una debole luce e viene perciò chiamato alle volte « lampadina-radio ».



Collegando i terminali del filamento, per esempio, ad una pila tascabile oppure ad un accumulatore, esso diventa incandescente. L'osservatore ignaro dirà che tutto si limita a questa luminosità, più o meno rossiccia o biancastra.

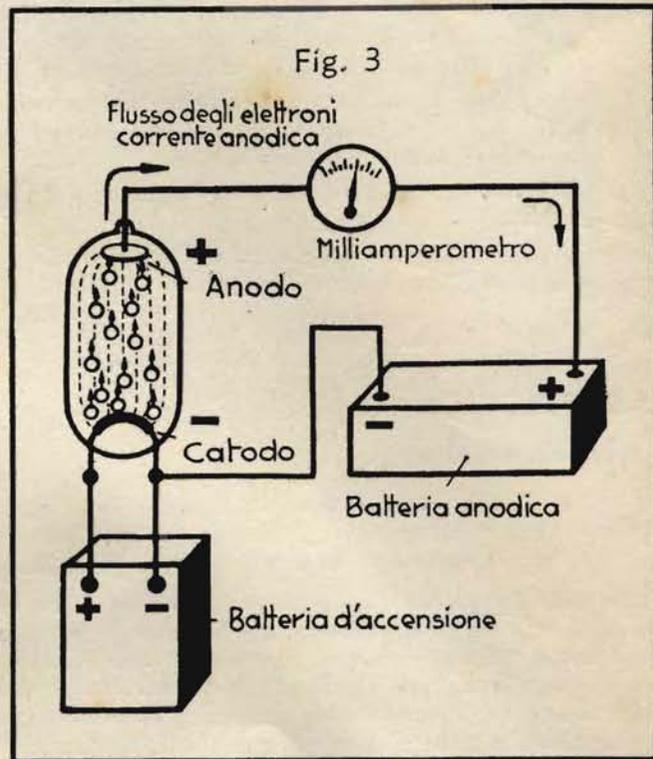
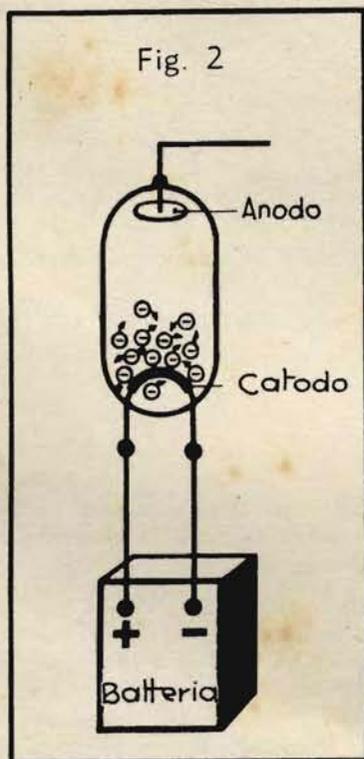
Nella fig. 1 si scorge però nell'interno del tubo elettronico, oltre al filamento, che si chiama « catodo », anche un'altra parte importante, il cosiddetto « anodo ». Esso è costituito da una piastrina di lamiera, o placca, che può essere disposta, per esempio, come si vede nella fig. 1.

Supponete ora che una sorgente di corrente venga collegata al filamento.

Gli elettroni, che premono insistentemente per uscire dal polo negativo, trovano improvvisamente una strada aperta per riversarsi verso il polo positivo, e cominciano così a scorrere, all'esterno della sorgente stessa, dal polo negativo al polo positivo. Strada facendo incontrano un punto dove la

via si stringe, diventando quanto mai scomoda e difficoltosa: è il sottile filamento del tubo elettronico; per il grande attrito degli elettroni, questo non tarda molto a riscaldarsi e a diventare incandescente. Avviene ora come se gli elettroni non potessero sopportare il grande calore del filamento. Essi fanno parte, è vero, del filamento stesso, ma più questo è caldo e più essi cercano di uscirne fuori. Favoriti dal fatto che l'aria è stata estratta dal tubo, gli elettroni evaporano dal filamento formando una specie di nuvola di elettroni, che si addensa attorno ad esso. Poiché la perdita di elettroni equivale ad una carica positiva, il filamento diventa positivo, ossia si « ionizza », come abbiamo visto che si dice; e quindi esercita una certa forza d'attrazione sugli elettroni, che non riescono perciò ad allontanarsi troppo. La nuvola di elettroni è costituita quindi da milioni e milioni di elettroni; il loro numero è tanto più grande, quanto più elevata è la temperatura del filamento; dipende inoltre anche dalla qualità del materiale di cui il filamento stesso è costituito. Nella fig. 2 sono disegnati alcuni di questi elettroni; le piccole frecce indicano la direzione nella quale essi potrebbero muoversi nell'istante considerato.

Noi abbiamo però delle determinate intenzioni nei riguardi degli elettroni. Prima abbiamo fatto in modo che gli elettroni uscissero dal catodo, formando la nuvola; ma ora che sono tutti attorno ad esso come i pulcini attorno alla chiocciola, vogliamo far di più. Ci serviamo a questo scopo della placca (anodo), inserita nel tubo elettronico, ed applichiamo ad essa un'altra sorgente di tensione, in modo che il polo positivo sia collegato con la placca (anodo), il negativo col filamento (catodo). Ecco che im-



provvisamente gli elettroni sentono la forte attrazione della placca: essa infatti è caricata positivamente, presenta quindi una mancanza di elettroni. È chiaro pertanto che gli elettroni si precipiteranno per la via più breve sull'anodo, ossia sulla placca, dove non fa caldo e dove essi sono richiesti. Parrà strano che una corrente di elettroni possa passare dal catodo all'anodo, attraverso il vuoto del bulbo di vetro; eppure lo strumento di misura, inserito nel circuito anodico, come indicato nella fig. 3, conferma senza possibilità di dubbio l'esistenza di una corrente.

Riassumendo, vi preghiamo di ricordare bene questi fatti:

Gli elettroni liberi escono dal catodo, cioè dal filamento incandescente, e formano una specie di nuvola attorno a questo filo. Se si collega tra anodo e catodo una seconda batteria, in modo che l'anodo sia positivo rispetto al catodo, gli elettroni della nuvola attorno al catodo si precipitano attraverso il vuoto del tubo elettronico, cadendo sull'anodo, dal quale fanno ritorno al filamento, passando attraverso la batteria anodica. Un milliamperometro inserito nel circuito anodico indica in modo evidente il passaggio della corrente.

Se invece la batteria anodica venisse collegata in modo inverso, cioè col polo positivo al filamento e quello negativo alla placca, non passerebbe alcuna corrente. Ecco quindi spiegato l'altro nome, quello più comune, del tubo elettronico: « *valvola termoionica* ». *Valvola*, perchè lascia passare la corrente solo in un determinato senso; *termoionica*, perchè, con un mezzo termico (ossia calorico), costituito dall'incandescenza del filamento, si provoca la *ionizzazione* di questo, ossia la fuoriuscita (l'emissione) degli elettroni.

Dalla fig. 3 avete appreso che la sorgente di elettricità, applicata ai due capi del filamento, si chiama « *batteria d'accensione* », mentre quella inserita tra anodo e catodo si chiama « *batteria anodica* ». La placca si chiama « *anodo* », perchè è collegata col polo positivo della batteria; il filamento invece si chiama « *catodo* », perchè è unito al polo negativo. *Anodo* e *catodo*, insieme, si chiamano anche « *elettrodi* » della valvola termoionica.

Un paragone che presenta un'analogia abbastanza stretta coi fenomeni ora descritti è rappresentato nella fig. 4. Dell'acqua viene fatta bollire in un bulbo di vetro; il vapore che si sviluppa sale ed esce all'estremità superiore del bulbo, mentre all'estremità inferiore si può aggiungere sempre nuova acqua.

Avete appreso poco fa che il catodo emette degli elettroni, e in quantità tanto maggiore, quanto più esso viene riscaldato, quanto più è grande e quanto più adatto è il materiale di cui il filamento è costituito. Per la fabbricazione dei filamenti si impiegano quindi materiali speciali, su quali viene spruzzato uno strato particolarmente adatto all'emissione degli elettroni. Questo strato è costituito principalmente da *ossido di bario*, cioè da un composto dell'elemento *bario* con l'*ossigeno*. Nella fabbricazione delle valvole, lo strato d'ossido viene preparato per lo svolgimento di una emissione di elettroni particolarmente efficace, mediante il cosiddetto « *processo di formazione* »; questo consiste nel far funzionare per parecchio tempo il tubo elettronico finito con una corrente parecchie volte superiore a quella d'esercizio.

L'intensità della corrente elettronica dipende anche dalla tensione della batteria anodica. Se l'anodo è collegato con una tensione elevata, esso attrae più elettroni che nel caso di una piccola tensione. È possibile quindi regolare il valore della corrente elettronica, cioè variarne l'intensità, aumentando o diminuendo la corrente d'accensione, oppure la tensione anodica.

La regolazione della corrente anodica è perciò, come vedrete, d'importanza straordinaria e si cercarono pertanto altre soluzioni di tale problema. Le cognizioni della natura dell'elettricità, racchiuse nella teoria elettronica, portarono infine ad una soluzione geniale, di cui bisogna sottolineare la grandissima importanza. Si sapeva che gli elettroni sono dotati di una carica negativa, come pure che le cariche di ugual segno si respingono, mentre quelle di segno differente si attraggono. Voi conoscete tutto questo e comprenderete quindi facilmente che una carica negativa possa respingere gli elettroni o, perlomeno, frenarli nella loro corsa.

## Il tubo elettronico dotato di griglia

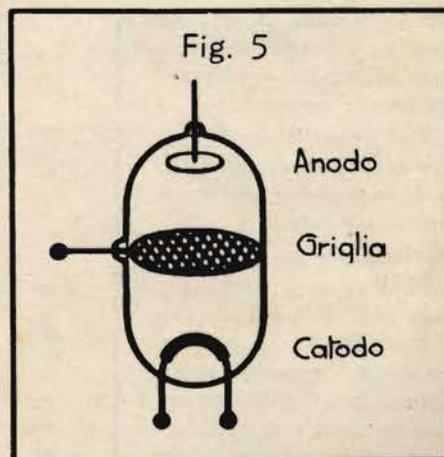
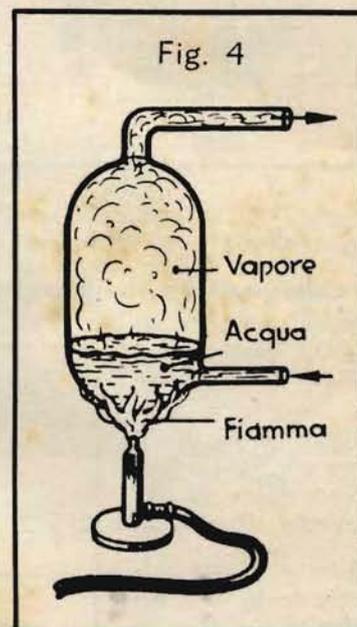
Disponendo fra il catodo (filamento) e l'anodo (placca) del tubo elettronico ora descritto, una specie di grata o griglia, è possibile influenzare la corrente elettronica fluente dal catodo all'anodo. Ciò avviene applicando alla griglia una tensione negativa più o meno elevata.

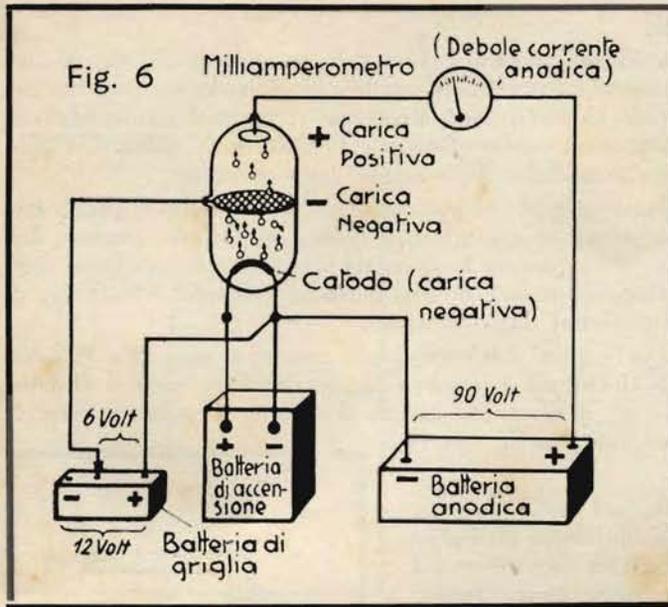
Nella fig. 5 è rappresentata una griglia metallica di questo tipo. Gli elettroni emessi dal filamento incandescente possono passare pressochè indisturbati attraverso le maglie della griglia, raggiungendo l'anodo positivo. Essi non hanno alcuna tendenza a cadere sulla griglia, fintantochè questa rimanga neutrale.

Osservate ora la fig. 6. La griglia riceve una carica negativa di data intensità, prelevata da una terza sorgente di corrente, la cosiddetta « *batteria di griglia* ». Questa batteria viene collegata col meno alla griglia della valvola, col più al catodo (fig. 6). Come comprenderete facilmente, la griglia diventa in tal modo negativa rispetto al catodo. In seguito a questa carica negativa della griglia, gli elettroni emessi dal catodo, che sono essi pure negativi, vengono respinti in massima parte dalla griglia e non giungono alla placca.

D'altra parte è possibile che, in determinati casi, l'attrazione esercitata dall'anodo sugli elettroni giacenti sotto la griglia sia talmente forte, da superare in parte l'effetto respingente della griglia.

Cade allora sull'anodo un certo numero di elettroni.





Più la carica negativa della griglia è debole e più elettroni riescono naturalmente a raggiungere l'anodo, passando attraverso la griglia. In altre parole: l'intensità della corrente elettronica è tanto maggiore, quanto minore è la carica negativa della griglia, e viceversa. Variando la tensione della batteria di griglia si ha quindi la possibilità di regolare la corrente elettronica.

A questo modo è perfino possibile sopprimere la corrente elettronica; basta dare un valore sufficientemente elevato alla tensione negativa di griglia, per esempio - 20 volt, come nella fig. 7.

Se si invertono i collegamenti della batteria di griglia, in modo che la griglia si trovi applicata al polo positivo e quindi dotata di una carica positiva, la griglia provoca perfino un aumento della corrente anodica. Essa aiuta, in un certo senso, ad attirare gli elettroni fuori del catodo. Quando però gli elettroni arrivano tra le maglie della griglia, sentono che più in là c'è un elettrodo ancora più positivo e volano fino ad esso. Solo una piccola parte degli elettroni va a colpire la griglia; si forma così una corrente di

griglia, che rimane però assai piccola. La parte preponderante degli elettroni fluisce dal catodo all'anodo e provoca una forte escursione del milliamperometro inserito nel circuito anodico (fig. 8).

### Il collegamento della batteria di griglia

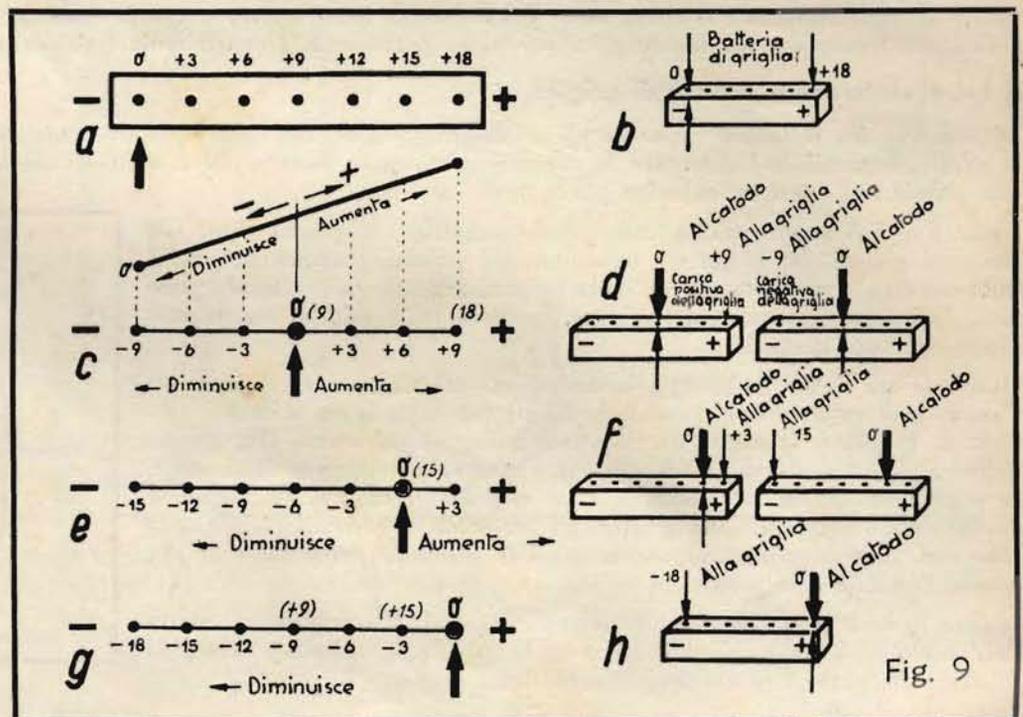
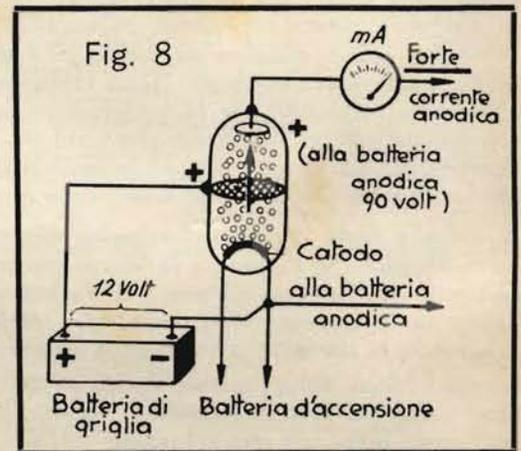
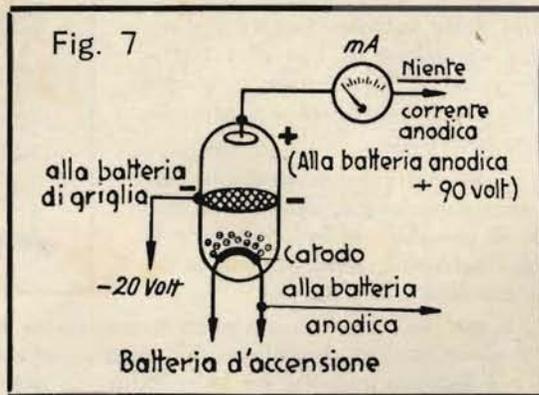
Occupiamoci ora un po' diffusamente del modo di collegare la batteria di griglia. Nella fig. 9-a è rappresentata la parte superiore di una batteria di griglia.

Si tratta di una batteria da 18 volt, costituita da 12 pile collegate in serie.

In vari punti si trovano delle boccole di connessione; nel caso considerato, di 3 in 3 volt. All'estremità sinistra si trovano il polo negativo, designato spesso con zero, e all'estremità destra c'è il polo positivo con la tensione massima + 18 volt. La fig. 9-b mostra la medesima batteria di griglia in rappresentazione prospettica.

Indicheremo d'ora in poi con zero (« 0 ») quel polo della batteria che è collegato col catodo.

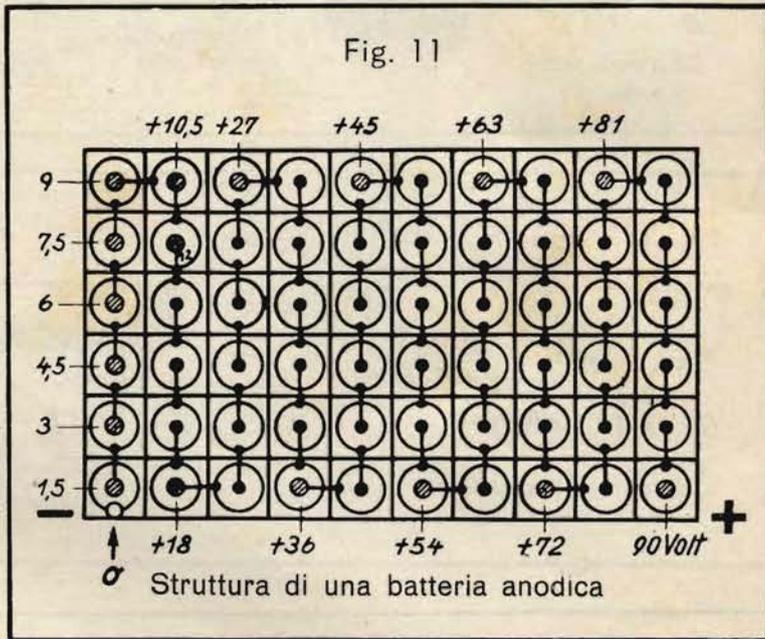
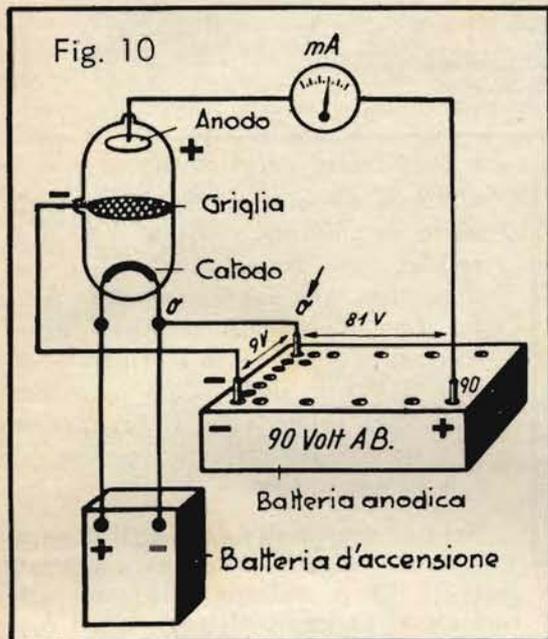
Conformemente alla figura 9-c, esso sarà, per esempio, il polo 9 volt della batteria di griglia. In questo caso possiamo dare alla griglia una carica positiva o negativa, a piacimento, a seconda che la spina del cavetto, proveniente dalla griglia,



venga inserita in una boccia situata a destra o a sinistra dello zero (fig. 9-d). Se lo zero viene stabilito in corrispondenza alla boccia dei 15 volt della batteria (fig. 9-e), è possibile dare alla griglia una carica a scelta tra la tensione negativa di  $-15$  volt e quella positiva di  $+3$  volt (fig. 9-f). Se infine il punto di zero viene collegato con la boccia dei  $+18$  volt della batteria e la griglia collegata con il polo negativo della stessa (fig. 9-g), la griglia assume una « polarizzazione » (come si dice) negativa di  $-18$  volt (fig. 9-h).

La polarizzazione di griglia equivale, per esempio, a  $-9$  volt, quando il collegamento al catodo è infilato nella boccia  $+18$  volt e quello alla griglia in  $+9$  volt. Quando invece, mantenendo inalterato il punto di collegamento del catodo, la spina di griglia viene infilata nella boccia dei  $+15$  volt, la polarizzazione è uguale a  $-3$  volt.

### La batteria combinata di placca e di griglia



Utilizzando la disposizione della fig. 10 è possibile — secondo le spiegazioni che vi abbiamo dato ora — rinunciare completamente ad una speciale batteria di griglia, servendosi solo di una batteria anodica. Se, per esempio, il punto di zero viene stabilito sui  $+9$  volt e collegato al catodo, per dare alla griglia una polarizzazione negativa di  $-9$  volt bisogna portare il cavetto di griglia al polo negativo della batteria. Restano allora, in una batteria anodica da 90 volt, ancora 81 volt disponibili per la tensione anodica.

La fig. 11 mostra come è costituita una batteria anodica da 90 volt, risultante dal collegamento in serie di 60 pile da 1,5 volt. I poli di alcune pile sono collegati con l'esterno; si tratta di quelli che nella nostra figura sono tratteggiati. Il polo negativo della batteria, cioè l'effettivo punto di zero, si trova nel punto designato con « 0 »; è però possibile spostare il punto di zero, per esempio, sul polo dei  $+9$  volt, come si vede nella fig. 10. Allora il collegamento del catodo deve partire da questo polo. Il collegamento alla griglia può essere portato, per esempio, al polo negativo della batteria, stabilendo in tal modo una polarizzazione di griglia di  $-9$  volt. A seconda che la spina del cavetto proveniente dall'anodo venga ora infilata nella boccia dei  $+63$ , dei  $+81$  o dei  $+90$  volt, la tensione anodica sarà uguale a  $63 - 9 = 54$  volt oppure a  $81 - 9 = 72$  volt, oppure a  $90 - 9 = 81$  volt.

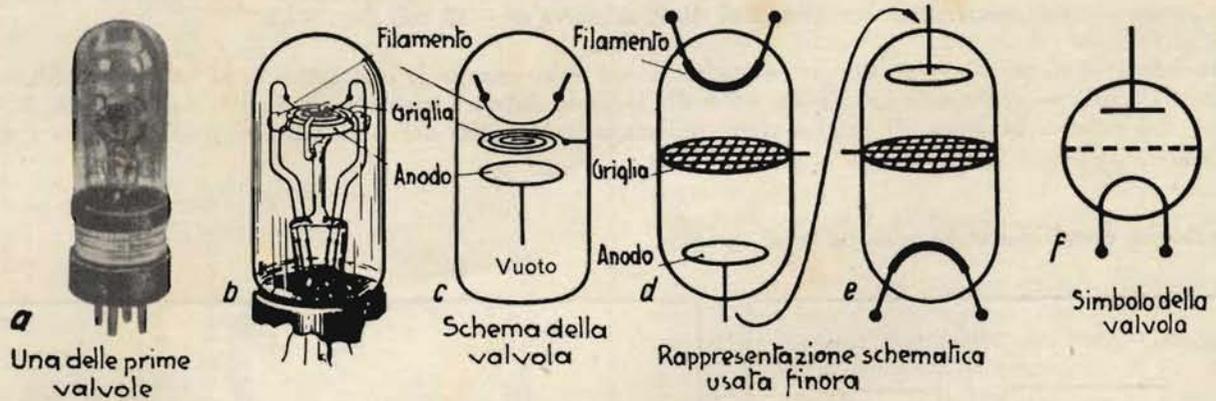
Se, in un determinato caso, la polarizzazione negativa di griglia dovesse equivalere a  $-4,5$  volt, non occorre spostare il collegamento del catodo; basta portare il collegamento della griglia su  $+4,5$  volt; e quando la polarizzazione deve equivalere a  $-6$  volt, basta portare il collegamento di griglia su  $+3$  volt.

Questi esempi basteranno certamente per farvi comprendere come si usa la batteria anodica.

### Forme costruttive delle valvole termoioniche

Torniamo ora ai nostri tubi elettronici. Nella fig. 12-a potete osservare una delle prime forme costruttive di tali « lampadine-radio »; affinché ne possiate meglio distinguere le varie parti, essa è disegnata più chiaramente nella fig. 12-b. La valvola è collocata capovolta: la placca rotonda è situata in basso, sopra c'è la griglia avvolta a spirale e in alto si trova il filamento.

Fig. 12



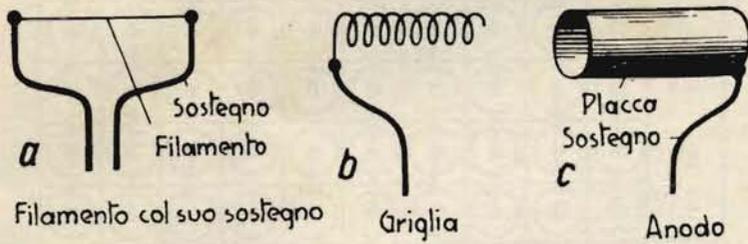
Una delle prime valvole

Schema della valvola

Rappresentazione schematica usata finora

Simbolo della valvola

Fig. 13



Filamento col suo sostegno

Griglia

Anodo

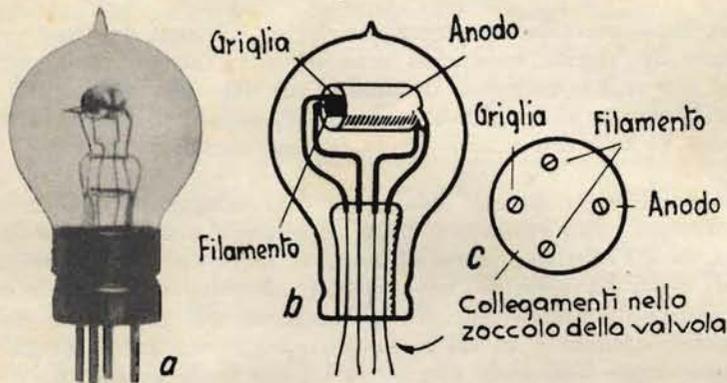
L'intero dispositivo, rappresentato in modo semplificato, si trova nella figura 12-c, e con alcune piccole modifiche, si perviene alla rappresentazione della fig. 12-d. Capovolgendo questa figura schematica si ottiene lo schema che ormai vi è noto dalle figure precedenti (fig. 12-e). Infine la fig. 12-f rappresenta il simbolo normalizzato per una valvola di questo tipo.

Nei tipi strutturali successivi il filamento venne eseguito nella forma mostrata nella fig. 13; i conduttori che portano la corrente al filamento gli servono nel contempo da sostegni. La griglia, in questo tipo è avvolta ad elica e circonda il filamento (fig. 14), mentre l'anodo è costituito da un cilindro di lamiera (fig. 13-c), infilato a debita distanza sopra la griglia.

La fig. 14-a mostra una valvola termoionica costruita nel modo ora descritto; la rappresentazione schematica della fig. 14-b serve per comprendere meglio la disposizione delle singole parti. I collegamenti dei tre elettrodi passano attraverso il piede della valvola e finiscono in uno zoccolo con 4 spinotti di contatto (fig. 14-c).

Come risulta dalla fig. 15, gli spinotti di contatto sono disposti in un modo particolare. Essi giacciono su di un cerchio; il

Fig. 14



Filamento

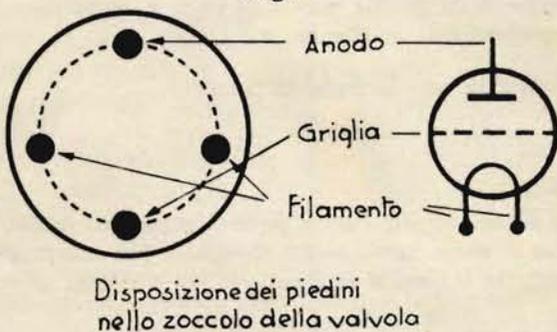
Anodo

Filamento

Anodo

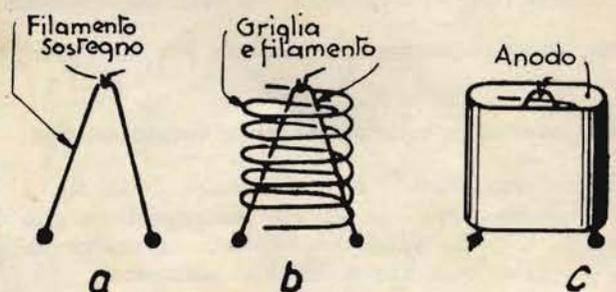
Collegamenti nello zoccolo della valvola

Fig. 15



Disposizione dei piedini nello zoccolo della valvola

Fig. 16



a

b

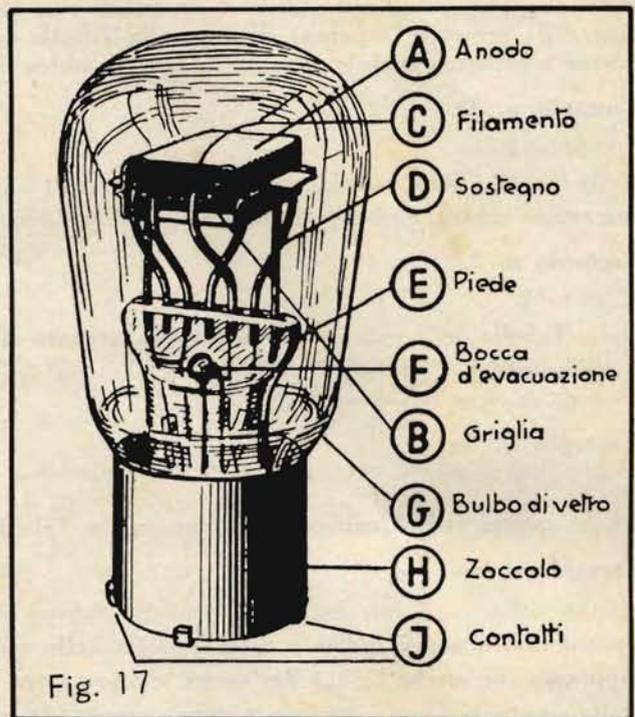
c

collegamento dell'anodo e quello della griglia sono diametralmente opposti, mentre i due collegamenti del filamento sono leggermente allontanati dallo spinotto dell'anodo e avvicinati a quello della griglia. Osservando uno zoccolo di questo tipo si riconosce subito quali sono gli spinotti dell'anodo, della griglia e del filamento. La disposizione rappresentata nella fig. 15 si riferisce allo zoccolo visto di sotto.

Procedendo lo sviluppo strutturale delle valvole, il filamento venne fatto più lungo, affinché potesse emettere un maggior numero di elettroni; bisognò quindi modificare in modo adatto il suo sostegno (fig. 16). La griglia mantenne la forma elicoidale, modificata però in modo da avere una sezione ovale (fig. 16-b). L'anodo, infilato sopra l'intero sistema, ebbe esso pure la forma di un cilindro ovale un po' più grande (fig. 16-c). In molte valvole, filamento, griglia e placca vennero anche disposte in posizione orizzontale, come è indicato nella fig. 17. In questa figura potete pure osservare che gli spinotti sono sostituiti da contatti laterali di forma speciale. Torneremo in seguito su questo particolare e sulla zoccolatura delle valvole.

### Domande

1. Come si chiamano i differenti elettrodi di una valvola termoionica?
2. In quale direzione fluisce la corrente elettronica nell'interno di una valvola?
3. Da che cosa dipende l'intensità della corrente elettronica di una valvola senza griglia?
4. Che effetto esercita sulla corrente elettronica una forte carica negativa della griglia?



## MATEMATICA

### La radice cubica

È noto che il volume di un cubo di lato  $a$  è uguale ad  $a^3$ . Se per esempio il lato del cubo è lungo 2 cm, il volume è:

$$2^3 = 2 \cdot 2 \cdot 2 = 8 \text{ cm}^3$$

Bisogna dunque moltiplicare la lunghezza del lato tre volte per se stessa, ossia *elevarla alla terza potenza*. Come già sapete, invece di: « *elevare alla seconda potenza* », si dice anche « *elevare al quadrato* ». Allo stesso modo, per « *elevare alla terza potenza* », si dice anche « *elevare al cubo* », poichè questa operazione va eseguita per calcolare il volume di un cubo. Esempi di elevazione al cubo:

$$2^3 = 2 \cdot 2 \cdot 2 = 8$$

$$5^3 = 5 \cdot 5 \cdot 5 = 125$$

L'operazione inversa dell'elevazione al quadrato, come ormai ben sapete, è l'estrazione della radice quadrata. Analogamente, l'operazione inversa dell'elevazione al cubo è l'estrazione della *radice cubica* (detta anche « *terza radice* »).

Esempio:  $\sqrt[3]{125}$ .

Ciò significa che bisogna trovare il numero che, elevato al cubo, ossia alla terza potenza e cioè moltiplicato tre volte per se stesso, dà 125. Il risultato è quindi  $\sqrt[3]{125} = 5$ , perchè  $5^3 = 5 \cdot 5 \cdot 5 = 125$ .

Come vedete, a sinistra, sopra il segno di radice, c'è un piccolo 3, il cosiddetto « *esponente* ». Esso indica che si tratta della terza radice, cioè della radice cubica.

Analogamente bisognerebbe, nella radice quadrata, mettere un piccolo 2; dovremmo quindi scrivere, p. es.,  $\sqrt[2]{9} = 3$ . Poichè però la radice quadrata è d'uso assai frequente, si è convenuto di tralasciare questa indicazione. Quando una radice è priva di esponente, si intende sempre che si tratta di una radice quadrata. Non si può, però, tralasciare l'indicazione dell'esponente nelle radici che non sono radici quadrate.

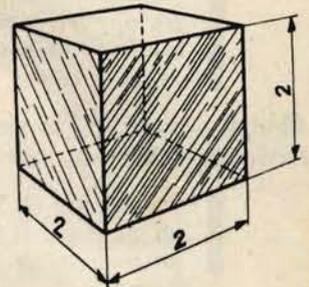
Esempi di semplici radici cubiche:

$$\sqrt[3]{8} = 2; \text{ infatti è } 2^3 = 2 \cdot 2 \cdot 2 = 8$$

$$\sqrt[3]{27} = 3; \text{ infatti è } 3^3 = 3 \cdot 3 \cdot 3 = 27$$

$$\sqrt[3]{216} = 6; \text{ infatti è } 6^3 = 6 \cdot 6 \cdot 6 = 216$$

Fig. 18



Per i casi più complicati abbiamo compilato una tabella delle radici cubiche (vedi Tabella N. 6 nell'ultima pagina della presente Dispensa), analoga alla Tabella delle radici quadrate della Dispensa N. 5. Con l'aiuto di questa tabella è possibile estrarre la radice cubica di qualsiasi numero.

**Esempio n. 1:**

$$\sqrt[3]{640} = ?$$

Nella Tabella delle radici cubiche il numero 640 è contenuto nella penultima colonna. A destra di esso c'è la sua radice cubica, cioè 8,618. Quindi  $\sqrt[3]{640} = 8,618$ .

**Esempio n. 2:**

$$\sqrt[3]{64} = ?$$

Nella Tabella delle radici cubiche si trova, accanto al numero 64, la rispettiva radice cubica, cioè 4,000 o più semplicemente 4. Quindi  $\sqrt[3]{64} = 4$ . L'esattezza del risultato è in questo caso assai facile da controllare:  $4^3 = 4 \cdot 4 \cdot 4 = 16 \cdot 4 = 64$ .

**Esempio n. 3:**

$$\sqrt[3]{6,4} = ?$$

Anche questa radice cubica è riportata nella Tabella.  $\sqrt[3]{6,4} = 1,857$ .

**Esempio n. 4:**

$$\sqrt[3]{813} = ?$$

Questo valore non è indicato nella Tabella delle radici cubiche. Poichè però 813 è compreso tra 810 e 820, sappiamo che anche  $\sqrt[3]{813}$  dev'essere compresa tra  $\sqrt[3]{810}$  e  $\sqrt[3]{820}$ .

Nella tabella troviamo che sono  $\sqrt[3]{810} = 9,322$  e  $\sqrt[3]{820} = 9,360$ . La differenza tra i due risultati è dunque 0,038. La differenza tra 810 e 820 è 10. 813 supera 810 per  $\frac{3}{10}$  ossia 0,3 di questa differenza. Perciò moltiplichiamo 0,038 per 0,3 e otteniamo  $0,038 \cdot 0,3 = 0,011$ . Questo importo va sommato a 9,322 e si trova quindi  $\sqrt[3]{813} = 9,322 + 0,011 = 9,333$ . Abbiamo così compiuto l'interpolazione.

**Prova:**  $9,333^3 = 9,333 \cdot 9,333 \cdot 9,333$ . Se il calcolo sopra riportato è giusto, il risultato deve essere uguale a 813:

$$\begin{aligned} 9,333 \cdot 9,333 &= 87,105 \\ 87,105 \cdot 9,333 &= 812,951 \end{aligned}$$

Il risultato corrisponde a 813 con una precisione sufficiente per i calcoli tecnici. Il calcolo è dunque giusto. Nella Tabella delle radici cubiche sono contenuti soltanto i numeri da 1 fino a 1000. Per i numeri superiori a 1000 si possono però separare alcune cifre, in modo da ottenere un numero contenuto nella tabella, analogamente a quanto abbiamo fatto per le radici quadrate. A questo proposito dobbiamo tener presente la seguente regola:

**Da un numero maggiore di 1000 si devono separare (con la virgola) 3 cifre o, se necessario, 6 cifre oppure 9 cifre. Dal numero così ottenuto si estraе la radice cubica servendosi della tabella. Il risultato va poi moltiplicato per 10 o per 100 o per 1000, a seconda che siano state separate 3, 6 oppure 9 cifre.**

Abbiamo anche qui la possibilità di un controllo:

La radice cubica di

un numero di 1, 2 o 3 cifre è sempre un numero di 1 cifra	(non contando le cifre decimali)
un numero di 4, 5 o 6 cifre è sempre un numero di 2 cifre	» » » » »
un numero di 7, 8 o 9 cifre è sempre un numero di 3 cifre, ecc.	» » » » »

**Esempio n. 5:**

$$\sqrt[3]{64\ 000} = ?$$

Poichè questo numero è maggiore di 1000, separiamo 3 cifre e moltiplichiamo poi la radice per 10. Da 64 000 si ha perciò 64,000.

Il problema è allora:  $10 \cdot \sqrt[3]{64} = 10 \cdot 4 = 40$ .

Quindi  $\sqrt[3]{64\ 000} = 40$ .

**Prova:**  $40 \cdot 40 \cdot 40 = 1\ 600 \cdot 40 = 64\ 000$ . L'estrazione della radice cubica è esatta.

**Esempio n. 6:**

$$\sqrt[3]{1\ 250\ 000} = ?$$

Separando 3 cifre (1250,000) si ottiene 1250, che è sempre maggiore di 1000. Dobbiamo quindi separare 6 cifre e otteniamo 1,25. Seguendo la nostra regola, il risultato dovrà essere quindi moltiplicato per 100. Abbiamo quindi  $\sqrt[3]{1\ 250\ 000} = 100 \cdot \sqrt[3]{1,25}$ .

Mediante la tabella delle radici cubiche troviamo il valore di  $\sqrt[3]{1,25}$ . Esso deve trovarsi a metà tra  $\sqrt[3]{1,2}$  e  $\sqrt[3]{1,3}$ .

Abbiamo:

$$\left. \begin{array}{l} \sqrt[3]{1,2} = 1,063 \\ \sqrt[3]{1,3} = 1,091 \end{array} \right\} \text{ la differenza dei risultati è } 0,028.$$

La metà della differenza è 0,014. Aggiungendola a 1,063 si ottiene:

$$\sqrt[3]{1,25} = 1,063 + 0,014 = 1,077.$$

In definitiva otteniamo:

$$\sqrt[3]{1\ 250\ 000} = 100 \cdot \sqrt[3]{1,25} = 100 \cdot 1,077 = 107,7.$$

La nostra regola di controllo conferma che il risultato deve avere 3 cifre, non contando i decimali. Infatti la radice cubica di un numero di 7 cifre deve avere sempre 3 cifre, non calcolando i decimali.

### Radici superiori

Come abbiamo già accennato, non esistono soltanto radici quadrate e radici cubiche, ma anche radici quarte, radici quinte, seste, ecc. Per esempio  $\sqrt[4]{81}$  (radice quarta di 81) significa che si deve trovare il numero che, moltiplicato quattro volte per se stesso, dia 81. Il risultato è  $\sqrt[4]{81} = 3$ , perchè  $3^4 = 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 = 9 \cdot 9 = 81$ . Capirete dunque subito il significato del seguente problema:

$\sqrt[5]{32} = ?$  Si tratta di trovare il numero che, moltiplicato cinque volte per se stesso, dia 32. Questo numero è 2. Infatti:

$$2^5 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 4 \cdot 4 \cdot 2 = 16 \cdot 2 = 32.$$

Quindi  $\sqrt[5]{32} = 2$ .

Queste radici superiori si usano assai raramente nella tecnica. Qualche volta capita di dover estrarre la radice quarta, ma questa è facile da determinare, poichè si estrae due volte di seguito la radice quadrata.

Poniamo, per esempio, il problema come sopra:  $\sqrt[4]{81} = ?$  Procediamo così: estraiamo prima la radice quadrata di 81, e cioè  $\sqrt{81} = 9$ . Dal risultato, estraiamo un'altra volta la radice quadrata, quindi  $\sqrt{9} = 3$ . Infine abbiamo  $\sqrt[4]{81} = 3$ .

Oltre alla possibilità qui descritta di estrarre le radici con l'aiuto di tabelle, esistono anche regole precise per il calcolo delle radici. Si tratta però di operazioni assai laboriose, che richiedono molto tempo, e non sono quindi adatte per i nostri scopi. In meccanica ed in elettrotecnica si adoperano esclusivamente le tabelle, la cui precisione è generalmente sufficiente.

Il metodo più veloce per l'estrazione di una radice è l'uso del regolo calcolatore, sul quale, in questa occasione, richiamiamo un'altra volta la vostra attenzione.

## TELEFONIA

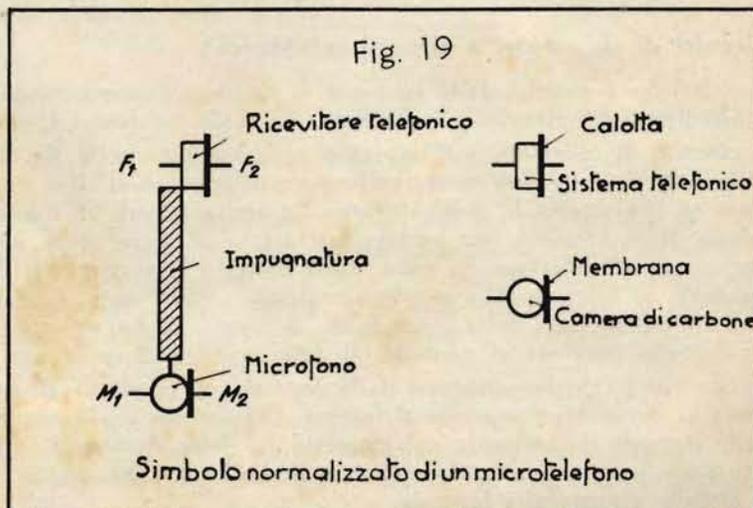
### Impianti telefonici a "Inserzione diretta"

Nelle precedenti Dispense avete appreso i fondamenti della telefonia; per esempio, vi sono stati spiegati la costruzione ed il funzionamento dei microfoni. Abbiamo inoltre descritto i ricevitori telefonici, passando quindi alla trattazione dei collegamenti più semplici. Oggi vi vogliamo introdurre nella telefonia pratica.

### Simboli importanti

Negli schemi futuri troverete frequentemente i simboli rappresentati nelle figure 19 e 20, di cui vogliamo subito parlarvi. La figura 19 rappresenta il simbolo dell'impugnatura che, portando tanto il microfono quanto il ricevitore telefonico, si chiama « microtelefono ». I collegamenti del ricevitore sono designati con le sigle  $F_1$  ed  $F_2$ , quelli del microfono con  $M_1$  ed  $M_2$ .

Nella fig. 20 è riportato invece il simbolo dell'impugnatura senza microfono, come viene tuttora usata in certi casi.

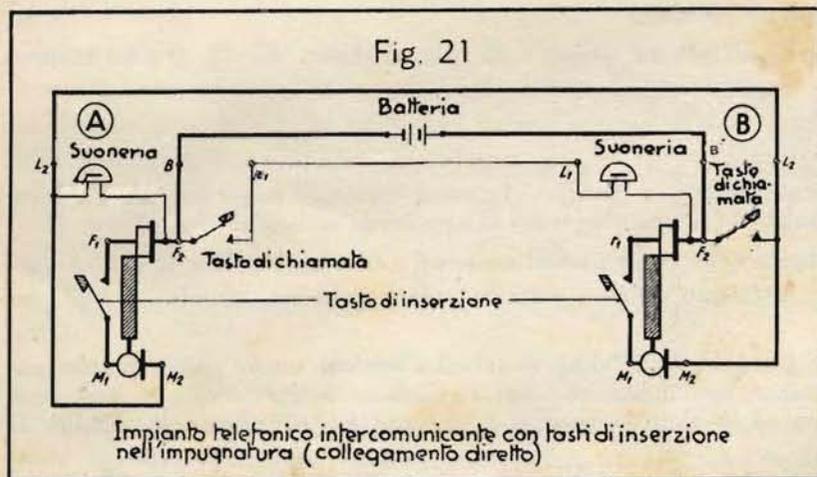


## Apparecchi telefonici con tasto d'inserzione nell'impugnatura

La fig. 21 mostra un semplice impianto telefonico a inserzione diretta. In questo caso l'impugnatura del microtelefono è dotata di un tastino, che va premuto quando si parla. (Nello schema, per ragioni di chiarezza di rappresentazione, questo contatto è disegnato come esterno all'impugnatura).



Osservando con attenzione la fig. 21, noterete che le due stazioni differiscono un pochino nel modo in cui sono collegate. Nella stazione A la suoneria è inserita tra i morsetti  $L_2$  e  $B$ , mentre il tasto di chiamata si trova tra  $B$  ed  $L_1$ ; nella stazione B, invece, la suoneria è tra  $L_1$  e  $B$  ed il tasto tra  $B$  ed  $L_2$ . Come è accennato nella figura, il microfono, quando non è usato, viene appeso ad un gancio fisso, collegato elettricamente con la suoneria. L'occhiello dell'impugnatura, col quale questa è appesa al gancio suddetto, si trova a sua volta in collegamento con  $F_2$  e quindi col morsetto  $B$ . In tal modo la connessione tra la suoneria ed il morsetto  $B$  avviene solo quando il microtelefono è appeso, ed è quindi impossibile provocare il funzionamento della suoneria mentre è in corso la comunicazione.



Il microtelefono possiede i collegamenti contrassegnati con  $F_1$  ed  $F_2$  per il ricevitore,  $M_1$  ed  $M_2$  per il microfono. Tra microfono e ricevitore si trova l'impugnatura isolante, attraverso la quale, nel tipo in uso, passano i fili, adducanti al tastino di inserzione.

In pratica, ogni stazione è dotata di una cassetta, nella quale sono sistemati la suoneria, il tasto di chiamata ed il gancio di sospensione del microtelefono.

## La comunicazione telefonica

In un impianto di questo genere la comunicazione telefonica si svolge nel modo seguente: quando l'utente A vuol parlare con l'utente B, sgancia il microtelefono, disinserendo in tal modo la propria suoneria, e preme il tasto di chiamata. Seguite ora il percorso della corrente. Constaterete che, quando il tasto di chiamata della stazione A viene premuto, deve entrare in funzione la suoneria della stazione B. L'utente B stacca allora il microtelefono e in questo istante la suoneria si arresta, poichè viene aperto il contatto nel circuito che, dal tasto di chiamata in A, attraverso la batteria, porta alla suoneria B. Durante il colloquio entrambi gli utenti devono tener premuto il tastino nell'impugnatura del microtelefono. Al termine della comunicazione vengono riappesi i microtelefoni, dimodochè possono venire azionate nuovamente le suonerie per la chiamata tanto di B da A come di A da B.

## Circuiti di chiamata e circuiti telefonici

In telefonia i circuiti delle suonerie si chiamano « circuiti di chiamata », mentre i circuiti in cui si trovano i microfoni ed i ricevitori si chiamano « circuiti telefonici », cosa che vorrete ricordarvi bene.

Il circuito di chiamata dell'impianto rappresentato nella fig. 21 passa, per quanto riguarda la stazione A, dalla batteria, che può essere collocata nell'una o nell'altra stazione, attraverso il morsetto  $B$ , il tasto di chiamata ed il morsetto  $L_1$  della stazione A; arriva quindi al morsetto  $L_1$  della stazione B, alla suoneria ed al gancio di sospensione per tornare, attraverso al morsetto  $B$ , alla batteria. Il secondo circuito di chiamata, appartenente alla stazione B, passa dalla batteria al morsetto  $B$  della stazione B e procede attraverso il tasto di chiamata al morsetto  $L_2$ ; questo è collegato col morsetto  $L_2$  della stazione A. Di qui la corrente di chiamata attraversa la suoneria della stazione A, il gancio di sospensione e attraverso l'occhiello del microtelefono di questa stazione perviene al morsetto  $B$  della stazione A, e ritorna infine alla batteria.

Il circuito telefonico conduce dalla batteria al morsetto  $B$  della stazione A; attraversa il ricevitore della stessa e, dopo aver superato il tastino d'inserzione nell'impugnatura, il microfono; giunge poi al morsetto  $L_2$  della stazione A, collegato col morsetto  $L_2$  della stazione B. Quest'ultimo porta al microfono della stazione B, dal quale la corrente, attraverso il tastino d'inserzione, passa nel ricevitore, collegato al morsetto  $B$ ; da questo il circuito ritorna alla batteria.

## Apparecchi telefonici con gancio di commutazione

L'applicazione del tastino d'inserzione, montato nell'impugnatura del microtelefono, e che va premuto durante la conversazione, può essere evitata.

Il collegamento deve essere allora effettuato come appare nella fig. 22; occorre però, in questo caso, un *gancio di sospensione mobile*. Sganciando il microtelefono vengono chiusi due contatti, mentre ne viene aperto un terzo, che è chiuso soltanto quando il microtelefono è appeso. Torneremo in seguito a descrivere più dettagliatamente questo *gancio di commutazione*.

Con questo sistema d'inserzione gli apparecchi usati per le stazioni A e B sono entrambi identici. D'altra parte non è detto che il microfono debba necessariamente essere montato sull'impugnatura; in numerosi apparecchi, di tipo piuttosto antiquato, esso è collocato sulla custodia dell'apparecchio telefonico. Nella custodia sono contenuti inoltre una suoneria per corrente continua e i contatti del tasto di chiamata. Un'impugnatura telefonica priva di microfono si chiama anche «ricevitore a impugnatura»; il gancio di commutazione è tenuto abbassato dal peso del ricevitore stesso.

Non appena il ricevitore viene sganciato e impugnato, una molla situata nell'interno della custodia provoca il sollevamento del gancio e quindi, come si è detto, la chiusura di due contatti e l'apertura di un terzo. La fig. 23 mostra lo schema usuale di un apparecchio di questo genere.

Un impianto del tipo rappresentato nella fig. 22 viene usato nel modo seguente: l'utente A, per esempio, stacca il ricevitore dal gancio e preme il tasto di chiamata; di conseguenza viene azionata la suoneria in B. L'utente B stacca allora anch'egli il ricevitore, fermando in tal modo la suoneria. Ha inizio ora la conversazione, al cui termine vengono, naturalmente, riappesi entrambi i ricevitori.

Negli apparecchi più moderni il microfono non è più fissato alla custodia. Si è trovato infatti che, nell'esercizio prolungato, i *granuli di carbone possono saldarsi tra loro, cosa che influisce sfavorevolmente sulla qualità della riproduzione fonica, cioè delle parole. Picchiando leggermente contro il microfono, i granuli si distaccano di nuovo*. Per evitare il suddetto inconveniente, si preferisce montare il microfono sull'impugnatura; i continui movimenti e i leggeri urti, cui questa è sottoposta, provocano infatti la separazione dei granuli di carbone.

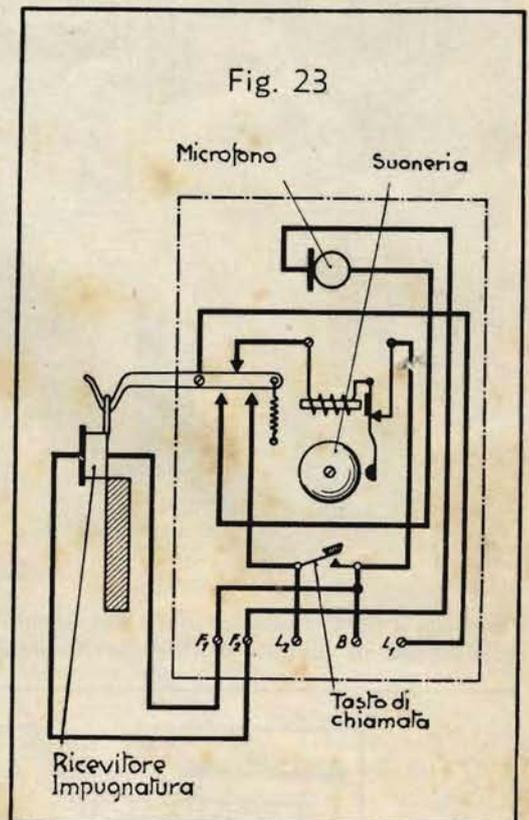
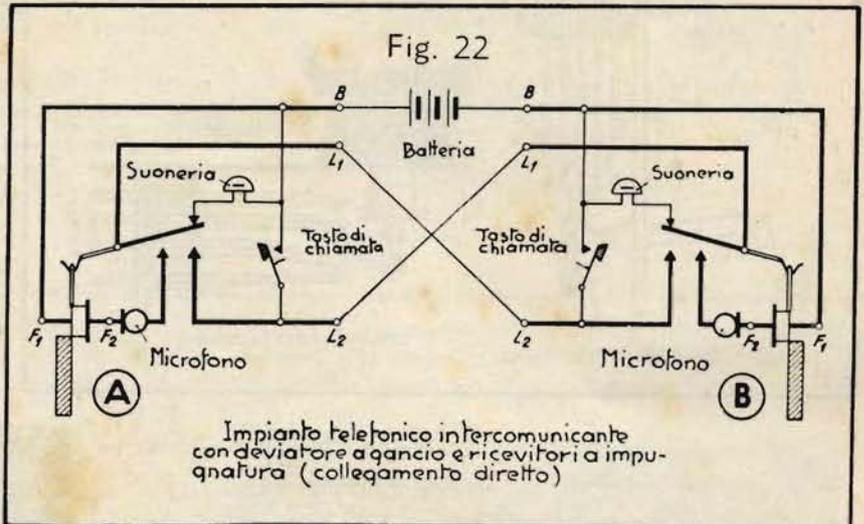
Queste osservazioni hanno portato alla costruzione dei moderni microtelefoni.

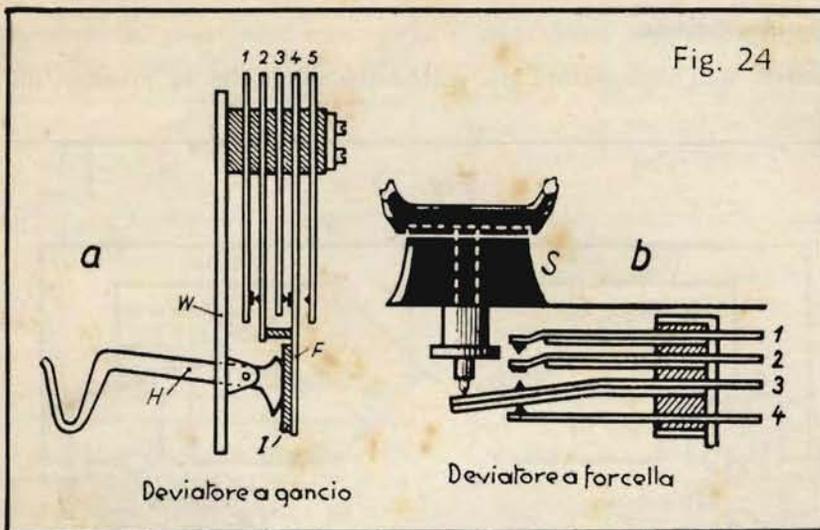
### Gli attacchi delle stazioni telefoniche

Avrete già notato che ogni stazione possiede cinque morsetti: due per ricevitore ( $F_1$  e  $F_2$ ) e tre per il collegamento delle tre linee ( $L_1$ ,  $L_2$  e  $B$ ). Osservate che, nel collegamento rappresentato nella fig. 22, il morsetto  $L_2$  della stazione A deve essere collegato col morsetto  $L_1$  della stazione B, e viceversa. Anche qui la batteria può essere collocata sia nella stazione A, che nella stazione B. Anche nella fig. 22 si tratta del resto di un impianto *intercomunicante*, cioè di un impianto per comunicazione vicendevole, ed effettuato in *inserzione diretta*.

### Ganci e forcelle di commutazione

Ancora alcune parole sul gancio di commutazione, visibile nella fig. 24-a. Distaccando o appendendo il ricevitore, rispettivamente all'inizio e alla fine di una comunicazione, si effettua automaticamente una commutazio-





ne. Secondo il tipo di collegamento, occorrono per ciò più o meno contatti. Se si usano dei *contatti a lamina*, come quelli della fig. 24-a, il gancio dev'essere sistemato in modo da venir spinto verso l'alto dalla robusta molla *F*, quando il ricevitore viene distaccato. Il *pacco-molle*, costituito dalle molle a lamina 1-5, effettua le commutazioni volute. Il gancio *H*, sporgente dalla custodia *W*, è isolato, per mezzo della piastrina isolante *I*, dalle parti conduttrici di corrente.

Il gancio di commutazione è impiegato soltanto negli apparecchi a muro, mentre gli apparecchi da tavolo sono dotati della cosiddetta « *forcella di commutazione* ».

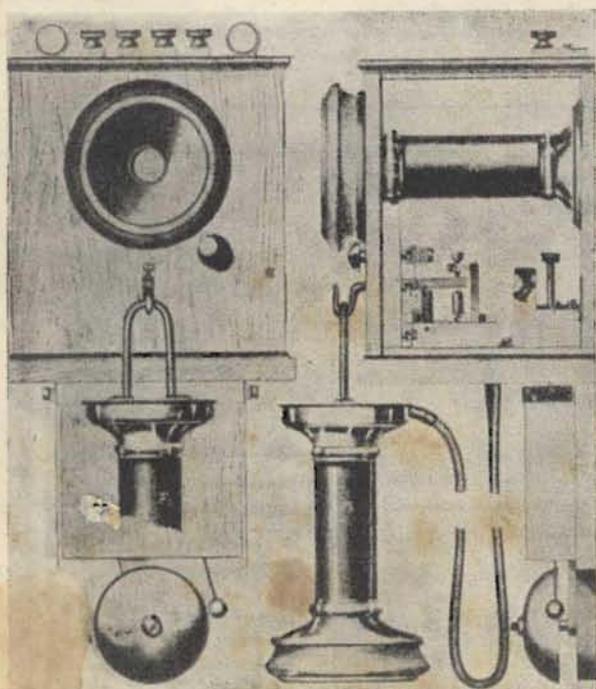
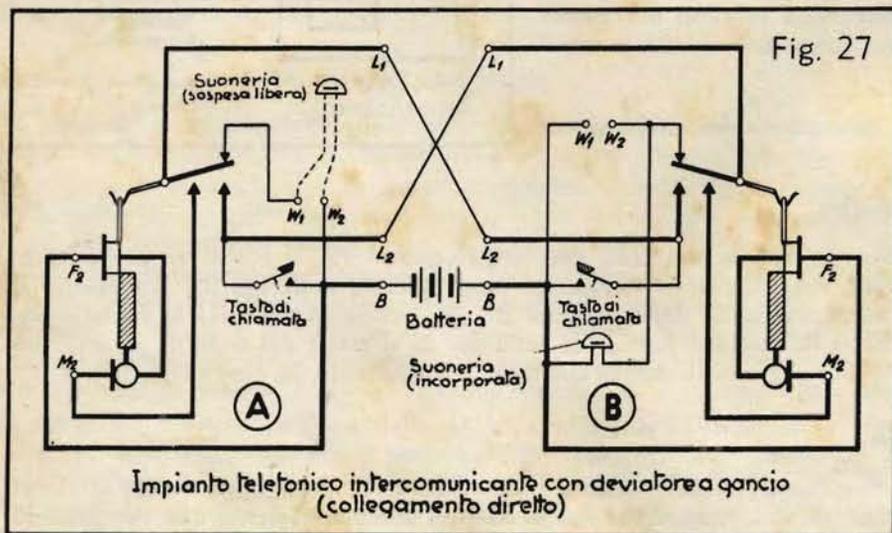


Fig. 25



Fig. 26

Nella fig. 24-b è indicata schematicamente la disposizione di una forcella. Anche in questo caso il numero delle lamine di contatto è differente, secondo il tipo del collegamento. La fig. 25 mostra la struttura di uno dei più antichi apparecchi telefonici; dalla fig. 26 si rileva chiaramente come i ricevitori d'allora fossero sproporzionati e scomodi.



Nella fig. 27 è rappresentato una altra volta un impianto intercomunicante a inserzione diretta.

Esso corrisponde, per sommi capi, all'impianto della fig. 22, ma se ne distingue per il fatto che le impugnature sono dotate di ricevitore e di microfono, formando il noto microtelefono, e che la suoneria della stazione A è sospesa libera, collegata mediante cordo-

Venice  
3 ottobre  
all 5.



Fig. 28

ne, mentre la suoneria della stazione B è montata nella custodia dell'apparecchio telefonico. I due morsetti  $W_1$  e  $W_2$  consentono, però, di allacciare una seconda suoneria, esterna alla custodia dell'apparecchio telefonico. Il funzionamento di questo impianto vi risulterà senz'altro comprensibile, se seguirete attentamente il percorso della corrente.

La fig. 28 mostra la presentazione esteriore di un semplice impianto telefonico con apparecchi da tavolo.

### Impianti telefonici a "inserzione indiretta"

Avete già letto in precedenza dei vantaggi dell'*inserzione indiretta*. Nella fig. 29 è rappresentato lo schema di un impianto intercomunicante a inserzione indiretta. Le due stazioni sono qui completamente identiche; nelle custodie telefoniche sono contenuti una suoneria a corrente continua, un tasto di chiamata, un commutatore a gancio ed una bobina di induzione (trasformatore). Ciascuna stazione possiede una propria batteria. Le stazioni A e B sono collegate con *due sole linee*.

Nei apparecchi di questo tipo, i morsetti di allacciamento delle linee sono designati con le sigle  $L_a$  e  $L_b$ . Il tasto di chiamata è disposto in modo da chiudere un contatto in posizione di riposo. Premendo il tasto, questo contatto si apre e se ne chiude un altro. Mentre con lo schema della fig. 27 il microtelefono è collegato all'apparecchio telefonico con un cordone a due fili, usando lo schema della fig. 29 occorrono *quattro fili*, per il collegamento del microtelefono con gli organi contenuti nell'interno dell'apparecchio. Di questi quattro fili, due portano al microfono (morsetti  $M_1$  ed  $M_2$ ), gli altri due al ricevitore (morsetti  $F_1$  ed  $F_2$ ).

La chiamata si effettua, anche qui, premendo l'apposito tasto, e lo svolgimento della comunicazione è il medesimo che abbiamo descritto prima. Il circuito di chiamata conduce, per esempio, dal polo negativo della batteria in A, attraverso il tasto di chiamata premuto, la linea  $L_a$  ed il tasto di chiamata della stazione B, alla suoneria di questa stazione, tornando poi da questa, attraverso il commutatore a gancio e la linea  $L_b$ , al polo positivo della batteria nella stazione A. Potete seguire nello stesso modo il percorso della corrente, supponendo il caso che venga premuto il tasto di chiamata della stazione B.

Il circuito telefonico percorre invece il seguente giro: sganciando i microtelefoni, vengono chiusi i contatti precedentemente aperti dei commutatori a gancio. Parlando, per esempio, nel microfono della stazione A, viene generata una corrente fonica, che dal microfono attraversa il lato primario (morsetti  $P_1$  e  $P_2$ ) della bobina d'induzione, la batteria della stazione A ed il commutatore a gancio, tornando quindi al microfono. Questa corrente fonica viene trasferita, per effetto d'induzione, al lato secondario della bobina d'induzione (morsetti  $S_1$  ed  $S_2$ ).

L'avvolgimento secondario della bobina d'induzione è da considerare ora come sorgente della corrente fonica. Il nuovo circuito telefonico passa quindi dal morsetto  $S_1$  della stazione A, attraverso il ricevitore, il tasto di chiamata e la linea  $L_a$  ed arriva alla stazione B; indi per il tasto di chiamata al ricevitore e continuando per il secondario della bobina d'induzione, il commutatore a gancio, la linea  $L_b$  ed il commutatore a gancio della stazione A, fa ritorno al morsetto  $S_2$  del secondario della bobina d'induzione in A. Con questo schema la corrente fonica attraversa dunque entrambi i ricevitori; di conseguenza l'utente, parlando, sente nel telefono an-

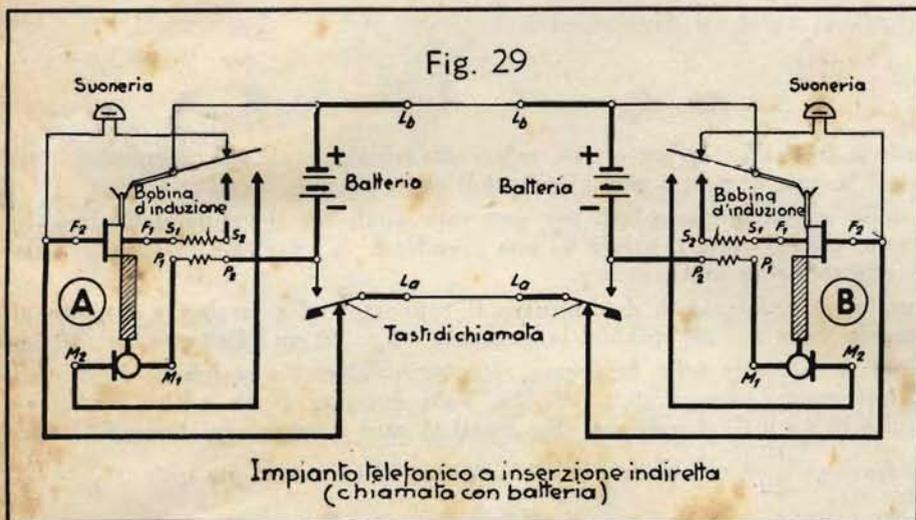


Fig. 29

Impianto telefonico a inserzione indiretta (chiamata con batteria)

Il nuovo circuito telefonico passa quindi dal morsetto  $S_1$  della stazione A, attraverso il ricevitore, il tasto di chiamata e la linea  $L_a$  ed arriva alla stazione B; indi per il tasto di chiamata al ricevitore e continuando per il secondario della bobina d'induzione, il commutatore a gancio, la linea  $L_b$  ed il commutatore a gancio della stazione A, fa ritorno al morsetto  $S_2$  del secondario della bobina d'induzione in A. Con questo schema la corrente fonica attraversa dunque entrambi i ricevitori; di conseguenza l'utente, parlando, sente nel telefono an-

che le proprie parole. Potete seguire nel medesimo modo il percorso della corrente, quando parla l'utente della stazione B.

Come vedete, le batterie servono per l'alimentazione tanto del circuito di chiamata, quanto di quello telefonico. Quando le stazioni sono molto distanti, le perdite nelle linee sono così forti, da render necessaria un'apposita sorgente per la chiamata. Arriviamo così alla chiamata col cosiddetto « induttore ». Questo non è altro che un piccolo generatore magnetoelettrico (dinamo), azionato a mano. Il funzionamento di un siffatto generatore verrà descritto in un Capitolo particolare.

Dobbiamo darvi ora un consiglio importante. Non procedete nello studio della Dispensa, se prima non avete compreso perfettamente la disposizione e il funzionamento di tutti i circuiti ora descritti. Seguite attentamente ogni singola operazione. Prendete il vostro quaderno d'esercizi e disegnatte ogni circuito separatamente. Suddividete ogni singolo schema, in modo da separare il circuito di chiamata da quello telefonico. Questo è già indicato nella fig. 22, poichè il circuito telefonico è disegnato a tratti più marcati. Vedrete anche che, nella trasmissione telefonica, le linee  $L_1$  ed  $L_2$  sono collegate in parallelo. Raffiguratevi bene anche i fenomeni meccanici, come la commutazione effettuata dal gancio, oppure l'azionamento dei tasti di chiamata.

I circuiti in telefonia sono spesso complicati e seguono dei percorsi tortuosi. Cercate di rendervi padroni dei concetti che dominano in questo campo della tecnica, e non dimenticatevi che solo l'esame attento dei singoli circuiti e del logico svolgimento dei successivi fenomeni permette di comprendere con chiarezza la bella tecnica del telefono.

### Domande

1. Che cos'è un microtelefono?
2. Che cosa caratterizza un ricevitore a impugnatura?
3. Qual è il vantaggio di disporre il microfono assieme al telefono sopra un'impugnatura, anzichè fissarlo alla custodia dell'apparecchio telefonico?

## MATEMATICA

### Rapporti e proporzioni

Nella tecnica bisogna assai spesso confrontare fra loro due o più valori in relazione alla loro grandezza. Si stabilisce, allora, quante volte un valore è più grande o più piccolo dell'altro.

Si possono, per esempio, esaminare delle sezioni rettangolari, per osservare quale sia il valore della larghezza  $b$  in relazione all'altezza  $h$ . Il numero, che esprime il valore di una grandezza in relazione all'altra, si chiama « rapporto » dei due valori ed è generalmente una frazione.

Fig. 30



Sia posto, ad esempio, il problema di determinare il rapporto della larghezza rispetto all'altezza del rettangolo della fig. 30, quando la larghezza è  $b = 10$  cm e l'altezza  $h = 20$  cm. In luogo delle parole: « rapporto della larghezza rispetto all'altezza » scriviamo brevemente  $b : h$ , oppure, inserendo i numeri dati,  $10 : 20$ . Vale dunque:  $b : h = 10 : 20$ ; in parole:  $b$  sta ad  $h$  come 10 sta a 20. Invece dei due punti si può scrivere una linea di frazione:  $\frac{b}{h} = \frac{10}{20}$ . La frazione  $\frac{10}{20}$  può essere semplificata per 10 ed otteniamo quindi  $\frac{b}{h} = \frac{1}{2}$ .

L'esattezza del risultato si riconosce risolvendo l'equazione per  $b$  oppure per  $h$ , come avete imparato in precedenza. Vogliamo trovare per esempio  $b$ ; e allora trasformiamo l'equazione in modo da isolare  $b$  nel primo membro. Moltiplichiamo entrambi i membri per  $h$ , per farlo scomparire dal denominatore, e otteniamo  $b = \frac{1}{2} \cdot h$  ossia  $b = \frac{h}{2}$ . Il risultato dice che la larghezza è la metà dell'altezza, il che è esatto. Abbiamo dimostrato in tal modo

quanto segue:

*I rapporti si possono scrivere sotto forma di frazioni, alle quali sono applicabili tutte le regole per il calcolo con le frazioni.*

L'equazione  $b : h = 1 : 2$  ossia  $\frac{b}{h} = \frac{1}{2}$  è una proporzione.

Si chiama proporzione l'uguaglianza di due rapporti. Consideriamo un po' più attentamente la seguente proporzione:  $a : b = 2 : 3$ , ossia, scritta sotto forma di frazione,  $\frac{a}{b} = \frac{2}{3}$ . Un'uguaglianza sussiste sempre, se si compiono le medesime operazioni su entrambi i membri. Cominciamo allora a moltiplicare entrambi i membri per  $b$ :  $\frac{a}{b} \cdot b = \frac{2}{3} \cdot b$ . Il primo membro si può semplificare per  $b$ :  $a = \frac{2}{3} \cdot b$ . Moltiplichiamo ora entrambi i membri per 3:  $3 \cdot a = 3 \cdot \frac{2}{3} \cdot b$ . Questa volta si può semplificare a destra per 3, e rimane quindi  $3 \cdot a = 2 \cdot b$ . Per confrontarla col risultato, scriviamo nuovamente la proporzione primitiva:  $a : b = 2 : 3$ .

Osservate attentamente le due ultime espressioni. Entrambe dicono la stessa cosa, poichè l'equazione sopra riportata è ricavata dalla proporzione. Se in una proporzione designiamo come *termini medi* quelli situati ac-

canto al segno d'uguaglianza, nel nostro caso  $b$  e  $2$ , e come termini estremi gli altri, quindi, nell'esempio,  $a$  e  $3$ , dobbiamo affermare che:

*Il prodotto dei termini medi è uguale al prodotto dei termini estremi.*

Controllate questa proposizione fondamentale coll'esempio:

$$\begin{array}{ccc}
 & \text{termini estremi} & \\
 \swarrow & & \searrow \\
 a : b & = & 2 : 3 \\
 \nwarrow & & \nearrow \\
 & \text{termini medi} & \\
 \hline
 \text{prodotto dei termini medi} & = & \text{prodotto dei termini estremi} \\
 \underbrace{2 \cdot b} & & \underbrace{3 \cdot a}
 \end{array}$$

**Problema 1:** Un pezzo di acciaio magnetico, appoggiato di costa, ha le seguenti dimensioni: larghezza  $b = 15$  mm, altezza  $h = 80$  mm. Qual è il rapporto della larghezza all'altezza?

**Soluzione:** Il rapporto della larghezza all'altezza è  $b : h$ . Inseriamo le misure date:  $b : h = 15 : 80$ , ossia  $\frac{b}{h} = \frac{15}{80}$ . Il secondo membro può essere semplificato per  $5$ :  $\frac{b}{h} = \frac{3}{16}$  ossia  $b : h = 3 : 16$ . Il rapporto della larghezza all'altezza è quindi  $3 : 16$ .

**Problema 2:** Un trave è alto  $28$  cm. Quanto deve essere largo, se il rapporto deve essere  $b : h = 5 : 7$ ?

**Soluzione:** Deve essere  $b : h = 5 : 7$ . Incognita è la larghezza  $b$ . Invece è nota l'altezza  $h = 28$  cm. Inseriamo il numero  $28$  al posto della lettera  $h$  nella proporzione:  $b : 28 = 5 : 7$  ossia  $\frac{b}{28} = \frac{5}{7}$ . Risolviamo l'equazione per  $b$ :  $b = \frac{5 \cdot 28}{7} = 20$ . La larghezza deve essere quindi  $20$  cm.

Negli esempi seguenti sono date delle proporzioni, nelle quali  $x$  è incognita. Si deve determinare il valore di  $x$ .

**Problema 3:**  $x : 3 = 15 : 5$ .

**Soluzione:**  $\frac{x}{3} = \frac{15}{5}$ ;  $x = \frac{15 \cdot 3}{5}$ ;  $x = 9$ .

**Problema 4:**  $20 : x = 10 : 4$ .

**Soluzione:** Il prodotto dei medi è  $10 \cdot x$ , quello degli estremi  $4 \cdot 20 = 80$ . Possiamo scrivere quindi la semplice equazione:  $10 \cdot x = 4 \cdot 20$ ;  $x = \frac{4 \cdot 20}{10} = 8$ .

**Problema 5:** Una fotografia possiede il formato di  $9$  per  $12$  cm; ossia è larga  $9$  cm e alta  $12$  cm. Si vuol farne un ingrandimento, in modo che l'altezza diventi  $18$  cm. Quale sarà la larghezza dell'ingrandimento?

**Soluzione:** Chiamiamo  $x$  la larghezza della fotografia, ancora incognita. Naturalmente il rapporto della larghezza all'altezza è il medesimo anche dopo l'ingrandimento.  $x$  sta dunque a  $18$  (rapporto della larghezza all'altezza dell'ingrandimento) come  $9$  a  $12$  (rapporto della larghezza all'altezza della fotografia originaria). Quindi  $x : 18 = 9 : 12$ . Prodotto dei medi =  $18 \cdot 9$ ; prodotto degli estremi =  $x \cdot 12$ ; quindi  $x \cdot 12 = 18 \cdot 9$ ;  $x = \frac{18 \cdot 9}{12}$ ;  $x = 13,5$  cm.

**Problema 6:** Una strada lunga  $m$   $2400$  sale uniformemente di  $4$  metri ogni  $100$  metri. Qual è la salita complessiva della strada? (vedi fig. 31).

**Soluzione:** Il dislivello complessivo sia  $x$ . Poichè la salita è uniforme, il dislivello complessivo  $x$  sta all'intera lunghezza della strada come il dislivello di  $4$  m alla lunghezza di  $100$  m. Otteniamo quindi la proporzione:  $x : 2400 = 4 : 100$ , ossia  $4 \cdot 2400 = 100 x$ , che risolta per  $x$  dà:  $\frac{4 \cdot 2400}{100} = 96$  m.

La salita complessiva della strada equivale dunque a  $96$  metri.

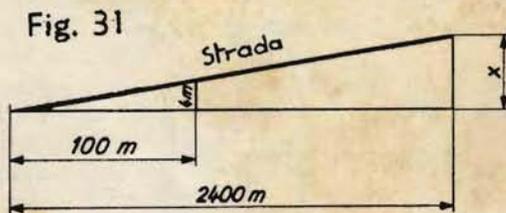


Fig. 31

## TELEFONIA

### L'induttore a manovella

Per ben comprendere il funzionamento di un induttore a manovella, dobbiamo rifarci alle leggi fondamentali dell'elettromagnetismo. Fin dalla Dispensa N. 4 ci siamo occupati, nel Capitolo sugli strumenti a bobina mobile, dei fondamenti dell'induzione elettromagnetica: avete appreso in quell'occasione che un conduttore, per-

corso dalla corrente e giacente in un campo magnetico, è sottoposto a una forza che lo costringe a muoversi. Vi ricordate sicuramente delle nostre spiegazioni, che servivano ad illustrare il funzionamento degli strumenti a bobina mobile. Stabiliamo i seguenti fatti:

*Un conduttore situato tra i poli di un magnete permanente viene deviato quando è percorso dalla corrente. Si consuma quindi dell'energia elettrica, e si ottiene il movimento del conduttore, ossia dell'energia meccanica.*

Procediamo ora nel modo inverso ed esaminiamo i fenomeni che avvengono, quando il conduttore viene costretto meccanicamente a muoversi, nel campo di un magnete permanente. Invece di consumare dell'energia elettrica per ottenere energia meccanica, come facevamo prima, *spendiamo energia meccanica per ottenere, come sicuramente già vi aspettate, energia elettrica.* Vediamo un po' come ciò avvenga.

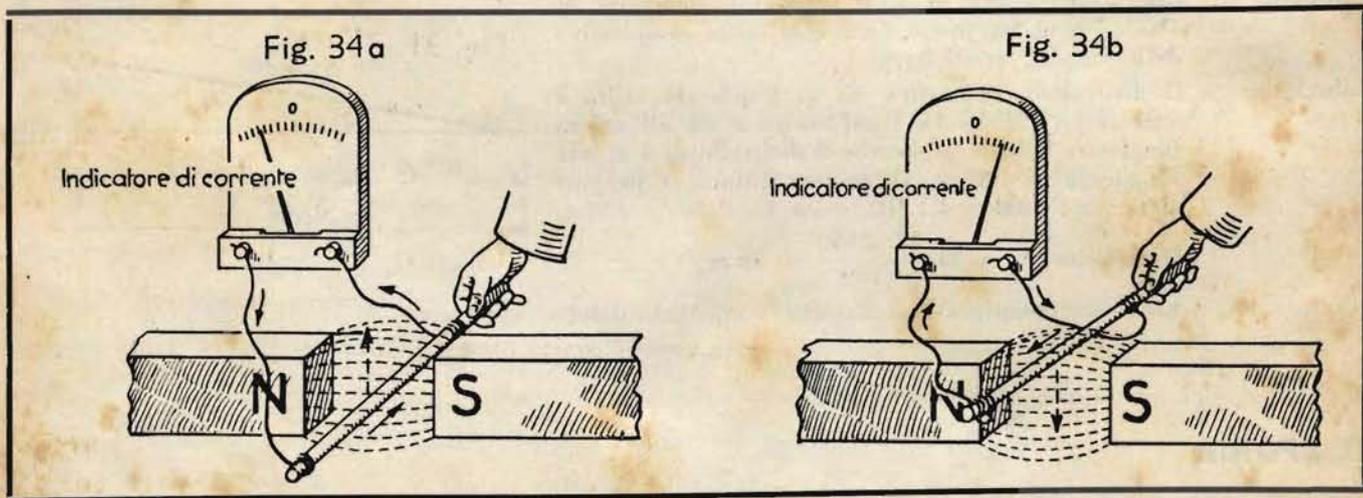
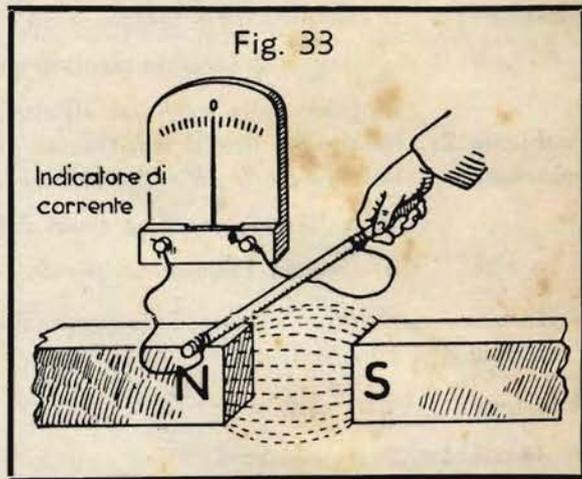
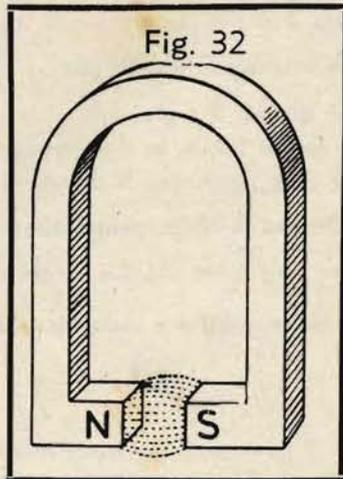
### La generazione magnetoelettrica di tensione

È noto che tra i poli di una calamita a ferro di cavallo si manifesta un forte campo magnetico (fig. 32). Se in questo si immerge un conduttore diritto, le cui estremità siano collegate con un amperometro, quest'ultimo subisce una deviazione (fig. 33). *L'amperometro usato per il nostro esperimento è fatto in modo, da spostare l'indice verso sinistra, quando*

*la corrente ha una determinata direzione, e verso destra quando ha la direzione opposta.* Quando non circola alcuna corrente nel circuito, l'indice dello strumento si trova nella posizione verticale, cioè sullo zero. Potremmo fabbricare noi stessi un dispositivo di questo genere, facendo in modo che lo zero di uno strumento a bobina mobile venga a trovarsi nel centro della scala.

Se il conduttore viene spostato dall'alto verso il basso, come disegnato nella fig. 34-a, l'indice si sposterà, per esempio, verso destra: ciò denota la presenza di una corrente nel conduttore. Continuando il movimento del conduttore verso il basso, fino a farlo nuovamente uscire dal campo magnetico, possiamo constatare che la corrente indicata dall'amperometro diventa sempre più debole. Se invece riportiamo il conduttore nel campo magnetico, spostandolo dal basso verso l'alto, si forma una corrente di direzione opposta; infatti l'indice dell'amperometro subisce una deviazione verso sinistra (fig. 34-b).

Notiamo dunque che *l'escursione dello strumento raggiunge il massimo, quando il conduttore passa per il centro del campo magnetico.* Verso entrambi i lati la corrente s'indebolisce, e scompare addirittura del tutto non appena il conduttore si trovi fuori del campo magnetico. Da quanto abbiamo detto si rileva che, *nel conduttore, viene generata una corrente soltanto nel momento in cui esso viene mosso nell'interno del campo magnetico.* Quando il conduttore è immobile non fluisce alcuna corrente, neppure se esso si trova in mezzo al campo magnetico.



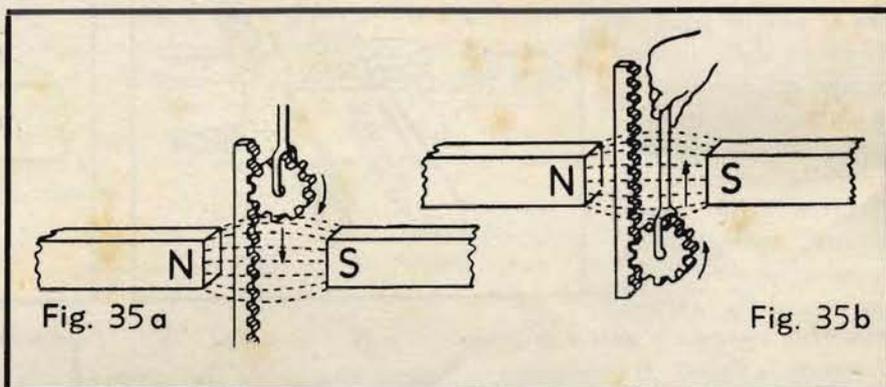
La corrente generata è tanto più intensa, quanto maggiore è il numero di linee di forza tagliate nell'unità di tempo, (per esempio in un secondo). Sopra e sotto i poli della calamita si trovano solo poche linee di forza, tra i poli ve ne sono invece moltissime; ciò spiega il fatto che la corrente, generata dal moto del conduttore, sia

dapprima debole e vada aumentando, man mano che il conduttore si avvicina al centro del campo magnetico. Comprimerete anche perchè la corrente torni a diminuire, dopo aver superato il centro del campo; infatti il numero di linee di forza, tagliate dal conduttore in un secondo, diviene più piccolo, finchè sotto ai poli non esistono più linee di forza e la corrente cessa del tutto.

Se il conduttore, rappresentato nelle figure 34-a e 34-b, viene spostato da destra verso sinistra (cioè da un polo all'altro), non viene generata alcuna corrente, poichè in questo caso le linee di forza non vengono tagliate. Di particolare importanza è la nostra osservazione che, invertendo la direzione del moto del conduttore, cambia anche la direzione della corrente generata.

Per ricordare più facilmente quest'ultimo fatto potete figurarvi, com'è indicato nelle figure 35-a e 35-b, il campo magnetico rappresentato da un settore dentato ed il conduttore sostituito da una ruota dentata, che viene spostata in su e in giù lungo il settore stesso. Spostando l'ingranaggio verso il basso, esso ruoterà nel senso delle lancette dell'orologio; spostandolo verso l'alto, nel senso opposto.

Avete già imparato che, in un circuito chiuso, circola corrente soltanto quando si manifesta una tensione elettrica, che metta in moto l'elettricità presente in qualsiasi punto del circuito. Ciò deve valere naturalmente anche per la corrente generata in un conduttore, che venga mosso attraverso un campo magnetico. L'attraversamento delle linee di forza produce o, come si dice, « induce » nel circuito una tensione elettrica. La tensione elettrica, così generata, viene chiamata « forza elettromotrice indotta », abbreviatamente « f.e.m. ».



L'origine di questa parola non ha nulla a che vedere con un treno elettrico; essa significa semplicemente che la f.e.m. è una forza, che costringe l'elettricità del circuito a mettersi in moto. La corrente provocata dalla f.e.m. indotta viene chiamata « corrente indotta », benchè effettivamente non sia la corrente, ma la sua causa, cioè la f.e.m., quella che viene indotta.

La generazione di una tensione elettrica in un conduttore che taglia un campo magnetico, si chiama « induzione elettromagnetica ». Questo fenomeno venne scoperto nel 1831 dal fisico Faraday ed è espresso dalla cosiddetta « legge dell'induzione » (detta anche « legge di Faraday »), la quale appunto dice che in un conduttore, mosso in un campo magnetico in modo da tagliare le linee di forza, viene indotta una f.e.m.

Ripetiamo dunque che la tensione indotta è tanto maggiore, quanto più numerose sono le linee di forza tagliate in un secondo. Il valore della f.e.m. dipende quindi dalla velocità con cui si sposta il conduttore, oltre che dall'intensità del campo magnetico.

Vi abbiamo già detto che viene generata, dapprima, una tensione indotta, la quale, a sua volta, provoca una corrente indotta nel circuito. La legge di Faraday chiama questa tensione indotta « forza elettromotrice » (f.e.m.). Ci chiederete forse che differenza intercorra tra i due concetti di tensione e di f.e.m.; cercheremo perciò di rispondere a questa domanda.

Supponete che ai capi del conduttore in movimento sia allacciato, in luogo dell'amperometro della fig. 33, un voltmetro, cioè un misuratore di tensione. Precisiamo che il voltmetro dev'essere a basso consumo, deve cioè abbisognare, per il suo funzionamento, di una corrente così piccola da essere trascurabile.

Uno strumento di questo genere indicherebbe la forza elettromotrice, cioè la pressione, che sospinge l'elettricità. Se ai capi del conduttore allacciamo ora un consumatore, questo assorbirà naturalmente una corrente e nel medesimo tempo constateremo che l'indicazione del voltmetro è diminuita. Da che cosa dipende questa variazione? Per spiegarlo, basta ricordare la legge di Ohm e la circostanza che lo stesso conduttore in movimento è dotato di una certa resistenza. Quando la corrente circola nel consumatore, e quindi anche nello stesso conduttore in movimento, si produce in quest'ultimo una caduta di tensione che, secondo la legge di Ohm, è tanto maggiore, quanto più grandi sono l'intensità di corrente e la resistenza del conduttore.

Ciò spiega perchè il voltmetro segni ora una tensione inferiore; è ovvio che l'indicazione del voltmetro equivale alla differenza tra la f.e.m. e la caduta di tensione nel conduttore. Quella che misuriamo, è la tensione indotta sotto carico, che vogliamo chiamare « tensione ai morsetti ». Poichè la tensione ai morsetti dipende dalla resistenza interna del conduttore in movimento, nonchè dalla corrente erogata, si preferisce riferirsi sempre alla effettiva tensione primitiva nell'interno della sorgente di tensione, ossia alla forza elettromotrice.

Riassumendo:

La f.e.m. è una forza insita nella sorgente di tensione, sotto forma di una tensione elettrica, che provoca il passaggio di una corrente, tanto all'esterno che all'interno della sorgente di tensione. La f.e.m. può essere misurata ai morsetti della sorgente quando il circuito è aperto e non circola quindi alcuna corrente.

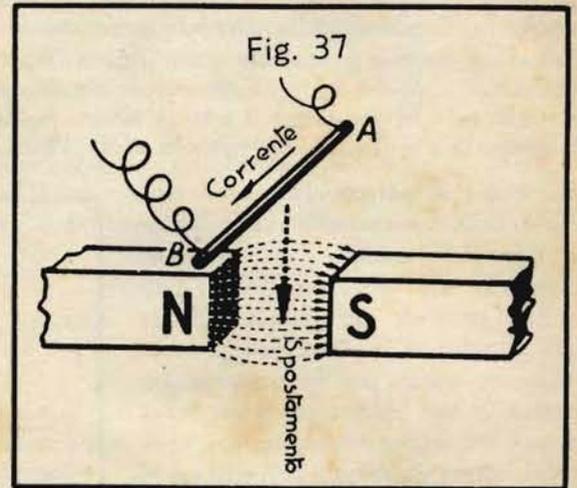
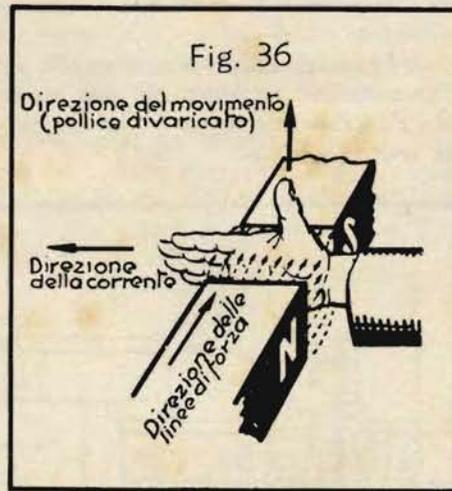
Chiudendo il circuito, la tensione che si presenta ai morsetti della sorgente diviene più piccola; essa è la tensione ai morsetti  $V_c$ . La differenza tra la forza elettromotrice e la tensione ai morsetti è la caduta interna di tensione, dovuta alla resistenza, che ostacola il flusso degli elettroni nell'interno della sorgente di corrente.

Quanto precede dovrebbe bastare per aver chiarito completamente il concetto della forza elettromotrice; rivoltiamoci quindi nuovamente alla generazione di tensione per mezzo dell'induzione.

### La regola della mano destra

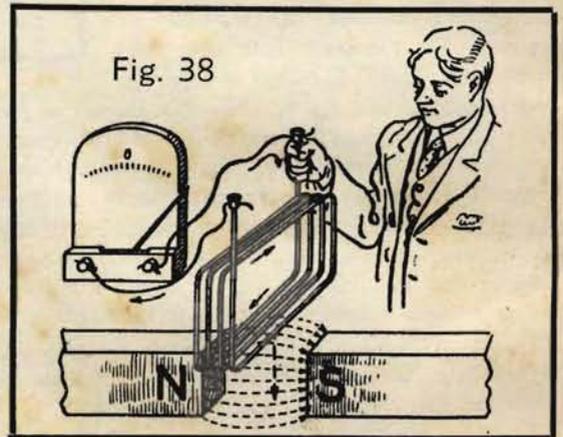
Per determinare la direzione della f.e.m. e della corrente, nel conduttore in movimento nel campo magnetico, ci si serve della cosiddetta « regola della mano destra », rappresentata graficamente nella fig. 36. Essa ha il seguente tenore:

Ponendo la mano destra tra i poli magnetici, in modo che il palmo sia rivolto verso il polo nord, il dorso verso il polo sud, e che il pollice segni la direzione dello spostamento del conduttore, le punte della dita indicheranno la direzione della corrente. La direzione della corrente sarà, naturalmente, opposta, qualora la direzione dello spostamento sia opposta a quella indicata dal pollice nella fig. 36.



Osservate la fig. 37. Il conduttore A-B viene mosso dall'alto verso il basso (cioè in direzione opposta a quella indicata dal pollice) attraverso il campo magnetico, tra i poli N e S. In base alla regola della mano destra, la f.e.m. indotta provoca una corrente che fluisce da A verso B.

Se in luogo di uno solo, si immergono nel campo magnetico vari conduttori, purchè questi siano collegati tra loro in modo adeguato, la tensione generata viene moltiplicata. Si ottiene così una bobina, della quale si può immergere nel campo magnetico, o estrarre da esso, un solo lato, come è disegnato nella fig. 38.



Con gli esperimenti ora descritti avete conosciuto il principio di funzionamento del generatore elettrico, che è un generatore di tensione e non di corrente, come viene spesso erroneamente designato. Quest'ultima espressione, infatti, è sbagliata perchè, come sapete, gli elettroni non vengono generati, poichè già esistono, ma sono semplicemente costretti a muoversi; la causa di tale movimento è quello che si chiama una « tensione ».

È giusto quindi parlare di sorgente di tensione, benchè si senta sempre ripetere l'espressione « sorgente di corrente ». Voi però sapete ormai di che cosa si tratta. Osserviamo d'altronde a questo proposito che anche la espressione « consumatore di corrente » è sbagliata. La corrente non si consuma, perchè gli elettroni non vanno persi. In un consumatore la stessa corrente, e quindi il medesimo numero di elettroni, esce da una parte come entra dall'altra. Si può parlare invece di « consumatore di tensione », poichè la tensione viene effettivamente consumata.

Le tensioni generate col dispositivo della fig. 38 sono di gran lunga troppo deboli per le esigenze della pratica. Si tratta per ora soltanto di esperienze, che vi devono dare la possibilità di fissare bene i concetti fondamentali. Conoscerete tra breve un generatore di tensione, che viene usato in telefonia; occorrono però prima ancora alcune spiegazioni di principio.

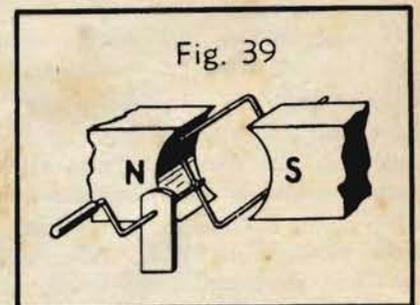
Le tensioni generate col dispositivo della fig. 38 sono di gran lunga troppo deboli per le esigenze della pratica. Si tratta per ora soltanto di esperienze, che vi devono dare la possibilità di fissare bene i concetti fondamentali. Conoscerete tra breve un generatore di tensione, che viene usato in telefonia; occorrono però prima ancora alcune spiegazioni di principio.

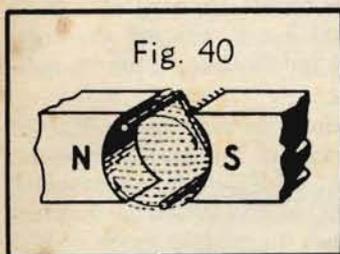
### Il generatore magneto-elettrico (dinamo)

Nella fig. 39 sono rappresentati due poli magnetici N e S, entro il campo magnetico dei quali è posta una spira conduttrice, sistemata in modo da poter ruotare. Al fine di sfruttare nel miglior modo il campo magnetico, i poli sono dotati di una forma ricurva. Immaginando di sezionare tutto il dispositivo, tanto i poli che la spira, si ottiene la fig. 40.

Supponiamo ora che la spira venga fatta ruotare entro il campo magnetico nel senso delle lancette dell'orologio. Nella fig. 41 sono rappresentate varie posizioni della spira ruotante.

Poichè ruotando entro il campo magnetico la spira taglia le linee di forza, viene indotta nella spira stessa una f.e.m. e quindi una corrente. Mentre la metà superiore della spira, contrassegnata nella fig. 41 dal numero « 1 », si sposta da 1 a 2, essa taglia già alcune linee di forza. Continuando nella





rotazione e spostandosi da 2 a 3 la metà della spira taglia un numero maggiore di linee di forza, e più ancora mentre passa da 3 a 4 e da 4 a 5. Poi il numero delle linee di forza tagliate diminuisce di nuovo, finché nella posizione 7 la spira si muove parallelamente alla direzione delle linee di forza e quindi non ne taglia alcuna.

Vogliamo provare ora a determinare la direzione della f.e.m. e della corrente nella metà spira considerata, mentre si sposta da 1 a 7.

Nella posizione 1 non viene indotta nessuna f.e.m., poichè non viene tagliata alcuna linea di forza. Quindi non circola nemmeno corrente. Nella posizione 2 viene indotta una piccola f.e.m. e passa quindi una debole corrente, come si può constatare con l'aiuto della *regola della mano destra*, in direzione dal fondo in avanti. Questa direzione della corrente è indicata nella fig. 41 da un punto posto nel mezzo del circoletto che rappresenta la sezione del conduttore. Conformemente allo schizzo dimostrativo della fig. 41 in basso, questo punto significa la punta della freccia, mentre la coda della freccia, che dobbiamo figurarci dotata di penne, è indicata con una *crocetta*. Quindi il punto significa che la corrente viene verso di voi, la crocetta, che essa si allontana. Questi segni convenzionali sono già stati spiegati nella Dispensa N. 4, fig. 49.

La fig. 41 riporta dunque la direzione della f.e.m. e quindi della corrente nella metà superiore della spira. Mentre la spira si sposta dalla posizione 1

alla posizione 6, la corrente scorre verso di noi; essa cresce dapprima, fino a raggiungere l'intensità massima quando la mezza spira si trova nella posizione 4. Poi sia la f.e.m., che la corrente, diminuiscono e raggiungono lo zero nella posizione 7.

Nella posizione 8 la corrente ricomincia a fluire, ma in direzione opposta, poichè la f.e.m. ha cambiato di direzione. Entrambe aumentano fino alla posizione 10, per poi ritornare lentamente a zero mentre la mezza spira raggiunge la posizione iniziale in 1.

La spira è però costituita da due metà, visibili entrambe in sezione nella fig. 40. Quando, per esempio, una metà è nel punto 1, l'altra si trova nel punto 7. Esaminiamo quindi ciò che accade in quest'altra metà, che da 7 si sposta in 8, 9, 10, 11, 12, 1, 2, ecc., fino a ritornare in 7.

Come risulta dalla fig. 41, nella posizione 8 si manifesta una debole f.e.m. diretta dal lato anteriore al fondo.

Questa f.e.m. aumenta fino alla posizione 10, per poi decrescere fino alla posizione 1, ove non viene indotta più alcuna f.e.m. Si vede dunque che *la f.e.m. indotta nella metà inferiore della spira ha la direzione opposta a quella indotta nella metà superiore. Poichè però la spira è chiusa posteriormente, le due f.e.m. si sommano e si ottiene in tal modo una f.e.m. di valore doppio.*

Ciò vale in qualsiasi posizione della spira. Per esempio nella posizione 4-10 si ha nella metà di destra (posizione 4) una f.e.m. rivolta verso di noi, nella metà di sinistra (posizione 10) una f.e.m. diretta verso il fondo.

La f.e.m. e la corrente risultanti sono quindi doppie di quelle che verrebbero indotte in un conduttore isolato, equivalente ad una metà della spira, che ruotasse nel campo magnetico.

Se per mezzo di uno strumento di misura determinassimo il valore della tensione e dell'intensità di corrente nelle successive posizioni della spira, troveremmo che la f.e.m. e la corrente dapprima crescono, poi decrescono, raggiungendo lo zero e lo oltrepassano, poichè invertono subito dopo la loro direzione, diventando *negative*. Anche in direzione negativa la f.e.m. e la corrente aumentano fino a raggiungere un'intensità massima, per ritornare quindi a zero.

Si riscontra quindi che *nella spira ruotante vengono generate una tensione alternata ed una corrente alternata*, rappresentata graficamente per mezzo della curva della fig. 42. Si ottiene questa curva misurando l'intensità della corrente nella spira, a intervalli uniformi, mentre essa ruota, e riportando tali valori partendo da un asse orizzontale. Ricordate a questo proposito il Capitolo sulla *Corrente alternata* nella Dispensa N. 5.

Torniamo alla fig. 41 e osserviamo dapprima la metà superiore della spira. Nella posizione 1 non fluisce corrente; facciamo quindi nella rappresentazione grafica della fig. 42, un punto sulla linea di zero in corrispondenza alla posizione 1. Nella posizione 2 si ha già una debole corrente; l'altezza della curva sopra il punto 2, nella fig. 42, esprime l'intensità di corrente in questo istante. Nella posizione 3 la corrente è ancora più intensa, e in 4 raggiunge il valore massimo, che risulta molto chiaramente dalla nostra curva della

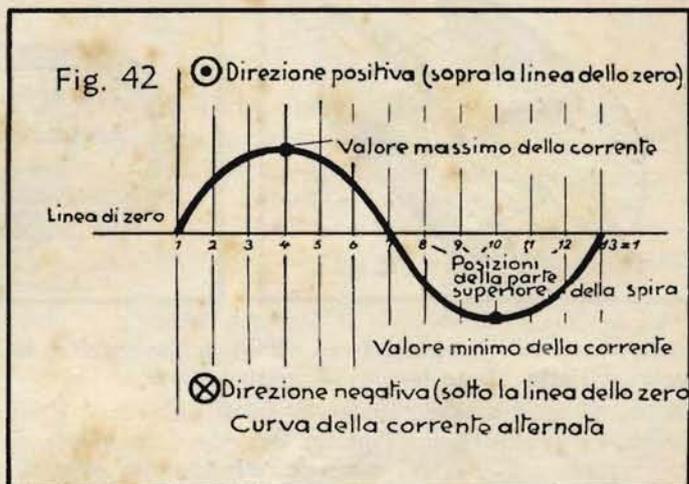


fig. 42. Nelle posizioni successive 5 e 6 l'intensità della corrente diminuisce e raggiunge la linea di zero nella posizione 7; la corrente inverte poi la direzione aumentando di nuovo nelle posizioni 8 e 9, ma nel senso *negativo*. Nella posizione 10 si raggiunge il minimo (*massimo negativo*); la corrente si indebolisce di nuovo nelle posizioni 11 e 12 e tocca nuovamente la linea di zero nella posizione 13 (= 1).

Per poter derivare la corrente alternata generata nella spira, si utilizza la disposizione indicata nella fig. 43. Si fanno terminare i capi della spira ai due cosiddetti « anelli », fissati sull'asse e isolati tra loro, e ruotanti solidalmente con la spira. La corrente si preleva per mezzo delle lamine striscianti  $F_1$  ed  $F_2$ , dette « spazzole ». Come abbiamo detto in precedenza, i poli magnetici N e S non sono che le estremità di una grossa calamita a ferro di cavallo. Il nostro piccolo generatore di corrente potrebbe quindi presentarsi, in realtà, come è disegnato nella fig. 44.

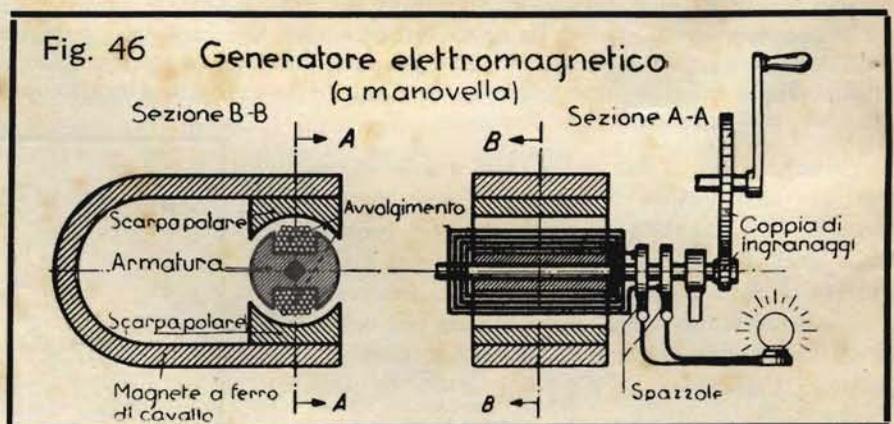
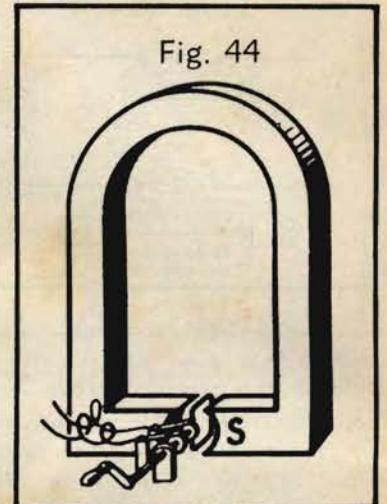
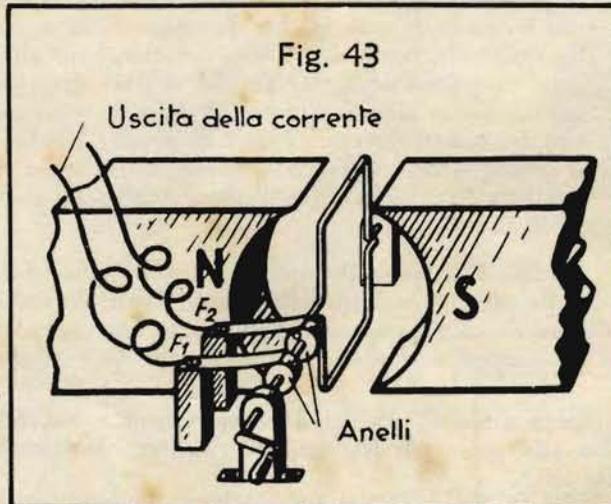
Quanto più rapidamente viene fatta girare la manovella e tanto più aumenta la tensione, che si misura tra le spazzole  $F_1$  ed  $F_2$ . Essa basterebbe per accendere una piccola lampadina.

Poichè abbiamo interesse a far sì che la tensione ricavata sia la più elevata possibile, esaminiamo quali mezzi permettono di raggiungere tale scopo. Potremmo utilizzare, per esempio, un magnete più forte. Riflettendo meglio troverete però un'altra possibilità: quella di usare una bobina con molte spire, in luogo di una spira sola, come quella della fig. 44.

Se si fa ruotare nel campo magnetico una bobina con due, tre o più spire, la tensione verrà moltiplicata per due, tre o più volte.

Abbiamo quindi a disposizione un mezzo semplice per aumentare la tensione a piacimento, entro determinati limiti.

Va inoltre considerato un altro particolare costruttivo, che consente di aumentare il valore della tensione indotta, sfruttando meglio l'energia magnetica della calamita. È noto che ogni percorso nell'aria costituisce un ostacolo rilevante per le linee di forza magnetiche. Basta quindi riempire lo spazio compreso tra le espansioni polari con un materiale che costituisca un buon conduttore per le linee di forza magnetiche, pur non essendolo per la corrente elettrica. Questo materiale è il *ferro dolce*. Per questa ragione le spire ruotanti vengono avvolte su un cilindro di ferro, il quale è dotato di cosiddette « cave », cioè di scanalature longitudinali, entro le quali viene collocato l'avvolgi-



mento, in modo da permettere un buon fissaggio e, nel medesimo tempo, limitare il percorso delle linee di forza nell'aria (il traferro), al minimo indispensabile.

La fig. 45 mostra tale cilindro di ferro, che viene chiamato « rotore », perchè è sottoposto a rotazione, oppure « ancora » perchè, come l'ancora dei relè, è un pezzo di ferro dolce, destinato a chiudere il campo magnetico tra un polo e l'altro del magnete. Avendo due cave, il rotore assume la forma di un  $\Gamma$  (doppio T), e viene chiamato appunto « rotore a doppio T ». Tutte le parti che ruotano appartengono al rotore. L'avvolgimento del rotore si chiama anche « indotto », perchè in esso viene indotta la f.e.m. Le parti che non si muovono, e quindi in particolare la calamita, costituiscono lo statore.

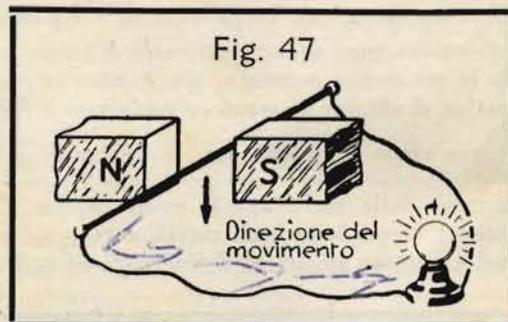
Nella fig. 46 è rappresentata schematicamente una piccola dinamo, generatrice di corrente alternata, usata in telefonia. Poichè, come già sapete, la tensione indotta nelle spire durante la rotazione dipende dal numero di linee di forza, tagliate nell'unità di tempo, è chiaro che, aumentando il numero dei giri, si ottiene una potenza maggiore. Per poter provocare una rotazione rapida, il generatore è dotato di un ingranaggio interposto tra l'albero della manovella e quello del rotore. Nella figura sono riportate due sezioni della macchina. Nella sezione A-A le spire dell'avvolgimento sono rappresentate schematicamente, per semplicità di disegno.

Una dinamo di questo tipo consente già di ottenere dei ragguardevoli risultati. È possibile, p. es., accendere una lampadina, allacciandola alle spazzole. I cosiddetti « magneti d'accensione » o « spinterogeni » delle motociclette sono costruiti in base al medesimo principio.

Piccoli generatori di questo tipo vengono ancora usati in telefonia; essi sono noti sotto il nome di « induttori a manovella » e servono, come avete già appreso, ad azionare la suoneria della stazione comunicante.

### Domande

1. Un induttore a manovella, come quello rappresentato nella figura 46, genera corrente continua o alternata?
2. Qual è la direzione della corrente indotta nel circuito qui accanto? (fig. 47).
3. Come si chiamano gli organi che in un generatore magneto-elettrico servono per il prelevamento della corrente?
4. Come si fa ad aumentare la tensione erogata da un generatore magneto-elettrico?



### Risposte alle domande di pag. 7

1. Gli elettrodi di una valvola termoionica semplice si chiamano anodo, catodo e griglia.
2. Gli elettroni fluiscono nell'interno della valvola dal catodo all'anodo.
3. In un tubo elettronico, privo di griglia, la corrente elettronica dipende dal materiale costituente il filamento, dalla conformazione della superficie e dalla temperatura dello stesso, nonché dalla tensione anodica.
4. Un'elevata carica negativa di griglia provoca la diminuzione della corrente elettronica, o addirittura la soppressione della stessa.

### Risposte alle domande di pag. 14

1. Il microtelefono è un'impugnatura, che porta all'estremità superiore un ricevitore telefonico, a quella inferiore un microfono. Secondo lo schema dell'impianto telefonico, l'impugnatura può essere dotata di contatti ausiliari, che sono da premere durante la conversazione.
2. Il ricevitore a impugnatura è un'impugnatura che porta soltanto il ricevitore telefonico, ma non il microfono.
3. Quando il microfono è fissato alla custodia dell'apparecchio telefonico, può facilmente accadere che i granuli di carbone si saldino tra loro e che si debba picchiettare sulla capsula microfonica per farli distaccare. Ciò avviene meno facilmente nel microtelefono, essendo questo sottoposto a continui movimenti ed a scosse.

## ELETTROTECNICA GENERALE

### Calcolo di resistenze

Se prendiamo vari fili metallici, tutti della sezione di  $1 \text{ mm}^2$  (un millimetro quadrato), e li tagliamo tutti della lunghezza di un metro, constatiamo che, ciononostante, la resistenza dei vari fili è differente.

La ragione di questa diversità è insita nel materiale di cui sono costituiti i fili. Certi materiali rappresentano per la corrente elettrica un ostacolo maggiore di certi altri. L'argento ed il rame lasciano passare la corrente assai facilmente; l'alluminio rende il passaggio un po' più difficile, il ferro lo ostacola ancor maggiormente ed infine i cosiddetti « materiali per resistenze elettriche », come nichelina, manganina, costantana, ecc., costituiscono degli ostacoli veramente elevati per la corrente elettrica.

Il materiale da usare viene scelto in base allo scopo che ci si prefigge. Quando si richiede un ottimo conduttore e la massima limitazione delle perdite nelle linee, il materiale più adatto sarebbe l'argento. Però questo metallo nobile è, nella maggior parte dei casi, troppo costoso. Si usa perciò quasi sempre il rame, che conduce la corrente quasi altrettanto bene. Quando la linea deve pesare poco, si usa alluminio, che presenta però una resistenza superiore di 1,7 volte a quella del rame.

Quando non si tratta di trasportare la corrente, ma di limitarla, come per esempio nelle resistenze addizionali degli strumenti di misura, nei reostati d'avviamento dei motori elettrici, oppure nelle resistenze riscaldanti delle stufette elettriche, si usano gli appositi materiali per resistenze: nichelina, manganina, costantana, nichelcromo e simili.

Per essere in grado di calcolare delle resistenze, dovete conoscere dapprima il concetto della *resistenza specifica* o *resistività*.

*La resistenza di un filo lungo un metro e della sezione di 1 mm<sup>2</sup> si chiama « resistività » del materiale di cui è costituito il filo.*

Il concetto della *resistenza specifica* ricorda quello del peso specifico, col quale vogliamo quindi confrontarlo. Come per esprimere il peso specifico ci si riferisce al peso di un cubo di 1 dm di lato, così per la resistenza specifica ci si riferisce ad un filo lungo 1 m e della sezione di 1 mm<sup>2</sup>.

Avrete certamente già consultato delle tabelle elencanti il peso specifico dei materiali; esistono pure tabelle che riportano la resistenza specifica. Qui di seguito è riportata una tale tabella, riguardante i materiali più usati in elettrotecnica.

Accanto al concetto della *resistività* si usa spesso anche il suo reciproco, cioè quello della *conduttività* (*conduttanza specifica*). Nella tabella è riportata anche questa grandezza.

*La conduttanza di un materiale è tanto migliore, quanto più piccola è la sua resistenza, e ciò è evidente. Quando la resistenza aumenta, diminuisce la conduttanza e viceversa. La conduttanza è quindi quello che in matematica si chiama il « valore reciproco » della resistenza, un concetto che useremo spesso. Come sapete la resistenza viene designata con la lettera *R* e la conduttanza con *G*. Si può scrivere quindi  $G = \frac{1}{R}$ , oppure  $R = \frac{1}{G}$ .*

L'unità della resistenza è, come sapete, l'*ohm*; l'unità della conduttanza ne è il reciproco, e nei paesi anglosassoni viene infatti chiamata « *mho* », mentre nel nostro continente si usa generalmente l'unità « *siemens* », così chiamata in onore dello studioso tedesco *Werner Siemens*.

Tabella N. 4			Resistività e conduttività di vari materiali a 20° C		
Materiale	Resistività $\rho$		Conduttività $\kappa$		
Argento	0,017	a 0,016	59	a	62
Rame	0,0176		57		
Alluminio	0,028	a 0,03	36	a	33
Zinco	0,063		15,9		
Ottone	0,07	a 0,09	14,3	a	11,11
Nichel	0,1		10		
Stagno	0,11	a 0,14	9,09	a	7,15
Ferro	0,13		7,7		
Acciaio	0,1	a 0,2	10	a	5
Alpacca	0,35	a 0,50	2,86	a	2
Piombo	0,2		5		
Nichelina	0,4		2,5		
Manganina	0,43		2,33		
Costantana	0,5		2		
Mercurio	0,95		1,05		
Nichelcromo	1,05	a 1,1	0,95	a	0,91
Kantal A-1	1,45		0,69		
Grafite	13		0,08		
Carbone	20	a 100	0,05	a	0,01

Se ci riferiamo al filo normale, lungo 1 m e della sezione di 1 mm<sup>2</sup>, troviamo — come si è detto — che la conduttività non è che il valore reciproco della resistività.

Nei nostri calcoli introdurremo per la resistività la lettera greca «  $\rho$  » (leggi rò).

Conoscendo il valore della resistività, è facile calcolare la resistenza di un conduttore, del quale siano date la lunghezza e la sezione.

Se un conduttore possiede, per caso, proprio la lunghezza di 1 metro e la sezione di 1 mm<sup>2</sup>, la resistenza di questo conduttore è  $\rho$  (resistività); in tal caso quindi  $R = \rho$ .

Poichè la resistenza aumenta proporzionalmente con la lunghezza, un conduttore lungo 10 m avrà  $R = \rho \cdot 10$ .

Ciò è del tutto logico, se si pensa che gli elettroni devono percorrere un cammino 10 volte più lungo e che incontrano quindi un ostacolo 10 volte superiore.

Se designiamo la lunghezza con *l*, otteniamo la formula:  $R = \rho \cdot l$ .



Gettate uno sguardo sulla Tabella delle resistività. I valori di  $\rho$  riportati nella colonna 2 non sono facili da ricordare, essendo generalmente frazioni decimali. È più facile ricordare dei numeri interi, come quelli riportati nella terza colonna. Per questa ragione si tien conto volentieri della conduttività dei materiali, che viene designata con la lettera greca  $\kappa$  (« cappa »).

Come abbiamo visto, la conduttività è il valore reciproco della resistività; la formula (24) si trasforma quindi nel modo seguente:

$$R = \frac{l}{q} \cdot \rho = \frac{l}{q} \cdot \frac{1}{\kappa}, \text{ e quindi:}$$

$$R = \frac{l}{\kappa \cdot q} \quad \dots \dots \dots \text{ Formula (25)}$$

Risolvendo l'equazione per l'una o per l'altra incognita, si ottengono le seguenti formule derivate:

$$q = \frac{l}{\kappa \cdot R} \quad \dots \dots \dots \text{ Formula (25-a)}$$

$$l = R \cdot \kappa \cdot q \quad \dots \dots \dots \text{ Formula (25-b)}$$

$$\kappa = \frac{l}{q \cdot R} \quad \dots \dots \dots \text{ Formula (25-c)}$$

Calcolate ora nel vostro quaderno i tre esempi sopra riportati, utilizzando però la conduttività. Dovete ottenere, naturalmente, il medesimo risultato di prima.

**Dipendenza delle resistenze dalla temperatura**

Vogliamo ora farvi conoscere l'effetto della quarta grandezza, che influisce sulla resistenza dei conduttori: la temperatura.

Infatti non è indifferente, a quale temperatura venga determinato il valore di una resistenza, poichè questo, in generale, varia con la temperatura. Se il valore di una resistenza viene determinato, per esempio, alla temperatura dell'ambiente, oppure addirittura allo stato di incandescenza, si ottengono dunque risultati differenti. Nei calcoli precedenti è stato sempre tenuto conto di una temperatura media di 20° C. Anche nella Tabella N. 4 la resistività è indicata per la temperatura di 20° C. Questo dato non è però sufficiente, poichè vorremmo poter calcolare la resistenza di un conduttore anche ad un'altra temperatura.

Per raggiungere questo scopo bisogna determinare dapprima, per mezzo di esperimenti, l'aumento di resistenza di 1 ohm per 1° C. Il risultato di queste indagini permise di stabilire che l'aumento di resistenza dipende dal genere di materiale. I metalli buoni conduttori presentano, p. es., per grado di aumento di temperatura, un aumento di resistenza assai superiore a quello dei materiali cattivi conduttori.

La resistenza di 1 ohm di un filo di rame aumenta di 0,00425 ohm per ogni grado di temperatura. La lega per resistenze Kantal A-1 presenta invece un aumento di soli 0,00007 ohm; la Manganina addirittura soltanto 0,00001 ohm. Quest'ultimo materiale possiede un valore di resistenza praticamente costante a tutte le temperature; il suo aumento di resistenza si trasforma spesso in diminuzione di resistenza, sempre però di entità trascurabile come appare nella Tabella. Tutto considerato, la manganina può essere ritenuta perfettamente costante.

Anche la lega per resistenze Costantana presenta qualità analoghe. Essa manifesta, semmai, una leggerissima diminuzione di resistenza con l'aumento della temperatura.

Il carbone, invece, si comporta in modo quasi diametralmente opposto a quello dei conduttori metallici. Le resistenze fatte di carbone diminuiscono fortemente di valore con l'aumento della temperatura.

L'aumento di resistenza di un filo da 1 ohm per 1° C di aumento di temperatura si chiama « coefficiente di temperatura » del materiale considerato. Coefficiente è un fattore numerico, col quale va moltiplicata una grandezza matematica.

Il coefficiente di temperatura viene designato dalla lettera greca  $\alpha$  (alfa), che corrisponde al nostro « a ».

Nella Tabella N. 5, riportata qui a fianco, sono contenuti i coefficienti di temperatura di alcuni materiali.

Abbiamo detto che la resistenza di un ohm aumenta di  $\alpha$  (coefficiente di temperatura) per ogni grado di aumento di temperatura. Se la temperatura aumenta per esempio di 20°, la resistenza

**Tabella N. 5**

Materiale	Coefficiente temperatura $\alpha$
Acciaio	+0,0045 a 0,0052
Alluminio	+0,0036 a 0,0043
Alpacca	+0,0003 a 0,0007
Argento	+0,0036
Carbone	-0,0003 a -0,0008
Costantana	-0,00003
Ferro	+0,0045
Grafite	-0,0002 a -0,0007
Kantal A-1	+0,00007
Manganina	$\pm$ 0,00001
Mercurio	+0,0009
Nichel	+0,0043
Nichelcromo	+0,00015 a 0,00025
Nichelina	+0,00013 a 0,00023
Ottone	+0,0013 a 0,0019
Piombo	+0,0040
Rame	+0,00392 a 0,00425
Stagno	+0,0044
Zinco	+0,0037

aumenta di  $\alpha \cdot 20$ ; in generale, con un aumento di temperatura di  $t^\circ$  C, si ha un aumento di resistenza di  $\alpha \cdot t$  ohm ( $\alpha \cdot t$  è l'aumento di resistenza di un filo da 1 ohm di resistenza). Pertanto occorre aggiungere il numero 1 al valore  $\alpha \cdot t$  per ottenere la resistenza alla temperatura di  $t^\circ$  C. La formula diventa quindi:

$$R_t = R (1 + \alpha t)$$

Questa formula vale però soltanto per una resistenza iniziale di 1 ohm. Se il conduttore ha una resistenza iniziale differente da 1 ohm, diciamo, in generale, uguale ad  $R$  ohm, dobbiamo moltiplicare tutta la formula per  $R$  e otteniamo la resistenza alla temperatura  $t^\circ$  C; resistenza che designiamo con la sigla  $R_t$ . La formula diventa allora:

$$R_t = R (1 + \alpha t) \quad \dots \dots \dots \text{Formula (26)}$$

Il valore  $t$  era l'aumento di temperatura o, in altre parole, la differenza di temperatura. Ponendo  $t_2 =$  temperatura superiore e  $t_1 =$  temperatura inferiore, la differenza e cioè  $t_2 - t_1$  deve, evidentemente, equivalere alla grandezza  $t$  della formula (26). Sostituendo tale grandezza, otteniamo una variante della formula (26), e precisamente:

$$R_t = R [1 + \alpha (t_2 - t_1)] \quad \dots \dots \dots \text{Formula (26-a)}$$

In cui:

- $R_t$  = resistenza alla temperatura finale
- $R$  = resistenza alla temperatura iniziale
- $\alpha$  = coefficiente di temperatura
- $t_2$  = temperatura superiore
- $t_1$  = temperatura inferiore
- $t_2 - t_1$  = differenza di temperatura (=  $t$ )

Lasciamo a voi di scegliere quella delle due varianti che preferite ritenere a memoria. Comunque, ciò che importa è che vi siano perfettamente chiare la derivazione e l'applicazione della formula stessa.

Ora che siete al corrente della dipendenza delle resistenze dalla temperatura, capirete senz'altro per quale ragione nelle tabelle si trovi spesso un'ulteriore annotazione accanto alla resistività  $\rho$ ; per esempio, si legge  $\rho_{20}$ . Il numero 20 scritto in piccolo, in basso, accanto a  $\rho$ , significa che la resistività indicata è valevole per la temperatura di  $20^\circ$  C. Spesso si trova anche l'indicazione per la temperatura di  $18^\circ$  C. Allora si scrive  $\rho_{18}$ . Analogamente  $\rho_{75}$  significa che questo valore si riferisce a  $75^\circ$  C.

Il coefficiente di temperatura può essere positivo o negativo, a seconda che il materiale considerato aumenti o diminuisca di resistenza col crescere della temperatura. Se quindi il coefficiente è preceduto dal segno « - », come per esempio è indicato per la costantana, per la quale  $\alpha = -0,00003$ , ciò significa che, aumentando la temperatura, la resistenza di questo materiale diminuisce. Se il coefficiente non riporta alcun segno (oppure, ciò che è la stessa cosa, porta il segno « + »), allora vuol dire che la resistenza aumenta col crescere della temperatura. Si noti che, quando  $\alpha$  è negativo, anche il secondo termine nella parentesi della formula (26) diventa negativo e va quindi sottratto dall'1.

Naturalmente è possibile trovare il valore della resistenza anche alle temperature inferiori, per esempio, a  $20^\circ$  C. In questo caso si ha una diminuzione di temperatura, invece che un aumento. Una diminuzione non è però altro che un aumento negativo e quindi il secondo termine nella parentesi cioè  $\alpha \cdot t$  diventa negativo, in quanto  $t$  è negativo. Ciò vale per il caso di un coefficiente di temperatura  $\alpha$  positivo: la resistenza diventa allora più piccola quando la temperatura diminuisce, come ce l'aspettavamo. Se invece lo stesso  $\alpha$  è negativo e anche  $t$  diventa negativo, poichè esprime una diminuzione di temperatura, allora otteniamo  $-\alpha \cdot -t$  positivo, poichè, com'è noto, meno per meno fa più. E quindi, quando il coefficiente di temperatura è negativo e la temperatura diminuisce si ottiene un aumento di resistenza, come ce lo conferma anche il semplice ragionamento.

Ricordate bene la formula (26), badate sempre ai segni e riflettete brevemente se è da attendersi un aumento oppure una diminuzione della resistenza. Così facendo eviterete gli errori.

**Esempio: I** Calcolare la resistenza di un filo di rame della sezione di  $0,0314 \text{ mm}^2$  e della lunghezza di  $1,35 \text{ km}$  a  $20^\circ$  C e a  $40^\circ$  C.

**Soluzione:** La resistività del rame a  $20^\circ$  C è  $\rho = 0,0176$ , valore che dobbiamo inserire nella formula (24).

$$R = \frac{\rho \cdot l}{q} = \frac{0,0176 \cdot 1350}{0,0314} = 756 \text{ ohm i.c.t. (in cifra tonda).}$$

Questa è la resistenza a  $20^\circ$  C.

A  $40^\circ$  C si ha un aumento di temperatura di  $20^\circ$  C e quindi bisogna porre  $t = 20$ . Il coefficiente di temperatura del rame è (Tabella N. 5)  $\alpha = 0,00392 - 0,00425$ .

Ponendo in media  $\alpha = 0,004$  otteniamo:

$$R_t = R (1 + \alpha t) = 756 (1 + 0,004 \cdot 20) = 756 (1 + 0,08) = 756 \cdot 1,08$$

$R_t =$  circa  $816 \text{ ohm}$ .

L'aumento della temperatura del conduttore da 20° C a 40° C ha quindi provocato un aumento della resistenza da 756 a 816 ohm, ossia di 60 ohm.

L'aumento di resistenza nei conduttori di alluminio è all'incirca il medesimo come nei conduttori di rame, poichè i coefficienti di temperatura sono quasi uguali.

Se i materiali per la fabbricazione di resistenze avessero lo stesso coefficiente di temperatura, come il rame e l'alluminio, si avrebbero delle enormi variazioni di resistenza, poichè nei ferri da stiro, nelle stufette elettriche e nelle piastre delle cucine elettriche si richiedono delle temperature dai 400° ai 600° C.

**Esempio 2:** Un avvolgimento di rame possiede a 20° C la resistenza di 150 ohm. Qual è la resistenza dell'avvolgimento alla temperatura di 120° C?

**Soluzione:** La differenza di temperatura è  $t = 120^\circ - 20^\circ = 100^\circ$  C. Dalla tabella ricaviamo il coefficiente di temperatura  $\alpha =$  circa 0,004. Inserendo tali valori nell'equazione otteniamo:

$$R_t = 150 (1 + 0,004 \cdot 100) = 150 (1 + 0,4)$$

$$R_t = 150 \cdot 1,4 = 210 \text{ ohm.}$$

L'aumento di resistenza è dunque veramente notevole e non può essere trascurato. È necessario perciò trovare una regola facile da tenere a mente, che permetta di trovare subito la variazione di resistenza del rame in dipendenza dalla variazione della temperatura. Ciò è semplice, poichè basta ricordare che il coefficiente di temperatura  $\alpha$  esprime la variazione della resistenza di un conduttore da 1 ohm, per una variazione di temperatura di 1° C. L'aumento della resistenza di un tale conduttore di rame è quindi uguale a 0,004 ohm ossia allo 0,4 %.

Perchè sia ancora più facile da ritenere, ricordiamo che *la variazione di resistenza del rame equivale al 4 % per ogni 10° C di variazione di temperatura.*

Questo 4 % equivale dunque, per una resistenza di 10 ohm, a 0,4 ohm; d'altra parte per una resistenza di 100 ohm ed un aumento di temperatura di 100° C si ha una differenza del 40 % ossia di 40 ohm, e così via.

**Esempio 3:** Una spirale riscaldante costituita da un filo di Kantal A-1 ha la resistenza di 100 ohm. La spirale si riscalda da 20° a 420° C. Che valore assume allora la resistenza?

**Soluzione:** Il coefficiente di temperatura del Kantal A-1 è (Tabella N. 5)  $\alpha = 0,00007$ ; la differenza di temperatura è  $t = 420 - 20 = 400^\circ$  C.

Abbiamo quindi:

$$R_t = R (1 + \alpha \cdot t) = 100 (1 + 0,00007 \cdot 400) = 100 (1 + 0,028)$$

$$R_t = 100 \cdot 1,028 = 102,8 \text{ ohm.}$$

Questo aumento equivale solamente al 2,8 % della resistenza iniziale, mentre l'aumento di una resistenza di rame sarebbe stato uguale al 160 %, o meglio, con  $\alpha = 0,00392$ , al 157 %. Supponiamo di allacciare la resistenza di rame da 100 ohm ad una tensione di 100 volt; a freddo, cioè alla temperatura di 20° C, la resistenza

assorbe la corrente:  $I = \frac{V}{R} = \frac{100}{100} = 1 \text{ ampère.}$  A caldo, cioè a 420° C, la resistenza assorbe invece sol-

tanto una corrente:  $I = \frac{V}{R} = \frac{100}{257} = 0,39 \text{ ampère.}$

Con la resistenza di Kantal A-1, invece, l'assorbimento di corrente diminuisce solo di poco. A 420° C si ha infatti una corrente:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{100}{102,8} = 0,97 \text{ ampère.}$$

Anche in questo Capitolo avrete notato come, a passo a passo, ci inoltriamo nella pratica e quanto ci sia utile in questa occasione tutto quello che abbiamo imparato in precedenza, particolarmente la matematica. Ciò vi consentirà senza dubbio una migliore comprensione del funzionamento di molti apparecchi elettrici, dei quali dovrete quotidianamente occuparvi. Servitevi quindi delle vostre recenti conoscenze per osservare, o addirittura controllare col calcolo, numerosi fenomeni e dati che finora vi fossero sfuggiti.

## Risposte alle domande di pag. 21

1. Il generatore magnetoelettrico produce corrente alternata.
2. La corrente indotta fluisce in direzione dell'osservatore, quindi dal fondo in avanti; essa entra nella lamadina per il morsetto sinistro e ne esce dal morsetto destro.
3. La corrente viene prelevata dal generatore magnetoelettrico mediante spazzole striscianti su 2 anelli. Gli anelli sono fissati sull'asse del rotore, isolati tra loro e connessi con l'inizio e la fine dell'avvolgimento.
4. Per aumentare la tensione alle spazzole, bisogna far ruotare più rapidamente il rotore, oppure dotare quest'ultimo di un numero maggiore di spire, oppure aumentare l'intensità del campo magnetico.

## COMPITI

1. Qual è, in una valvola termoionica, l'elettrodo che emette gli elettroni?
2. Qual è la funzione della griglia in una valvola termoionica.
3. Quali sono le condizioni per cui, in una valvola, si forma un flusso di elettroni dal catodo verso l'anodo?
4. Disegnate un estratto dello schema della fig. 21, in modo da rappresentare il solo circuito telefonico.
5. Suddividete lo schema della fig. 29 in due parti separate contemplanti:
  - a) il circuito di chiamata;
  - b) il circuito telefonico.
6. In quale caso si preferisce usare in telefonia la cosiddetta « chiamata a induttore »?
7. Per quale ragione l'induttore a manovella è dotato di un ingranaggio?
8. Perché il rotore dell'induttore a manovella non è fatto di alluminio?
9. Considerate una linea di rame da  $4 \text{ mm}^2$  lunga 228 m.
  - a) qual è la resistenza di questa linea?
  - b) quale sarebbe la resistenza della medesima linea, se fosse fatta d'alluminio (per il rame  $\rho = 0,0176$ ; per l'alluminio  $\rho = 0,03$ ).
10. Una resistenza a spirale, della sezione di  $1 \text{ mm}^2$  e della lunghezza di 150 m, assomma a 75 ohm. Di che materiale è costituita?
11. L'avvolgimento di un relè, in filo di rame, possiede la resistenza di 600 ohm. La sezione =  $0,0785 \text{ mm}^2$ . Da quanti metri di filo è costituito l'avvolgimento?
12. L'avvolgimento di rame di un relè possiede una resistenza di 60 ohm a  $20^\circ \text{ C}$ . Qual è la resistenza a  $50^\circ \text{ C}$  e a  $-20^\circ \text{ C}$ .  
Ponete  $\alpha = 0,004$ .
13. L'avvolgimento di un elettromagnete presenta a  $20^\circ \text{ C}$  una resistenza di 79,81 ohm. L'avvolgimento è di alluminio. Dopo un certo tempo di esercizio si nota un discreto riscaldamento. Una seconda misura fornisce il valore della resistenza di 90,4 ohm. Che temperatura aveva raggiunto l'avvolgimento? ( $\alpha = 0,004$ ).
14. a)  $\sqrt[3]{60} = ?$                       b)  $\sqrt[3]{225} = ?$                       c)  $\sqrt[3]{1000} = ?$                       d)  $\sqrt[3]{2800} = ?$
15. Trovare l'incognita  $x$  nelle seguenti proporzioni:
  - a)  $x : 12 = 6 : 9$
  - b)  $a : x = b : c$
  - c)  $3x : 2n = 15 : 1$

**Tabella N. 6**
**Radici cubiche ( $\sqrt[3]{\quad}$ )**

Numero	$\sqrt[3]{\text{Numero}}$										
1	1,000										
1,1	1,032	5,6	1,776	11	2,224	56	3,826	110	4,791	560	8,243
1,2	1,063	5,7	1,786	12	2,290	57	3,849	120	4,932	570	8,291
1,3	1,091	5,8	1,797	13	2,351	58	3,871	130	5,066	580	8,340
1,4	1,119	5,9	1,807	14	2,410	59	3,893	140	5,193	590	8,387
1,5	1,145	6,0	1,817	15	2,466	60	3,915	150	5,313	600	8,434
1,6	1,170			16	2,520			160	5,429		
1,7	1,194	6,1	1,827	17	2,571	61	3,937	170	5,540	610	8,481
1,8	1,216	6,2	1,837	18	2,621	62	3,958	180	5,646	620	8,527
1,9	1,239	6,3	1,847	19	2,668	63	3,979	190	5,749	630	8,573
2,0	1,260	6,4	1,857	20	2,714	64	4,000	200	5,848	640	8,618
		6,5	1,866			65	4,021			650	8,662
2,1	1,281	6,6	1,876	21	2,759	66	4,041	210	5,944	660	8,707
2,2	1,301	6,7	1,885	22	2,802	67	4,062	220	6,037	670	8,750
2,3	1,320	6,8	1,895	23	2,844	68	4,082	230	6,127	680	8,794
2,4	1,339	6,9	1,904	24	2,885	69	4,102	240	6,215	690	8,837
2,5	1,357	7,0	1,913	25	2,924	70	4,121	250	6,300	700	8,879
2,6	1,375			26	2,963			260	6,383		
2,7	1,393	7,1	1,922	27	3,000	71	4,141	270	6,463	710	8,921
2,8	1,410	7,2	1,931	28	3,037	72	4,160	280	6,542	720	8,963
2,9	1,426	7,3	1,940	29	3,072	73	4,179	290	6,619	730	9,004
3,0	1,442	7,4	1,949	30	3,107	74	4,198	300	6,694	740	9,045
		7,5	1,957			75	4,217			750	9,086
3,1	1,458	7,6	1,966	31	3,141	76	4,236	310	6,768	760	9,126
3,2	1,474	7,7	1,975	32	3,175	77	4,254	320	6,840	770	9,166
3,3	1,489	7,8	1,983	33	3,208	78	4,273	330	6,910	780	9,205
3,4	1,504	7,9	1,992	34	3,240	79	4,291	340	6,980	790	9,244
3,5	1,518	8,0	2,000	35	3,271	80	4,309	350	7,047	800	9,283
3,6	1,533			36	3,302			360	7,114		
3,7	1,547	8,1	2,008	37	3,332	81	4,327	370	7,179	810	9,322
3,8	1,561	8,2	2,017	38	3,362	82	4,345	380	7,243	820	9,360
3,9	1,574	8,3	2,025	39	3,391	83	4,362	390	7,306	830	9,398
4,0	1,587	8,4	2,033	40	3,420	84	4,380	400	7,368	840	9,435
		8,5	2,041			85	4,397			850	9,473
4,1	1,601	8,6	2,049	41	3,448	86	4,414	410	7,429	860	9,510
4,2	1,613	8,7	2,057	42	3,476	87	4,431	420	7,489	870	9,546
4,3	1,626	8,8	2,065	43	3,503	88	4,448	430	7,548	880	9,583
4,4	1,639	8,9	2,072	44	3,530	89	4,465	440	7,606	890	9,619
4,5	1,651	9,0	2,080	45	3,557	90	4,481	450	7,663	900	9,655
4,6	1,663			46	3,583			460	7,719		
4,7	1,675	9,1	2,088	47	3,609	91	4,498	470	7,775	910	9,691
4,8	1,687	9,2	2,095	48	3,634	92	4,514	480	7,830	920	9,726
4,9	1,699	9,3	2,103	49	3,659	93	4,531	490	7,884	930	9,761
5,0	1,710	9,4	2,111	50	3,684	94	4,547	500	7,937	940	9,796
		9,5	2,118			95	4,563			950	9,831
5,1	1,721	9,6	2,125	51	3,708	96	4,579	510	7,990	960	9,865
5,2	1,733	9,7	2,133	52	3,733	97	4,595	520	8,042	970	9,899
5,3	1,744	9,8	2,140	53	3,756	98	4,610	530	8,093	980	9,933
5,4	1,754	9,9	2,147	54	3,780	99	4,626	540	8,143	990	9,967
5,5	1,765	10,0	2,154	55	3,803	100	4,642	550	8,193	1000	10,000

Stampato come manoscritto

Ogni alienazione, prestito o diffusione in genere di questa Dispensa, anche in riassunto, è proibita.

Tutti i diritti, in particolare la traduzione in lingue straniere, sono riservati.

## FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 9

Formula

(24)	Resistenza di un conduttore:	Pag 23
	$R = \frac{\varrho \cdot l}{q}$	
(24-a)	Sezione del conduttore:	23
	$q = \frac{\varrho \cdot l}{R}$	
(24-b)	Lunghezza del conduttore:	23
	$l = \frac{R \cdot q}{\varrho}$	
(24-c)	Resistività:	23
	$\varrho = \frac{R \cdot q}{l}$	
(25)	Resistenza di un conduttore:	24
	$R = \frac{l}{\varkappa \cdot q}$	
(25-a)	Sezione del conduttore:	24
	$q = \frac{l}{\varkappa \cdot R}$	
(25-b)	Lunghezza del conduttore:	24
	$l = R \cdot \varkappa \cdot q$	
(25-c)	Conduttività:	24
	$\varkappa = \frac{l}{q \cdot R}$	
(26)	Resistenza alla temperatura $t$ :	25
	$R_t = R (1 + a t)$	
(26-a)	Resistenza alla temperatura $t_2$ :	25
	$R_t = R [1 + a (t_2 - t_1)]$	

## TABELLE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 9

(4)	Resistività e conduttività di vari materiali a 20° C	Pag. 22
(5)	Coefficiente di temperatura	24
(6)	Radici cubiche	28

---

**Stampato come manoscritto**

Ogni alienazione, prestito o diffusione in genere di questa Dispensa, anche in riassunto, è proibita.

Tutti i diritti, in particolare la traduzione in lingue straniere, sono riservati.

---

TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI

---

OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO, 9  
VARESE

---

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



## INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 10

Riassunto della materia trattata nella Dispensa precedente	Pag.
<b>Radiotecnica</b> . . . . .	1
Il tubo elettronico (continuazione) . . . . .	1
La caratteristica . . . . .	2
Domande . . . . .	4
<b>Telefonia</b> . . . . .	4
L'induttore a manovella (continuazione) . . . . .	4
Come è costruito l'induttore a manovella . . . . .	4
Impianti telefonici con chiamata a induttore . . . . .	5
<b>Matematica</b> . . . . .	7
Calcolo con le potenze . . . . .	7
Addizione e sottrazione di potenze . . . . .	7
Moltiplicazione e divisione di potenze . . . . .	7
Le potenze formate con numeri negativi . . . . .	8
Calcolo con le potenze decadiche . . . . .	9
Basta con la lotta per la posizione della virgola! . . . . .	10
<b>Elettrotecnica generale</b> . . . . .	12
Reattanze pure . . . . .	12
La reattanza induttiva . . . . .	12
La reattanza capacitiva . . . . .	13
La differenza di fase . . . . .	13
Domande . . . . .	15
<b>Radiotecnica</b> . . . . .	16
Le grandezze caratteristiche di una valvola termoionica . . . . .	16
L'infraeffetto . . . . .	16
Il fattore d'amplificazione . . . . .	18
La pendenza . . . . .	19
La resistenza interna . . . . .	20
L'equazione di Barkhausen . . . . .	21
Domande . . . . .	22
<b>Matematica</b> . . . . .	22
Il sistema di misura decadico . . . . .	22
Prefissi esprimenti multipli e sottomultipli decimali delle unità . . . . .	23
<b>Compiti</b> . . . . .	24

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 10

## RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Il primo Capitolo della Dispensa N. 9 vi ha introdotti in una parte nuova e importantissima, trattando dei fenomeni fondamentali che hanno luogo nei tubi elettronici. Avete appreso che gli elettroni escono dal filamento incandescente, che costituisce il catodo, formando attorno ad esso una *nuvola* di elettroni. Applicando una tensione positiva al secondo elettrodo del tubo, l'anodo, questo acquista la proprietà di attrarre gli elettroni che precipitano pertanto su di esso, attraversando il vuoto che si trova nell'interno del tubo. Mediante un ingegnoso artificio, e cioè introducendo tra il catodo e l'anodo un terzo elettrodo, la griglia, si ha la possibilità di comandare il movimento degli elettroni nell'interno del tubo. Infatti se la spirale costituente la griglia viene caricata di elettricità negativa, essa frena gli elettroni e diminuisce quindi la corrente anodica. Se invece la griglia è caricata positivamente, la corrente anodica viene rinforzata. Basta questa semplice regolazione della tensione di griglia per comandare o *pilotare* la corrente anodica. Questi sono dunque i fondamentali, che occorre aver compreso completamente, per poter interpretare con esattezza le numerose applicazioni dei tubi elettronici.

Nel Capitolo successivo avete conosciuto i collegamenti telefonici ad inserzione diretta e indiretta. Come dice il nome, gli impianti ad inserzione diretta sono caratterizzati dal fatto che tra i microfoni ed i ricevitori delle due stazioni esiste un collegamento diretto. La corrente erogata dalla batteria, la cui intensità oscilla nel ritmo delle onde sonore raccolte dal microfono, si propaga lungo la linea, raggiungendo la stazione comunicante e imprimendo le medesime oscillazioni alla membrana del suo ricevitore. L'inserzione diretta richiede però una linea di collegamento a tre fili. L'inserzione indiretta si distingue invece per il fatto che ciascuna stazione è dotata di un piccolo trasformatore, la cosiddetta « *bobina d'induzione* ». In questo caso per il collegamento occorrono due soli fili; essi trasportano soltanto corrente alternata, emessa dal secondario della bobina d'induzione.

Un altro Capitolo sulla « *Telefonia* » s'iniziava con la spiegazione della generazione magnetoelettrica di tensione. Scopo della trattazione è stato quello di dimostrare il funzionamento dell'induttore a manovella. Avete appreso così che, in ogni conduttore mosso in un campo magnetico, viene indotta una tensione, tanto più elevata quanto maggiore è il numero delle linee di forza, tagliate dal conduttore nell'unità di tempo. Vi è stato dimostrato inoltre che un conduttore rotante in un campo magnetico genera sempre corrente alternata.

Nel Capitolo sull'« *Elettrotecnica generale* » avete imparato a calcolare le resistenze. Particolarmente importante è la formula  $R = \frac{\rho \cdot l}{q}$ , la quale significa che la resistenza di un conduttore è tanto più grande, quanto maggiore è la resistività del materiale che lo compone, quanto più esigua è la sua sezione e quanto più lungo è il conduttore. Va tenuto poi presente che la resistenza varia anche con la temperatura; una formula particolare consente di calcolare tale variazione.

Oltre a queste cognizioni tecniche del ramo, avete potuto istruirvi ulteriormente in matematica, essendo state trattate le radici superiori e le proporzioni.

## RADIOTECNICA

**Il tubo elettronico** (Continuazione dalla Dispensa N. 9).

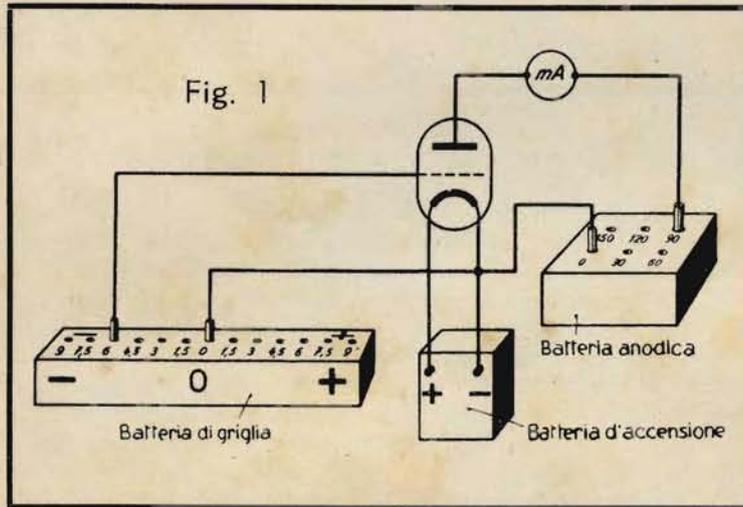
Conoscete già molto bene i principi di funzionamento dei tubi elettronici e sapete che, regolando la tensione della batteria di griglia, si può influire sull'intensità della corrente elettronica diretta dal catodo all'anodo. Riassumiamo brevemente ciò che vi è stato insegnato in merito.

Gli elettroni escono dal catodo incandescente, formando attorno ad esso la cosiddetta « *nuvola* » di elettroni. Applicando al secondo elettrodo, all'anodo, una tensione positiva rispetto al catodo, gli elettroni si spostano nell'interno del tubo dal catodo all'anodo. Questo spostamento viene comandato da un terzo elettrodo, la griglia. Quando questa è sottoposta ad una tensione positiva, la corrente anodica aumenta, quando la griglia è messa invece ad una tensione negativa, essa diminuisce.

La corrente anodica dipende pertanto, in misura rilevante, dalla tensione della griglia. Abbiamo già visto però

che essa dipende anche dalla tensione dell'anodo stesso. Vi mostreremo ora in quale misura si manifesti questa dipendenza della corrente anodica dalle tensioni di griglia e di placca.

Il dispositivo sperimentale occorrente, per determinare questa dipendenza, è rappresentato nella fig. 1. In tale figura si riconoscono la batteria d'accensione, quella anodica e quella di griglia. Nel conduttore, che dall'anodo della valvola porta alla batteria anodica, è inserito un milliamperometro per misurare la corrente anodica. Vogliamo ora applicare una determinata tensione anodica alla valvola e inseriamo quindi la spina collegata col milliamperometro nella boccola dei 90 volt, della batteria anodica.



La tensione di placca equivale pertanto a + 90 V. Nell'esperimento che seguirà ora, questo valore non viene variato: diciamo quindi di aver applicato una « tensione anodica costante  $V_a = + 90 \text{ volt}$  ».

Spostando la spina del collegamento di griglia, si possono scegliere ora successivamente le tensioni di griglia, tanto negative che positive, di 1,5 volt, 3 volt, 4,5 volt, 6 volt, ecc. La batteria d'accensione, a sua volta, possiede una tensione corrispondente alle prescrizioni per il tipo considerato di valvola, e cioè sufficiente per ottenere la giusta temperatura d'incandescenza del filamento. Lasciamo collegata questa batteria sempre nel medesimo modo e osserviamo l'indicazione del milliamperometro. Vi attendete, ed a ragione, che, quando la spina della batteria di griglia è innestata in un valore elevato negativo, il valore indicato dal milliamperometro sia piccolo e che aumenti man mano che la spina viene spostata verso prese giacenti a tensione negativa minore, e quindi più vicine al punto di zero.

La caratteristica.

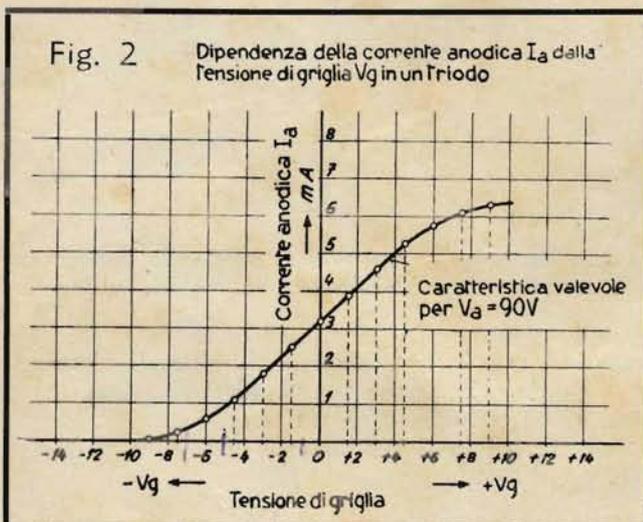
#### La caratteristica.

Riportiamo le nostre osservazioni in un diagramma. Questo sistema di notazione è particolarmente pratico, essendo facile da comprendere e da ricordare e permettendo di ricavarne varie considerazioni. Cominciamo quindi col tracciare gli assi delle coordinate; sull'asse verticale, o delle Y, riporteremo il valore della corrente anodica misurata, sull'asse orizzontale, o delle X, il valore della tensione applicata alla griglia. Poichè vogliamo usare tensioni di griglia, sia positive che negative, dobbiamo prolungare l'asse delle X verso sinistra, nel campo negativo, come risulta dalla fig. 2. Per ottenere un diagramma corretto, segniamo subito la numerazione sugli assi. La corrente anodica viene indicata con l'abbreviazione  $I_a$ , la tensione di griglia con  $V_g$ .

Iniziando l'esperimento, infiliamo la spina di griglia nella boccola « 0 » della batteria. In tal modo la griglia non è nè positiva nè negativa, ma è collegata direttamente con il catodo. Il milliamperometro segna il valore di 3,2 mA, che riportiamo nel diagramma:  $V_g = \text{zero}$ ;  $I_a = 3,2 \text{ mA}$ . Il primo punto misurato giace quindi sull'asse delle Y, all'altezza di 3,2 mA. Per il secondo punto spostiamo il collegamento di griglia su + 1,5 volt. Il milliamperometro segna, come noi aspettavamo, una corrente anodica superiore, e precisamente 3,9 mA. Riportiamo sul nostro diagramma anche questo punto. Passiamo poi alla boccola + 3 volt, della batteria di griglia, e notiamo l'indicazione di 4,6 mA del milliamperometro. Seguono i punti per + 4,5; + 6; + 7,5 e + 9 volt di tensione di griglia, che vengono tutti riportati immediatamente nella rappresentazione grafica.

Seguiamo ora la direzione opposta e applichiamo alla griglia tensioni negative. Vi aspettate indubbiamente che la corrente anodica diminuisca. Effettivamente, con  $V_g = -1,5 \text{ V}$  il milliamperometro segna soltanto 2,5 mA. Abbiamo fissato così un altro punto della curva, che viene a trovarsi nel lato negativo dell'asse delle X, in corrispondenza a - 1,5 V. In maniera identica a quella prima usata con le tensioni di griglia positive, procediamo ora alla misura della corrente anodica con tensioni di griglia negative. Completiamo in tal modo il diagramma, ottenendo la curva della fig. 2.

Abbiamo dunque rappresentata graficamente la dipendenza della corrente anodica dalla tensione di griglia. Questo diagramma si chiama « caratteristica » della valvola considerata. Essa vale, nell'esempio presente, per una tensione anodica  $V_a = 90 \text{ volt}$ . Trattandosi della dipendenza della corrente anodica  $I_a$  dalla tensione di griglia  $V_g$ , si dice con maggior precisione: « caratteristica corrente anodica — tensione di griglia ».



Osserviamo un po' attentamente la caratteristica ora rilevata. Noterete dapprima che la corrente anodica aumenta con notevole regolarità, quando la tensione di griglia va aumentando nel senso positivo. A un certo punto, però, la caratteristica s'incurva e infine la corrente anodica non aumenta quasi più. È questo il punto in cui il catodo « non ce la fa più »; esso non riesce ad emettere una quantità maggiore di elettroni e per questa ragione la corrente anodica non può aumentare: si dice che essa ha raggiunto la « saturazione ».

Dalla parte opposta della caratteristica, per forti tensioni negative di griglia, si osserva un andamento analogo. La carica negativa della griglia, è, infatti, talmente efficace, che solo una quantità minima di elettroni riesce a raggiungere la placca. Infine, a un certo punto, la tensione negativa di griglia blocca completamente il passaggio degli elettroni; questo valore si chiama « tensione di interdizione ».

Tutte le caratteristiche delle valvole di questo tipo seguono qualitativamente il medesimo andamento. Diminuendo la tensione negativa di griglia, esse salgono dapprima sempre più ripidamente nel tratto inferiore A, detto « ginocchio inferiore » (fig. 3). Segue poi il tratto rettilineo B, al quale succede un altro tratto incurvato C, il « ginocchio superiore ». Nel campo di saturazione D la caratteristica presenta nuovamente un andamento rettilineo, che qui è pressochè parallelo all'asse delle X. Ciò significa che la tensione anodica e la tensione positiva di griglia, che l'asseconda, sono abbastanza elevate da assorbire costantemente tutti gli elettroni che si liberano dal catodo.

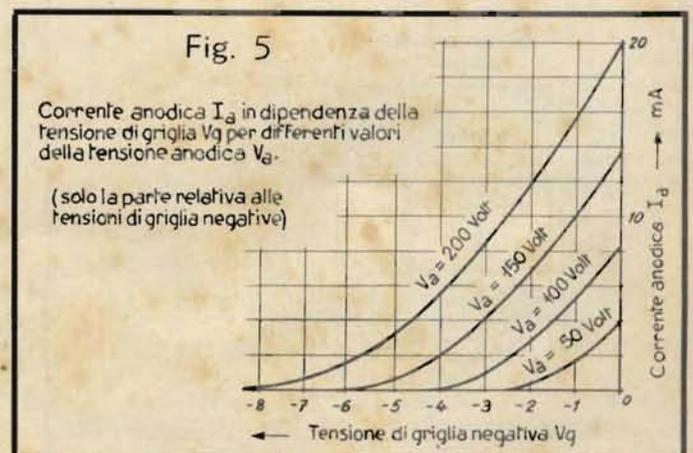
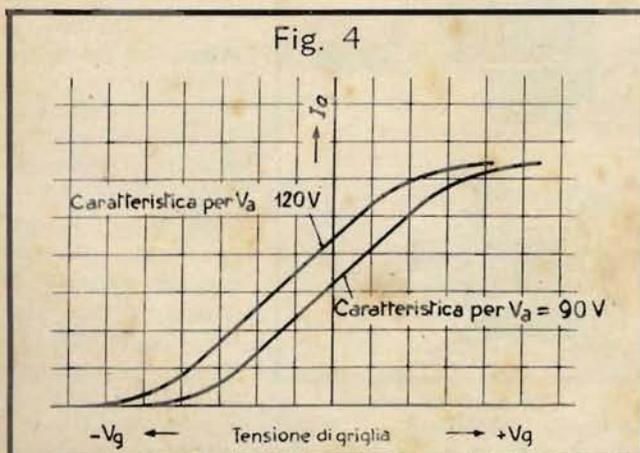
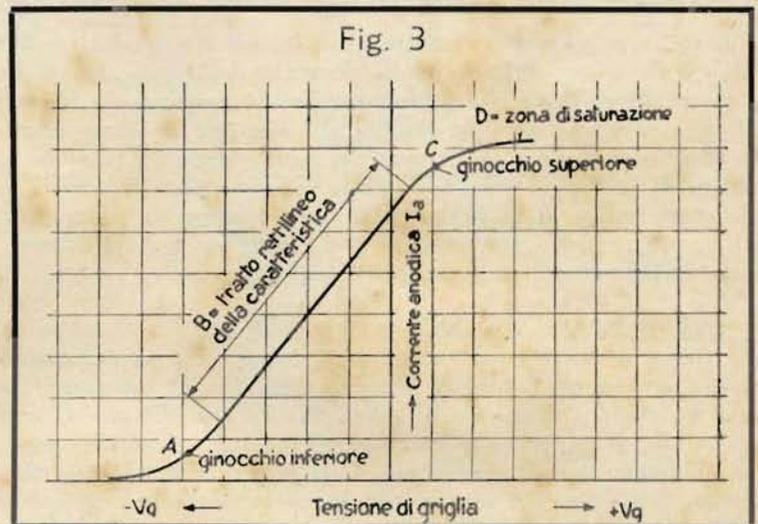
All'inizio del nostro esperimento abbiamo detto che la tensione anodica avrebbe dovuto rimanere costante, e precisamente uguale a 90 volt.

Ora, com'è noto, la corrente anodica non dipende soltanto dalla tensione di griglia, ma anche dalla tensione di placca (o tensione anodica). Se aumentiamo quest'ultima, portandola per esempio a 120 volt, aumenterà anche, come già sapete, la corrente anodica. Con la stessa tensione di griglia, p. es., di -3 volt avremo allora una corrente anodica di 3 mA, contro 1,8 mA per una tensione di placca di 90 volt. Se volessimo rifare tutta la serie di misure, variando la tensione di griglia e mantenendo la tensione di placca di 120 volt, otterremmo l'identica curva di prima, con la differenza che questa è spostata verso sinistra (fig. 4). Per ogni altra tensione anodica si ottiene la medesima curva, che nel diagramma va spostandosi sempre più verso sinistra con l'aumentare della tensione anodica. Si ottiene così un'intera famiglia di caratteristiche, com'è rappresentato nella fig. 5. Accanto a ciascuna curva si scrive il valore della relativa tensione di placca. Da una rappresentazione grafica di questo genere si possono desumere quasi tutti i dati, che occorre conoscere, per l'impiego di una valvola.

Naturalmente queste caratteristiche devono sempre essere determinate sperimentalmente. I fabbricanti di valvole pubblicano queste misure in fogli, che vengono poi riuniti assieme per i differenti tipi di valvole, formando un catalogo. Come vedrete, della caratteristica corrente anodica — tensione di griglia (detta anche « caratteristica  $I_a - V_g$  ») interessa quasi sempre solo la parte a sinistra dell'asse delle Y, cioè il campo delle tensioni di griglia negative. Nei cataloghi è quindi generalmente riportata solo questa parte, come nella fig. 5.

Al termine di questo Capitolo vogliamo osservare che la tensione applicata alla griglia, e più precisamente la tensione continua, viene chiamata generalmente « polarizzazione » di griglia.

Ciò per evitare confusioni con le tensioni alternate, che vengono pure applicate alla griglia. Ma di questo, come pure del modo di ricavare dai diagrammi i dati caratteristici, tratteremo in un Capitolo successivo.



## Domande

1. Qual è la dipendenza che viene illustrata dalla caratteristica  $I_a - V_e$ ?
2. Qual è la condizione necessaria per ricavare una corretta caratteristica  $I_a - V_e$ ?
3. Come si chiamano i tratti inferiore e superiore della caratteristica  $I_a - V_e$ ?

## TELEFONIA

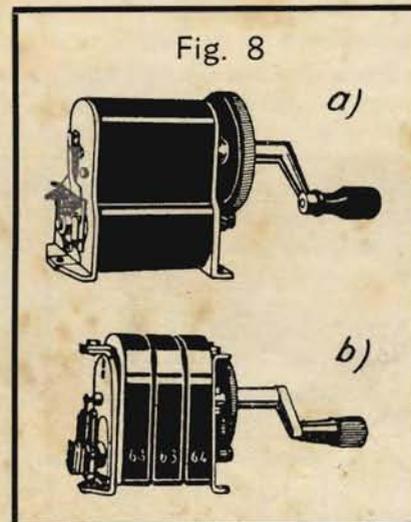
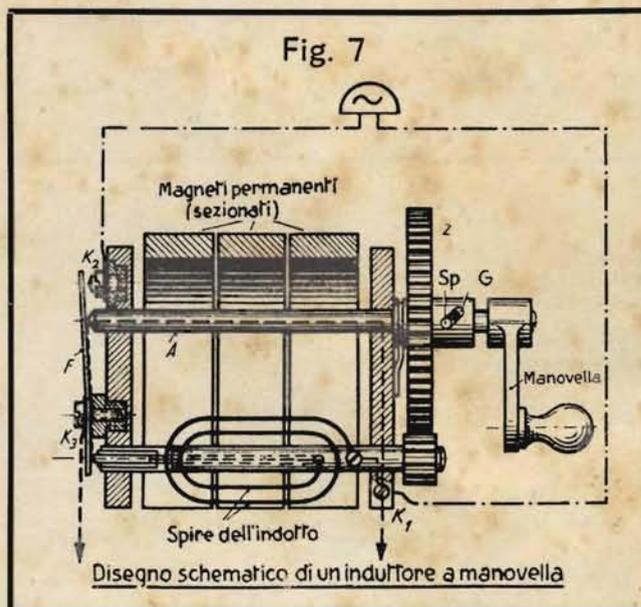
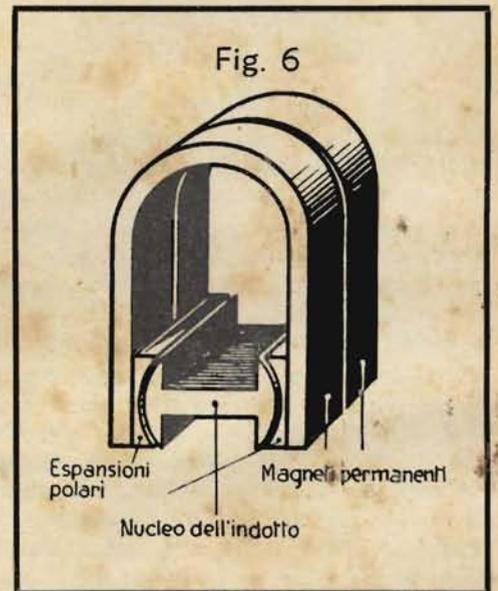
### L'Induttore a manovella (Continuazione dalla Dispensa N. 9).

Finora avete conosciuto soltanto dei semplici impianti telefonici, nei quali la chiamata viene effettuata mediante corrente prelevata dalla batteria della stazione chiamante. Ora è ovvio che la distanza tra i due utenti rimane in tal modo assai limitata, poichè, secondo la legge di Ohm, si manifesta nella linea una caduta di tensione, per cui la tensione residua alla stazione chiamata è solo una frazione di quella della batteria. Quando la lunghezza della linea supera un certo valore, la tensione residua non è più sufficiente per azionare la suoneria. Si potrebbe ovviare a questo inconveniente aumentando la tensione della batteria, ma questa soluzione è da scartare per varie ragioni, per esempio, perchè l'ingombro della batteria diverrebbe eccessivo. Una soluzione più pratica è stata trovata con l'adozione del cosiddetto « induttore a manovella », del quale abbiamo già esposto il principio nella Dispensa precedente.

### Com'è costruito l'induttore a manovella.

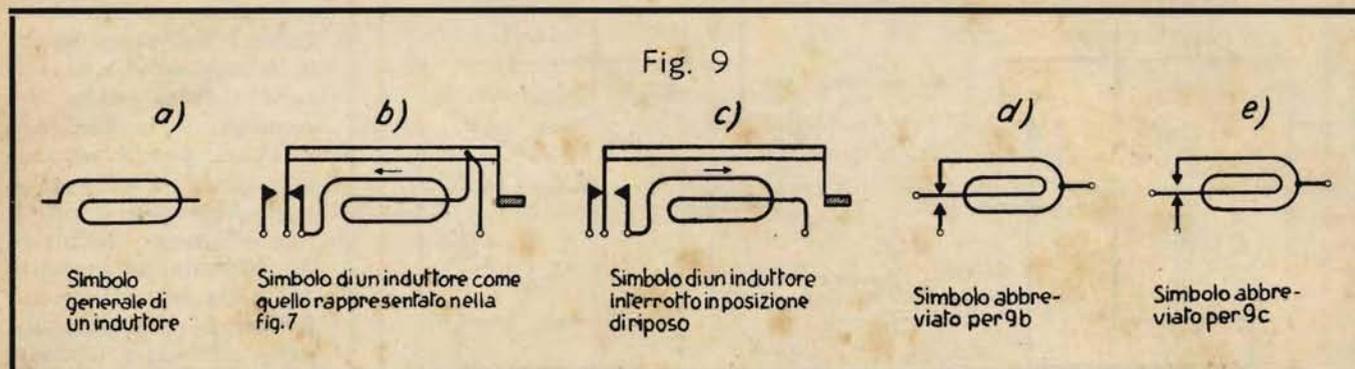
La fig. 6 mostra le parti principali del generatore di corrente alternata, noto come *induttore a manovella*. Tra le espansioni polari di due magneti permanenti si trova l'indotto a doppio T, nel quale, ruotando, si genera una corrente alternata, utilizzata come corrente di chiamata per l'azionamento della suoneria della stazione comunicante. Nella fig. 7 è rappresentato schematicamente un induttore dotato di tre magneti parziali. Come sapete, la tensione indotta è tanto più elevata, quanto più rapidamente viene fatto ruotare l'indotto. La coppia d'ingranaggi Z serve appunto ad aumentarne la velocità di rotazione. Osservate i collegamenti dell'avvolgimento d'indotto: un capo è collegato direttamente all'albero del rotore; l'altro capo attraversa l'albero stesso, dal quale è isolato, e termina ad uno spinotto di contatto situato dal lato opposto agli ingranaggi. Questo spinotto sostituisce uno degli anelli per il prelevamento della corrente, che avete conosciuto nella fig. 46 della Dispensa N. 9; anch'esso deve naturalmente essere isolato elettricamente dall'albero, nel quale si trova forzato. Anche il secondo anello è superfluo, in quanto la corrente indotta viene fatta passare attraverso l'albero e il cuscinetto del rotore e prelevata dal morsetto  $K_1$ .

Come vi spiegheremo subito, quando un induttore a manovella è utilizzato in un impianto telefonico, è necessario che, nello stato di riposo, la resistenza dell'avvolgimento d'indotto sia corto-circuitata. A questo scopo la lamina di contatto  $F$  è prolungata, in modo da poggiare sull'estremità dell'albero della manovella, collegato mediante il supporto metallico col morsetto  $K_1$ .



Quando la manovella viene azionata, la spina  $S_p$ , fissata rigidamente nell'albero, scorre nella fenditura obliqua di guida  $G$ , spostando verso destra tutto l'albero con la manovella ed aprendo così il contatto di corto circuito. Infatti la lamina  $F$ , invece di poggiare sull'albero  $A$ , fa contatto col morsetto  $K_2$ . Rimane così interrotto il corto circuito tra  $K_1$  e  $K_3$ , e la tensione alternata indotta si

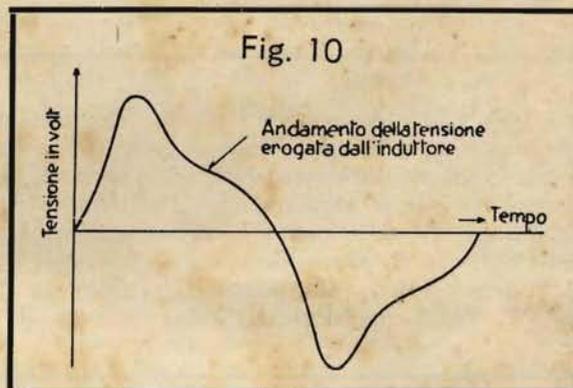
trova presente tra i morsetti  $K_1$  e  $K_2$ , dai quali viene condotta alla suoneria della stazione comunicante. Quando, al termine della chiamata, la manovella viene abbandonata, interviene un'apposita molla a riportare l'al-



bero  $A$  nuovamente verso sinistra, fino a toccare e sollevare la lamina  $F$ . Nella fig. 7 il circuito che si stabilisce nella posizione di riposo, quando l'induttore non viene azionato è disegnato a trattini, mentre il circuito segnato a punti e tratti è quello che si forma, quando si gira la manovella.

La fig. 8 mostra due realizzazioni pratiche dell'induttore a manovella. Si distinguono chiaramente la coppia d'ingranaggi e la disposizione dei contatti ora descritta. La fig. 8-a mostra un tipo più recente, mentre nella fig. 8-b si vedono ancora le tre calamite distinte. Per determinati scopi, è possibile anche una disposizione dei contatti che, contrariamente a quella ora descritta, distacca l'avvolgimento d'indotto nello stato di riposo ed effettua il contatto solo durante l'azionamento della manovella.

La fig. 9-a rappresenta il simbolo di un induttore, dal quale però nulla si può arguire sulla disposizione dei contatti a molla. Nella fig. 9-b, invece, tale disposizione risulta chiaramente. Si tratta infatti di un induttore corto-circuitato nello stato di riposo. Analogamente, la fig. 9-c rappresenta un induttore interrotto nello stato di riposo. In rappresentazione semplificata si usa anche il simbolo 9-d in luogo di 9-b, e 9-e in luogo di 9-c.



Vi è già noto che, nel funzionamento dei generatori di corrente alternata, si richiede abitualmente che la curva della tensione presenti la medesima forma della curva rappresentata nella fig. 42 della Dispensa N. 9, chiamata « *sinusoide* ». Per le macchine grosse questo si ottiene dando una speciale configurazione alle espansioni polari e distribuendo così, in un modo particolare, le linee di forza magnetiche.

La curva dell'induttore è però tutt'altro che sinusoidale e presenta invece l'andamento disegnato nella fig. 10.

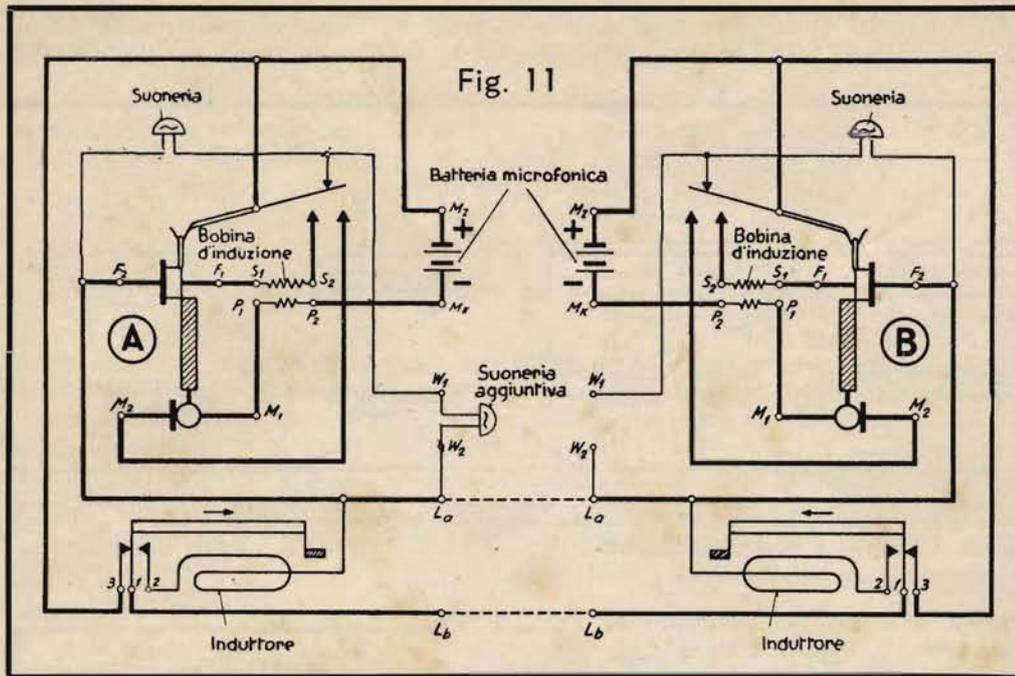
*Le punte della tensione costituiscono effettivamente la parte più efficace della curva.*

La manovella dell'induttore compie in media tre giri al secondo. Con il rapporto usuale degli ingranaggi di 1 : 5 si ottengono 15 rotazioni dell'indotto al secondo. Poiché ogni rotazione corrisponde, in una macchina a due poli, ad un periodo, la corrente alternata generata dall'induttore a manovella possiede una frequenza di circa 15 periodi al secondo.

#### Impianti telefonici con chiamata ad induttore.

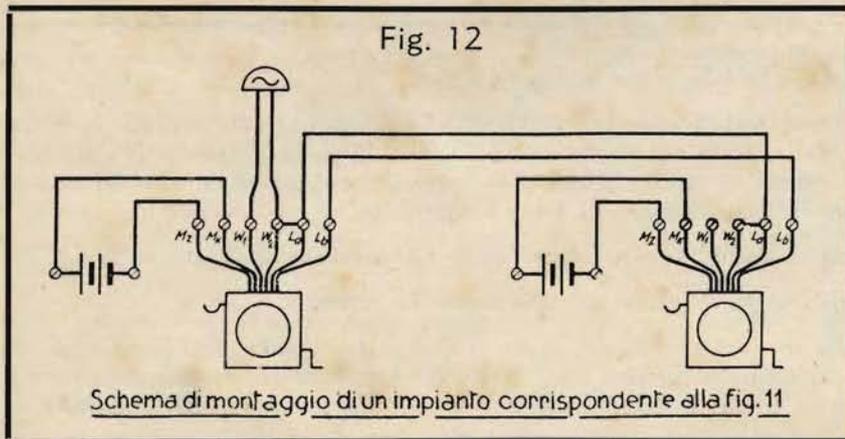
Vi interesserà certamente sapere in che modo avvenga una comunicazione telefonica tra due stazioni munite di chiamata. Seguite dapprima in fig. 11 il circuito di chiamata. Entrambi gli utenti hanno il ricevitore appeso; supponiamo che l'utente  $A$  voglia chiamare  $B$ . Egli aziona la manovella dell'induttore, aprendo in tal modo il collegamento tra il punto 1 ed il punto 3 nell'induttore della stazione  $A$  e portandolo sul contatto 2.

La corrente alternata dell'induttore ha quindi a sua disposizione la seguente via: dal morsetto 2 dell'induttore della stazione  $A$  al contatto 1 ed al morsetto  $L_b$  della medesima stazione; indi attraverso la linea al morsetto  $L_b$  della stazione  $B$ . La corrente di chiamata passa quindi attraverso al morsetto 1 dell'induttore  $B$  ed al contatto di riposo 3, raggiungendo il commutatore a gancio, il cui contatto superiore di riposo è collegato con la suoneria a corrente alternata della stazione  $B$ . Infine, dall'altro capo della suoneria, la corrente arriva al morsetto  $L_a$  della stazione  $B$  e, per la linea di ritorno, al morsetto  $L_a$  della stazione  $A$  ed all'induttore  $A$ . La suoneria della stazione  $B$  suonerà per tutto il tempo in cui viene azionata la manovella della stazione  $A$  e finché non viene distaccato il ricevitore della stazione  $B$ . Non ha invece importanza, per la chiamata, se il ricevitore della stazione  $A$  sia appeso o no.



Nel momento in cui si distacca il ricevitore della stazione B, si chiude il seguente circuito microfonico: dal morsetto  $M_2$  della stazione A, attraverso il contatto esterno del commutatore a gancio, ora chiuso perchè naturalmente nel frattempo è stato distaccato il ricevitore e fermato l'induttore di chiamata, al morsetto  $M_2$  della batteria microfonica. L'altro polo  $M_1$ , della medesima batteria, conduce all'avvolgimento primario della bobina di induzione e quindi al morsetto  $M_1$  del microfono. La corrente, che passa in questo circuito, è dunque una corrente continua soggetta ad oscillazioni d'intensità nel ritmo

mo delle vibrazioni sonore ricevute dal microfono. Queste oscillazioni, che riproducono elettricamente i suoni, vengono trasportate per effetto d'induzione, com'è noto, al lato secondario  $S_1-S_2$ , del trasformatore. Questi due attacchi  $S_1-S_2$  costituiscono dunque la sorgente della corrente fonica (che è una pura corrente alternata), la quale si propaga per la seguente via: Dall'attacco  $S_1$  alla capsula telefonica (si ascolta quindi anche la propria conversazione) ed al morsetto  $L_n$  della stazione A. Quindi, attraverso la linea, alla stazione B ed all'attacco  $F_2$  del ricevitore B, attraverso questo all'attacco  $F_1$  ed all'estremità  $S_1$  del secondario della bobina d'induzione. Il ritorno avviene dal punto  $S_2$ , attraverso il gancio di commutazione sollevato, al morsetto 3 dell'induttore B. Poichè quest'ultimo è in posizione di riposo, è attuato il collegamento col morsetto 1 e quindi la corrente fonica procede al morsetto  $L_b$  e attraverso la linea fa ritorno al morsetto  $L_b$  della stazione A. Poichè ora è in posizione di riposo anche l'induttore A, il circuito può chiudersi attraverso i contatti 1, 3 e il contatto interno del gancio, raggiungendo il morsetto  $S_2$  della bobina d'induzione.



Questo circuito è distinto nella fig. 11 da un tratto più marcato. Ripetete ora le nostre spiegazioni in tutti i particolari, e riflettete attentamente sul modo in cui si compiono le successive operazioni. Vi sarete accorti senz'altro che ora la batteria non serve che a fornire la debole corrente d'alimentazione del microfono; e infatti essa viene chiamata « batteria microfonica ». Essa può quindi essere di piccole dimensioni e trova facilmente posto. Nella fig. 11 si osserva inoltre che esistono due morsetti  $W_1$  e  $W_2$  per l'allacciamento di una suoneria separata; essi sono collegati direttamente con i corrispondenti morsetti della suoneria interna. Contrariamente agli impianti, che avete conosciuto finora, nei quali la chiamata si effettua con corrente continua e che abbisognano pertanto di suoneria a corrente continua, nelle disposizioni come quelle della fig. 11 si usano delle suonerie a corrente alternata, come quelle della fig. 21 della Dispensa N. 5, poichè la chiamata viene attuata con corrente alternata.

La fig. 12 rappresenta lo schema di montaggio di un impianto di questo genere. Nella stazione di sinistra è allacciata la suoneria separata. Nella fig. 13 vedete il simbolo di una intera stazione telefonica con chiamata ad induttore. Da quanto abbiamo spiegato avete visto che, negli impianti di questo genere, per l'alimentazione microfonica si usa una batteria incorporata nell'apparato.



recchio stesso. Generalmente s'impiegano *batterie a secco*, le quali hanno però lo svantaggio di richiedere un controllo regolare e di dover essere sostituite abbastanza sovente. Inoltre *l'efficienza del microfono varia secondo lo stato di carica della batteria microfonica*, che può essere differente per le varie stazioni. Tutti questi inconvenienti vengono evitati applicando un altro sistema d'alimentazione microfonica, nel quale tutti gli utenti ricevono la corrente d'alimentazione microfonica da una batteria situata nella centrale telefonica. Questo sistema vi sarà spiegato tra breve; per ora basta dire che, quando le stazioni ricevono la corrente d'alimentazione microfonica da una batteria situata nel luogo stesso della stazione, si parla di « *sistema a batteria locale* », mentre quando l'alimentazione microfonica proviene da un'unica batteria per tutti gli utenti, si parla di « *sistema a batteria centrale* ». Abbreviando, si dice « *sistema BL* » e « *sistema BC* ».

Per terminare vi mostriamo nella fig. 14 il simbolo di un apparecchio telefonico nel quale la chiamata avviene a mezzo della batteria, così come vi è stato descritto nella Dispensa N. 9.

## MATEMATICA

### Calcolo con le potenze

Avete certamente riconosciuto da parecchio tempo che tutta l'elettrotecnica è inconcepibile senza buone cognizioni di matematica. La matematica serve infatti a risolvere i problemi dell'elettrotecnica. Il lavoro pratico richiede continuamente che si esprima qualche grandezza in cifre.

Supponiamo che vogliate conoscere il valore di una resistenza. Le formule che avete appreso vi dicono come si fa a calcolarla. Occorre poi effettuare il calcolo vero e proprio: inserire i valori numerici, moltiplicare, dividere. Soprattutto nella tecnica dell'alta frequenza, in cui si usano spesso numeri assai grandi oppure assai piccoli, è necessario saper far di conto con tutta sicurezza. Vi spiegheremo quindi nel presente Capitolo un metodo di calcolo molto comodo, e scoprirete così, con piacere, che esso consente di eseguire con facilità anche calcoli assai complicati.

Fin dalla Dispensa N. 4, avete preso dimestichezza con l'operazione di *elevamento a potenza*. Nel frattempo questo sistema di calcolo ci è stato utile in varie occasioni. Basta quindi ripeterci soltanto per sommi capi: Invece di  $a \cdot a$  si scrive  $a^2$  e si legge « *a al quadrato* », oppure « *a alla seconda potenza* ». L'espressione « *al quadrato* » ci ricorda che, per calcolare l'area di un quadrato, bisogna elevarne il lato alla seconda potenza, e che in generale l'area si misura in metri quadrati e si ottiene moltiplicando la larghezza per la lunghezza. L'abbreviazione  $m^2$  in luogo di *metro quadrato* non è altro che l'algebra applicata, poichè  $m \cdot m = m^2$ . La stessa cosa vale anche per l'unità di volume, il metro cubo. Il volume di un dado, per esempio, si calcola moltiplicando larghezza per lunghezza per altezza. Se i tre valori vengono espressi in  $m$ , ne risulta automaticamente, per il volume, l'unità  $m \cdot m \cdot m = m^3$ . Questa però non è altro che l'abbreviazione già nota per metro cubo.

L'elevazione a potenza non è quindi altro che una moltiplicazione ripetuta. In luogo di  $5 \cdot 5 \cdot 5$  si scrive  $5^3$ , significando così che il numero 5 va moltiplicato 3 volte per se stesso.

$$\begin{array}{l} \text{Elevazione a potenza: } 9^3 \begin{array}{l} \nearrow \text{esponente} \\ = 729 \longrightarrow \text{potenza} \\ \searrow \text{base} \end{array} \end{array}$$

Ricordatevi bene queste denominazioni, affinchè ci possiamo comprendere bene nelle pagine seguenti.

Come si fa ad elevare a potenza? Per il momento non abbiamo altra possibilità che di eseguire le moltiplicazioni accennate dall'esponente.  $9^3$  è quindi  $9 \cdot 9 \cdot 9 = 729$ . I quadrati, cioè le potenze con esponente uguale a 2, ed i cubi, cioè quelle con esponente uguale a 3, si trovano facilmente nelle tabelle, oppure sul regolo calcolatore.

Le operazioni matematiche, che finora abbiamo trattate, si possono applicare tutte alle potenze.

#### Addizione e sottrazione di potenze.

In questo caso non si presentano molte possibilità di calcolo, poichè le operazioni citate, come  $6^2 + 6^1$  oppure  $2^5 - 3^3$ , non si possono effettuare altrimenti che calcolando dapprima le potenze ed eseguendo poi l'addizione o la sottrazione nel modo solito. Quindi:  $2^5 - 3^2 = 32 - 9 = 23$ .

#### Moltiplicazione e divisione di potenze.

Si distinguono tre casi:

1. La base è uguale (p. es.,  $5^7 \cdot 5^3$  oppure  $8^4 : 8^2$ ).
2. Gli esponenti sono uguali (p. es.,  $11^3 \cdot 4^3$  oppure  $7^6 : 2^6$ )
3. Nè base, nè esponente sono uguali (p. es.,  $5^2 \cdot 6^3$  oppure  $11^3 : 9^2$ )

Il primo caso è particolarmente interessante.

Quando la base di più potenze da moltiplicare tra loro è la medesima, la moltiplicazione si effettua mediante addizione degli esponenti; e analogamente si effettua la divisione, mediante sottrazione degli esponenti.

Quindi:  $3^2 \cdot 3^4 \cdot 3^7 = 3^{2+4+7} = 3^{13}$ ; oppure:  $16^5 : 16^3 = 16^{5-3} = 16^2$ .

Invece di una moltiplicazione o di una divisione dobbiamo dunque eseguire soltanto un'addizione od una sottrazione; questa è una semplificazione di cui dobbiamo naturalmente rammentarci.

Il fatto ora descritto, che per esempio  $9^2 \cdot 9^3 = 9^5$ , ci fa ritenere che, inversamente, ogni potenza possa anche essere suddivisa in varie potenze. Si ha quindi  $11^4 = 11^2 \cdot 11^2$ , oppure  $306^5 = 306^2 \cdot 306^3$ .

Se si possiede una tabella delle potenze quadratiche, si può quindi calcolare abbastanza rapidamente anche potenze di grado superiore.

**Esempio:**  $163^4 = 163^2 \cdot 163^2$ . Dalla tabella si ottiene  $163^2 = 26\,569$ .

Non resta quindi altro che eseguire la moltiplicazione:  $26\,569 \cdot 26\,569 = 705,911,761$ .

(Questo procedimento è comunque più breve che moltiplicare 163 quattro volte per se stesso).

**Secondo caso:** Quando l'esponente di più potenze da moltiplicare o da dividere tra loro è uguale, si semplifica ugualmente l'operazione. Per esempio:

$7^3 \cdot 6^3 = (7 \cdot 6)^3 = 42^3$ ;  $9^2 \cdot 11^2 = (9 \cdot 11)^2 = 99^2$ . Ricordatevi perciò bene questa regola:

*Quando gli esponenti sono uguali, si possono moltiplicare tra loro le basi ed elevare a potenza il loro prodotto.*

Voi intuite i vantaggi di queste regole; presto riconoscerete però che esse permettono di ottenerne altri. Riasumiamo intanto di nuovo quanto abbiamo ora imparato:

1. Quando due o più potenze con la medesima base vanno moltiplicate o divise tra loro, si addizionano, rispettivamente si sottraggono, gli esponenti e si ottiene così l'esponente risultante della medesima base.

**Esempio:**  $5^2 \cdot 5^7 = 5^{2+7} = 5^9$ ;  $8^4 : 8^2 = 8^{4-2} = 8^2$ .

2. Quando due o più potenze col medesimo esponente vanno moltiplicate tra loro, si moltiplicano tra loro le basi e si eleva a potenza, col medesimo esponente, il loro prodotto.

**Esempio:**  $4^3 \cdot 8^3 = (4 \cdot 8)^3 = 32^3$ .

Nel terzo caso, cioè quando le basi e gli esponenti sono diversi, non esiste possibilità di semplificazione:

$$2^3 \cdot 3^2 = 8 \cdot 9 = 72; \quad 4^2 : 2^3 = 16 : 8 = 2.$$

Avanziamo ancora di un piccolo passo. È ovvio che le potenze possano, a loro volta, essere nuovamente elevate a potenza. Per esempio 4 al quadrato elevato al cubo, cioè  $(4^2)^3$ . Come si procede in questo caso? Facendo un'operazione per volta, si comincia col calcolare  $4^2 = 16$  e si trova poi  $16^3 = 4096$ . Lo stesso risultato si ottiene però anche nel seguente modo:  $(4^2)^3 = 4^2 \cdot 3 = 4^6$ . Fissiamo quindi la seguente regola:

**Le potenze si elevano a potenza, moltiplicando tra loro gli esponenti e mantenendo inalterata la base.**

Quindi:  $(5^2)^3 = 5^{2 \cdot 3} = 5^6$ ;  $(198^3)^5 = 198^{3 \cdot 5} = 198^{15}$ .

Abbiamo imparato così le più importanti regole per il calcolo con le potenze. Forse, a tutta prima, vi parranno un po' difficili, ma questa è solo la prima impressione, poichè se ora ripeterete questo Capitolo, troverete che queste operazioni sono molto chiare. Anche in passato avete avuto, senza dubbio, difficoltà con l'una o l'altra specie di calcolo, e le avete superate, al punto che oggi tutto vi sembra evidente. La stessa cosa vi accadrà anche per il calcolo con le potenze, specialmente se risolverete un certo numero di esercizi.

Si tratta in fondo di poche, semplici nozioni, delle quali non potrete poi più fare a meno.

### Le potenze formate con numeri negativi.

Nei calcoli non si riscontrano soltanto numeri positivi, come negli esempi precedenti, ma anche numeri negativi e simboli letterali. Che risultato si ottiene elevando a potenza un numero negativo? A questa domanda potete rispondere voi stessi, dopo aver risolto un facile esempio.

Proviamo a calcolare il valore della potenza  $(-2)^2$ . Si trova  $(-2)^2 = (-2) \cdot (-2) = +4$ . Dovendo calcolare invece  $(-2)^3$  dobbiamo porre per tre volte  $(-2)$  come fattore ed otteniamo  $(-2) \cdot (-2) \cdot (-2) = -8$ . Per  $(-2)^4$  otteniamo  $(-2) \cdot (-2) \cdot (-2) \cdot (-2) = +16$ . Ed ora osserviamo questi tre risultati l'uno accanto all'altro:

$(-2)^2 = +4$ ;  $(-2)^3 = -8$ ;  $(-2)^4 = +16$ . Avete scoperto la regola nascosta dietro questi esempi?

**Per elevare a potenza un numero negativo si calcola la potenza del valore assoluto e le si dà il segno + quando l'esponente è pari, il segno - quando l'esponente è dispari.**

Numeri pari sono dunque 2, 4, 6, 8... numeri dispari 3, 5, 7, 9... Obbietterete che anche 1 è un numero dispari. Che avviene quando si pone come esponente il numero 1? Per rispondere alla domanda, basta ricordare che l'esponente significa quante volte la base va moltiplicata per se stessa; quindi quando l'esponente è 1, vuol dire che bisogna scrivere il numero una volta sola, per esempio  $2^1 = 2$ ;  $-5^1 = -5$ .

Un caso particolare è il numero zero usato come esponente.

Esso costituisce il punto d'incontro dei numeri positivi e negativi e voi immaginate certamente che accada qualche cosa di speciale. Esaminiamo un po' questo caso particolare. Cominciamo a scrivere alcune cose già note:  $10^1 = 10$ ;  $10^0 = ?$ ;  $-10^1 = -10$ .

Vedete che il valore cercato  $10^0$  sta tra  $+10$  e  $-10$ . È forse uguale a zero? Niente affatto.

Quando una base qualsiasi viene elevata alla potenza zero, si ottiene il numero 1, indipendentemente dal valore della base.

Quindi:  $10^0 = 1$ ;  $284^0 = 1$ ;  $14\ 732^0 = 1$ ;  $2,7^0 = 1$ .

Questa affermazione vi parrà un po' improbabile. Ora però ve ne daremo la dimostrazione. Facciamo un esempio:

$6^2 : 6^2$  si può anche scrivere, secondo le regole che abbiamo visto in precedenza,  $6^{2-2}$ . Sottraendo gli esponenti si ottiene zero, quindi  $6^2 : 6^2 = 6^{2-2} = 6^0$ . Ora sapete anche voi che il valore di tale potenza è 1. Infatti:

$$6^2 = 36; \quad 6^2 : 6^2 = 36 : 36 = 1$$

Il risultato 1 si ottiene in ogni caso consimile, poichè qualunque numero, diviso per se stesso, dà 1. Mettere l'esponente zero non significa altro che scrivere 1 in un modo particolare. Faremo presto uso di questa constatazione.

Ora facciamo un altro piccolo passo avanti e cerchiamo di esaminare che risultato si ottiene quando la base è un numero positivo, ma l'esponente è negativo. Ricordiamoci della regola secondo la quale, per dividere due potenze, basta eseguire la differenza degli esponenti.

Per esempio si potrebbe avere il seguente caso:  $6^2 : 6^3$ . Si ottiene qui un esponente negativo, perchè  $6^2 : 6^3 = 6^{2-3} = 6^{-1}$ . Calcoliamo il valore di  $6^{-1}$  eseguendo la divisione iniziale:

$$6^2 = 36; \quad 6^3 = 216; \quad 6^2 : 6^3 = 36 : 216 = 0,166\dots$$

Non conoscete già questo numero? Non è altro che la forma decimale della frazione  $\frac{1}{6}$  ( $\frac{1}{6} = 0,166\dots$ ).

Questo è un risultato sorprendente, che forse non vi aspettavate.  $6^{-1}$  è dunque uguale a  $\frac{1}{6}$ . Allo stesso modo potremmo calcolare che  $6^{-2} = \frac{1}{36}$ , il che equivale  $\frac{1}{6^2}$ . E parimenti  $6^{-3} = \frac{1}{6^3}$ .

Ricordiamoci quindi la seguente regola:

Una potenza con esponente negativo non è altro che il valore reciproco della medesima potenza con l'esponente positivo.

$$2^{-1} = \frac{1}{2^1}; \quad 5^{-2} = \frac{1}{5^2}; \quad 12^{-7} = \frac{1}{12^7}$$

Le regole di calcolo, ora dimostrate, assumono particolare importanza quando sono applicate al numero 10 usato come base. Passiamo quindi alla loro utilizzazione pratica più nota, cioè al

### Calcolo con le potenze decadiche.

In base a quanto abbiamo ora appreso, possiamo compilare la seguente tavola:

$1\ 000\ 000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^6$	$1/10 = \frac{1}{10}$	$= 10^{-1}$
$100\ 000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^5$	$1/100 = \frac{1}{10 \cdot 10}$	$= 10^{-2}$
$10\ 000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^4$	$1/1\ 000 = \frac{1}{10 \cdot 10 \cdot 10}$	$= 10^{-3}$
$1\ 000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^3$	$1/10\ 000 = \frac{1}{10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10}$	$= 10^{-4}$
$100 = 10 \cdot 10 = 10^2$	$1/100\ 000 = \frac{1}{10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10}$	$= 10^{-5}$
$10 = 10 = 10^1$	$1/1\ 000\ 000 = \frac{1}{10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10}$	$= 10^{-6}$
$1 = 1 = 10^0$		

Dovete convenire che è molto più spiccio scrivere semplicemente  $10^6$  in luogo del lungo numero 1 000 000, oppure, invece di  $1/1\ 000\ 000$ , scrivere  $10^{-6}$ . Se, per esempio, abbiamo il numero 54 000, scriviamo più brevemente  $54 \cdot 10^3$ , perchè  $54\ 000 = 54 \cdot 1000$  e  $1000 = 10^3$ . Oppure  $7\ 900 = 79 \cdot 100 = 79 \cdot 10^2$ , o più semplicemente  $7\ 900 = 7,9 \cdot 1000 = 7,9 \cdot 10^3$ .

Ecco un altro esempio:  $0,00025 = 25 \cdot 0,00001$ . Il numero 0,00001 è semplicemente  $1/100\ 000$ , ossia  $10^{-5}$ , e quindi in luogo di 0,00025 si scrive più brevemente  $25 \cdot 10^{-5}$ .

Prendiamo un altro caso più semplice:  $0,08 = 8 \cdot 10^{-2}$ , poichè 0,08 non è altro che  $8/100$ , e  $1/100$  si scrive  $10^{-2}$ . Quindi riassumiamo:

I numeri elevati si esprimono con maggior semplicità sotto forma di potenze. Per far ciò, si separano con una virgola tante cifre finchè rimane un numero compreso tra 1 e 10, e si applica come fattore la potenza di 10, il cui esponente corrisponde al numero di cifre separate:

$$2\,800 = 2,800 \cdot 10^3 = 2,8 \cdot 10^3$$

$$14\,300 = 1,4300 \cdot 10^4 = 1,43 \cdot 10^4$$

$$14\,300 = 14,300 \cdot 10^3 = 14,3 \cdot 10^3$$

$$\text{oppure } 62\,873 = 6,2873 \cdot 10^4$$

Anche le frazioni si rappresentano vantaggiosamente sotto forma di potenze. A questo scopo si moltiplicano tante volte per 10, finchè assumono un valore compreso tra 1 e 10, e si applica come fattore la potenza di 10, il cui esponente negativo corrisponde al numero di volte per il quale la frazione era stata moltiplicata per 10.

$$0,03 = 3/100 = 3 \cdot 10^{-2}, \text{ perchè moltiplicata 2 volte per 10.}$$

$$0,008 = 8/1\,000 = 8 \cdot 10^{-3}, \text{ perchè moltiplicata 3 volte per 10.}$$

$$0,000\,0053 = 5,3/1\,000\,000 = 5,3 \cdot 10^{-6}, \text{ perchè moltiplicata 6 volte per 10.}$$

Forse vi chiedete a che cosa si voglia giungere con tutto ciò. Soltanto a questo:

### Basta con la lotta per la posizione della virgola!

A che serve un calcolo eseguito con gran dispendio di tempo e fatica, se per disattenzione la virgola viene messa in un posto sbagliato? Anche voi siete sicuramente già incappati in qualche errore di questo genere; queste disavventure non capitano però solo a voi, ma sono un male assai diffuso fra tutti coloro, che non impiegano le potenze nell'eseguire i calcoli. Gli effetti di questi errori ve li potete immaginare da soli. Pensate per esempio di aver indicato per una resistenza un valore 10 volte troppo piccolo, avendo messo la solita virgola al posto sbagliato. La minor cosa che può accadere è che brucino i fusibili. Peggio però se i fusibili non esistono; allora la resistenza brucerà e magari verrà anche sovraccaricato il generatore e si scorderà al punto da bruciare gl'isolanti. È meglio quindi mettere una *protezione* fin da quando si eseguisce il calcolo; essa consiste nell'uso delle potenze in luogo dei numeri grandi. In questo modo si trasportano tutti i numeri, grandi e piccoli, nell'ambito della comune tavola pitagorica, della quale avete senza dubbio completa padronanza.

Se poi avete preso dimestichezza con le operazioni sulle potenze, tutti i calcoli vi parranno più facili e dovrebbe essere ben difficile incorrere ancora in qualche errore. Dopo un certo esercizio sarete anche in grado di risolvere mentalmente calcoli abbastanza complessi.

Lo studio diligente delle regole sulle potenze vi permetterà di guadagnarvi un altro importante vantaggio. Come è noto, il regolo calcolatore non indica la posizione della virgola; esso dà le sole cifre e la determinazione del numero di decimali, in base ai dati del problema, resta affidata a chi lo deve risolvere. Proprio in questo caso il calcolo con le potenze presta grandi servizi, poichè mentre il regolo consente di trovare le cifre, l'applicazione delle potenze dà, con la massima semplicità, il numero dei decimali.

Naturalmente nessuno nasce scienziato. Solo lo studio attento ed il continuo esercizio consentono di eseguire con sicurezza i calcoli più lunghi.

Non si richiede affatto che impariate a memoria il testo esatto delle regole; dovrete invece sapere subito in che modo si affrontano i problemi che vi vengono posti.

Per aiutarvi in questo senso, risolviamo ora alcuni esempi; altri ne potrete poi inventare voi stesso, risolvendoli nel vostro quaderno d'esercizi.

Sono da eseguire le seguenti moltiplicazioni:

**Problema 1:**  $1128 \cdot 341 = ?$

**Soluzione:** Usando le potenze per entrambi i fattori, scriviamo:  $1128 \cdot 341 = 1,128 \cdot 10^3 \cdot 3,41 \cdot 10^2$

Una stima approssimativa vi dice fin d'ora che  $1,128 \cdot 3,41$  deve fare circa 4. Usando il regolo calcolatore trovate 3,85.

Ed ora il numero di cifre:  $10^3 \cdot 10^2 = 10^{3+2} = 10^5$ ; il risultato trovato va quindi moltiplicato per 100 000, ed otteniamo 385 000. Questo numero si può lasciare scritto così, perchè è giusto; però chi conosce il significato delle potenze, preferirà vederlo scritto come segue:  $3,85 \cdot 10^5$ .

**Problema 2:**  $247\,000 \cdot 79\,000 = ?$

**Soluzione:**  $247\,000 \cdot 79\,000 = 2,47 \cdot 10^5 \cdot 7,9 \cdot 10^4 = 2,47 \cdot 7,9 = 19,52$  e  $10^5 \cdot 10^4 = 10^{5+4} = 10^9$

Risultato:  $19,52 \cdot 10^9$ , oppure per esteso, 19 520 000 000.

**Problema 3:** È da eseguire la seguente moltiplicazione:  $112,8 \cdot 34,1 = ?$

Abbiamo qui i medesimi numeri del problema 1, ma con l'ultima cifra separata dalla virgola.

**Soluzione:**  $112,8 = 1,128 \cdot 10^2$  e  $34,1 = 3,41 \cdot 10^1$ ;  $1,128 \cdot 3,41 = 3,85$ ;  $10^2 \cdot 10^1 = 10^{2+1} = 10^3$ .

Risultato:  $3,85 \cdot 10^3$ , oppure scritto per esteso, 3850.

Il numero delle cifre decimali non ha nessuna importanza di principio.

**Problema:**  $36\,000 \cdot 0,013 = ?$

**Soluzione:** Questa volta dobbiamo stare attenti, perchè il secondo fattore non è un numero intero. Però le potenze ci permettono di risolvere il problema con sicurezza e rapidità.  $36\,000 = 3,6 \cdot 10^4$ .

Per scrivere 0,013 sotto forma di potenza, contiamo le volte che dobbiamo moltiplicare per 10 al fine di ottenere un numero compreso tra 1 e 10. Sono due volte, e quindi:

$0,013 = 1,3 \cdot 10^{-2}$  (non dimenticate che l'esponente è negativo).

Ora eseguiamo la moltiplicazione:

$$3,6 \cdot 1,3 = 4,68 \text{ e } 10^4 \cdot 10^{-2} = 10^{4-2} = 10^2. \quad \text{Risultato: } 4,68 \cdot 10^2, \text{ ossia: } 468.$$

**Problema 5:**  $0,0035 \cdot 18\,739 = ?$

**Soluzione:**  $0,0035 \cdot 18\,739 = 3,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,8739 \cdot 10^4$

$$3,5 \cdot 1,8739 = 6,55 \text{ e } 10^{-3} \cdot 10^4 = 10^{-3+4} = 10^1$$

Risultato:  $6,55 \cdot 10^1$ , ossia: 65,5.

**Problema 6:**  $0,0135 \cdot 0,0028 = ?$

**Soluzione**  $0,0135 = 1,35 \cdot 10^{-2}$  e  $0,0028 = 2,8 \cdot 10^{-3}$

Moltiplicando:  $1,35 \cdot 2,8 = 3,78$  e  $10^{-2} \cdot 10^{-3} = 10^{-2-3} = 10^{-5}$ .

Risultato:  $3,78 \cdot 10^{-5}$ , ossia 0,0000378.

**Problema 7:**  $0,738 \cdot 0,000274 = ?$

**Soluzione:**  $0,738 = 7,38 \cdot 10^{-1}$  e  $0,000274 = 2,74 \cdot 10^{-4}$ .

Moltiplicando:

$$7,38 \cdot 2,74 = 20,22 \text{ e } 10^{-1} \cdot 10^{-4} = 10^{-1-4} = 10^{-5}. \text{ Risultato: } 20,22 \cdot 10^{-5}, \text{ ossia } 0,0002022.$$

**Problema 8:**  $37\,100 \cdot \frac{1}{1428} = ?$

**Soluzione:** Osservando più attentamente questo problema, vedete che qui la moltiplicazione è veramente diventata una divisione, poichè  $37\,100 \cdot \frac{1}{1428} = \frac{37\,100}{1428} = 37\,100 : 1428$

Non è quindi conveniente calcolare con le potenze, poichè, come sappiamo da tempo, il problema si può scrivere come segue:

$$37\,100 : 1428 = 37,100 : 1,428 = 26.$$

Poichè però le regole sulle potenze, che valgono in questo caso, sono utili anche nei problemi combinati, risolveremo il problema anche a questo modo:

$$37\,100 = 3,71 \cdot 10^4 \text{ e } 1428 = 1,428 \cdot 10^3.$$

Ci ricordiamo che nelle divisioni gli esponenti vanno sottratti:

$$3,71 : 1,428 = 2,6 \text{ e } 10^4 : 10^3 = 10^{4-3} = 10^1.$$

Risultato:  $2,6 \cdot 10^1$ , ossia 26.

Un caso simile si ha nel seguente esempio:

**Problema 9:**  $37\,000 : 0,0014 = ?$

**Soluzione:** Usiamo di nuovo le potenze, come esercizio per i calcoli combinati, benchè anche in questo caso potrebbero bastare le solite regole:

$$37\,000 = 3,7 \cdot 10^4; \quad 0,0014 = 1,4 \cdot 10^{-3}$$

$$3,7 : 1,4 = 2,64 \text{ e } 10^4 : 10^{-3} = 10^{4-(-3)} = 10^{4+3} = 10^7$$

Risultato:  $2,64 \cdot 10^7$ , ossia 26 400 000.

Risolveremo ora alcuni problemi dai quali il vantaggio dell'uso delle potenze risulta ancor più chiaramente.

**Problema 10:**  $26\,300 \cdot 147 \cdot 9160 = ?$

**Soluzione:**  $26\,300 = 2,63 \cdot 10^4$ ;  $147 = 1,47 \cdot 10^2$ ;  $9160 = 9,160 \cdot 10^3$

Moltiplicando:  $2,63 \cdot 1,47 \cdot 9,16 = 35,41$  e  $10^4 \cdot 10^2 \cdot 10^3 = 10^{4+2+3} = 10^9$

Risultato:  $35,41 \cdot 10^9$ , ossia 35 410 000 000.

Vedete che i tre numeri si possono facilmente seguire, tanto che già a mente si può dire che il risultato deve stare fra 30 e 40; c'è poi la potenza  $10^9$ . Provatevi un po' a risolvere questo problema senza usare le potenze!

**Problema 11:**  $\frac{187\,921 \cdot 35\,915 \cdot 72\,392\,713}{45\,317 \cdot 833 \cdot 22\,179\,214} = ?$

Pensiamo che non avrete probabilmente voglia di risolvere questo problema nel modo abituale. Se ci accontentiamo della precisione ottenibile col regolo calcolatore, possiamo trovare il risultato assai rapidamente con l'aiuto delle potenze. Ci permettiamo nel contempo di arrotondare un po' qualche numero.

**Soluzione:**  $187\,921 = 1,88 \cdot 10^5$ ;  $35\,915 = 3,59 \cdot 10^4$ ;  $72\,392\,713 = 7,24 \cdot 10^7$ ;

$$45\,317 = 4,53 \cdot 10^4; \quad 833 = 8,33 \cdot 10^2; \quad 22\,179\,214 = 2,22 \cdot 10^7.$$

Il calcolo si semplifica pertanto così:

$$\frac{1,88 \cdot 3,59 \cdot 7,24}{4,53 \cdot 8,33 \cdot 2,22} = 0,582; \quad \text{e} \quad \frac{10^5 \cdot 10^4 \cdot 10^7}{10^4 \cdot 10^2 \cdot 10^7} = \frac{10^{5+4+7}}{10^{4+2+7}} = \frac{10^{16}}{10^{13}} = 10^{16-13} = 10^3.$$

Risultato:  $0,582 \cdot 10^3$ , ossia 582.

Con ciò sarete indubbiamente convinti dei vantaggi del calcolo con potenze, poichè coi metodi finora usati non era possibile ottenere il risultato con maggior sicurezza ed in minor tempo.

Nell'esercizio seguente riuniremo i singoli valori numerici con le potenze, finora calcolati separatamente. Otteniamo così la forma più breve: non si tratta di qualcosa di nuovo, ma solo di scrivere un po' più brevemente, cosa che comprenderete immediatamente.

**Problema 12:**  $\frac{22\ 718 \cdot 14\ 735\ 239 \cdot 312}{118\ 037 \cdot 1218 \cdot 28} = ?$

**Soluzione:** Trasformiamo i singoli numeri in potenze, che però scriveremo subito al loro posto. Il problema dato diventa allora, con qualche piccolo arrotondamento:

$$\frac{2,27 \cdot 10^4 \cdot 1,47 \cdot 10^7 \cdot 3,12 \cdot 10^2}{1,18 \cdot 10^5 \cdot 1,22 \cdot 10^3 \cdot 2,8 \cdot 10^1}$$

Col regolo determiniamo dapprima le cifre solite. Eseguiamo dapprima la moltiplicazione delle espressioni nel numeratore e nel denominatore, e poi eseguiamo la divisione.

$$\frac{2,27 \cdot 1,47 \cdot 3,12}{1,18 \cdot 1,22 \cdot 2,8} = 2,58$$

Viene poi il turno delle potenze:  $\frac{10^4 \cdot 10^7 \cdot 10^2}{10^5 \cdot 10^3 \cdot 10^1} = \frac{10^{4+7+2}}{10^{5+3+1}} = \frac{10^{13}}{10^9} = 10^{13-9} = 10^4$

Risultato:  $2,58 \cdot 10^4$ , ossia 25 800.

Più semplice di così non è possibile; ora tutto il calcolo si tiene così facilmente sott'occhio, che le cause d'errore sono ridotte al minimo.

Questi esempi possono bastare per ora. Adesso tocca a voi: ricominciate con calma a studiare un'altra volta questo Capitolo. Riflettete attentamente su ogni operazione. Trovate e risolvete voi stesso degli esempi: basta scrivere dei numeri qualsiasi. Quando avrete acquistato una certa pratica, non vorrete più calcolare in altro modo. Finirete per trattare le potenze come se fossero la matematica più elementare, e quando, dopo la ripetizione, sarete ritornati a questo punto, sarete d'accordo con noi nel riconoscere che, in fondo, è tutto molto facile. Basta saper affrontare i problemi nella maniera giusta.

Quando tutto vi sarà chiaro, avrete appreso un sistema di calcolo molto pratico, che vi farà risparmiare molto tempo; non solo, ma nel medesimo tempo avrete vinto la vostra *battaglia delle virgole*. Capirete sempre meglio cosa ciò significhi. Chiedetelo agli ingegneri ed ai tecnici più abili; vi confermeranno che non possono fare a meno delle potenze. Anche voi volete ottenere il successo; studiate quindi questo Capitolo finché non avrete più alcuna incertezza sul calcolo con le potenze.

Poiché l'uso delle potenze decadiche è vantaggioso, anche i sistemi di misura sono fondati su di esse. Vi troviamo infatti continuamente dei multipli e quindi delle potenze di 10, e le nozioni ora apprese ci serviranno sempre. Vi mostreremo in questa stessa Dispensa le relazioni che si riscontrano nei sistemi di misura. Intanto ripetete bene le regole del calcolo con le potenze ed esercitatevi il più possibile in esso.

## ELETTROTECNICA GENERALE

### Reattanze pure

Abbiamo parlato molto spesso di *resistenze*. Nella Dispensa N. 6 abbiamo però già accennato all'esistenza di una cosiddetta « *resistenza reattiva* » che, per distinguerla meglio dalla comune resistenza ohmica, si chiama « *reattanza* ». Si vuol significare con questo termine una *resistenza che si comporta in un modo diverso dalla resistenza solita*, detta invece « *attiva* ». Diremo ora in quali casi si presentino queste reattanze, e come si comportino.

#### La reattanza induttiva.

Ricordate sicuramente le figure 59 e 60 della Dispensa N. 6, le quali mostravano che in una bobina d'induzione, percorsa dalla corrente alternata, agisce non soltanto la resistenza ohmica del filo di rame, ma anche una *reattanza induttiva*. La causa di questa reattanza è data dal fatto che la corrente alternata deve continuamente formare e poi di nuovo disfare un campo magnetico, il che richiede un certo dispendio di energia. Più rapida è questa variazione del campo, e più grande diventa la reattanza induttiva; essa aumenta quindi col crescere della frequenza. Se designiamo con  $R_{\text{ind}}$  la *reattanza induttiva*, non è però  $R_{\text{ind}} = f \cdot L$ . È vero che  $R_{\text{ind}}$  cresce con l'aumentare della frequenza  $f$  e dell'induttanza  $L$ , ma il secondo membro dell'equazione va moltiplicato ancora con  $2\pi$ . Il fattore  $2\pi = 2 \cdot 3,14 = 6,28$  ha una giustificazione matematica che qui non è il caso di mostrare. Basta semplicemente fissare con la seguente formula il *valore della reattanza induttiva*:

$$R_{\text{ind}} = 2\pi \cdot f \cdot L = 6,28 \cdot f \cdot L \text{ (ohm)}$$

Formula (27)

Il fattore  $2\pi \cdot f$  viene generalmente unito e si pone  $2\pi \cdot f = \omega$  ( $\omega$  si legge « *omega* »).  $\omega$  si chiama « *pulsazione* ».

Otteniamo così una formula di particolare importanza nella tecnica delle telecomunicazioni:

$$R_{\text{ind}} = \omega \cdot L$$

Formula (28)

Vi preghiamo di ricordare bene questa relazione.

La *reattanza induttiva* dipende quindi dalla *pulsazione*, cioè dalla *frequenza*. Inoltre, contrariamente alla resistenza ohmica, *essa non consuma potenza*; infatti non è dovuta all'attrito degli elettroni nell'interno del materiale conduttore e quindi *non sviluppa nemmeno calore*. Questo comportamento si spiega anche in altro modo. Per formare il campo magnetico occorre una certa potenza e quindi anche un certo *lavoro*, poichè la formazione del campo richiede un certo tempo. *Quando però il campo viene annullato, esso restituisce il lavoro speso*. In tal modo non esiste un consumo, ma solo una potenza, che fluisce ora in un senso, ora nell'altro.

In futuro adopereremo la sigla  $R_L$  in luogo di  $R_{\text{ind}}$  per esprimere la *reattanza induttiva*, volendo così significare che si tratta di una *resistenza dovuta ad un'induttanza*.

L'unità di misura per la reattanza, come per la resistenza attiva, è l'*ohm*, benchè le due grandezze non abbiano fisicamente alcuna origine comune. Comunque l'effetto è simile, e *anche per le reattanze vale la legge di Ohm* e si può scrivere  $R_L = \frac{V}{I}$ , quando si ha una reattanza pura. Non occorrono ulteriori spiegazioni, poichè ormai la legge di Ohm vi è nota.

#### La reattanza capacitiva.

Nella Dispensa N. 7 avete appreso che un condensatore lascia passare la corrente alternata tanto meglio, quanto maggiore è la sua capacità, nonchè la frequenza della corrente alternata. Se lascia passare bene la corrente, vuol dire che ha una piccola resistenza, e quindi dovremmo poter scrivere la seguente formula:

$$R_{\text{cap}} = \frac{1}{f \cdot C}$$

$R_{\text{cap}}$  è la resistenza o meglio, come vedremo, la *reattanza capacitiva*;  $C$  significa la *capacità del condensatore*, espressa in farad.

Anche questa formula non è però esatta: dobbiamo aggiungere il fattore  $2\pi$  ed otteniamo

$$R_{\text{cap}} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

Formula (29)

Anche in questo caso si usa la *pulsazione*  $\omega$  in luogo dell'espressione  $2\pi \cdot f$ , per cui si ottiene la seguente formula, generalmente usata:

$$R_{\text{cap}} = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

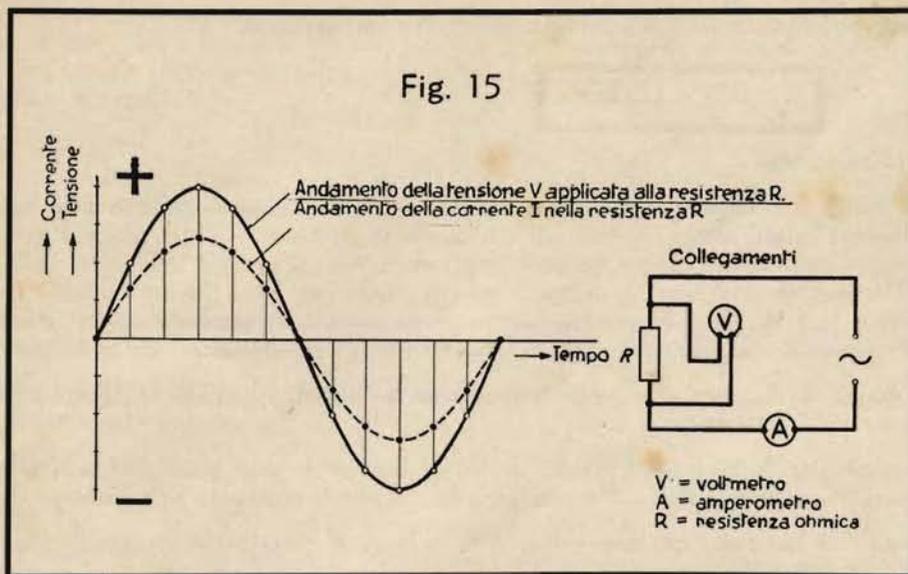
Formula (30)

Cercate di ricordare bene anche questa formula, che non è meno importante della (28).

Anche qui non si tratta, come abbiamo detto, di una resistenza attiva, mancando, come nel caso della bobina d'induttanza, la principale caratteristica delle resistenze attive, cioè l'attrito degli elettroni ed il conseguente sviluppo di calore. Abbiamo quindi una *reattanza* che, per distinguerla da quella delle bobine, si chiama « *reattanza capacitiva* ». Anch'essa non consuma potenza; infatti è causata dal fatto che, tra le armature del condensatore, si forma un campo elettrostatico, analogamente al campo magnetico che si forma nelle bobine di induzione. Quando, a seguito della variazione di direzione della corrente alternata, il campo elettrostatico viene annullato, esso restituisce il lavoro speso per la propria formazione.

#### La differenza di fase.

Secondo quanto avete appreso finora, è per voi ovvio che, crescendo la tensione applicata ad una determinata resistenza, cresce nel medesimo istante anche la corrente che l'attraversa, così come lo richiede la legge di Ohm, considerata ad ogni singolo istante. Ora dobbiamo però chiarire che, se ciò è vero per le resistenze attive, non lo è, o lo è solo con determinate limitazioni, nel caso delle reattanze. Disegniamo dunque dapprima il diagramma della corrente alternata, nel quale tensione e corrente sono *in fase* (fig. 15). La curva continua rappresenta la tensione, quella tratteggiata l'intensità di corrente. Quando la tensione è zero, non passa corrente, e quando la tensione raggiunge il suo valore massimo, anche la corrente possiede la massima intensità. Questo è il comportamento nelle *resistenze attive*, che già conoscete. Esso viene caratterizzato dicendo che « *la tensione e la corrente sono in fase* ».



Questa espressione significa che le due grandezze variano sempre contemporaneamente e nel medesimo senso.

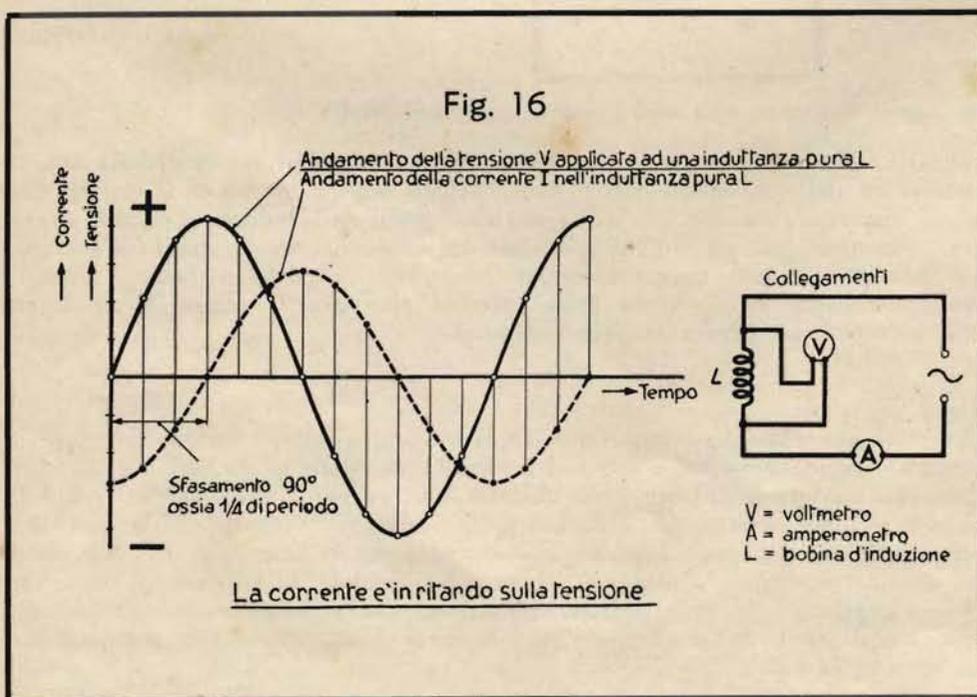
Quando però la corrente alternata deve formare un campo magnetico in una bobina, le cose sono alquanto differenti. Come sapete dal Capitolo sull'« Autoinduzione » della Dispensa N. 6, ogni variazione del campo magnetico induce una tensione rivolta in modo da contrastare alla variazione stessa. Se quindi si applica una tensione ad un circuito contenente un'induttanza, la corrente non assume subito il proprio valore definitivo, ma lo raggiunge solo dopo un certo tempo,

po, mentre invece la tensione mantiene lo stesso valore fin dal primo istante. La medesima cosa avviene applicando una tensione alternata; la corrente non riesce infatti a mantenersi alla pari con la tensione, ma la segue dopo un certo tempo: si dice perciò che è « sfasata ».

Se potessimo far scomparire completamente tutte le resistenze ohmiche, anche quella del filo della bobina, avremmo che la corrente, nella bobina d'induzione, raggiunge il suo massimo soltanto nel medesimo istante, in cui la tensione è di nuovo ritornata a zero. Quando poi la tensione è arrivata al massimo valore in senso negativo, arriva a zero anche la corrente, che segue sempre con lo stesso ritardo. Questo comportamento è rappresentato nella fig. 16. Tra la tensione e la corrente esiste quindi una differenza di fase.

Com'è noto, la durata di un periodo si può esprimere anche in gradi angolari, riferendosi, per esempio, alla rotazione della spira nella quale viene indotta la corrente alternata (Dispensa N. 9, fig. 41). Un periodo ossia, come si dice pure, un'« alternanza » completa, corrisponde ad una rotazione di  $360^\circ$ . Dallo zero al massimo positivo, la tensione percorre quindi  $90^\circ$ . Poichè la corrente entra solo in questo istante nel campo positivo, si dice che essa presenta un ritardo di fase (sfasamento in ritardo) di  $90^\circ$ .

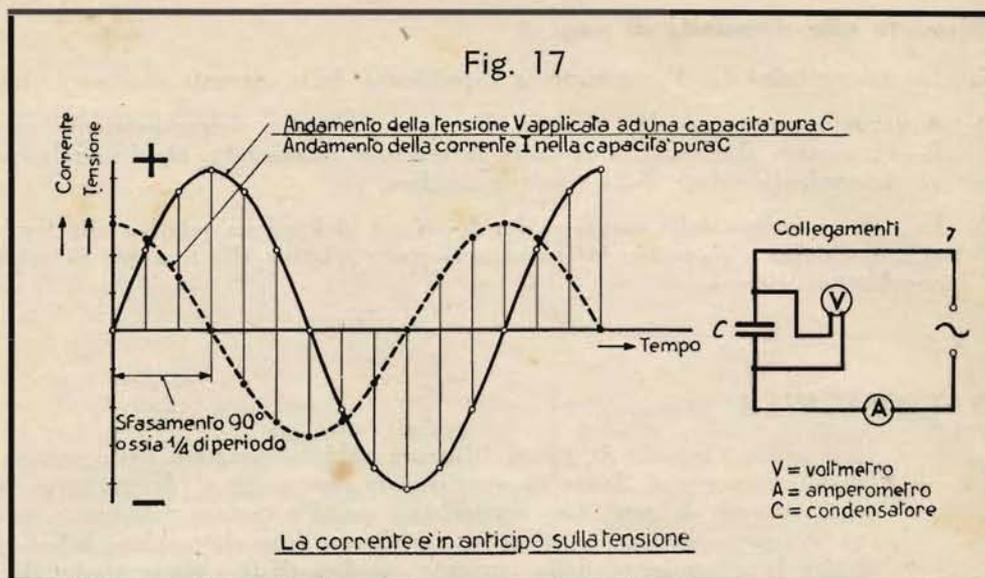
Nelle induttanze pure la corrente segue la tensione di un quarto di periodo. La differenza di fase tra la corrente e la tensione equivale a  $90^\circ$ , e si dice induttiva.



Il comportamento esattamente opposto a quello delle induttanze si ha nelle capacità. Dalle spiegazioni della Dispensa N. 6 sapete già che la carica di un condensatore avviene per trasporto di elettroni da una armatura all'altra di un condensatore. Nell'armatura in cui c'è *ressa* di elettroni, si ha una carica negativa; nell'altra, in cui mancano elettroni, una carica positiva. Quando al condensatore è applicata una tensione alternata, la corrente è nulla nell'istante in cui questa carica è massima, poichè proprio allora tutti gli elettroni sono passati dalla piastra positiva a quel-

la negativa. Contemporaneamente però è massima anche la tensione applicata al condensatore. In questo caso la corrente precede la tensione. Supponiamo ancora che tutte le resistenze siano annullate; allora la differenza di fase tra corrente e tensione è ancora di  $90^\circ$  esatti, com'è rappresentato nella fig. 17.

**Nelle capacità pure la corrente precede la tensione di un quarto di periodo. La differenza di fase tra la corrente e la tensione equivale a  $90^\circ$ , e si dice capacitiva.**



Forse a tutta prima questi concetti vi parranno un po' nebulosi. Ma se rifletterete un po' con calma, vi diverranno presto evidenti. In un Capitolo successivo parleremo delle loro applicazioni.

Riassumendo, contrapponiamo ancora una volta *resistenza ohmica*, *reattanza induttiva* e *reattanza capacitativa*.

La resistenza, per esempio quella di un pezzetto di carbone, si chiama ohmica. Gli elettroni incontrano nel loro movimento un'effettiva resistenza, devono vincere un certo attrito e sviluppano in tal modo del calore.

*La resistenza ohmica è quindi una resistenza attiva o resistenza reale, la quale consuma potenza.*

Corrente e tensione variano assieme: sono *in fase*. Il valore della resistenza ohmica è indipendente dalla frequenza ed è il medesimo, sia a corrente continua come a corrente alternata.

*Le reattanze invece si riscontrano solo con la corrente alternata, tanto nelle induttanze che nelle capacità. Esse non consumano potenza, sono dipendenti dalla frequenza, producono una differenza di fase e non hanno nulla a che vedere con le resistenze attive. Tra la reattanza induttiva e quella capacitiva ci sono le seguenti differenze: nella prima la reattanza aumenta col crescere della frequenza, nella seconda invece diminuisce.*

*Nella reattanza induttiva la corrente è in ritardo; nella reattanza capacitiva la corrente è in anticipo.*

Benchè le reattanze di entrambi i tipi non consumino potenza, si calcola anche per loro il prodotto della corrente e della tensione e lo si chiama « *potenza reattiva* ». Analogamente si parla di « *corrente reattiva* » e di « *tensione reattiva* », quando esiste fra di esse una differenza di fase di un quarto di periodo.

Per il collegamento in serie ed in parallelo delle reattanze valgono le stesse formule delle resistenze ohmiche: nel collegamento in serie si sommano le resistenze, rispettivamente le reattanze; nel collegamento in parallelo si sommano le conduttanze, rispettivamente le suscettanze.

Abbiamo sempre parlato in questo Capitolo di *reattanze pure*, di *induttanze pure* e di *capacità pure*. Con ciò volevamo dire che in esse non deve sussistere alcuna unione con reattanze di tipo differente o con resistenze. Una *resistenza ohmica pura* non è quindi dotata di alcuna reattanza induttiva o capacitiva; un' *induttanza pura* è altrettanto priva di resistenza ohmica e di capacità. Ora, se è facile comprendere che una resistenza ohmica può essere pura, basta una breve riflessione per concludere che *ogni induttanza dev'essere affetta da una, sia pur piccola, resistenza ohmica: quella del filo d'avvolgimento*. Generalmente però la reattanza è molto superiore alla resistenza e si può quindi ritenere che si tratti di una induttanza pressochè pura.

Quando in un circuito sono presenti tanto reattanze che resistenze, si ottiene una specie di *resistenza composta* che viene denominata « *impedenza* ». La differenza di fase tra la corrente e la tensione può assumere un qualsiasi valore compreso tra  $+90^\circ$  (sfasamento induttivo) e  $-90^\circ$  (sfasamento capacitivo); esso dipende dalla maggiore o minor presenza nel circuito dell'una o dell'altra reattanza, o della resistenza. Ogni impedenza si può considerare composta da una resistenza ed una reattanza pura, dal valore delle quali si deduce il comportamento della corrente col variare della frequenza. Nel proseguimento di questo Corso torneremo nuovamente sull'argomento.

## Domande

1. Che cosa s'intende per *reattanza*?
2. Quali specie di reattanze esistono?
3. Con che specie di reattanza la corrente precede la tensione, e con quale altra la segue?
4. Quali sono le formule che danno la reattanza delle bobine, rispettivamente dei condensatori?

## Risposte alle domande di pag. 4

1. La caratteristica  $I_a-V_g$  esprime la dipendenza della corrente anodica  $I_a$  dalla tensione di griglia  $V_g$ .
2. A parte la costanza della tensione d'accensione, nella determinazione sperimentale della caratteristica  $I_a-V_g$  occorre che rimanga costante la tensione anodica  $V_a$ . Ogni singola caratteristica  $I_a-V_g$  vale solo per un determinato valore della tensione anodica.
3. La parte inferiore della caratteristica  $I_a-V_g$ , e cioè quella relativa alle forti polarizzazioni negative di griglia, si chiama « *ginocchio inferiore* »; la parte relativa alla tensione di griglia più positiva si chiama « *ginocchio superiore* ».

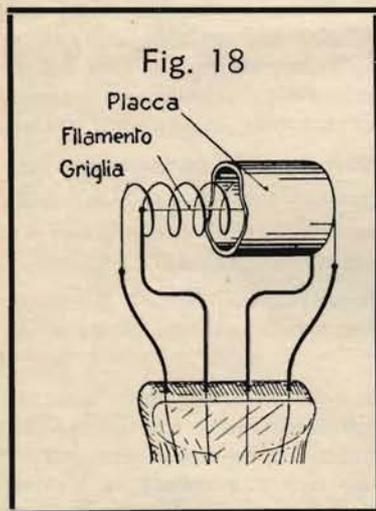
## RADIOTECNICA

Nel primo Capitolo di questa Dispensa abbiamo trattato delle misure che si eseguono sulle valvole termoioniche. Avete appreso così in che modo si determinano le caratteristiche e ciò che si può rilevare da esse. La *caratteristica* porta a ragione tale nome, poichè essa caratterizza totalmente il comportamento e le proprietà di un tubo elettronico. Infatti, non solo essa permette di stabilire la dipendenza della corrente anodica dalla polarizzazione di griglia, ma, come ora vi mostreremo, dalla caratteristica si possono rilevare varie proprietà della valvola importanti per il suo uso.

### Le grandezze caratteristiche di una valvola termoionica

#### L'infraeffetto.

Come già sapete, la corrente anodica è tanto più grande, quanto più acceso è il filamento e quanto più elevata è la tensione anodica. Inoltre la corrente anodica dipende dal valore e dalla polarità della tensione di griglia. Con una crescente *polarizzazione positiva* di griglia la corrente anodica aumenta d'intensità; con una crescente *polarizzazione negativa*, essa diminuisce.



L'intensità della corrente anodica, ossia del flusso di elettroni nella valvola, non dipende però soltanto dalle tensioni applicate, siano l'anodica oppure quella di griglia o d'accensione, ma anche *dalla conformazione interna della valvola*. Nella fig. 18 si vede nuovamente il sistema di una valvola semplice con filamento centrale. La griglia è costituita da un filo disposto ad elica a una certa distanza attorno al filamento. Più in fuori c'è la placca cilindrica, che circonda la griglia.

Nella fig. 19 è disegnato ingrandito un particolare del sistema. Si scorge al centro il filamento, all'esterno la placca e frammezzo alcune spire della griglia. Per spiegarci meglio, abbiamo disegnato sul filamento alcuni ometti, che supponiamo intenti a lanciare gli elettroni attraverso le maglie della griglia, verso l'anodo. Ciò però sarà tanto più difficile, quanto più le spire della griglia saranno fitte. Alcuni elettroni colpiranno infatti la griglia, rimbalzando.

*Una griglia a spire strette esercita lo stesso effetto di una polarizzazione negativa di griglia: provoca una corrente anodica debole.*

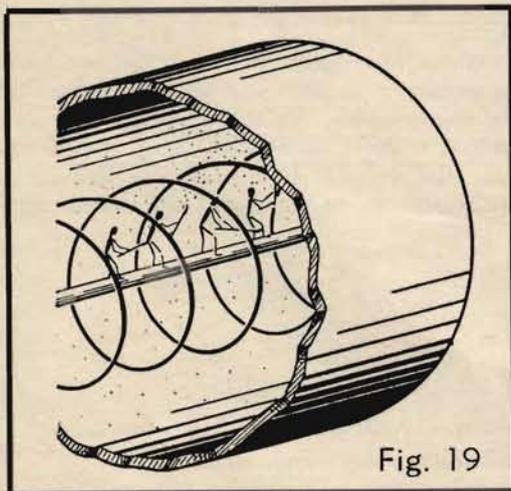
Se invece supponiamo che le spire della griglia siano rade, possiamo immaginare facilmente che gli elettroni, lanciati verso l'anodo, raggiungano in maggior numero la meta.

*Una griglia a spire larghe esercita lo stesso effetto di una polarizzazione positiva di griglia: provoca una corrente anodica forte.*

Nella tecnica elettronica si usa l'espressione « *infraeffetto* ». Si immagina infatti che il campo elettrico, prodotto dalla carica positiva della placca, agisca, attraverso la griglia, sul filamento. Ricordate in proposito che l'intensità della corrente anodica è influenzata dal valore della tensione di placca. Più alta è la tensione anodica, e maggiore è il suo effetto sugli elettroni emessi dal catodo. La carica positiva della placca si fa sentire attraverso le maglie della griglia, per attrarre il maggior numero possibile di elettroni. Naturalmente questo effetto dell'anodo sul catodo, o *infraeffetto*, è reso più difficile, se le spire della griglia stanno assai vicine tra loro.

D'altra parte, se la placca è vicina al filamento, l'infraeffetto è grande; se invece la distanza è maggiore, l'infraeffetto diminuisce.

Concludendo, ecco il comportamento riassunto in una tabella:



Infraeffetto

	piccolo	grande
spire della griglia	strette	larghe
distanza anodo-catodo	grande	piccola

Come abbiamo detto, la caratteristica permette di rilevare tutti i dati più importanti di una valvola, e così è possibile anche ricavare da essa il valore dell'infraeffetto. Osservate la fig. 20. Vi sono riportate tre caratteristiche della medesima valvola, riferite l'una alla tensione anodica  $V_a = 100$  volt, l'altra a  $V_a = 80$  volt e la terza a  $V_a = 60$  volt.

Da queste tre curve si nota che una variazione di 40 volt della tensione anodica provoca il medesimo effetto di una variazione di 2 volt della tensione di griglia. Infatti la curva relativa alla tensione anodica di 100 volt mostra, con la polarizzazione di griglia  $V_g = -2$  volt, che la corrente anodica è uguale a 7 milliampère (punto A). Se portiamo la polarizzazione di griglia a -4 volt (variazione = 2 volt) otteniamo, sempre con 100 volt di tensione anodica, una corrente anodica di soli 3 milliampère (punto B). La stessa corrente di 3 mA la possiamo però ottenere anche portando la tensione di placca  $V_a$  a 60 volt in luogo di 100, conservando in compenso la polarizzazione di griglia  $V_g = -2$  volt (punto C). La variazione della tensione anodica da 100 a 60 volt, quindi di  $100 - 60 = 40$  volt, esercita dunque il medesimo effetto della variazione della tensione di griglia da -2 a -4 volt, quindi di  $-2 - (-4) = 2$  volt. In questo esempio l'infraeffetto equivale a  $\frac{2}{40} = \frac{1}{20} = 0,05$ , ossia al 5 %, poichè la tensione anodica, in paragone alla tensione di griglia, agisce sul catodo solo per  $\frac{1}{20}$  ossia per il 5 % del proprio valore.

L'infraeffetto costituisce quindi un fattore di paragone tra l'effetto esercitato sugli elettroni, e quindi sulla corrente anodica, dalla tensione anodica  $V_a$ , e l'analogo effetto esercitato dalla tensione di griglia  $V_g$ .

L'infraeffetto si rappresenta con la lettera  $D$ .  $D = \frac{1}{20} = 0,05$ , ossia  $D = 5 \%$ , significa che una variazione qualsiasi della tensione di placca, p. es. 40 volt, ha sulla corrente anodica il medesimo effetto di una variazione della tensione di griglia uguale al 5 %, ossia 20 volte più piccola, p. es. 2 volt ( $\frac{1}{20} \cdot 40 \text{ volt} = 2 \text{ volt}$ ). La variazione della tensione di griglia  $\Delta V_g = 2$  volt agisce nello stesso modo come la variazione della tensione anodica  $\Delta V_a = 40$  volt.

Come vedete, l'importo per il quale viene variata una data grandezza viene espresso con la lettera maiuscola greca  $\Delta$  (« delta »).  $\Delta V_g$  non indica dunque un prodotto, ma una variazione della tensione di griglia.

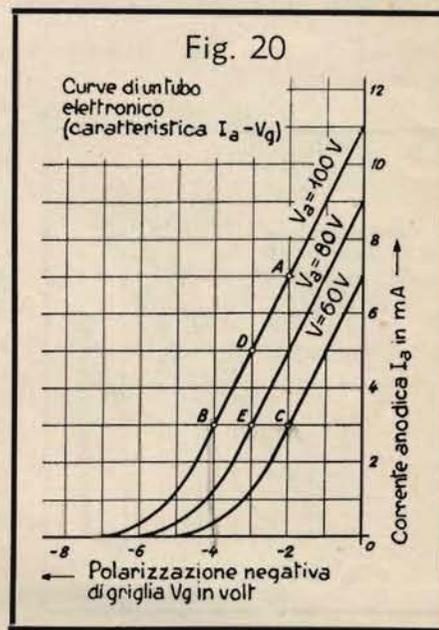
Se la tensione di griglia variasse soltanto di  $\Delta V_g = 1$  volt, p. es. da -3 volt a -4 volt, la corrente anodica diminuirebbe, per  $V_a = 100$  volt, da 5 a 3 milliampère (punti D e B della fig. 20). Poichè l'infraeffetto  $D = \frac{1}{20}$ , si ottiene la medesima variazione della corrente anodica variando la tensione anodica di  $\Delta V_a = 20$  volt, quindi da  $V_a = 100$  volt a  $V_a = 80$  volt, e mantenendo  $V_g = -3$  volt (punti D ed E della fig. 20).  $\Delta V_a = 20$  volt ha quindi il medesimo effetto come  $\Delta V_g = 1$  volt. In ogni caso, nelle curve della fig. 20 la variazione della tensione di griglia  $\Delta V_g$  è uguale al 5 %, ossia a  $\frac{1}{20}$  dell'equivalente variazione della tensione anodica  $\Delta V_a$ . Da ciò si deduce che  $\Delta V_g = D \cdot \Delta V_a$ , ossia:

$$\text{Infraeffetto } D = \frac{\Delta V_g}{\Delta V_a}$$

Formula (31)

Per ottenere il valore dell'infraeffetto in percento, bisogna moltiplicare per 100 il risultato. Negli esempi della fig. 20 si ha  $D = \frac{2}{40} = 0,05$ , oppure  $D = \frac{1}{20}$ , oppure  $D = 0,05 \cdot 100 = 5 \%$ .

Se si variassero dello stesso importo, una volta la tensione anodica, ed una volta quella di griglia, la seconda provocherebbe una variazione 20 volte maggiore della corrente anodica. L'effetto della tensione anodica attraverso alla griglia equivale solo ad un ventesimo del proprio valore. Volendo ottenere il medesimo effetto, bisogna che  $\Delta V_a$  sia  $\frac{1}{D} = 20$  volte  $\Delta V_g$ .



Finora abbiamo supposto che venisse variata la tensione anodica, oppure quella di griglia, e abbiamo considerato la conseguente variazione della corrente anodica. Ora vogliamo invece fare in modo che  $I_a$  rimanga invariata, e modifichiamo quindi tanto  $V_a$  che  $V_g$ . Si ottiene lo stesso valore della corrente anodica  $I_a = 3$  mA (figura 20) per  $V_a = 100$  volt e  $V_g = -4$  volt (punto B), come per  $V_a = 60$  volt e  $V_g = -2$  volt (punto C).

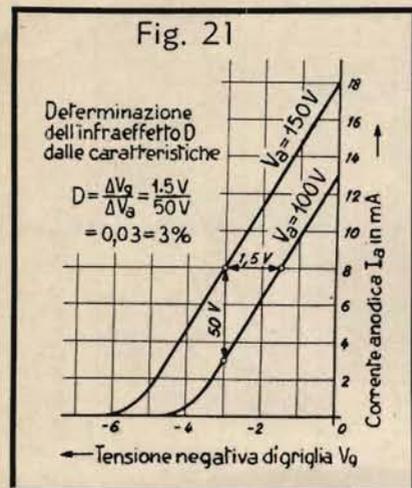
Come vedete, in questo caso sono state variate contemporaneamente la tensione anodica da 100 a 60 volt e quella di griglia da  $-4$  a  $-2$  volt; si sono quindi effettuate le variazioni  $\Delta V_a = 40$  volt e  $\Delta V_g = 2$  volt. Risulta a questo modo ancor più evidente il significato dell'infraeffetto  $D = \frac{\Delta V_g}{\Delta V_a} = \frac{2}{40} = \frac{1}{20} = 0,05$ .

Concludendo, constatiamo che l'infraeffetto  $D$  costituisce un termine di paragone dell'effetto della polarizzazione di griglia con quello della tensione anodica. Poichè la griglia è più vicina al catodo, basta una variazione assai più piccola del suo valore per provocare la medesima variazione della corrente anodica; pertanto l'infraeffetto  $D = \frac{\Delta V_g}{\Delta V_a}$  sarà sempre una frazione inferiore ad 1 e potrà quindi essere espresso sotto forma di percentuale.

Per determinare  $D$  bisogna avere almeno due caratteristiche. La distanza orizzontale tra le due curve (che si misura con maggior facilità nel tratto rettilineo della caratteristica), espressa in volt, equivale a  $\Delta V_g$ . Eseguendo poi la differenza tra i valori della tensione anodica relativi alle due curve considerate, si ottiene  $\Delta V_a$ . Si divide poi  $\Delta V_g$  per  $\Delta V_a$  e si ha  $D$ . Questo procedimento è dimostrato nella fig. 21.

La distanza orizzontale  $\Delta V_g$  tra le caratteristiche relative a due determinate tensioni anodiche è quindi una misura dell'infraeffetto. Nella fig. 22 sono riportate le caratteristiche di due valvole differenti, per le tensioni anodiche di 120 V e 80 V. La variazione della tensione di placca è quindi in entrambi i casi  $\Delta V_a = 120 - 80 = 40$  volt. Per la valvola della fig. 22-a la distanza delle due caratteristiche è  $\Delta V_g = 4$  V, dimodochè ne consegue un infraeffetto  $D = \frac{\Delta V_g}{\Delta V_a} = \frac{4}{40} = 0,1$  ossia 10%; invece per la valvola della fig. 22-b la distanza orizzontale è  $\Delta V_g = 8$  V, quindi il doppio. Pertanto anche l'infraeffetto è doppio, essendo

$$D = \frac{\Delta V_g}{\Delta V_a} = \frac{8}{40} = 0,2, \text{ ossia } 20\%.$$



Confrontando le due rappresentazioni grafiche (fig. 22-a e 22-b), notate subito che alla distanza orizzontale piccola delle due curve corrisponde un infraeffetto piccolo mentre ad una distanza grande corrisponde un grande infraeffetto. In generale l'infraeffetto è tanto maggiore, quanto più distanti sono le caratteristiche di una valvola. Occorre però badare che le due curve considerate si riferiscano alle medesime tensioni anodiche, affinché  $\Delta V_a$  abbia il medesimo valore. In pratica i massimi infraeffetti sono sul 25%.

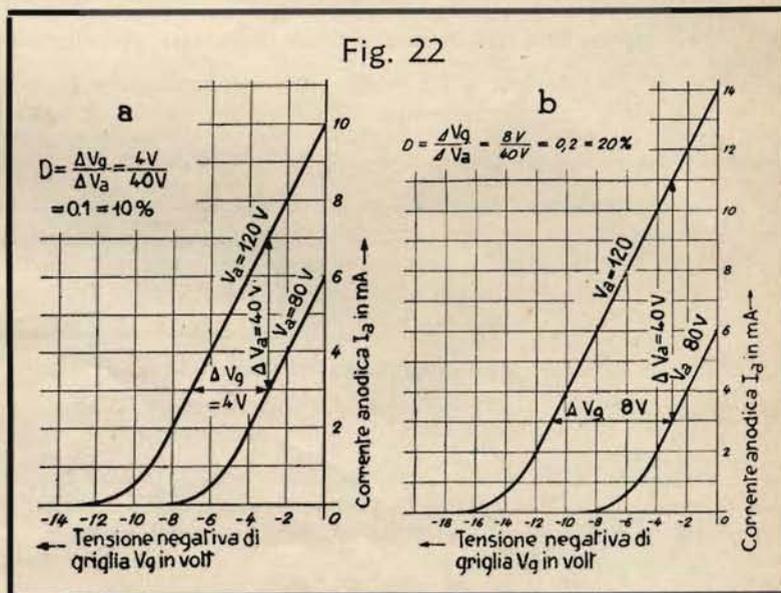
### Il fattore d'amplificazione.

In luogo dell'infraeffetto si preferisce spesso usare nei calcoli il cosiddetto « fattore d'amplificazione »  $\mu$  (leggi « mi »). Il fattore d'amplificazione indica qual è la massima amplificazione ottenibile con una determinata valvola. (Tratteremo in seguito particolareggiatamente dell'amplificazione mediante valvole termoioniche). Il fattore d'amplificazione è il reciproco dell'infraeffetto.

Un infraeffetto dell'11% corrisponde quindi ad un fattore d'amplificazione uguale a  $1 : 0,11 =$  circa 9. Si badi che, per ricavare il fattore d'amplificazione dall'infraeffetto, occorre che quest'ultimo non venga espresso in percento; bisogna quindi porre, in luogo di 11%,  $\frac{11}{100} = 0,11$ . Con un infraeffetto del

20% si ottiene un fattore d'amplificazione di  $1 : 0,2 = 5$ ; con l'infraeffetto del 10% il fattore d'amplificazione è  $1 : 0,1 = 10$ . Più grande è l'infraeffetto, e minore è il fattore d'amplificazione (e viceversa).

Tutto ciò è facile da comprendere, se si osserva che, per esempio, con l'infraeffetto  $D = 20\%$  ossia  $0,2 = \frac{1}{5}$ , una variazione della tensione di griglia  $\Delta V_g = 3$  V provoca la stessa variazione della corrente anodica come una variazione della tensione anodica  $\Delta V_a = \frac{\Delta V_g}{D} = \frac{3}{0,2} = 15$  V, quindi uguale a 5 vol-



te  $\Delta V_g$ . La piccola variazione della tensione di griglia  $\Delta V_g = 3 \text{ V}$  viene quindi amplificata, ottenendo una variazione della tensione anodica 5 volte maggiore,  $\Delta V_a = 15 \text{ V}$ . Il fattore d'amplificazione è  $\mu = \frac{1}{D} = \frac{1}{0,2} = 5$ . Si può eseguire quindi il seguente calcolo:  $\Delta V_a = \mu \cdot \Delta V_g = 5 \cdot 3 = 15 \text{ V}$ .

### La pendenza,

Un altro concetto, che vi deve divenire familiare, è quello della *pendenza*.

Osservate le caratteristiche della fig. 23. Sono le caratteristiche di due valvole diverse, diciamo della valvola A e della valvola B. La curva della valvola A è molto più ripida della curva della valvola B. Il radiotecnico dice: « La pendenza della valvola A è maggiore di quella della valvola B ».

Dovendo scegliere tra due valvole, si preferirà quasi sempre quella di *pendenza maggiore*.

La pendenza elevata è importante soprattutto nelle valvole amplificatrici.

La pendenza di una valvola si esprime mediante una frazione:

$$\text{Pendenza} = \frac{\text{Variazione della corrente anodica}}{\text{Variazione della tensione di griglia}}$$

Espressa matematicamente, ponendo la sigla S per la pendenza, si ottiene:

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta V_g}$$

Formula (32)

Forse questa formula, per il momento, non vi dirà molto. Osservate la caratteristica relativa a 200 volt di tensione anodica, riportata nella fig. 24. Abbiamo scelto un punto qualsiasi di questa curva, il punto A. Pure a piacimento si sceglie un altro punto B. Tracciamo la perpendicolare da A e l'orizzontale da B: le due rette si intersecano nel punto C. Misuriamo ora la distanza dal punto A al punto C, espressa in millimpère. Troviamo il valore 16. La distanza orizzontale da B a C viene misurata invece in volt e troviamo che equivale a 8. Infatti variando la tensione di griglia da  $-14 \text{ V}$  a  $-6 \text{ V}$ , quindi di  $\Delta V_g = 8 \text{ V}$ , la corrente di placca aumenta da 8 mA a 24 mA, quindi di  $\Delta I_a = 16 \text{ mA}$ .

La pendenza S è quindi:

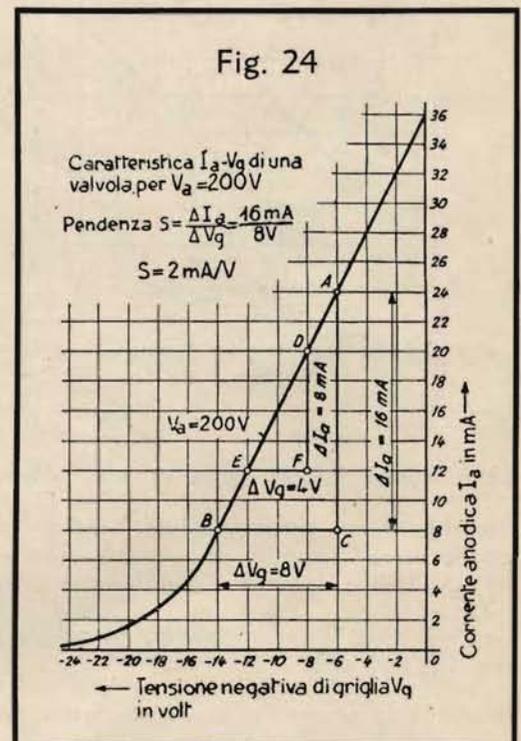
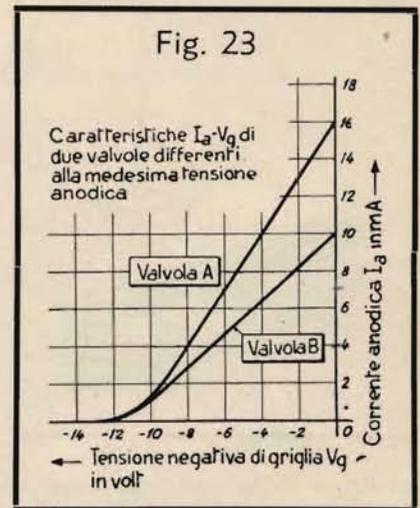
$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta V_g} = \frac{16}{8} = 2 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

La pendenza di una valvola si esprime quindi in millimpère per volt ( $\frac{\text{mA}}{\text{V}}$ ). Si può d'altronde esprimere anche in  $\frac{\text{A}}{\text{V}}$ ;  $2 \frac{\text{mA}}{\text{V}} = 0,002 \frac{\text{A}}{\text{V}}$ , poichè  $2 \text{ mA} = \frac{2}{1000} \text{ A} = 0,002 \text{ A}$ .

Avremmo potuto scegliere altri due punti della curva, per esempio D ed E, ed avremmo ottenuto il medesimo risultato. La distanza da D ad F, misurata in millimpère, è 8; quella da E ad F espressa in volt è 4; quindi:

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta V_g} = \frac{8}{4} = 2 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

Per determinare la pendenza di una caratteristica ci si riferisce sempre al tratto rettilineo della curva.



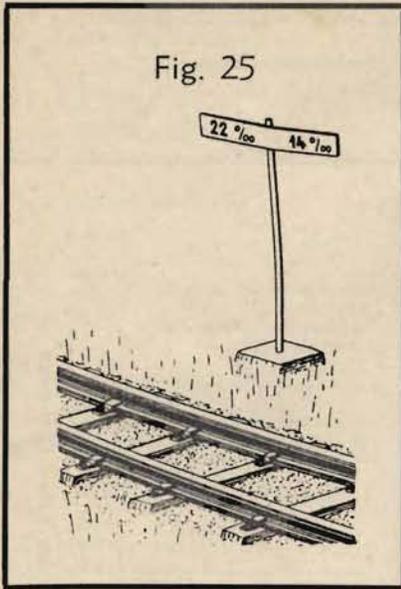


Fig. 25

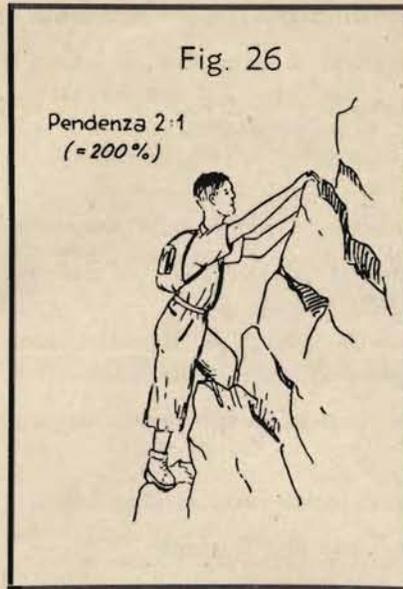


Fig. 26

Pendenza 2:1  
(= 200%)

La pendenza di una caratteristica viene espressa in modo analogo alla pendenza o salita delle strade o dei tracciati ferroviari. Avrete forse già osservato qualche volta, accanto ai binari, dei cartelli simili a quello raffigurato nella fig. 25.

Quando su uno di questi cartelli c'è scritto, per esempio, 14 ‰, ciò significa che su un percorso di 1000 metri si deve superare una salita di 14 metri.

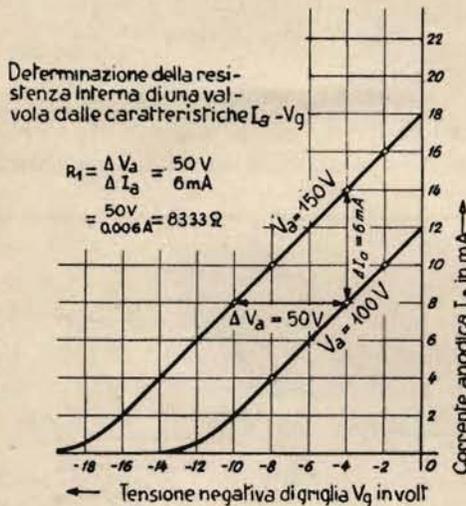
Nella nostra valvola la pendenza è di 2 : 1 (2 mA per V). Ciò corrisponderebbe per esempio, in una scarpata, alla salita di 2 m per 1 m di distanza (fig. 26).

### La resistenza interna.

Dobbiamo spiegare ora un terzo concetto, quello della *resistenza interna* di una valvola. Essa esprime la resistenza nell'interno della valvola, tra catodo ed

anodo, ossia la resistenza, che devono superare gli elettroni, per passare dal filamento alla placca. Essa dipende da numerosi fattori e si può pure determinare dalla caratteristica della valvola. Osservate a questo proposito la fig. 27, nella quale sono riportate due caratteristiche della medesima valvola, riferite rispettivamente alle tensioni anodiche di 150 e di 100 volt.

Fig. 27



Con  $-4$  volt di polarizzazione di griglia e 150 volt di tensione di placca passa una corrente anodica  $I_a = 14$  mA. Con la medesima polarizzazione  $V_g = -4$  V, ma con 100 V di tensione anodica, passa la corrente  $I_a = 8$  mA. Per aumentare la corrente anodica da 8 a 14 mA, quindi di  $\Delta I_a = 14 - 8 = 6$  mA, occorre elevare la tensione di placca da 100 V a 150 V, quindi di  $\Delta V_a = 50$  V.

Per calcolare la resistenza interna ci serviamo della legge di Ohm

$$R = \frac{V}{I}$$

In luogo di  $V$  inseriamo la variazione della tensione anodica  $\Delta V_a$ , ed in luogo di  $I$  la variazione della corrente anodica  $\Delta I_a$ , dimodochè per la resistenza interna si ottiene la seguente espressione:

$$R_i = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a}$$

Formula (33)

Volendo ottenere il risultato in ohm non dobbiamo, naturalmente, inserire  $\Delta I_a$  in mA, ma in A, quindi  $\Delta I_a = 6 \text{ mA} = 0,006 \text{ A}$ . Calcoliamo così:

$$R_i = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a} = \frac{50 \text{ V}}{6 \text{ mA}} = \frac{50 \text{ V}}{0,006 \text{ A}} = 8333 \text{ ohm}$$

La resistenza interna della valvola dalla caratteristica di fig. 27 equivale dunque a 8333 ohm.

Anzichè ad una polarizzazione di griglia di  $-4$  volt, avremmo anche potuto riferirci ad una polarizzazione di griglia di  $-8$ , oppure di  $-2$  volt. Con  $-8$  volt troviamo una corrente anodica che una volta è uguale a 10 mA, l'altra a 4 mA. La differenza è ancora  $\Delta I_a = 6$  mA, dimodochè il risultato finale rimane invariato.

Con  $-2$  volt di polarizzazione di griglia troviamo 16 mA di corrente anodica. Anche qui la differenza è sempre  $\Delta I_a = 6$  mA.

Risulterà in seguito tutta l'importanza del concetto di *resistenza interna* di una valvola.

Come avete appreso tuttora, la resistenza interna di una valvola non si calcola partendo dalla tensione e dalla corrente, come una resistenza comune, ma considerando le *variazioni* della tensione e della corrente anodiche. La resistenza interna di una valvola si manifesta in relazione a grandezze perennemente variabili, come correnti e tensioni alternate; essa si può considerare come *resistenza della valvola alla corrente alternata*. La resistenza interna non deve invece essere usata per calcolare alcun valore in corrente continua.

### L'equazione di Barkhausen.

Tra l'infraeffetto  $D$ , la pendenza  $S$  e la resistenza interna  $R_i$  sussiste una relazione nota col nome di *formula di Barkhausen*.

Essa è la seguente:

$$D \cdot S \cdot R_i = 1$$

Formula (34)

In questa equazione  $D$  non dev'essere espresso in percento, ma col valore che si ottiene calcolando

$$D = \frac{\Delta V_g}{\Delta V_a}$$

Inoltre bisogna esprimere  $S$  in  $\frac{A}{V}$ .

Dato che il fattore d'amplificazione non è altro che il reciproco dell'infraeffetto, l'equazione di Barkhausen si può scrivere anche nel seguente modo:

$$\frac{S \cdot R_i}{\mu} = 1 \quad \text{oppure}$$

$$\mu = S \cdot R_i$$

Formula (34-a)

Conoscendo la pendenza e l'infraeffetto (oppure il fattore di amplificazione), è facile calcolare la resistenza interna mediante questa formula. Per la valvola della fig. 28 la pendenza equivale a  $S = 2 \frac{mA}{V} = 0,002 \frac{A}{V}$ ;

l'infraeffetto si calcola, p. es., per  $I_a = 8 \text{ mA}$  ( $V_g = -14 \text{ V}$  per  $V_a = 200 \text{ V}$ ;  $V_g = -4 \text{ V}$  per  $V_a = 100 \text{ V}$ ), da  $\Delta V_g = 10 \text{ V}$  e  $\Delta V_a = 100 \text{ V}$  in:

$$D = \frac{\Delta V_g}{\Delta V_a} = \frac{10}{100} = \frac{1}{10} = 0,1, \text{ ossia } 10 \%$$

La resistenza si trova trasformando la formula di Barkhausen nel modo seguente:

$$D \cdot S \cdot R_i = 1$$

$$R_i = \frac{1}{D \cdot S} = \frac{1}{0,1 \cdot 0,002} = \frac{1}{0,0002} = \frac{10\,000}{2} = 5000 \text{ ohm}$$

Rilevando il valore della resistenza interna dalle caratteristiche della fig. 28, è possibile controllare l'esattezza del calcolo.

Infatti  $\Delta V_a = 100 \text{ V}$  ( $200 - 100$ ) e  $\Delta I_a = 20 \text{ mA}$  (per  $V_g = -4 \text{ V}$ :  $I_a = 28 \text{ mA}$  per  $V_a = 200 \text{ V}$  e  $I_a = 8 \text{ mA}$  per  $V_a = 100 \text{ V}$ ).

$$R_i = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a} = \frac{100 \text{ V}}{20 \text{ mA}} = \frac{100 \text{ V}}{0,02 \text{ A}} = 5000 \text{ ohm}$$

Nello stesso modo come si calcola  $R_i$  mediante la formula di Barkhausen quando sono note  $S$  e  $D$ , si può calcolare l'una o l'altra di queste grandezze, quando siano date le altre due. La resistenza interna di una valvola sia per esempio  $4000 \text{ ohm}$ , la pendenza sia  $1 \text{ mA/V} = 0,001 \text{ A/V}$ . Qual è l'infraeffetto?

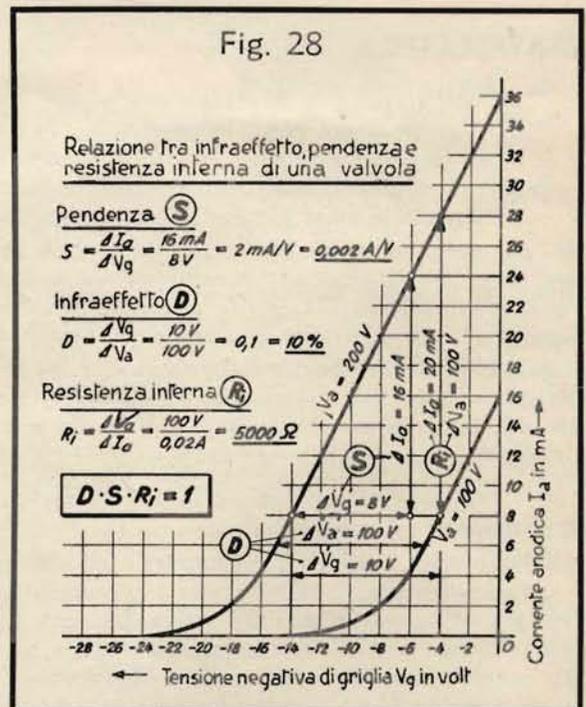
**Soluzione:**  $D \cdot S \cdot R_i = 1$ , e quindi  $D = \frac{1}{S \cdot R_i} = \frac{1}{0,001 \cdot 4000} = \frac{1}{4} = 0,25$ , ossia  $25 \%$ .

Se fosse stato richiesto il fattore d'amplificazione, avremmo trovato  $\mu = \frac{1}{D} = \frac{1}{0,25} = 4$ .

Dovendo calcolare la pendenza ed essendo dati una resistenza interna  $R_i = 6000 \text{ ohm}$  ed un infraeffetto  $D = 20 \%$  ossia  $0,2$ , si trova:

$$S = \frac{1}{D \cdot R_i} = \frac{1}{0,2 \cdot 6000} = \frac{1 \text{ A}}{1200 \text{ V}} = \frac{1000}{1200} = \frac{10}{12} = \frac{5}{6} = 0,83 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

Fig. 28



## Domande

1. Come si comporta la corrente anodica in una valvola termoionica dotata di griglia a spire strette, e come in una valvola con griglia a spire larghe?
2. Facendo più strette le spire della griglia, il fattore d'amplificazione diventa maggiore o minore?
3. In che modo si esprime la pendenza di una valvola?
4. Come si procede per calcolare la resistenza interna di una valvola, quando sono dati il fattore d'amplificazione e la pendenza?

## Risposte alle domande di pag. 15

1. La *reattanza* è quella specie di resistenza, che si manifesta nelle induttanze, ossia nelle bobine, e nelle capacità, ossia nei condensatori. Le reattanze non sono dovute ad una vera resistenza, che ostacoli il moto degli elettroni, ma sono da ascrivere al lavoro occorrente per la formazione dei campi magnetici o elettrostatici. Nelle reattanze non si sviluppa calore e non esiste quindi un *consumo di watt*.
2. Nel caso delle bobine si parla di « *reattanza induttiva* »; in quello dei condensatori, di « *reattanza capacitiva* ».
3. Nelle reattanze capacitive la corrente precede la tensione; in quelle induttive essa la segue.
4. La reattanza di una bobina si calcola con la seguente formula:

$$R_L = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L = 6,28 \cdot f \cdot L$$

La reattanza capacitiva si calcola invece come segue:

$$R_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{6,28 \cdot f \cdot C}$$

## MATEMATICA

Il Capitolo « Matematica », a pag. 8 di questa Dispensa, riportava molte nuove nozioni che certo avete però già ripetuto così bene, da permetterci di continuare esattamente dal punto al quale eravamo giunti. Da quando conoscete le potenze decadiche, anche i numeri grandissimi o piccolissimi non vi spaventano più. Possedete infatti il metodo per trasformarli in numeri di dimensioni comuni, con i quali è assai più facile far di conto.

Se, per esempio, vi diciamo che il diametro di un elettrone misura solo pochi trilionesimi di millimetro, siete ora in grado di giudicare meglio questa indicazione numerica. Un trilione si scrive con 1 seguito da 12 zeri, ossia 1 000 000 000 000. Molto più semplice è scriverlo sotto forma di potenza, come avete già imparato: 1 trilione =  $1 \cdot 10^{12}$ . Sempre con analoga notazione, un trilionesimo di millimetro si scrive:  $1 \cdot 10^{-12}$  mm.

Esprimendo la lunghezza della circonferenza terrestre, che è di 40 000 000 metri, facciamo più presto a scrivere  $40 \cdot 10^6$  metri. Se l'esprimiamo in chilometri, diciamo che la circonferenza terrestre misura 40 000 km, ossia  $40 \cdot 10^3$  km. Ancora due esempi tolti dalla tecnica dell'alta frequenza: la frequenza di 1,59 megahertz viene introdotta nei calcoli scrivendo:  $1,59 \cdot 10^6$  hertz; la capacità di 27,5 picofarad si scrive analogamente  $27,5 \cdot 10^{-12}$  farad.

### Il sistema di misura decadico.

Abbiamo testè parlato di millimetri e di chilometri, mentre voi sapete che l'unità di lunghezza è il metro. Vi è noto inoltre che si usano anche i centimetri ed i decimetri. Tutte queste varie unità di misura sono collegate tra loro ed hanno origine dal metro. Un metro si divide infatti in 10 decimetri, in 100 centimetri e in 1000 millimetri. Ogni unità è divisa successivamente in 10 parti, poichè calcolare col numero 10 è molto facile. Questo genere di suddivisione o di moltiplicazione (p. es., nel chilometro, che ha 1000 metri) si chiama « *sistema di misura decadico* », perchè impiega solo multipli o sottomultipli di 10 (in greco « *deca* »). Ora che conoscete le potenze di dieci e che vi siete certamente accorto come esse si prestino egregiamente a questo scopo, possiamo presentarvi la seguente tabellina:

$$\begin{array}{ll} 1 \text{ km} = 1000 \text{ m} = 1 \cdot 10^3 \text{ m}; & 1 \text{ cm} = 1/100 \text{ m} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ m}; \\ 1 \text{ dm} = 1/10 \text{ m} = 1 \cdot 10^{-1} \text{ m}; & 1 \text{ mm} = 1/1000 \text{ m} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m} \end{array}$$

Il numero 1 davanti alla potenza può essere senz'altro tralasciato, poichè se davanti alla potenza non c'è alcun numero, si capisce che essa va presa *una sola volta*.

Completando la serie di unità sopra menzionate, otteniamo la tabella che segue:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ km} = 10^3 \text{ m} = 10^4 \text{ dm} = 10^5 \text{ cm} = 10^6 \text{ mm}; \\ 1 \text{ m} = 10^1 \text{ dm} = 10^2 \text{ cm} = 10^3 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ km}; \\ 1 \text{ dm} = 10^1 \text{ cm} = 10^2 \text{ mm} = 10^{-1} \text{ m} = 10^{-4} \text{ km}; \\ 1 \text{ cm} = 10^1 \text{ mm} = 10^{-1} \text{ dm} = 10^{-2} \text{ m} = 10^{-5} \text{ km}; \\ 1 \text{ mm} = 10^{-1} \text{ cm} = 10^{-2} \text{ dm} = 10^{-3} \text{ m} = 10^{-6} \text{ km} \end{array}$$

Vi è altresì noto che lo stesso millimetro viene suddiviso ulteriormente in 1000 parti, denominate « *micron* ».

Chilometri, decimetri, centimetri, millimetri, micron non sono quindi altro che multipli o sottomultipli decadi di un'unità primitiva, in questo caso il *metro*. Questo sistema di unità di misura è usato vantaggiosamente in tutta la tecnica.

**Esempi:**

1 000 ohm	= 1 chiloohm	(1 kΩ) = 10 <sup>3</sup> ohm
1 000 000 ohm	= 1 megaohm	(1 MΩ) = 10 <sup>6</sup> ohm
1 000 volt	= 1 chilovolt	(1 kV) = 10 <sup>3</sup> volt
1/1 000 volt	= 1 millivolt	(1 mV) = 10 <sup>-3</sup> volt
1/1 000 000 ampère	= 1 microampère	(1 μA) = 10 <sup>-6</sup> ampère

Incontreremo durante il Corso altri multipli decadi, perciò vi presentiamo un'altra tabella, dalla quale potrete rilevarne il significato.

### Prefissi esprimenti multipli e sottomultipli decimali delle unità.

Questa tabella indica quali sono le frazioni o i multipli espressi con i termini come « micro », « chilo », ecc. Questi prefissi possono impiegarsi universalmente per tutte le grandezze; si vedano gli esempi.

T = tera	= 10 <sup>12</sup>	= 1 000 000 000 000	(1 trilione di volte)
G = giga	= 10 <sup>9</sup>	= 1 000 000 000	(1 miliardo di volte)
M = mega	= 10 <sup>6</sup>	= 1 000 000	(1 milione di volte)
k = chilo	= 10 <sup>3</sup>	= 1 000	(mille volte)
h = etto	= 10 <sup>2</sup>	= 100	(cento volte)
D = deca	= 10 <sup>1</sup>	= 10	(dieci volte)
d = deci	= 10 <sup>-1</sup>	= 0,1	(1 decimo)
c = centi	= 10 <sup>-2</sup>	= 0,01	(1 centesimo)
m = milli	= 10 <sup>-3</sup>	= 0,001	(1 millesimo)
μ = micro	= 10 <sup>-6</sup>	= 0,000 001	(1 milionesimo)
n = nano	= 10 <sup>-9</sup>	= 0,000 000 001	(1 miliardesimo)
p = pico	= 10 <sup>-12</sup>	= 0,000 000 000 001	(1 trilionesimo)

In merito a questa tabella bisogna osservare che esiste anche la parola « *bilione* », il cui significato però è ambiguo, poichè negli Stati Uniti d'America 1 bilione = 10<sup>9</sup>, mentre 10<sup>12</sup> si chiama « *trilione* », invece in Germania 1 bilione = 10<sup>12</sup>, mentre 10<sup>9</sup> si chiama « *miliardo* ».

In italiano si preferisce evitare la parola « *bilione* » per non fare confusioni, pur essendo essa usata generalmente come sinonimo di *miliardo*. Ecco quindi il vantaggio di usare i prefissi *tera* e *giga*, oppure semplicemente le potenze di dieci, con cui è abolita qualsiasi possibilità di malintesi.

Si osservi inoltre che la M maiuscola significa *un milione di volte*, mentre quella minuscola significa *un millesimo*.

Purtroppo non tutti i tecnici si attengono alla regola. Spesso s'incontra un'M maiuscola per *milli* (p. es. MA per *milliampère*) oppure per *micro* (p. es., MF per *microfarad*). Ciò è sbagliato, ma capita sovente. In caso di dubbio, si osservi la potenza decimale.

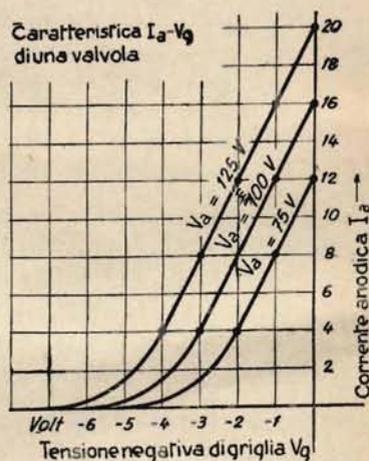
Le designazioni dei decimali da 1/1000 (« *milli* ») a 1000 (« *chilo* ») vi sono sicuramente già ben note. Occorre però che impariate anche le altre abbreviazioni, e particolarmente quelle più usate in elettrotecnica, che sono: mega, chilo, milli, micro e pico. Queste le dovrete conoscere a memoria.

### Risposte alle domande di pag. 22

1. Quando le spire della griglia sono strette, la corrente anodica è piccola; quando esse sono larghe, la corrente anodica è più forte.
2. Facendo più strette le spire della griglia, il fattore d'amplificazione aumenta.
3. La pendenza *S* di una valvola si esprime in milliampère per volt (mA/V). La pendenza indica il quoziente della variazione della corrente anodica  $\Delta I_{a_0}$  in mA, per una variazione della tensione di griglia  $\Delta V_g$ , in V.
4. La resistenza interna di una valvola, quando sono dati il fattore d'amplificazione e la pendenza, si calcola con la formula di Barkhausen  $R_i \cdot S = \mu$ , risolvendo per  $R_i$ . Qui *S* va inserito in A/V, e non in mA/V.

## COMPITI

- Qual è il valore della reattanza di una bobina di  $400 \mu\text{H}$  d'induttanza, alla frequenza di  $468 \text{ kHz}$ ?
  - Quale capacità dovrebbe avere un condensatore, per presentare alla medesima frequenza di  $468 \text{ kHz}$  la stessa reattanza (in questo caso però di natura capacitiva) della bobina di cui alla domanda precedente?
- Che cosa significa « sfasamento »?
- Disegnate il diagramma della tensione e dell'intensità di una corrente alternata, per la quale la tensione è in anticipo sulla corrente di  $30^\circ$ .
- Disegnate il diagramma della tensione e dell'intensità di una corrente alternata, per la quale la tensione è in ritardo sulla corrente di  $45^\circ$ .
- Determinate, per mezzo della figura qui accanto, i valori dell'infraffetto, della pendenza e della resistenza interna della valvola considerata, nel punto corrispondente a  $V_g = -2 \text{ volt}$ ,  $V_a = 100 \text{ volt}$ .
- Di una valvola sono noti la pendenza =  $2,5 \text{ mA/V}$  e l'infraffetto =  $20\%$ . Qual è la resistenza interna della valvola?
- Quale relazione sussiste tra l'infraffetto ed il fattore d'amplificazione di una valvola?
- Come si chiama quel sistema di telefonia, nel quale l'alimentazione del microfono avviene per mezzo di una batteria incorporata nella stazione stessa?
- Separate, disegnandoli ciascuno per conto proprio, il circuito di chiamata ed il circuito telefonico dello schema di fig. 11, pag. 6.
- Calcolate le seguenti espressioni, servendovi delle potenze:
  - $27\,300 \cdot 0,0065 = ?$
  - $267\,000 \cdot 167 = ?$
  - $\frac{1740 \cdot 0,079}{0,00352 \cdot 2620} = ?$
  - $\frac{79\,500 \cdot 0,00055 \cdot 182\,000}{0,0198 \cdot 225\,000 \cdot 0,07} = ?$



Per inviare i vostri compiti alla correzione, attenetevi diligentemente alle norme indicate nella Dispensa N. 1.

## FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 10

Formula:	Pag.
(27) Reattanza induttiva = $R_{\text{ind}} = 2 \pi \cdot f \cdot L$ (ohm) . . . . .	12
(28) Reattanza induttiva = $R_{\text{ind}} = \omega \cdot L$ . . . . .	13
(29) Reattanza capacitiva = $R_{\text{cap}} = \frac{1}{2 \pi \cdot f \cdot C}$ . . . . .	13
(30) Reattanza capacitiva = $R_{\text{cap}} = \frac{1}{\omega \cdot C}$ . . . . .	13
(31) Infraeffetto = $D = \frac{\Delta V_g}{\Delta V_a}$ . . . . .	17
(32) Pendenza = $S = \frac{\Delta I_a}{\Delta V_g}$ . . . . .	19
(33) Resistenza interna = $R_i = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a}$ . . . . .	20
(34) Formula di Barkhausen $D \cdot S \cdot R_i = 1$ . . . . .	21
(34-a) Formula di Barkhausen $\mu = S \cdot R_i$ . . . . .	21

---

**Stampato come manoscritto**

Ogni alienazione, prestito o diffusione in genere di questa Dispensa,  
anche in riassunto, è proibita.

Tutti i diritti, in particolare la traduzione in lingue straniere, sono  
riservati.

---

**TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI**

---

**OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO, 9  
VARESE**

---

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



## INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 11

<b>Riassunto della materia trattata nella Dispensa precedente</b>	Pag.
<b>Acustica ed elettroacustica</b>	1
Il grammofono	1
Il rivelatore fonografico	1
Il potenziometro	2
Il complesso fonografico	3
Il disco grammofonico	3
Domande	4
<b>Matematica</b>	5
La trigonometria (teoria del triangolo)	5
A. Seno e coseno	5
B. Tangente e cotangente	7
Domande	8
<b>Radiotecnica</b>	8
L'accoppiamento	8
Modi d'accoppiamento	9
Domande	10
Il circuito oscillante	10
L'accoppiamento d'antenna	12
Radiorecettore a cristallo	12
Domande	13
<b>Elettrotecnica generale</b>	13
La rappresentazione diagrammatica delle correnti elettriche	13
La rappresentazione grafica	13
La curva della corrente alternata	14
<b>Radiotecnica</b>	17
Il tubo elettronico usato come amplificatore	17
Il funzionamento di una valvola amplificatrice	18
Amplificazione « fedele »	19
Domande	21
<b>Telefonia</b>	22
Il selettore di linea	22
<b>Radiotecnica</b>	23
Il calcolo dei circuiti oscillanti	23
La formula di Thomson	23
La lunghezza d'onda	24
La gamma d'onda	25
Il cambio della gamma d'onda	25
Nomogramma per i circuiti oscillanti	26
Domande	26
<b>Compiti</b>	27

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 11

## RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Con lo studio della Dispensa precedente avete fatto un bel passo avanti soprattutto nella Radiotecnica. Nel primo Capitolo abbiamo illustrato la dipendenza della corrente anodica  $I_a$  di un tubo elettronico dalla polarizzazione di griglia  $V_g$ . Questa dipendenza viene rappresentata mediante un diagramma denominato « caratteristica » della valvola, e più precisamente caratteristica  $I_a - V_g$ . Ogni caratteristica vale solo per una determinata tensione anodica  $V_a$ . Per considerare anche l'effetto di quest'ultima sulla corrente anodica, parecchie di queste caratteristiche vengono riunite a formare una cosiddetta « famiglia di curve ».

L'esame di queste caratteristiche ci ha portato a definire, in un Capitolo successivo, le grandezze fondamentali: *infraeffetto* (rispettivamente, *fattore d'amplificazione*), *pendenza* e *resistenza interna*. L'*infraeffetto*  $D$  è una misura dell'influenza esercitata dalla tensione di placca, attraverso la griglia, sul flusso di elettroni. Si fa infatti il confronto della variazione della tensione anodica con la variazione della tensione di griglia, che abbia il medesimo effetto sulla corrente anodica; quindi  $D = \frac{\Delta V_g}{\Delta V_a}$ . Il *reciproco dell'infraeffetto* si chiama « *fattore d'amplificazione* », ed è  $\mu = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g}$ . La *pendenza*  $S = \frac{\Delta I_a}{\Delta V_g}$  esprime la variazione della corrente anodica per una data variazione della tensione di griglia.  $S$  si misura in mA/V. Esiste infine la *resistenza interna*  $R_i$ , definita dall'uguaglianza  $R_i = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a}$ , dove  $\Delta I_a$  è la variazione della corrente anodica dovuta alla variazione  $\Delta V_a$  della tensione di placca, tenendo però invariata la tensione di griglia  $V_g$ . Per le grandezze succitate vale l'equazione di Barkhausen:  $D \cdot S \cdot R_i = 1$ .

Un Capitolo successivo spiegava cosa sono le *reattanze pure*: esse misurano l'ostacolo opposto dalle induttanze (bobine) e dalle capacità (condensatori) al passaggio della corrente alternata. Ripetiamo: nel caso di una bobina si parla di *reattanza induttiva*; tensione e corrente non sono in fase, e la corrente segue la tensione. Per i condensatori si parla invece di *reattanza capacitiva*; in questo caso la corrente precede la tensione. Il valore della reattanza induttiva o capacitiva si calcola con la formula:  $R_{ind} = \omega \cdot L$  e  $R_{cap} = \frac{1}{\omega \cdot C}$ , che vi consigliamo di apprendere a memoria. Tenete poi presente che entrambe le reattanze dipendono dalla frequenza.

Il Capitolo sulla « Telefonia » descriveva dapprima l'*induttore a manovella* e gli impianti telefonici nei quali è usato. L'induttore serve per chiamare la stazione comunicante e sostituisce pertanto una batteria che, se ci fosse, dovrebbe essere assai grossa. Per l'alimentazione del microfono occorre però ugualmente una sorgente di corrente continua: è la batteria microfonica, che può essere situata presso l'apparecchio stesso (nel sistema BL), oppure collocata in centrale (nel sistema BC).

Notiamo infine che hanno avuto un notevole ampliamento anche le vostre cognizioni matematiche. Vi consigliamo di usare sempre, nei vostri calcoli, le potenze decadiche; in tal modo le regole che avete appreso vi rimarranno più facilmente impresse.

## ACUSTICA ED ELETTROACUSTICA

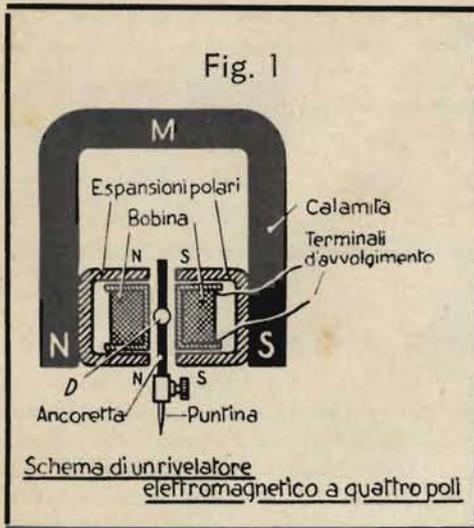
### Il grammofono

Nella Dispensa N. 3 vi abbiamo dato qualche breve nozione sulla tecnica della ripresa e della riproduzione sonora. Questo argomento sarà ora trattato più estesamente.

### Il rivelatore fonografico.

Consideriamo dapprima il rivelatore fonografico, detto anche, con termine inglese, « *pick-up* » (leggi « *piccàp* »).

Esso ha l'importante compito di tramutare in vibrazioni elettriche quanto è inciso nei solchi del disco; tali vibrazioni vengono poi trasformate in suoni dall'altoparlante. Il compito è quindi simile a quello del micro-

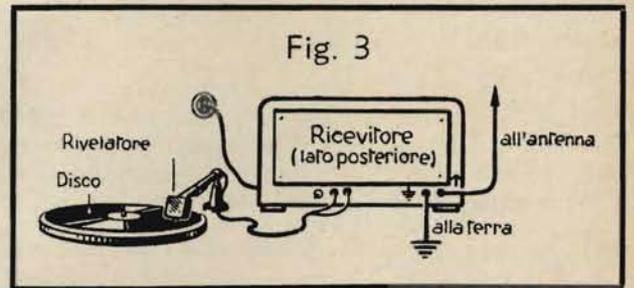
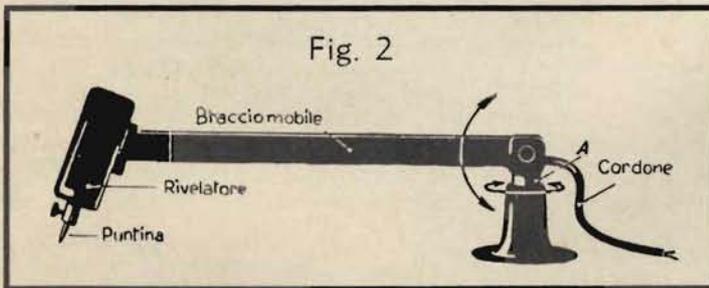


fono; non dovete però meravigliarvi constatando una conformazione assai diversa da quelle dei vari tipi di microfono esaminati nella Dispensa N. 3. Con un po' di fantasia troverete invece una notevole somiglianza nel principio costruttivo con gli altoparlanti a oscillazione libera. Esaminiamo il principio del dispositivo, servendoci della figura schematica 1. Tra i poli N e S di un robusto magnete permanente giace un'ancoretta, girevole nel punto D. Tale disposizione permette all'ancoretta di seguire i movimenti che le sono impressi dalla rotazione del disco, mentre la punta ad essa fissata è guidata dal solco a spirale. Il funzionamento avviene dunque come segue: le linee di forza magnetiche passano dal polo nord al polo sud, attraversando le espansioni polari e la parte in ferro dell'ancoretta. Durante i movimenti dell'ancoretta queste linee di forza subiscono delle flessioni e sono costrette in tal modo a tagliare le spire della bobina inserita tra le espansioni polari. Pertanto nella bobina nascono delle tensioni alternate, corrispondenti al movimento della puntina e quindi alle oscillazioni sonore incise nel disco. Si sfrutta dunque anche qui un fenomeno d'induzione.

La maggior parte dei rivelatori oggi usati funziona secondo il principio ora descritto, per cui si chiamano, analogamente agli altoparlanti, « rivelatori elettromagnetici ». Gli altri tipi di rivelatori non hanno raggiunto uguale importanza, per cui ci accontenteremo di citarli brevemente. Il rivelatore piezoelettrico (o a cristallo) è costituito, in primo luogo, da un cristallo di quarzo premuto dalla punta guidata nel solco. Grazie al cosiddetto « effetto piezoelettrico » tra due facce opposte del cristallo si sviluppa una tensione elettrica proporzionale alla pressione esercitata sul cristallo stesso.

Più recentemente sono stati costruiti anche rivelatori basati sul principio dinamico, dotati quindi di bobina mobile. Essi consentono una riproduzione molto pura, ma necessitano di un'amplificazione assai maggiore degli altri tipi.

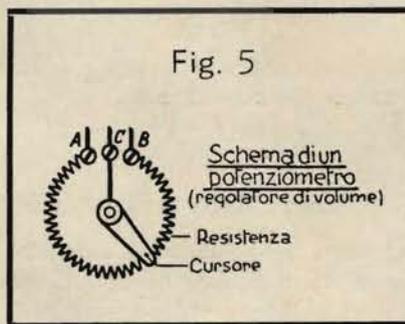
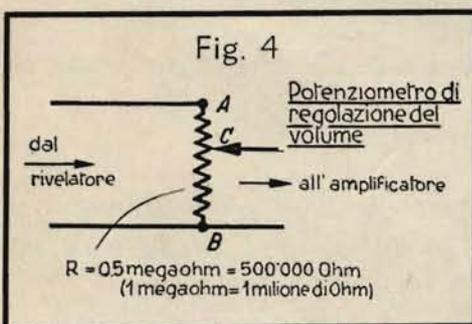
In questo tipo il vero e proprio sistema rivelatore è fissato ad un braccio girevole attorno all'asse A e disposto in modo da potersi muovere in su e in giù (vedasi figura 2). I conduttori, dai quali viene prelevata la corrente, si



dipartono dalla bobina del rivelatore, attraversano il braccio mobile e ne escono presso il piedestallo. La spina all'estremità del cordone va infilata nella presa, contrassegnata con la parola « fono » oppure col segno  $\odot$ , di un comune apparecchio radio. Questo produce l'amplificazione, indispensabile, dato che la tensione erogata dalla bobina del rivelatore è tanto debole senza amplificazione, può essere percepita solo a stento in una cuffia telefonica. (Apprenderete fra breve come funziona un amplificatore e quale sia il compito della tavola amplificatrice in esso contenuta). Nella fig. 3 sono rappresentate le connessioni ora menzionate.

### Il potenziometro.

Per poter aumentare o diminuire a piacimento l'intensità sonora (« il volume »), tra il rivelatore e l'amplificatore s'inserisce un regolatore di volume. Si tratta di una resistenza ohmica di alcune centinaia di migliaia di ohm, collegata in parallelo alla bobina del rivelatore e dotata di una presa spostabile (fig. 4). Quando il contatto mobile, o cursore, viene spostato verso A, aumenta il tratto di resistenza BC e quindi anche la tensione e l'intensità sonora. In radiotecnica questi regolatori hanno quasi sempre una forma cosiddetta « toroidale » o ad anello e si chiamano « potenziometri ».



Per piccoli valori ohmici si avvolge un sottile filo di resistenza sopra un anello di materiale isolante; il cursore viene fatto scorrere sull'orlo superiore dell'anello, dove il filo è preventivamente lucidato. Per valori più elevati si usa uno strato di grafite ad alta resistività; si ottiene, in questo caso, una superficie di contatto liscio, lungo la quale, col cursore, si può scegliere qualsiasi valore compreso tra le posizioni estreme. Nei potenziometri a filo la variazione di resistenza avviene invece soltanto a piccoli salti, mentre il cursore passa da una spira all'altra. Nelle figg. 5 e 6 è rappresentato un tipo comune di potenziometro.

### Il complesso fonografico.

Dopo queste considerazioni possiamo mettere assieme un intero complesso fonografico. Manca ora soltanto un piccolo motorino elettrico, che faccia girare il piatto con la giusta velocità di 78 giri al minuto. Il piatto, sul quale viene depositato il disco, è fissato all'asse del motorino. Ci vuole poi il braccio col pick-up, il relativo asse di rotazione e la forcella d'appoggio per la posizione di riposo. Il regolatore di velocità del motorino, ed, eventualmente, un regolatore del volume, completano l'equipaggiamento (fig. 7). Il tutto è generalmente contenuto in una custodia laccata e lucidata (fig. 8). Il regolatore di volume può anche mancare, essendo comunque già contenuto nell'indispensabile amplificatore. Nella fig. 9 si vede poi un complesso fonografico che sostituisce automaticamente il disco al termine della riproduzione e rimette il pick-up all'inizio del nuovo disco. Apparecchi di questo genere sono in uso soprattutto nei locali pubblici.

### Il disco grammofonico.

È ora tempo di dire qualcosa sul disco grammofonico. Voi conoscete questi dischi neri, tutti ricoperti di solchi, tracciati, in modo apparentemente uniforme, l'uno accanto all'altro.

Fig. 7

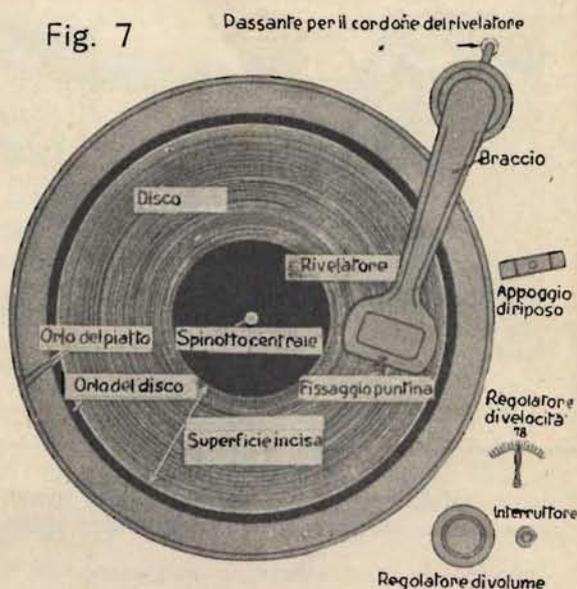


Fig. 8



Fig. 9



Una fotografia a forte ingrandimento, come quella della fig. 10, c'insegna appunto che tale uniformità è solo apparente. Il disco non possiede infatti dei solchi uniformi, ma delle linee ondulate, costituite da minuscoli avvallamenti e gobbe di altezza variabile. Anche le lunghezze delle singole ondulazioni non sono uguali.

Rammentiamoci di quanto abbiamo appreso in precedenza. Più alta è la frequenza di un'oscillazione, e più ravvicinate sono le successive ondulazioni; più bassa è la frequenza, e più esse sono lunghe. E, analogamente, più marcate sono le ondulazioni, e più il suono è intenso.

Cosa significano dunque i singoli solchi della figura 10? Il secondo solco,

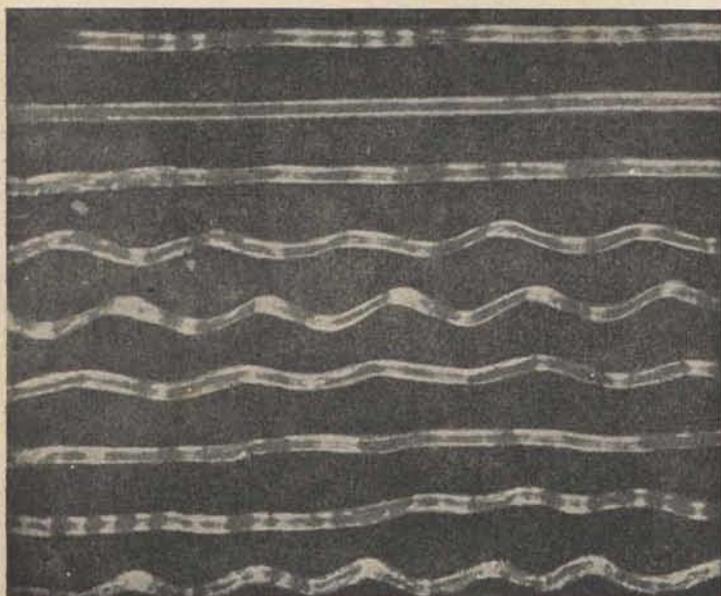


Fig. 10



Fig. 11

in alto, è quasi rettilineo; qui non si sentirà altro che il fruscio della puntina. Segue nei solchi successivi un aumento di volume sino al quinto solco, che presenta l'intensità più forte. La puntina del rivelatore scorre in questi solchi, quando il disco gira, la puntina è costretta ad eseguire, assieme all'ancoretta, delle oscillazioni, dipendenti dalla frequenza e dalla profondità dei solchi incisi nel disco. In questo modo, come già sapete, nella bobina del rivelatore vengono generate delle tensioni indotte.

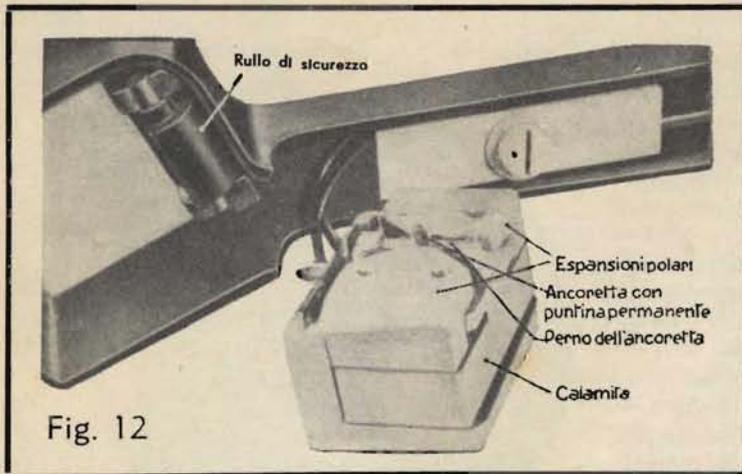


Fig. 12

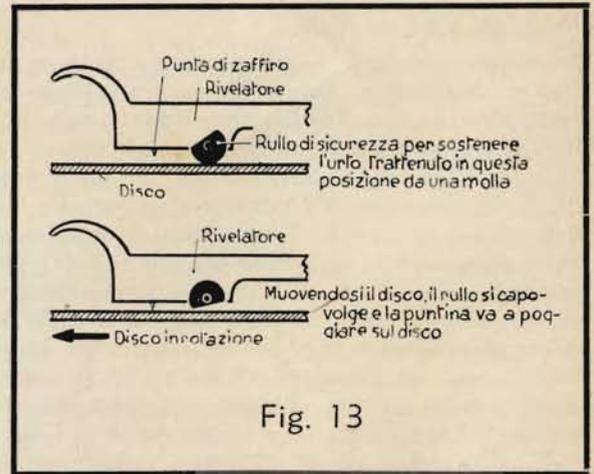


Fig. 13

Poichè i solchi sono molto sottili, bisogna usare una punta molto aguzza e snella, e perchè questa non resti deteriorata, strisciando sul disco, viene fatta abitualmente d'acciaio temperato.

Le puntine da grammofono si consumano tuttavia molto presto, come dimostra la fig. 11. Una punta smussata rovina il disco e consente solo una riproduzione scadente. La continua sostituzione delle puntine è però noiosa e si è quindi cercato di farle di un materiale più duro. Le attuali puntine *per uso permanente* sono costituite da *zaffiri affilati*, ossia da pietre preziose durissime. Per evitare la rottura di queste costose puntine, che avviene generalmente quando il pick-up viene posato sul disco poco delicatamente, quest'ultimo è dotato di un *rullino di sicurezza*, il cui funzionamento risulta dalla fig. 13.

Ancora poche parole sulla fabbricazione dei dischi. Vi ricordate sicuramente della visita allo studio di trasmissione, da noi descritta nella prima Dispensa. Come prima cosa occorre una riproduzione fonica perfetta, tale da poter essere incisa sul disco. L'ingegnere del suono controlla al quadro mescolatore che il carattere del suono sia giusto, dosando l'intensità sonora proveniente da vari microfoni, esattamente come nello studio di radiotrasmissione (fig. 14). Bisogna poi incidere i suoni nel disco. A questo scopo serve un dispositivo costruito allo stesso modo del rivelatore fonografico. In questo caso però la corrente a frequenza acustica viene generata dai microfoni, amplificata e addotta alla bobina, costringendo così l'ancoretta con la punta da incisione a muoversi col medesimo ritmo.

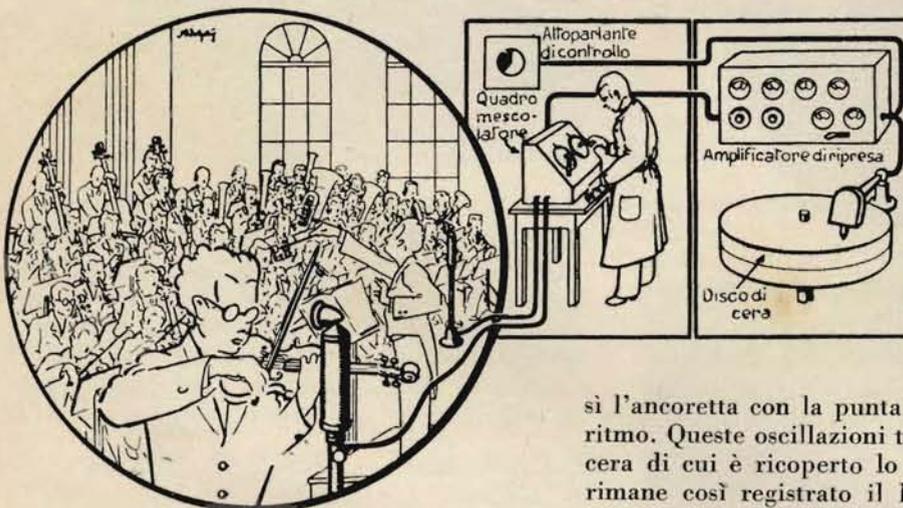


Fig. 14

Queste oscillazioni tracciano un sottile solco ondulato nella cera di cui è ricoperto lo speciale disco da incisione, nel quale rimane così registrato il brano musicale eseguito. Dal disco di cera si ricava quindi, per via galvanica, una *negativa metallica*, cioè un disco che, al posto dei solchi porta dei *rilievi*. Questa negativa serve per stampare i dischi definitivi, costituiti da una *materia termoplastica resinosa*, per esempio a base di gomma lacca. La colorazione nera dei dischi è usuale, ma non ha alcuna importanza.

Per terminare questo Capitolo v'interesserà sapere che *un solco fonografico*, in un disco normale da 30 cm, è lungo *circa 200 metri*. Capirete così come, nel compiere questo tragitto non indifferente, la puntina d'acciaio possa consumarsi, nonostante la sua durezza.

### Domande

1. Quali sono le parti principali del rivelatore fonografico?
2. Perchè occorre amplificare le correnti erogate dal rivelatore, prima di addurle all'altoparlante?
3. Come si chiama l'organo usato come regolatore di volume nelle riproduzioni fonografiche?
4. Quanti giri compie normalmente un disco, in un minuto?

# MATEMATICA

## La trigonometria (Teoria del triangolo)

Leggendo questo titolo vi chiederete forse, che mai c'entri l'elettrotecnica con la teoria del triangolo. Eppure c'entra molto, e ne avrete presto la conferma. Per meglio comprendere le relazioni tra le grandezze, che si presentano nei circuiti a corrente alternata, esse si rappresentano infatti con l'aiuto del triangolo rettangolo. Nella Dispensa precedente, trattando dell'induttore a manovella, abbiamo già accennato alla curva sinusoidale della tensione. Per poter comprendere questa espressione, occorre che ci occupiamo un poco di trigonometria. Quando conoscerete i fondamenti di questa parte della matematica, potrete seguire con facilità le nostre spiegazioni sulle leggi della curva sinusoidale della corrente alternata.

La trigonometria si riferisce in primo luogo ai *triangoli rettangoli*. La trigonometria c'insegna a determinare col calcolo (non col disegno) la grandezza delle varie parti di un triangolo rettangolo (lunghezza dei lati e dimensione degli angoli).

Nella fig. 15 è disegnato un triangolo rettangolo. Il lato opposto all'angolo retto, e contrassegnato nella figura con  $c$ , si chiama « *ipotenusa* »; i lati  $a$  e  $b$ , che includono l'angolo retto, si chiamano « *cateti* ».

I vertici del triangolo (cioè i punti in cui si uniscono due lati) portano la stessa designazione del lato opposto. Perciò nella fig. 15 il punto  $C$  è opposto al lato  $c$ , il punto  $A$  al lato  $a$  e il punto  $B$  al lato  $b$ .

Gli angoli sono invece designati con lettere greche, corrispondenti ai vertici. Nel punto  $A$  c'è quindi l'angolo  $\alpha$  (leggi alfa), nel punto  $B$  l'angolo  $\beta$  (beta), e nel punto  $C$  l'angolo  $\gamma$  (gamma), che nella fig. 15 è di  $90^\circ$ , perchè retto.

In seguito parleremo spesso del cateto *adiacente* e del cateto *opposto*.

Ciò si riferisce sempre ad un angolo determinato. Così per esempio il lato  $b$  è il *cateto adiacente* all'angolo  $\alpha$ ; per l'angolo  $\beta$  invece il lato  $b$  è il *cateto opposto*.

Il cateto adiacente costituisce sempre un lato dell'angolo considerato. Il cateto opposto invece non costituisce un lato dell'angolo considerato, ma si trova opposto ad esso.

Il cateto opposto all'angolo  $\beta$  è quindi  $b$ , il cateto adiacente all'angolo  $\beta$  è  $a$ ; il cateto opposto all'angolo  $\alpha$  è  $a$ , quello adiacente è  $b$ . Il lato  $a$  è nel medesimo tempo cateto opposto di  $\alpha$  e cateto adiacente di  $\beta$ .

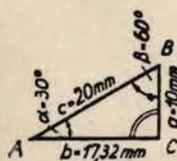
### A. Seno e coseno.

Com'è noto, le dimensioni di un triangolo non hanno alcuna influenza sulla grandezza degli angoli. È possibile quindi disegnare numerosi triangoli, tutti di grandezza differente, ma dotati degli stessi angoli. Come esempio vi presentiamo nella fig. 16 tre di questi triangoli rettangoli cosiddetti « *simili* ». In tutti e tre c'è un angolo retto nel vertice  $C$ , un angolo  $\beta = 60^\circ$  in  $B$  e un angolo  $\alpha = 30^\circ$  in  $A$ .

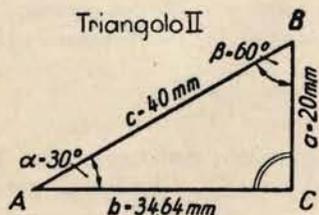
Esaminiamo ora quante volte è contenuta la lunghezza del lato  $a$  nella lunghezza del lato  $c$ ; troviamo che in tutti e tre i triangoli il lato  $a$  è contenuto l'identico numero di volte nel lato  $c$ . Infatti dalla fig. 16 si rilevano i seguenti valori:

- triangolo I : lato  $a = 10$  mm, lato  $c = 20$  mm;
- triangolo II : lato  $a = 20$  mm, lato  $c = 40$  mm;
- triangolo III: lato  $a = 30$  mm, lato  $c = 60$  mm.

Triangolo I



Triangolo II



Triangolo III

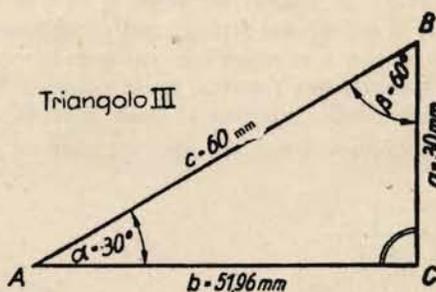


Fig. 16

In tutti questi triangoli il lato  $a$  è quindi uguale alle metà del lato  $c$ . Da ciò possiamo dedurre l'importante constatazione che, in tutti i triangoli rettangoli, grandi o piccoli che siano, le lunghezze dei lati si trovano nel medesimo rapporto tra di loro, purchè gli angoli siano sempre gli stessi.

In tutti e tre i triangoli della fig. 16, l'angolo  $\alpha$  è uguale a  $30^\circ$ , e il rapporto del lato  $a$  al lato  $c$  è sempre uguale a  $1 : 2$  oppure, scritto sotto forma di frazione,  $\frac{a}{c} = \frac{1}{2}$ . Possiamo dire quindi che  $\frac{a}{c} = \frac{1}{2}$ .

Il rapporto degli altri dati dei triangoli è anch'esso ben determinato, pur essendo diverso. Calcoliamo, per esempio, il rapporto di  $b$  a  $c$ , quindi la frazione  $\frac{b}{c}$ ; constatiamo che si ottiene sempre il medesimo valore.

Triangolo I :  $b = 17,32$  mm e  $c = 20$  mm; quindi  $\frac{b}{c} = \frac{17,32}{20} = 0,866$

Triangolo II :  $b = 34,64$  mm e  $c = 40$  mm; quindi  $\frac{b}{c} = \frac{34,64}{40} = 0,866$

Triangolo III:  $b = 51,96$  mm e  $c = 60$  mm; quindi  $\frac{b}{c} = \frac{51,96}{60} = 0,866$

Per designare questi rapporti costanti dei lati dei triangoli rettangoli sono state introdotte delle denominazioni speciali. Il rapporto fra il cateto opposto e l'ipotenusa si chiama « seno » dell'angolo considerato. Quindi:

$$\boxed{\text{seno} = \frac{\text{cateto opposto}}{\text{ipotenusa}}} \quad \dots \quad \text{Formula (35)}$$

Per l'angolo  $\alpha$  il cateto opposto è il lato  $a$ ; l'ipotenusa è il lato  $c$ ; quindi il seno dell'angolo  $\alpha$  è uguale ad  $\frac{a}{c}$ .

Il seno dell'angolo  $\beta$  invece non è  $\frac{a}{c}$ , poichè  $a$  non è il cateto opposto dell'angolo  $\beta$ , bensì il cateto *adiacente*. Il cateto opposto è  $b$ , e quindi

$$\text{seno } \beta = \frac{b}{c}.$$

Il rapporto del cateto adiacente all'ipotenusa ha anch'esso un nome speciale: si chiama « coseno ». È dunque:

$$\boxed{\text{coseno} = \frac{\text{cateto adiacente}}{\text{ipotenusa}}} \quad \dots \quad \text{Formula (36)}$$

Per l'angolo  $\alpha$ , il cateto adiacente è  $b$ , quindi il coseno dell'angolo  $\alpha$  è uguale a  $\frac{b}{c}$ . Abbiamo già calcolato prima il rapporto  $\frac{b}{c}$  per i tre triangoli della fig. 16; esso è sempre il medesimo, cioè  $\frac{b}{c} = 0,866$ . Il rapporto  $\frac{b}{c}$  coseno di  $\alpha$  è dunque il rapporto tra il cateto adiacente all'angolo  $\alpha$  e l'ipotenusa. L'angolo  $\alpha$ , nell'esempio considerato, è di  $30^\circ$ , e quindi  $\text{coseno } 30^\circ = 0,866$ .

Il seno di  $30^\circ$ , come abbiamo pure calcolato prima, è uguale ad  $\frac{a}{c} = \frac{1}{2} = 0,5$ ; infatti la lunghezza del cateto opposto ad un angolo di  $30^\circ$  è sempre la metà dell'ipotenusa.

Questi rapporti tra i lati dei triangoli rettangoli, e cioè i valori del seno e del coseno, sono stati calcolati per tutti gli angoli nelle cosiddette « tavole trigonometriche ». Le due principali tavole trigonometriche sono riportate a pag. 29 della presente Dispensa. Nella prima tavola (Tabella N. 7) sono contenuti i valori del seno e del coseno di un angolo *inferiore a*  $45^\circ$ : si cerca nella colonna I l'angolo voluto e si legge a destra, nella colonna II, il valore del seno, e nella colonna III, il valore del coseno dell'angolo considerato. Se si vuole invece trovare il seno o il coseno di un angolo *compreso tra*  $45^\circ$  e  $90^\circ$ , si cerca il valore dell'angolo nella colonna IV e si trova alla sua sinistra, nelle colonne III e II, i valori del seno e del coseno. Si procede cioè dall'estremità inferiore della tabella; il seno si trova quindi nella colonna III ed il coseno nella colonna II.

Applichiamo le nozioni apprese con un esempio.

**Problema:**

In un triangolo rettangolo (fig. 17) l'ipotenusa è  $c = 70$  mm e l'angolo  $\alpha = 22^\circ$ . Che lunghezza hanno i lati  $a$  e  $b$ ?

**Soluzione:**

Quando in un triangolo rettangolo sono dati un lato ed un angolo, si determina dapprima il rapporto trigonometrico esistente tra il lato noto e quello cercato; dal rapporto si ricava poi il valore del lato cercato.

**Calcolo del lato  $a$ .**

Esaminiamo il rapporto trigonometrico esistente tra il lato  $a$  e l'ipotenusa  $c$ . Abbiamo imparato che  $\frac{a}{c} = \text{seno } \alpha$ . In questa

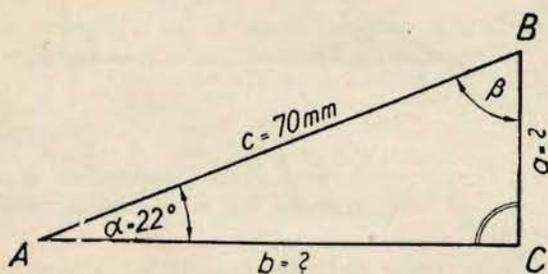


Fig. 17

equazione  $a$  è l'incognita. Risolviamo quindi l'equazione per  $a$ , trasportando  $c$  dal denominatore del primo membro al numeratore del secondo membro: quindi  $a = c \cdot \text{seno } a$  (1).

Per  $c$  poniamo 70 mm, per  $a$  22°. Nella Tabella N. 7 troviamo:  $\text{seno } 22^\circ = 0,37461$ . Otteniamo quindi:

$$a = c \cdot \text{seno } a = 70 \cdot \text{seno } 22^\circ = 70 \cdot 0,37461 = 26,2227 \text{ mm}$$

Per mezzo del disegno sarebbe naturalmente impossibile ottenere un risultato così esatto.

### Calcolo del lato $b$ .

Bisogna trovare ora il rapporto trigonometrico del lato  $b$  col lato  $c$ : esso è  $\frac{b}{c} = \text{coseno } a$ . Risolviamo l'equazione per l'incognita  $b$ :  $b = c \cdot \text{coseno } a$ . Inseriamo ancora per  $a$  22°. Secondo la Tabella N. 7,  $\text{coseno } 22^\circ = 0,92718$ . Quindi:  $b = 70 \cdot 0,92718$ . Risultato:  $b = 64,9026 \text{ mm}$ .

### B. Tangente e cotangente.

Oltre al seno ed al coseno si possono formare anche altri rapporti in un triangolo rettangolo. Osservando i triangoli della fig. 16 notiamo che in un triangolo rettangolo, deve sussistere pure un determinato rapporto tra i due cateti. Il rapporto fra il cateto opposto ad un determinato angolo, e il cateto adiacente, si chiama « tangente » dell'angolo considerato. Quindi:

$$\boxed{\text{tangente} = \frac{\text{cateto opposto}}{\text{cateto adiacente}}} \quad \dots \quad \text{Formula (37)}$$

Nelle figg. 15 e 16 è quindi:  $\text{tangente } a = \frac{a}{b}$  e  $\text{tangente } \beta = \frac{b}{a}$ .

Il reciproco della tangente è la *cotangente*, quindi:

$$\boxed{\text{cotangente} = \frac{\text{cateto adiacente}}{\text{cateto opposto}}} \quad \dots \quad \text{Formula (38)}$$

Di conseguenza, nelle figg. 15 e 16, abbiamo:  $\text{cotangente } a = \frac{b}{a}$ ;  $\text{cotangente } \beta = \frac{a}{b}$ .

Nella Tabella N. 8 sono raccolti i valori numerici della tangente e della cotangente, nell'identica maniera come quelli del seno e del coseno nella Tabella N. 7.

#### Problema N. 1:

Nel triangolo rettangolo della fig. 18 l'angolo  $a = 23^\circ$  ed il lato  $b = 40 \text{ mm}$ . Qual è la lunghezza del lato  $a$ ?

#### Soluzione:

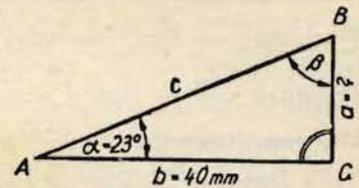
Troviamo la relazione trigonometrica tra il cateto incognito  $a$  e quello noto  $b$ .

$a$  è il lato opposto per l'angolo  $a$ , e  $b$  il lato adiacente. Quindi  $\frac{a}{b} = \text{tangente } a$ .

Risolvendo per l'incognita  $a$ , otteniamo:  $a = b \cdot \text{tangente } a = 40 \cdot \text{tangente } 23^\circ$ . Dalla Tabella N. 8 si ricava  $\text{tangente } 23^\circ = 0,42447$ . Il risultato è quindi:

$$a = 40 \cdot 0,42447 = \text{circa } 17,0 \text{ mm}$$

Fig. 18



#### Problema N. 2:

Calcolare l'angolo  $\beta$  ed il lato  $c$  del triangolo rettangolo della figura 19.

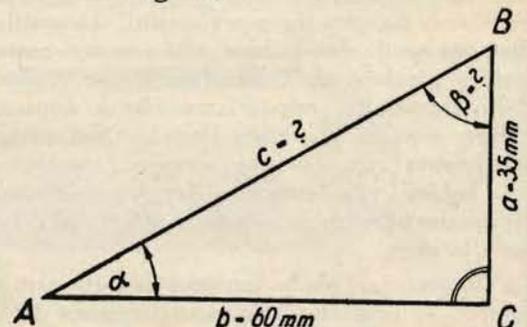
Fig. 19

#### Soluzione:

Per poter determinare l'angolo  $\beta$ , calcoliamo un rapporto dei due cateti che si riferisca all'angolo cercato, per es.:

$$\text{tangente } \beta = \frac{b}{a} = \frac{60}{35} = 1,714.$$

Sappiamo così che la tangente dell'angolo ricercato  $\beta$  è uguale a 1,714. Nella Tabella N. 8 cerchiamo l'angolo corrispondente a questo valore e troviamo come valore più prossimo 1,73205 (nella colonna III). Poichè abbiamo dovuto cercare la tangente nella co-



(1)  $\text{Seno } \alpha$  può considerarsi come il numeratore della frazione  $\frac{\text{Seno } \alpha}{1}$

lonna III, l'angolo corrispondente si troverà nella colonna IV: esso è di  $60^\circ$ .

Quindi si ottiene  $\beta = \text{circa } 60^\circ$ .

Conoscendo l'angolo  $\beta$  possiamo ora calcolare l'ipotenusa  $c$ : calcoliamo perciò un rapporto tra l'incognita  $c$  ed uno dei cateti, usando anche il valore dell'angolo conosciuto  $\beta$ . Scriviamo così, p. es.,  $\frac{a}{c} = \text{coseno } \beta$ , ossia, risolvendo per  $c$ :

$$c = \frac{a}{\text{coseno } \beta} = \frac{35}{\text{coseno } 60^\circ} = \frac{35}{0,5} ; \text{ quindi } c = 70 \text{ mm}$$

Terminiamo osservando che i nomi dei vari rapporti trigonometrici vengono generalmente abbreviati nelle seguenti maniere:

<i>Seno</i>	:	<i>sen</i>
<i>Coseno</i>	:	<i>cos</i>
<i>Tangente</i>	:	<i>tg, oppure tang</i>
<i>Cotangente</i>	:	<i>ctg, oppure cotang</i>

### Domande

1. Come si chiama il lato opposto all'angolo retto di un triangolo rettangolo?
2. Con quali lettere si designano i due lati del triangolo che includono l'angolo  $a$ , e come viene indicato il vertice dell'angolo  $a$ ?
3. Qual è il rapporto trigonometrico chiamato « coseno »?
4. Come si chiama il rapporto trigonometrico tra il cateto opposto ad un angolo e l'ipotenusa?
5. Qual è l'abbreviazione di « cotangente »?

### Risposte alle domande di pag. 4

1. Il rivelatore fonografico è costituito principalmente da un magnete permanente con espansioni polari, bobina ed ancoretta mobile con dispositivo di fissaggio per la puntina.
2. Le correnti erogate dal rivelatore sono debolissime e possono, tutt'al più, essere percepite con una cuffia telefonica. Per poter allacciare un altoparlante è necessario ingrandire le deboli correnti alternate a frequenza fonica, per mezzo di un amplificatore.
3. L'organo, che nella riproduzione dei dischi fonografici serve per regolare l'intensità sonora, si chiama « potenziometro ».
4. La velocità de dischi fonografici dev'essere di 78 giri al minuto.

## RADIOTECNICA

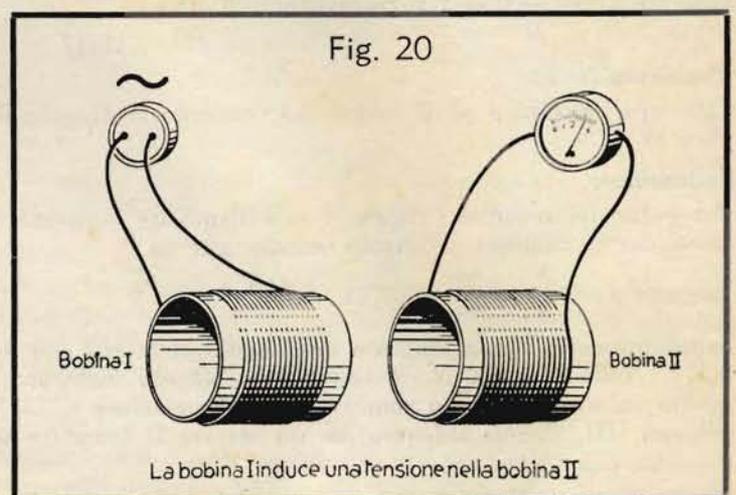
Vorremmo ora farvi conoscere alcuni concetti che, in radiotecnica, sono della massima importanza. Cercate di familiarizzarvi con essi, per poter poi seguire bene le spiegazioni delle Dispense successive. Questi concetti fondamentali devono esservi sempre presenti e diventare per voi nozioni chiare e ben note.

### L'accoppiamento

Nella Dispensa N. 5 avete appreso gli effetti dell'*induzione mutua*. Quando in una bobina circola corrente alternata, viene indotta una tensione in una seconda bobina, non collegata con la prima; l'esistenza di questa tensione si dimostra facilmente con l'ausilio di uno strumento di misura (fig. 20).

Supponiamo che, con una disposizione delle bobine simile a quella della fig. 20, lo strumento ci dia una determinata indicazione, p. es., 20 mA. Facciamo un piccolo esperimento: aumentiamo la distanza tra le due bobine, che possono essere spostate a piacimento. Controllando ora l'indicazione dello strumento, constatiamo che è diminuita di valore, scendendo a circa 10 mA. Continuando l'esperimento con distanze sempre crescenti tra le due bobine, rileviamo che il valore indicato dallo strumento diminuisce sempre più, fino a raggiungere lo zero.

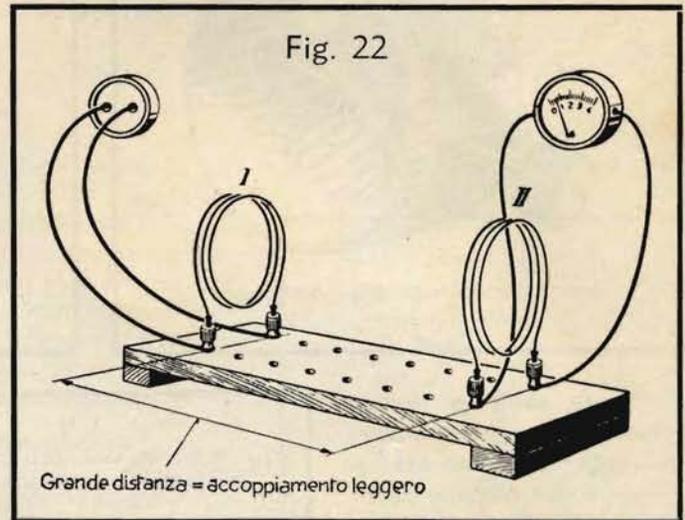
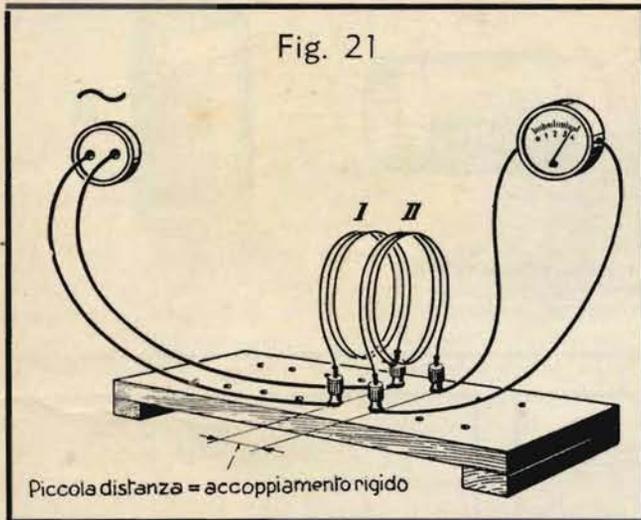
La diminuzione della tensione indotta non ci sorprende, se pensiamo alla configurazione del campo magnetico generato dalla bobina I. Più la bobina II viene avvicinata alla I, e più essa è soggetta al-



l'influenza del campo. Le linee di forza compenetrano, per così dire, la bobina adiacente e *accoppiano* in tal modo le due bobine. Quando le bobine sono vicine, le linee di forza le compenetrano meglio entrambe, e si parla quindi di *accoppiamento rigido* (fig. 21). Analogamente, nel caso di due bobine distanti, si parla di *accoppiamento leggero* (fig. 22).

Per poter giudicare la qualità di un accoppiamento è stato introdotto un numero di confronto, il cosiddetto « *grado* » o « *fattore d'accoppiamento* ». Nell'accoppiamento magnetico o, come si dice generalmente, induttivo, esso caratterizza la posizione reciproca delle bobine o il modo nel quale le linee di forza sono, per così dire, « *incanalate* » mediante nuclei di ferro.

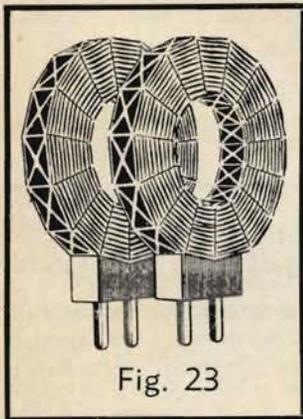
Dato che due bobine accoppiate costituiscono sempre un trasformatore, bisogna guardarsi dal confondere il fattore d'accoppiamento col rapporto di trasformazione. Quest'ultimo può assumere qualsiasi valore, che, per definizione, sarà sempre maggiore di 1, per es., 3 : 1; il *fattore d'accoppiamento* è invece sempre inferiore all'unità, che costituisce anzi il valore limite teorico.



I *trasformatori per bassa frequenza* hanno il *fattore d'accoppiamento* compreso tra 0,9 e 0,99. Nei *filtri di banda*, invece, tale *fattore* varia tra 0,01 e 0,04 circa.

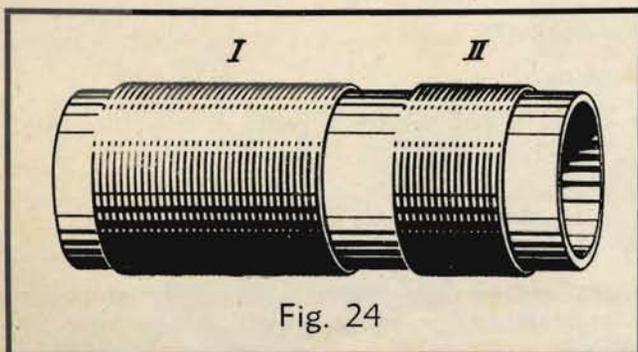
### Modi d'accoppiamento.

Due bobine possono essere accoppiate in varie maniere. Nella fig. 23 si vedono due *bobine a nido d'ape* accoppiate, situate l'una accanto all'altra. Due *bobine solenoidali*, avvolte sul medesimo cilindro, sono naturalmente accoppiate anch'esse (fig. 24). È ovvio che le bobine possono essere avvolte anche su cilindri separati, come nella fig. 20; in questo caso l'accoppiamento è tanto più rigido, quanto più vengono avvicinate tra loro. Quando uno dei due corpi di bobina è più piccolo, in modo da poter essere introdotto nell'altro, l'accoppiamento diminuisce man mano che si estrae la bobina interna da quella esterna (fig. 25). Se la bobina interna è fissata ad un albero, in modo da poter essere ruotata (fig. 26), è possibile variare a piacimento il *fattore d'accoppiamento*, inclinando più o meno tra loro gli assi delle due bobine.



Il *grado d'accoppiamento* raggiunge il massimo valore quando gli assi dei due cilindri, sui quali sono avvolte le bobine, sono collineari, ed il valore minimo quando tali assi sono perpendicolari tra loro. Un dispositivo di questo genere si chiama « *variometro* ».

Nella fig. 27 sono rappresentate due bobine cilindriche, disposte con gli assi perpendicolari tra loro. Benchè in questo caso il *grado di accoppiamento* sia esiguo,



tuttavia esiste una certa influenza induttiva di una bobina sull'altra. Infatti una parte delle linee di forza generate dalla bobina I attraversa ugualmente la bobina II, purchè questa non sia troppo distante.

La conoscenza dell'influenza reciproca delle bobine è molto importante, come vedrete in seguito. Accade spesso, per esempio, che, in un ricevitore, siano contenute varie bobine, che non debbano influenzarsi a vicenda. Bisogna badare quindi che tali bobine siano disposte alla maggior distanza possibile, per eliminare gli accoppiamenti.

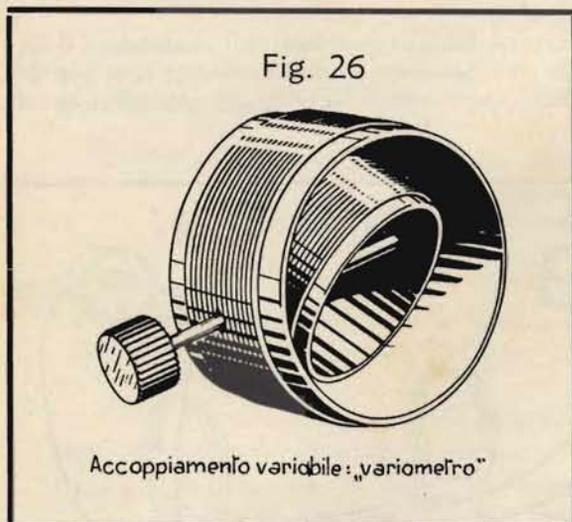


Fig. 26

Accoppiamento variabile: „variometro“

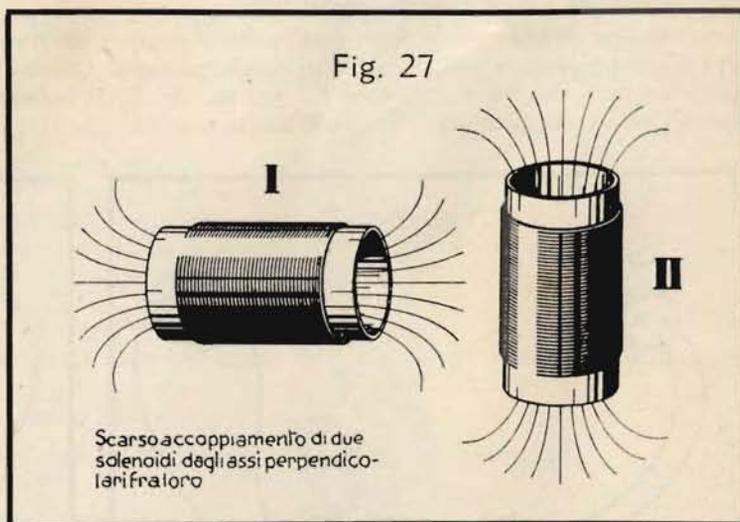


Fig. 27

Scarso accoppiamento di due solenoidi dagli assi perpendicolari fra loro

Se finora abbiamo parlato soltanto di *accoppiamento induttivo*, dobbiamo ora aggiungere che esistono anche altre specie di accoppiamento, per esempio, quello *capacitivo*. La fig. 28 mostra un caso di accoppiamento capacitivo. I circuiti I e II sono sistemati in modo che le loro bobine non possano influenzarsi; tuttavia è possibile accoppiare i due circuiti mediante il condensatore C.

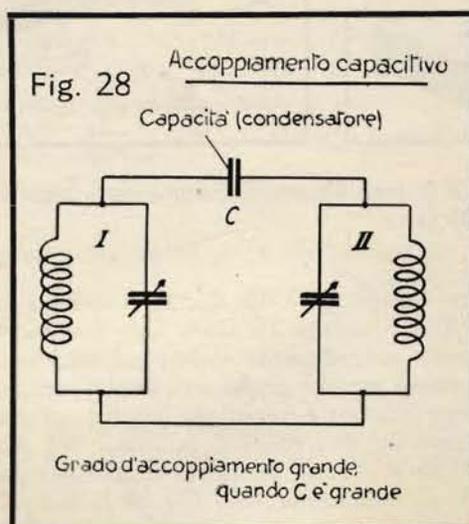


Fig. 28 Accoppiamento capacitivo

Capacità (condensatore)

Grado d'accoppiamento grande, quando C è grande

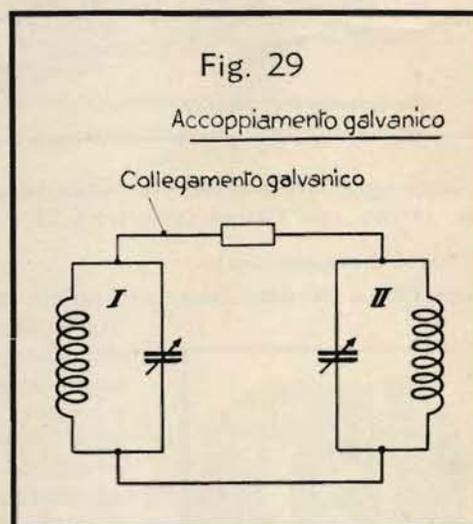


Fig. 29

Accoppiamento galvanico

Collegamento galvanico

Mentre nel caso dell'accoppiamento induttivo questo avveniva per effetto delle linee di forza magnetiche, la causa dell'accoppiamento capacitivo risiede ora nelle linee di forza del campo elettrostatico tra le armature del condensatore. Il grado di accoppiamento è quindi maggiore, quanto più elevata è la capacità del condensatore.

Oltre all'*accoppiamento capacitivo* si può realizzare anche un *accoppiamento capacitivo-induttivo*, disponendo le bobine dei circuiti I e II in modo che s'influenzino vicendevolmente per induzione. Se invece i due circuiti sono collegati tra loro per mezzo di una resistenza, come nella fig. 29, si parla di *accoppiamento galvanico*.

### Domande

1. In quali circostanze si ha un accoppiamento rigido di due bobine?
2. Da che cosa dipende il grado di accoppiamento di due bobine?
3. Come si chiama un dispositivo costituito da due bobine, di cui si può variare il grado di accoppiamento?
4. In quali modi si possono accoppiare tra loro due circuiti?

### Il circuito oscillante

Nella Dispensa N. 10 abbiamo conosciuto varie proprietà e particolarità delle bobine e dei condensatori, elementi fondamentali tra quelli costituenti i circuiti elettrici, nei quali rappresentano capacità e induttanze. Co-

me sapete, la capacità e l'induttanza sono sostanzialmente differenti; questa nozione ormai acquisita, ci servirà in seguito per trarne delle utili conseguenze.

Facciamo alcuni piccoli esperimenti. Prendiamo una bobina (p. es. l'avvolgimento primario di un trasformatore abbastanza grosso che, fatto con filo piuttosto spesso, abbia un'induttanza di circa 2H), e allacciamola ad una tensione alternata di 50 V a 50 periodi: passerà una corrente della quale possiamo facilmente calcolare l'intensità. Essa è:

$$I = \frac{V}{R_{\text{ind}}} = \frac{V}{2\pi \cdot f \cdot L} = \frac{50}{2\pi \cdot 50 \cdot 2} = \frac{1}{4\pi} = 0,08 \text{ A}$$

Se colleghiamo ora in parallelo due di tali bobine, ognuna assorbirà 0,08 A e quindi, tutte e due assieme, 0,16 A.

Ciò è senz'altro chiaro.

Facciamo il medesimo esperimento con due condensatori da 5  $\mu\text{F}$ . Essi assorbiranno la seguente corrente:

$$I = \frac{V}{R_{\text{cap}}} = \frac{V}{\frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}} = \frac{V \cdot 2\pi \cdot f \cdot C}{1} = 50 \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 0,078 \text{ A}$$

Fin qui tutto è facile ed evidente. Ora prendiamo la nostra bobina da 2 H e colleghiamo in parallelo ad essa il condensatore da 5  $\mu\text{F}$ . Inseriamo poi tre amperometri nelle linee (figura 30). Come negli esperimenti precedenti, quando applichiamo 50 V passano 0,08 A nella bobina e 0,078 A nel condensatore. Che cosa misuriamo invece nella linea comune? Soltanto una corrente di pochi mA. Questa constatazione è sorprendente e controlleremo quindi di non aver fatto qualche errore nei collegamenti o nella lettura degli strumenti. Eppure tutto è in ordine. Sembra quindi che la corrente della bobina non torni nella rete, ma vada a finire nel condensatore, e viceversa. Effettivamente nella bobina e nel condensatore circola una corrente rotatoria, e solo la minuscola differenza tra 0,08 e 0,078 A, quindi 0,002 A, proviene dalla rete. In altre parole: fornendo una corrente di soli 0,002 A si ottiene nella bobina e nel condensatore una corrente circa 40 volte maggiore.

Dobbiamo insistere a questo proposito che l'esperimento riesce soltanto se si rispettano le condizioni da noi scelte, e cioè se la frequenza è uguale a 50 Hz e se la bobina e il condensatore non posseggono delle possibili resistenze ohmiche. Comprenderete da ciò che, per ottenere lo strano fenomeno ora descritto, occorre siano rispettate determinate relazioni tra la frequenza della tensione alternata applicata ed il valore della capacità e dell'induttanza in giuoco. Se potessimo disporre di condensatori e di bobine ideali e cioè privi di qualsiasi resistenza, e se i due elementi fossero perfettamente adeguati fra loro (e cioè se la reattanza induttiva e quella capacitiva avessero il medesimo valore), allora otterremmo una corrente assai intensa, senza che lo strumento nella linea comune indichi alcuna corrente.

Il collegamento eseguito conformemente alla fig. 30 si chiama «circuitto oscillante», mentre l'effetto, per cui nella linea comune si ha una corrente minuscola e nel condensatore e nella bobina una corrente intensa, si chiama «risonanza».

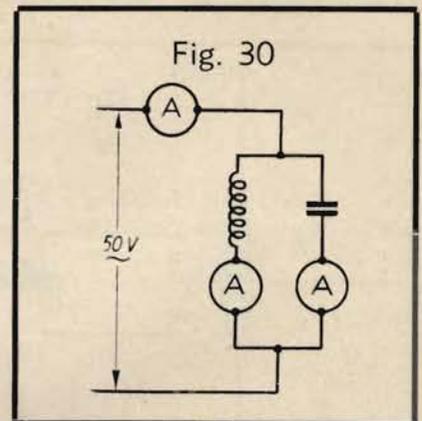
Capite ora la ragione per la quale nella Dispensa N. 6 ci siamo occupati così insistentemente del concetto di risonanza, servendoci di un esempio meccanico! Anche in quel caso bastava una successione di deboli soffi per produrre nel ricevitore, esattamente accordato, delle oscillazioni sensibili. Comprenderete sicuramente l'analogia esistente col fenomeno ora descritto, benchè non dobbiate attendervi che i risultati d'indagine meccaniche possano essere senz'altro tradotti in termini elettrici.

Deduciamo ancora qualche altra conclusione. Nel nostro esperimento con la bobina ed il condensatore la tensione è rimasta sempre uguale a 50 V, mentre le correnti nella linea comune e nel circuito oscillante sono notevolmente diverse. Secondo la legge di Ohm,  $R = \frac{V}{I}$ , si ottengono per i singoli elementi  $\frac{50}{0,08} = 625 \text{ ohm}$ , mentre il complesso ha una resistenza di  $\frac{50}{0,002} = 25\,000 \text{ ohm}$ .

Abbiamo trovato così, col circuitto oscillante in parallelo, il modo di ottenere una resistenza particolarmente elevata ad una determinata frequenza.

Variando la frequenza le condizioni del circuitto oscillante cambiano, come abbiamo già accennato. Per avere la possibilità di adattare un circuitto oscillante ad una frequenza variabile, ci si serve di un condensatore variabile. La capacità di quest'ultimo viene variata, finchè si trova la risonanza per la nuova frequenza.

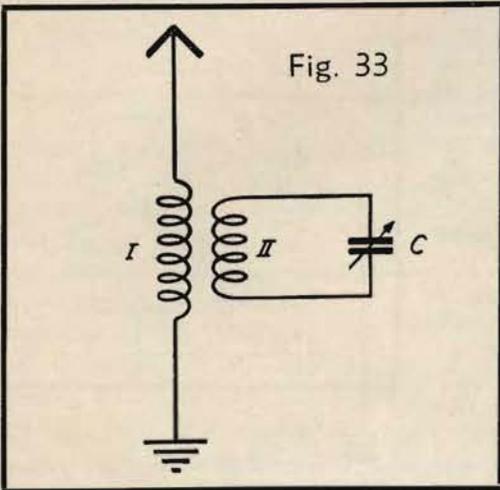
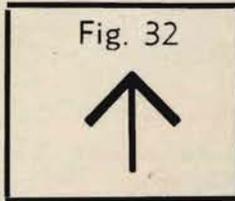
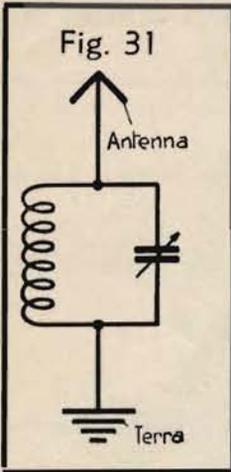
È possibile a questo modo accordare o sintonizzare con la nuova frequenza il circuitto oscillante variabile. Cominciate ad indovinare qualche cosa? Continuate a leggere!



## L'accoppiamento d'antenna

Come sapete dalla Dispensa N. 6, l'antenna di un ricevitore serve a captare le onde di trasmissione. Circolano allora nell'antenna delle correnti, che vanno addotte al radiorecettore. Vediamo ora quale sia il modo migliore di collegare l'antenna dell'apparecchio ricevente. Nell'antenna sono presenti numerosissime correnti delle più disparate frequenze, circa 300 nella sola Europa. È chiaro che non vogliamo ascoltarle tutte e quante assieme. Vorremmo invece far pervenire al nostro ricevitore l'onda di una sola delle numerose stazioni captate dall'antenna. Come fare? Ormai voi lo sapete già: ci serviamo delle proprietà del circuito oscillante.

Bisogna però trovare il modo più conveniente d'inserire il circuito oscillante tra l'antenna e la terra, ossia nel cosiddetto « circuito d'antenna ». La cosa più semplice parrebbe di inserire il circuito oscillante nella linea, come è indicato nella fig. 31. Usiamo in questa occasione per la prima volta il simbolo dell'antenna (fig. 32).



Lo schema della fig. 31 corrisponde ad un accoppiamento galvanico perfettamente rigido. Questo ha diversi svantaggi: tra l'altro occorrerebbe accordare anche l'antenna stessa, la quale costituisce essa pure una specie di circuito oscillante, un cosiddetto « circuito aperto ». Generalmente non è però possibile abbinare la sintonia del circuito oscillante e dell'antenna. D'altra parte, se l'antenna non viene accordata, essa non può lavorare correttamente assieme al circuito oscillante chiuso e la ricezione diviene pressochè impossibile. Si è trovato infine nello schema della fig. 33 un compromesso pratico. Esso si attua inserendo nella linea d'antenna una bobina I accoppiata induttivamente con la bobina II del circuito oscillante.

Il condensatore variabile  $C$  consente di accordare il circuito oscillante sulla frequenza desiderata, cioè su quella della trasmittente che si desidera ricevere. Non occorre sintonizzazione dell'antenna essendo questa, come si dice in linguaggio tecnico, « accoppiata aperiodicamente ».

Nell'antenna possono quindi essere presenti le più diverse frequenze, corrispondenti alle onde di numerose trasmittenti. Il circuito oscillante, per effetto di risonanza, esalta una sola di queste frequenze. Abbiamo quindi, in un certo senso, un accoppiamento leggero tra l'antenna ed il circuito, per cui quest'ultimo non può agire in modo nocivo al funzionamento dell'antenna.

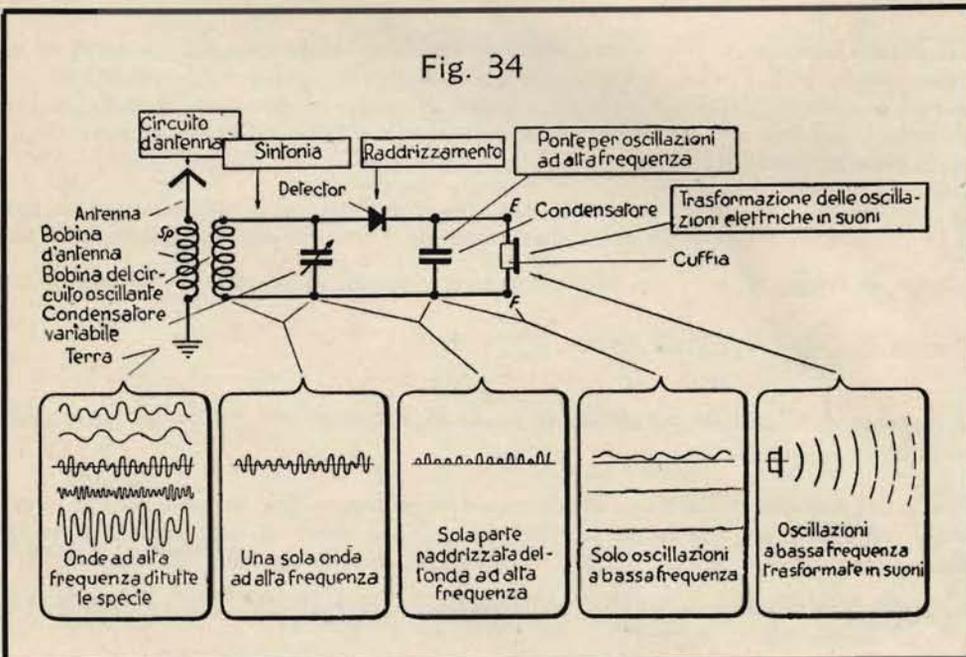
### Radiorecettore a cristallo.

Osservate lo schema della fig. 34. Le oscillazioni captate dall'antenna, quindi le onde di differente lunghezza, si manifestano più o meno intensamente nel circuito d'antenna. Queste oscillazioni vengono trasportate per accoppiamento induttivo al circuito oscillante, dove può svilupparsi

però soltanto quell'onda che corrisponde alla frequenza propria del circuito oscillante. Tutte le altre onde non possono oscillare liberamente in questo circuito, e rimangono quindi soffocate.

L'onda ad alta frequenza, che ora oscilla nel circuito oscillante, passa poi al detector ad esso allacciato. È noto che il detector a cristallo raddrizza le correnti ad alta frequenza; queste passano poi nella cuffia telefonica, dove le ampiezze dei treni d'onda sono trasformate in vibrazioni sonore.

L'onda ad alta frequenza non agisce direttamente sulla membrana della cuffia, in



quanto l'inerzia di quest'ultima è troppo grande per poter seguire oscillazioni così rapide. È però noto, essendo già stato spiegato nella Dispensa N. 6, che l'onda ad alta frequenza (onda portante) è *modulata* con oscillazioni sonore applicate nel trasmettitore.

*Nella cuffia agiscono quindi soltanto le oscillazioni acustiche.* Un piccolo condensatore, collegato in parallelo con la cuffia, costituisce una via più facile per le correnti ad alta frequenza, cosicchè sono soltanto le basse frequenze ad attraversare la cuffia. Ciò è spiegato dal fatto che il condensatore è percorso dalle correnti alterate tanto più facilmente, quanto più elevata ne è la frequenza. La cuffia invece contiene una bobina, cioè una induttanza, e presenta pertanto una reattanza tanto maggiore, quanto più alta è la frequenza considerata.

Avete conosciuto così, per la prima volta, lo schema completo di un *radiorecettore a cristallo*. Spiegheremo in seguito in che modo il detector a cristallo venga sostituito con un tubo elettronico.

### Domande

1. Da che cosa è costituito un circuito oscillante?
2. Qual è la funzione del condensatore variabile nel circuito oscillante?
3. Qual è il modo migliore per l'accoppiamento del circuito d'antenna col circuito oscillante?
4. Qual è l'onda che viene raccolta dal circuito oscillante?

## ELETTROTECNICA GENERALE

### La rappresentazione diagrammatica delle correnti elettriche

#### La rappresentazione grafica.

Nella Dispensa N. 5 vi abbiamo mostrato come si possa rappresentare graficamente l'andamento di una corrente alternata d'acqua. Avete certamente compreso senza difficoltà il procedimento col quale si ottiene questo cosiddetto « *diagramma* ». Nella tecnica si ama rappresentare sotto forma di curva lo svolgimento di fenomeni o di condizioni variabili, uniformemente o disformemente, col tempo. Anche nella vita quotidiana si fa spesso uso di questo metodo pratico, per esempio, tracciando la curva della febbre di un ammalato, della temperatura dell'aria, della pressione barometrica, ecc.

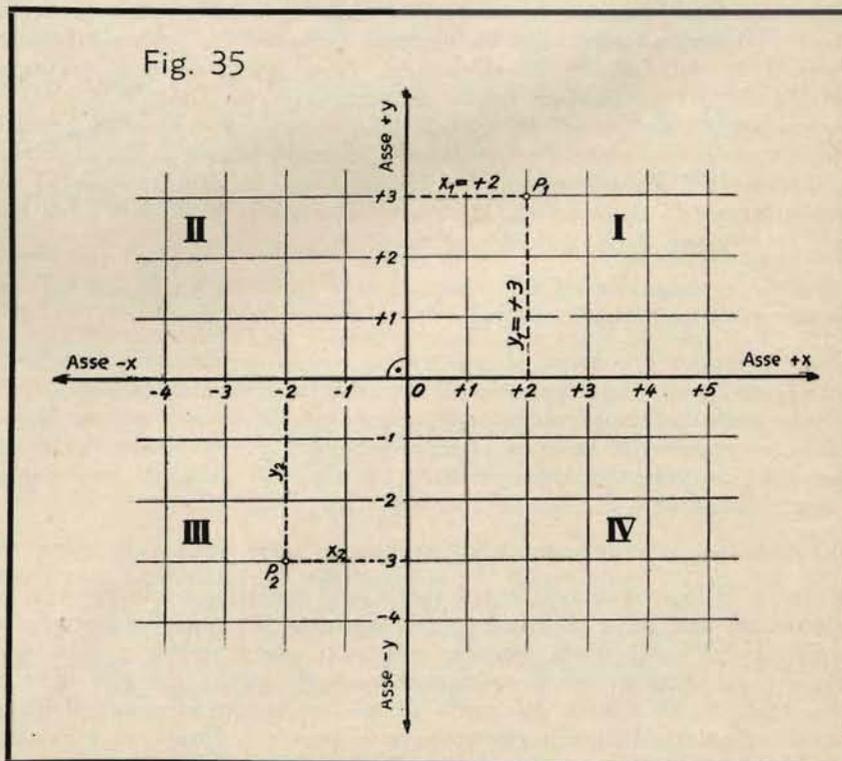
Queste *rappresentazioni grafiche*, o *diagrammi*, sono contraddistinti, di regola, da due assi perpendicolari, chiamati « *gli assi delle coordinate* » (figura 35). L'asse orizzontale si chiama « *asse delle X* » oppure « *delle ascisse* »; l'asse verticale « *asse delle Y* » o « *delle ordinate* ». Il punto d'intersezione dei due assi si chiama « *origine* » oppure « *punto di zero* ». Il piano del foglio è diviso dai due assi in quattro *quadranti*, contrassegnati con le cifre romane I, II, III e IV, nell'ordine di successione indicato nella fig. 35.

Questo modo di rappresentazione grafica si chiama « *sistema di coordinate* ».

Una *coordinata* è la distanza perpendicolare di un punto da uno degli assi. Conoscendo entrambe le coordinate, ossia le distanze dall'asse delle X e da quello delle Y, si determina l'esatta posizione di qualsiasi punto giacente nel piano considerato. Per esempio, il punto  $P_1$  è determinato dalle coordinate  $x_1 = +2$  e  $y_1 = +3$ , mentre  $P_2$  è dato da  $x_2 = -2$  e  $y_2 = -3$ .

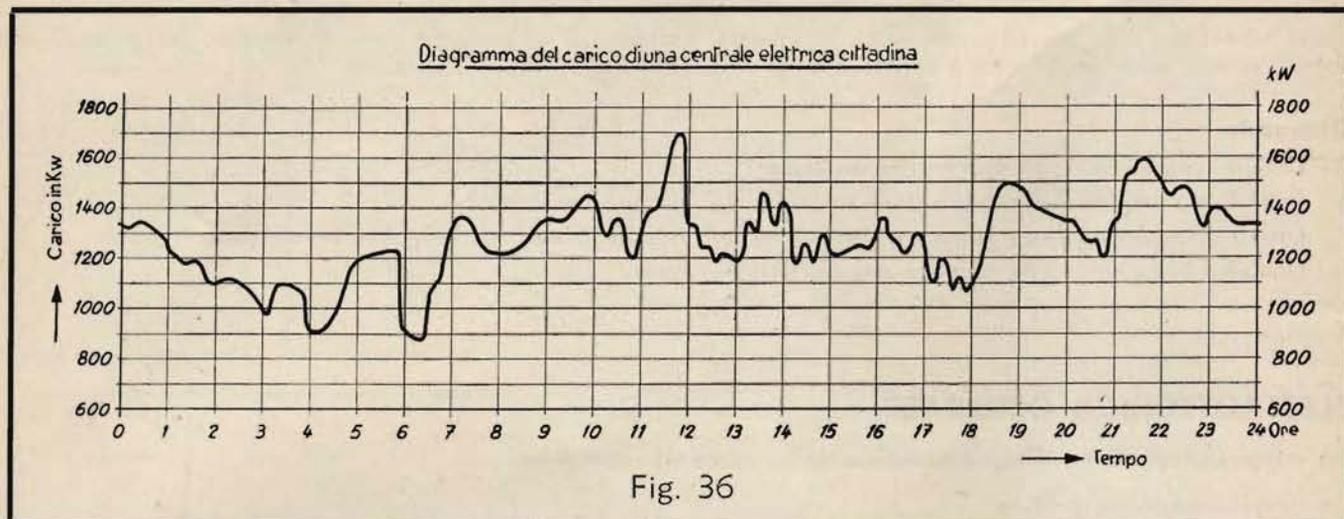
Per tracciare qualsiasi *diagramma* è importante anzitutto conoscere la *scala* o *unità di misura*. Volendo, per esempio, rappresentare il carico di una centrale elettrica nel corso della giornata, si riportano ad intervalli regolari, sull'asse delle X, le ore (fig. 36). Volendo invece tracciare la curva di carico per un periodo più lungo, si sceglie come unità il giorno, il mese o addirittura l'anno.

Fig. 35



Il valore del carico viene invece riportato sull'asse delle Y, prendendo come unità, per esempio, 100 kW. Nel diagramma della fig. 36 è stata però tralasciata la parte inferiore, poichè la curva si trova sempre tra i valori di 800 e 1700 kW. Abbiamo quindi trasportato arbitrariamente la base del diagramma all'altezza di 600 kW. La linea di zero, ossia l'asse delle X, si trova 2 cm più in basso.

Questo *diagramma di carico* della fig. 36, rilevato al principio di marzo in una centrale elettrica cittadina, presenta vari elementi interessanti:



A mezzanotte (ore 0,00) il carico risulta piuttosto elevato, se si pensa che a quell'ora le fabbriche non lavorano e che anche l'illuminazione è ormai già ridotta. Il consumo è dovuto, in massima parte, agli scaldabagni elettrici, inseriti durante la notte. Fin verso le 4 del mattino si ha tuttavia una diminuzione abbastanza costante del carico, seguita da un aumento improvviso, dovuto alla messa in funzione dei forni dei panettieri e delle stufe elettriche da riscaldamento. Poco prima delle 6, caduta repentina della curva per il distacco dei carichi fruanti di speciale tariffa notturna ridotta. Dalle 6 1/2 alle 7 nuova rapida salita, dovuta all'inizio del lavoro negli stabilimenti industriali, che consumano quantità ingenti di corrente. Prima di mezzogiorno la curva aumenta ulteriormente toccando la cosiddetta « punta », dovuta al consumo nelle cucine. L'andamento pomeridiano è abbastanza regolare; si osserva una diminuzione al termine del lavoro nelle fabbriche, e un aumento rapido dopo le 18, dovuto all'accensione delle luci e, di nuovo, alle cucine. Dopo le 21 altra punta, per l'inserzione degli scaldabagni domestici.

In modo analogo alla fig. 36 si rappresenta anche la produzione di energia di una centrale elettrica nel corso di un anno, oppure il consumo di un'intera regione.

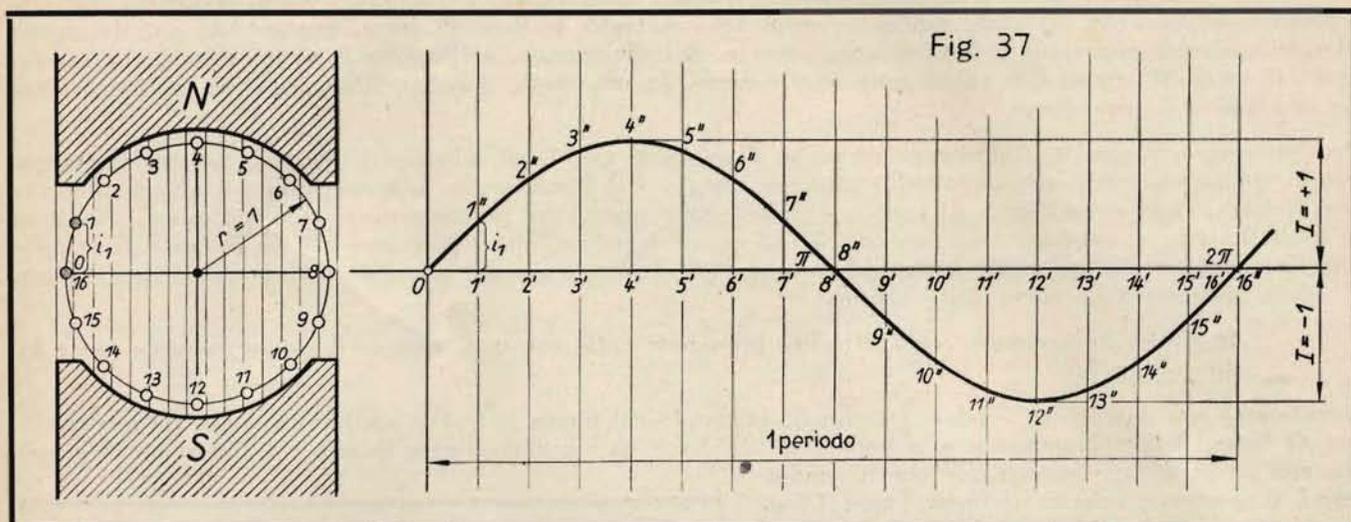
Come abbiamo già detto, si può rappresentare graficamente anche l'andamento della temperatura nel corso di un determinato periodo di tempo. Naturalmente la curva della temperatura non decorre solamente nel *campo positivo* (temperatura sopra zero), ma anche nel *campo negativo* (temperatura sotto zero). In questo caso essa passa sotto la linea di zero, ossia nel IV quadrante del sistema di coordinate. Quando tutte le grandezze da rappresentare sono positive, si tralascia la parte negativa del sistema di coordinate, utilizzando soltanto il quadrante I.

Per tracciare le rappresentazioni grafiche è assai pratica la *carta millimetrata*, che si trova in commercio.

Si tratta di fogli stampati, rigati tanto in senso orizzontale che verticale a distanza di 1 mm. Ogni 5 e 10 mm è tracciata una linea leggermente più marcata. È consigliabile scegliere la scala in modo che le unità, o dei multipli dell'unità usata, cadano sui tratti più marcati; così la lettura dei diagrammi rimane facilitata. Non bisogna poi dimenticare la numerazione degli assi. Ogni asse deve recare l'indicazione della grandezza rappresentata su di esso e dell'unità di misura usata; bisogna poi che gli assi siano marcati correttamente ad intervalli regolari. Una rappresentazione chiara e ordinata vi può risparmiare molto lavoro inutile e relative arrabbiature. Basta pensare che ogni punto di un diagramma viene ottenuto spesso al prezzo di laboriose misure, mentre una rappresentazione negligente può compromettere la giusta interpretazione del diagramma stesso e portare a risultati erronei.

#### La curva della corrente alternata.

Nelle Dispense precedenti abbiamo fatto uso ripetutamente della possibilità di rappresentare graficamente le grandezze elettriche. Pensate, per esempio, alla figura della corrente alternata d'acqua (Dispensa N. 5), alla descrizione del generatore magneto-elettrico (Dispensa N. 9), oppure alla rappresentazione della caratteristica dei tubi elettronici all'inizio dell'ultima Dispensa. Anche lo spostamento di fase è stato spiegato con l'aiuto delle curve di tensione e di corrente.



Per poter determinare teoricamente con esattezza e rappresentare la curva della corrente alternata, dobbiamo applicarci un poco di più alla matematica. Nella Dispensa N. 9 abbiamo potuto tracciare la curva, in quanto i valori della corrente, nelle diverse posizioni del conduttore rotante, erano noti. Servendoci ora delle nostre nuove cognizioni in fatto di trigonometria, potremo determinare il valore dell'intensità di corrente in qualsiasi posizione del conduttore.

Nella fig. 37 abbiamo disegnato a sinistra i due poli di una calamita, entro i quali un conduttore eseguisce un movimento circolare. Il principio del dispositivo vi è noto dalla Dispensa N. 9. Per il momento non ci interessa affatto di sapere dove e in che modo il conduttore prelevi la corrente; vogliamo semplicemente conoscere l'intensità di questa corrente indotta. Tra i due poli magnetici c'è un campo uniforme di linee di forza, simboleggiato nella figura da tratti paralleli. Il conduttore si muove sulla circonferenza di raggio 1. Che si tratti di 1 cm, 1 dm, oppure 1 m, non ha alcuna importanza in questo caso: esso ha semplicemente la grandezza 1.

È un metodo assai usato nei calcoli tecnici, quello di ridurre all'unità certe grandezze variabili; si possono in tal modo semplificare notevolmente molte dimostrazioni matematiche. Il cerchio col raggio 1 si chiama « *cerchio unitario* ». Esso è molto usato nel calcolo degli archi di cerchio, oppure nella trasformazione dei gradi angolari in radianti. La misura in radianti non è infatti altro che la lunghezza dell'arco del cerchio unitario compreso nell'angolo considerato.

Si fa lo stesso anche con la corrente. Poniamo così il suo valore massimo  $I$  uguale a 1. Come sapete, questo massimo è raggiunto nel momento in cui il conduttore rotante attraversa la mezziera delle espansioni polari, poichè in quel punto esso taglia un maggior numero di linee di forza al secondo. Nel nostro diagramma possiamo pertanto rappresentare l'intensità massima di corrente con l'identica dimensione del raggio  $r$ .

E come ci si comporta con la rappresentazione del tempo? Dobbiamo forse porre uguale a 1 il tempo occorrente per una rotazione? Per determinate ragioni si preferisce, in questo caso, scegliere un altro valore. Infatti il conduttore percorre ad ogni rotazione un cammino pari alla circonferenza del cerchio unitario. È noto che la circonferenza di un cerchio è uguale a  $2 \cdot r \cdot \pi$ . Quando il raggio è  $r = 1$ , otteniamo per la circonferenza  $2 \cdot 1 \cdot \pi$  ossia  $2 \pi$ . Pertanto per il tempo occorrente ad effettuare una rotazione completa (1 periodo) poniamo il valore  $2 \pi$ .

Dopo di aver ridotto tutto alle *dimensioni unitarie*, iniziamo il tracciamento del diagramma. Da quanto abbiamo recentemente appreso, occorre prima tracciare gli assi delle coordinate. Per semplicità, come asse delle  $X$  scegliamo l'asse mediano tra i due poli, che prolunghiamo verso destra. Segniamo su quest'asse, secondo il solito, i *tempi*. Anzi, ora non ci riferiamo ai tempi, ma ai *periodi*; abbiamo così il vantaggio di poter calcolare con facilità gli angoli, poichè una rotazione completa corrisponde a  $360^\circ$ . Scegliamo così, per rappresentare il periodo, una lunghezza a piacimento e vi scriviamo  $2 \pi$ .

Abbiamo quindi tre possibilità per riportare sull'asse delle ascisse una rotazione del conduttore: la misura in radianti ( $2 \pi$ ), la misura in gradi ( $360^\circ$ ) e la misura in periodi (1 periodo). Queste tre misure sono sempre proporzionali tra loro; abbiamo infatti:  $\frac{1}{4}$  di periodo =  $90^\circ = \frac{\pi}{2}$ ;  $\frac{3}{4}$  di periodo =  $270^\circ = \frac{3\pi}{2}$ ;  $\frac{1}{2}$  periodo =  $180^\circ = \pi$ ; 1 periodo =  $360^\circ = 2\pi$ . I valori intermedi sono facili da determinare.

L'asse delle  $Y$  viene tracciato perpendicolarmente a quello delle  $X$ ; il punto d'intersezione va contrassegnato con 0. Nella vista del dispositivo, riportata a sinistra, il conduttore è disegnato in 16 differenti posizioni, contrassegnate mediante numerazione progressiva da 0 a 16. Poichè una rotazione, ossia un periodo sull'asse delle  $X$ , è contrassegnato dalla lunghezza  $2 \pi$ , suddividiamo anche quest'ultima in 16 parti uguali, numerate da 0 a 16.

Ed ora cominciamo a tracciare, punto per punto, il nostro diagramma. Per il punto 0 non dobbiamo riflettere a lungo; sappiamo che in questo punto il conduttore non taglia le linee di forza, muovendosi parallelamente ad esse, e quindi non viene indotta alcuna corrente. Sul diagramma, nell'istante 0, si ha quindi, per la corrente, il valore 0; questi due valori sono rappresentati da un punto situato nell'origine, cioè all'intersezione dei due assi delle coordinate.

Per determinate ragioni consideriamo ora subito il punto 4. Qui la direzione del moto è orizzontale, essendo sempre ad angolo retto col raggio nel punto considerato. Ciò significa che in questo punto il numero delle linee di forza, tagliate nell'unità di tempo, è il massimo, poichè lo spostamento è perpendicolare alle linee di forza. La corrente indotta raggiunge qui il suo valore massimo, che riportiamo nel diagramma, tracciando una linea orizzontale dal punto 4 fino ad incontrare la verticale sopra il punto 4', determinando così il punto 4'' come massimo della curva della corrente.

In futuro designeremo con  $i$  il valore istantaneo della corrente, mentre il valore massimo viene indicato con  $I$ .

Cominciamo ora a stabilire i valori intermedi, iniziando col punto 1. Qui il conduttore taglia già qualche linea di forza, ma evidentemente solo poche. Il problema sta nel determinare quante. Ci aiuteremo in proposito con un paragone. Supponiamo che il conduttore  $L$  si sposti con velocità uniforme lungo il tratto orizzontale  $S$ , tagliando 10 linee di forza nel tempo  $t$  (fig. 38). Quando invece il conduttore si sposta nella direzione  $v$  con la medesima velocità, esso taglia nel medesimo tempo  $t$  un numero minore di linee di forza, che chiameremo  $x$ . Conoscendo l'angolo  $\alpha$ , il numero  $x$  si determina con l'aiuto della trigonometria. La formula (35) dice

che  $\text{seno} = \frac{\text{cateto opposto}}{\text{ipotenusa}}$ ; ossia, secondo il disegno,  $\text{sen } \alpha = \frac{x}{S}$ .

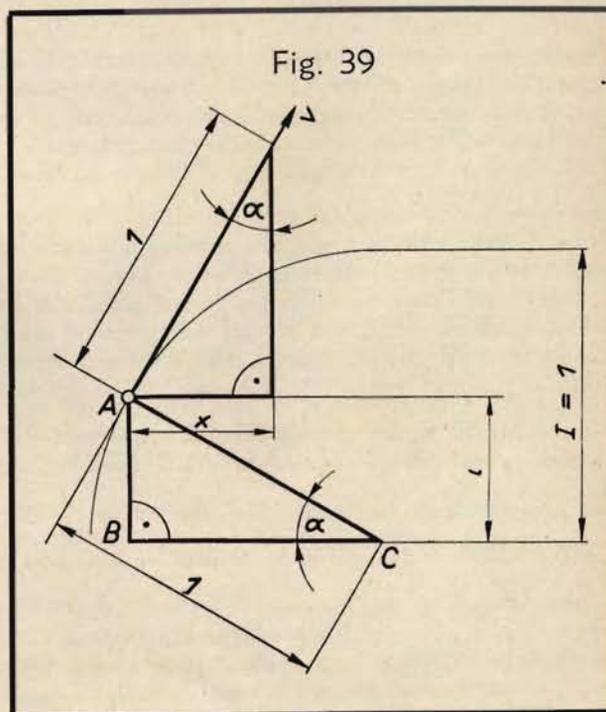
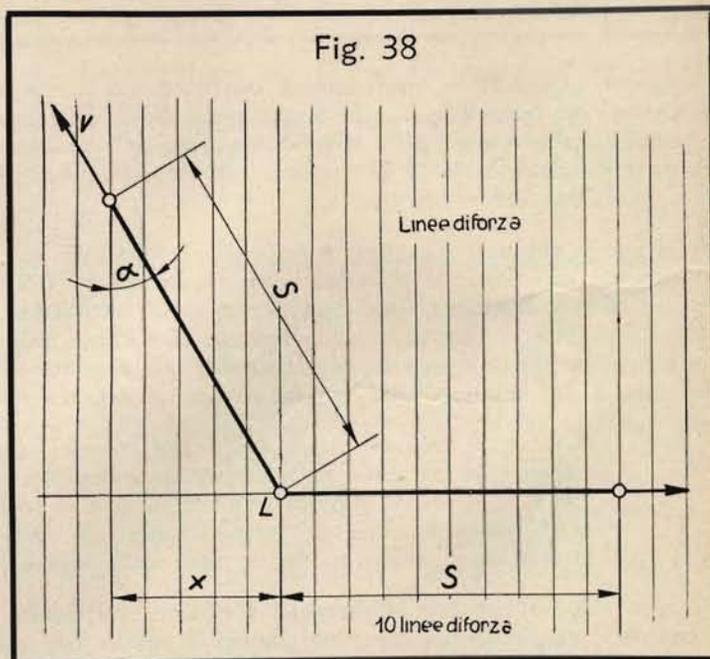
Essendo  $x$  l'incognita, otteniamo:  $x = S \cdot \text{sen } \alpha$ . Se l'angolo  $\alpha$  è uguale, per esempio, a  $30^\circ$ , otteniamo  $x = S \cdot \text{sen } 30^\circ = 10 \cdot 0,5 = 5$  linee di forza. Questo calcolo si applica al nostro problema. Osservate la fig. 39. Nell'istante in cui si trova nel punto 1, il conduttore si sposta nella direzione  $v$  che, rispetto alla mediana dei poli magnetici, è inclinata dell'angolo  $\alpha$ . Quest'angolo è identico all'angolo  $\alpha$  percorso dal conduttore nel movimento da 0 a 1. Pertanto il numero di linee di forza, tagliate nel movimento in questa direzione, sta al massimo come  $x : 1$ , o, ponendo  $I$  per il valore massimo, come  $x : I$ . Questa relazione non è altro che il seno dell'angolo  $\alpha$ , poichè  $I$  o  $I$  è l'ipotenusa ed  $x$  il cateto opposto. Otteniamo quindi  $x$ , moltiplicando  $I$  per seno di  $\alpha$ .

D'altra parte il triangolo ora considerato è uguale al triangolo  $A-B-C$ , cosa facile da controllare. Infatti le ipotenuse sono uguali, così pure i due angoli  $\alpha$  ed inoltre i due angoli retti, dimodochè, ruotando il triangolo superiore di  $90^\circ$  attorno al punto  $A$ , nel senso delle lancette dell'orologio, esso viene a coincidere col triangolo  $ABC$ . Si dice che i due triangoli sono « congruenti ». Di conseguenza devono essere uguali anche i due cateti  $x$  ed  $i$ , e possiamo scrivere:

$$i = I \cdot \text{sen } \alpha$$

Formula (39)

Abbiamo trovato così una legge estremamente importante, che ci permette di determinare il valore istantaneo  $i$  dell'intensità di corrente, quando è noto quello massimo  $I$ . Anche la rappresentazione grafica di questa legge è ora facile. Poichè  $i$  è sempre rappresentato dal tratto  $A-B$  (fig. 39), basta che nella fig. 37 si riportino le corrispondenti distanze del conduttore dalla mezzeria del magnete sulle perpendicolari, nei relativi punti del diagramma.



Per esempio il tratto  $i_1$  per il punto 1 viene riportato sulla retta verticale nel punto 1', e si trova così il punto 1''. L'operazione si eseguisce molto comodamente sul tavolo da disegno tracciando delle parallele all'ascissa. I punti 1'' fino a 16'', trovati a questo modo, si uniscono con una curva e si ottiene così la caratteristica *curva della corrente alternata*. Poichè, come abbiamo visto, questa curva obbedisce alla legge del *seno*, si chiama « *sinusoidale* ».

### Risposte alle domande di pag. 8

1. L'ipotenusa.
2. I due lati del triangolo si chiamano  $b$  e  $c$ ; il vertice dell'angolo  $a$  è il punto  $A$ .
3. Il *coseno* è il rapporto tra il cateto adiacente e l'ipotenusa, quindi:  $\text{coseno} = \frac{\text{cateto adiacente}}{\text{ipotenusa}}$
4. Questo rapporto trigonometrico si chiama *seno* dell'angolo considerato.
5. L'abbreviazione è « *ctg* ».

### Risposte alle domande di pag. 13

1. Il circuito oscillante è costituito da una bobina e da un condensatore.
2. Il condensatore variabile serve per portare a risonanza il circuito oscillante con una data frequenza.
3. Il circuito d'antenna e quello oscillante si accoppiano preferibilmente in modo induttivo.
4. Il circuito oscillante accoglie soltanto quella determinata onda, sulla frequenza della quale è accordato.

## RADIOTECNICA

### Il tubo elettronico usato come amplificatore

Lo schema disegnato nella fig. 40 vi è ormai familiare: esso rappresenta il simbolo di un tubo elettronico con tre elettrodi, e cioè il *catodo* (filamento), la *griglia* e l'*anodo* (placca).

I tubi elettronici, o valvole termoioniche, di questo tipo si chiamano « *triodi* », perchè contengono tre elettrodi. Useremo da ora in poi il termine universalmente noto di *triodo* per designare una valvola dotata di una sola griglia.

Studiando la Dispensa N. 9 vi sarete accorti che esistono due simboli diversi per rappresentare un tubo elettronico: uno di forma allungata, l'altro circolare come quello della figura qui accanto. I due simboli sono perfettamente equivalenti; oggi si preferisce sempre di più quello circolare e noi ci atterremo in futuro ad esso.

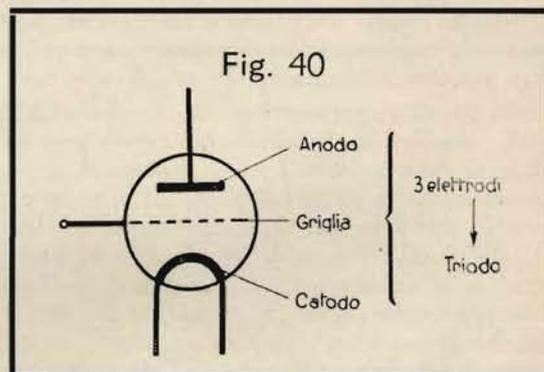
Nelle Dispense N. 9 e 10 vi abbiamo già detto tante cose sulle valvole, che è ormai tempo però di spiegarvi finalmente a che cosa esse servono.

Dal titolo di questo Capitolo avrete già compreso che i tubi elettronici servono come *amplificatori*. Dallo stesso titolo si capisce però che essi devono servire pure ad altri scopi. Ed infatti nelle Dispense successive conoscerete l'impiego dei tubi elettronici come *modulatori*, *demodulatori*, *raddrizzatori*, ecc. La loro applicazione più frequente è però quella di *amplificatori*.

Ma che cosa si amplifica mediante la valvola termoionica? Ve lo spiegheremo con tre esempi: *una stazione di radiodiffusione*, *un apparecchio radioricevente* e *un amplificatore per grammofo*.

**Stazione radio:** Ricordate quanto vi abbiamo spiegato nella Dispensa N. 1, trattando della *trasmissione* e della *ricezione*. Nello studio di trasmissione sono disposti uno o più microfoni, destinati a raccogliere le vibrazioni sonore emesse, p. es., dall'annunciatore, da un pianista o da un'intiera orchestra. Si potrebbe dire che i microfoni sono le *orecchie* della stazione radio. Nella Dispensa N. 3, avete già conosciuto alcune specie di microfoni e sapete quindi che il compito di ogni microfono consiste nel trasformare le onde sonore in *correnti elettriche* (oppure, in altri tipi di microfoni dei quali parleremo in seguito, in *tensioni elettriche*). È facile comprendere che queste correnti o tensioni sono minuscole. Se si confronta la potenza microfonica (ossia il prodotto della tensione generata nel microfono con la corrente in esso circolante) con la potenza di trasmissione, sapendo che la prima è molto minore di 1 watt, mentre la seconda si aggira, in una stazione normale, sui 100-150 kW, si capisce che tra il microfono e l'antenna trasmittente devono avvenire varie trasformazioni. Queste avvengono appunto ad opera di numerose valvole termoioniche incaricate di *amplificare* le deboli correnti e tensioni microfoniche, trasformandole in correnti e tensioni più forti.

**Apparecchio radio:** Le onde ed i segnali emessi dalla stazione trasmittente diventano naturalmente sempre più deboli man mano che si allontanano, finchè incontrano l'antenna della nostra radio. Noi vogliamo però usufruire di una buona ricezione e dobbiamo perciò alimentare l'altoparlante con una potenza di alcuni watt o anche di alcune decine di watt, secondo la distanza alla quale ci troviamo dall'altoparlante. Le valvole della nostra radio hanno quindi il compito di amplificare le



deboli oscillazioni raccolte dall'antenna ricevente, al punto che il prodotto della tensione, applicata alla bobina mobile dell'altoparlante e della corrente in essa circolante, ammonti a qualche watt. (Vi consigliamo di ripetere mentalmente quanto vi abbiamo insegnato nella Dispensa N. 8 sugli altoparlanti).

**Amplificatore per corrente:** Dopo aver conosciuto, all'inizio della presente Dispensa, i rivelatori fonografici, sapete che le deboli correnti e tensioni generate da questi devono essere rinforzate per poter essere udite nell'altoparlante. Ciò avviene per mezzo di un amplificatore, che trasforma la potenza erogata dal rivelatore fonografico (una piccola frazione di watt) nella potenza dell'altoparlante, di alcuni watt.

Concludendo:

*Il tubo elettronico usato come amplificatore (chiamato in questo caso anche « tubo amplificatore » o « valvola amplificatrice ») ha lo scopo di amplificare, cioè di rinforzare deboli correnti e tensioni elettriche. Nella quasi totalità dei casi e soprattutto in radiotecnica si tratta esclusivamente di correnti e tensioni alternate. L'amplificazione di correnti continue occorre solamente nella tecnica delle misure e delle regolazioni automatiche.*

### Il funzionamento di una valvola amplificatrice.

Osservate lo schema della fig. 41. La sorgente di tensione, e cioè il *microfono* o il *rivelatore fonografico* o simile, rappresentato schematicamente sotto forma di un rettangolo, è allacciato tra la griglia ed il catodo del triodo. Si vedono inoltre la *batteria di accensione*  $B_f$  e la *batteria anodica*  $B_a$ , rappresentate qui col simbolo esatto, che avete conosciuto fin dalla Dispensa N. 1.

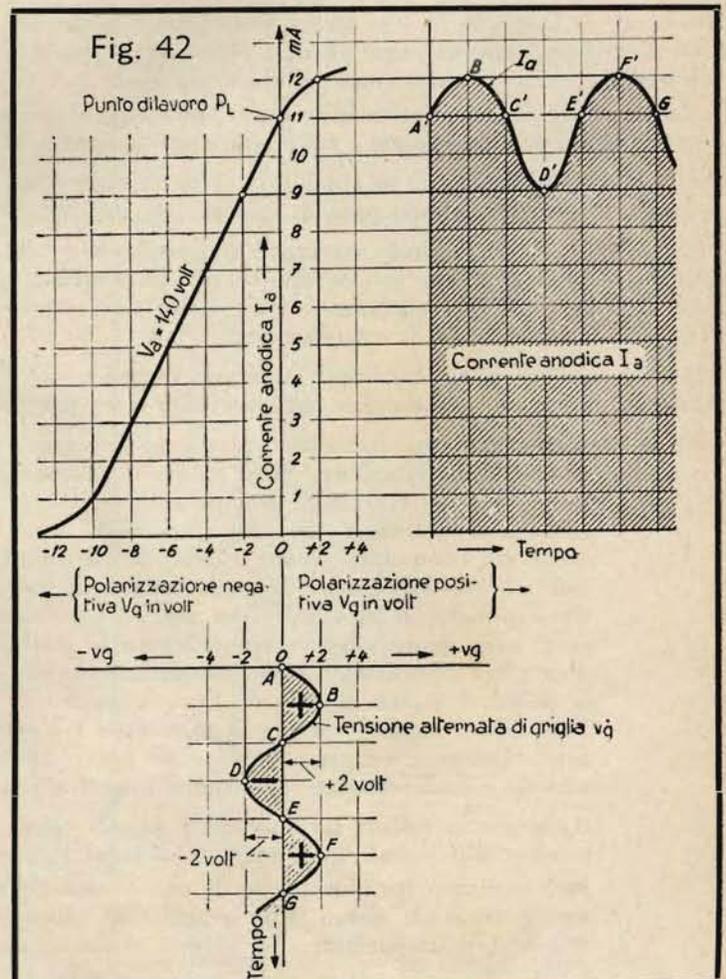
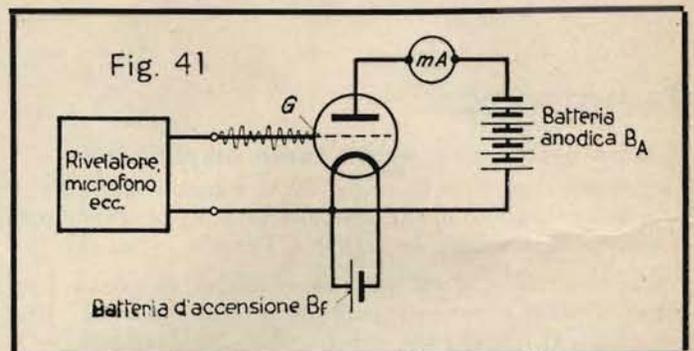
La tensione alternata  $V_g$  erogata dalla sorgente perviene alla griglia  $G$ ; questa è assoggettata pertanto ad una continua variazione di tensione, per cui ad un valore positivo segue un valore negativo, e così via.

Nella fig. 42 è rappresentata la caratteristica della corrente anodica in funzione della tensione di griglia, ossia la caratteristica  $I_a - V_g$ , come si dice più brevemente. Nella parte inferiore del disegno è riportata la tensione alternata che viene addotta alla griglia. Se alla placca della valvola è applicata una tensione anodica continua e costante, il dispositivo funziona come segue. Supponiamo che nel primo istante la tensione alternata applicata alla griglia abbia il valore zero (punto  $A$  della curva inferiore nella fig. 42). Alla tensione di griglia zero corrisponde però una corrente anodica di 11 mA, come si rileva dalla caratteristica. Un momento più tardi, nell'istante  $B$ , la griglia è assoggettata ad una tensione positiva, che supponiamo uguale a + 2V.

Con la tensione di griglia di + 2V si ha una corrente di placca di 12 mA; anche questo si rileva dalla caratteristica. In seguito la tensione alternata ritorna a zero (punto  $C$ ) e si hanno nuovamente 11 mA di corrente anodica.

Nell'istante  $D$  è applicata alla griglia una tensione negativa di - 2 volt; ad essa corrisponde la corrente anodica di 9 mA. Il giuoco continua così e si vede pertanto che, a causa delle variazioni della tensione di griglia, si ottiene nel circuito anodico una corrente, che non è più costante, variando continuamente d'intensità. Abbiamo visto che il valore della corrente di placca, per variazioni della tensione di griglia da - 2 a + 2 V, oscilla tra 9 e 12 mA.

Così, come abbiamo rappresentato l'andamento della tensione alternata applicata alla griglia, possiamo anche tracciare una curva che esprima l'andamento corrispondente della corrente anodica. Essa è riportata nella fig. 42, in alto, a destra. Da questa curva risulta chiaramente che la corrente ano-



dica oscilla tra 9 e 12 mA. Se la griglia avesse sempre la tensione zero, circolerebbe continuamente una corrente anodica costante di 11 mA.

In seguito alle variazioni della tensione di griglia, la corrente anodica diventa invece ora maggiore, ora minore di 11 mA.

(Facciamo osservare nuovamente che, nelle rappresentazioni separate della corrente anodica e della tensione di griglia, le divisioni corrispondenti al tempo sono uguali tra loro e sono riportate per  $I_a$  verso destra, per  $V_g$  verso il basso).

La tensione alternata di griglia trasforma quindi la corrente anodica costante in una *corrente pulsante*.

Le variazioni relativamente forti della corrente anodica consentono di ottenere molti effetti, impossibili con le minuscole oscillazioni di corrente o di tensione provocate dal rivelatore fonografico, oppure dal microfono. Avete così conosciuto i fondamenti dell'amplificazione elettronica.

### Amplificazione « fedele ».

Se osservate attentamente la curva della corrente alternata, in alto, a destra, nella fig. 42, noterete che le semionde positive sono più piccole delle semionde negative. Infatti il valore massimo dell'oscillazione in senso positivo equivale a 1 mA, mentre quello in senso negativo è uguale a 2 mA. La curva della corrente alternata generata dalla valvola non corrisponde quindi *fedelmente* alla curva della tensione alternata applicata alla griglia, poichè la forma delle due curve non è identica. Si dice che la curva della corrente alternata di placca è « *distorta* ». Riflettiamo ora che cosa si potrebbe fare per evitare queste spiacevoli distorsioni; dobbiamo far sì che le semionde positive e negative della corrente anodica corrispondano perfettamente, nella forma, alle semionde positive e negative della tensione alternata di griglia.

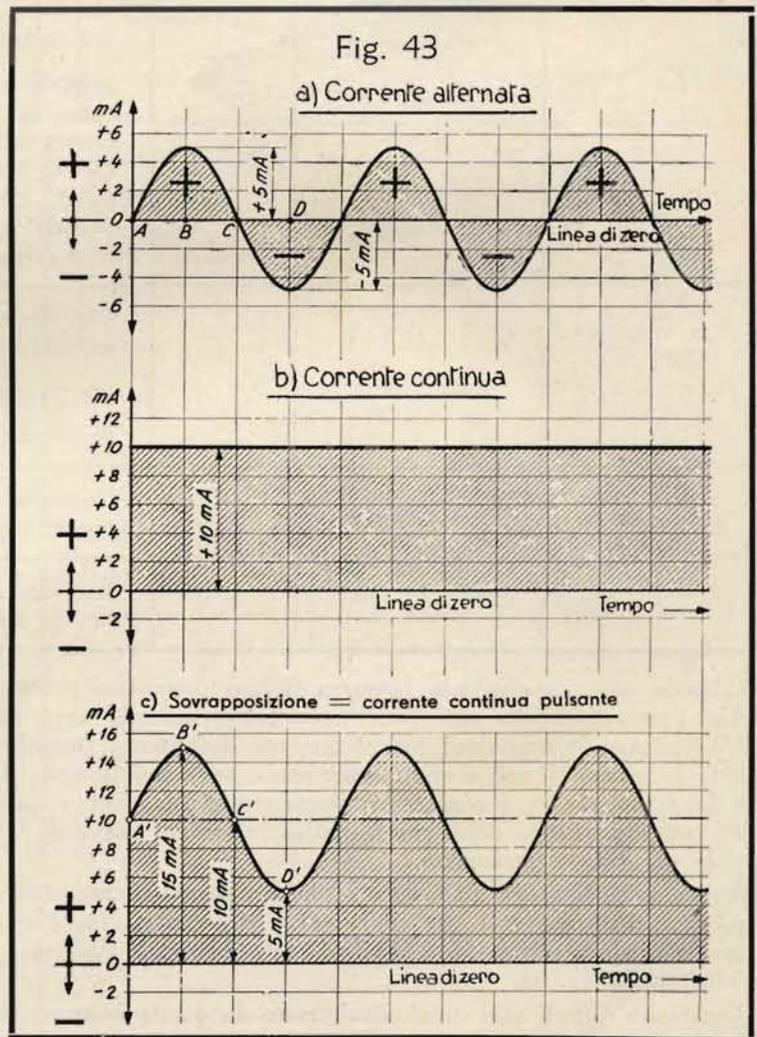
Dobbiamo però prima inserire una spiegazione importante, affinché possiate comprendere bene i fenomeni che vi descriviamo. Abbiamo parlato infatti dapprima di corrente *pulsante* nel circuito anodico, e dopo di corrente anodica *alternata*. Parrebbe che fossimo incorsi in una contraddizione, ma vi daremo subito l'opportuno chiarimento.

Quando una corrente alternata ed una corrente continua s'incontrano, cioè, per esempio, quando fluiscono nella medesima linea, le due correnti si *sovrappongono*. Supponiamo che in un circuito passi una corrente alternata, corrispondente per forma ed ampiezza alla curva della fig. 43-a. Nel medesimo circuito passa però anche una corrente continua rappresentata dal diagramma della fig. 43-b. Qual è il risultato della sovrapposizione delle due correnti? Qual è la intensità della corrente risultante in ogni singolo istante? La risposta è facile, poichè per sovrapporre le due correnti basta *sommare* le loro intensità istantanee. Si ottiene così il diagramma della fig. 43-c, che non è altro che una *corrente pulsante*.

La *corrente pulsante* si forma nel seguente modo: nell'istante *A* la corrente alternata della figura 43-a ha l'intensità 0 mA; nel medesimo istante la corrente continua della fig. 43-b ha il valore 10 mA. 10 mA più 0 mA fanno 10 mA; segniamo quindi in *A'* il primo punto della curva risultante (fig. 43-c). Nell'istante *B* la corrente alternata ha l'intensità di + 5 mA, la continua + 10 mA; + 10 mA + 5 mA fanno + 15 mA.

Troviamo così un secondo punto della curva in *B'*. Nell'istante *C* la corrente alternata è nuovamente 0; la continua ha sempre il medesimo valore di 10 mA; troviamo così un terzo punto della curva in *C'* (10 mA). Nell'istante *D* la corrente alternata ha l'intensità di - 5 mA; di conseguenza si ottiene per la curva risultante il valore + 10 mA - 5 mA, ossia 5 mA, che segniamo nel punto *D'* e così via. Collegando infine i vari punti con una curva otteniamo il diagramma della *corrente alternata sovrapposta alla corrente continua*. Viceversa, presentandosi

una curva analoga a quella della fig. 43-c, possiamo dire che essa è costituita dalla sovrapposizione di una corrente continua e di una corrente alternata. Per questa ragione è anche possibile separare le due correnti.



Torniamo ora alla fig. 42. Dopo aver visto quanto sia facile sovrapporre correnti continue ed alternate nella medesima linea, possiamo ora comprendere facilmente il significato della corrente anodica erogata dal nostro triodo. Come vedete l'andamento è simile alla curva della fig. 43-c; si tratta quindi della sovrapposizione di una corrente continua e di una corrente alternata. La corrente continua in questione si chiama « *corrente anodica di riposo* ».

Si tratta infatti dell'intensità di corrente, che circola nel circuito anodico quando la valvola è in riposo, ossia quando non è applicata alla griglia alcuna tensione alternata. La valvola infatti non è *in riposo* soltanto quando si trova presso il commerciante di articoli radio, ben imballata, in attesa di essere acquistata da qualcuno. Essa è da considerarsi *in riposo*, finchè non compie il suo specifico lavoro, che consiste nell'amplificazione delle correnti alternate.

La corrente anodica di riposo potrebbe essere indicata nella fig. 42, tracciando una retta orizzontale dal punto 11 mA verso destra. Come si fa invece a tracciare la curva della corrente alternata? Avete osservato che la nostra curva  $I_a$  si ottiene dalla curva  $v_g$ , come se questa venisse rispecchiata dalla caratteristica della valvola? Questa scoperta vi permetterà di tracciare con facilità la curva della corrente anodica, ottenuta per qualsiasi tensione alternata di griglia. Basta scegliere alcuni punti sulla curva della tensione di griglia, tracciare delle rette verticali verso l'alto fino ad incontrare la caratteristica, e dai punti d'intersezione tirare delle rette orizzontali verso destra. Bisogna poi stabilire la corrispondenza nel tempo tra i vari punti delle due curve, basandosi su alcune riflessioni, che potete desumere dalla fig. 42 (ripetuta sulla pagina seguente) e dalla tabella sottostante.

Punto sulla curva $v_g$		Punto sulla curva $I_a$		Tempo in periodi	Osservazioni
A	0 V	A'	11 mA	0	Siete liberi di scegliere il punto della curva $v_g$ e $I_a$ corrispondente all'istante 0.
B	+ 2 V	B'	12 mA	$\frac{1}{4}$	$v_g$ e $I_a$ raggiungono il massimo dopo $\frac{1}{4}$ di periodo. Se nel vostro disegno per $v_g$ 10 mm corrispondono ad $\frac{1}{4}$ di periodo sull'asse dei tempi, potete scegliere la medesima distanza sull'asse dei tempi anche per $I_a$ (nella nostra fig. 42 abbiamo scelto in entrambi i casi 5 mm). Potete però scegliere a piacimento anche un'altra unità, p. es., 3 mm (allora la curva per $I_a$ risulterà tutta compressa), oppure 25 mm (allora la curva per $I_a$ risulterà allargata).
C	0 V	C'	11 mA	$\frac{1}{2}$	Ora dovete però badare di mantenere sempre la stessa suddivisione dell'asse dei tempi. Se avete scelto 25 mm per rappresentare un $\frac{1}{4}$ di periodo, siete ora a 50 mm di distanza dal punto 0.
D	- 2 V	D'	9 mA	$\frac{3}{4}$	Distanza sull'asse dei tempi per $I_a$ : 75 mm. Verticalmente sopra questo punto deve stare il punto D'.
E	0 V	E'	11 mA	1/1	Distanza sull'asse dei tempi per $I_a$ : 100 mm. Al di sopra di questo punto c'è E'.

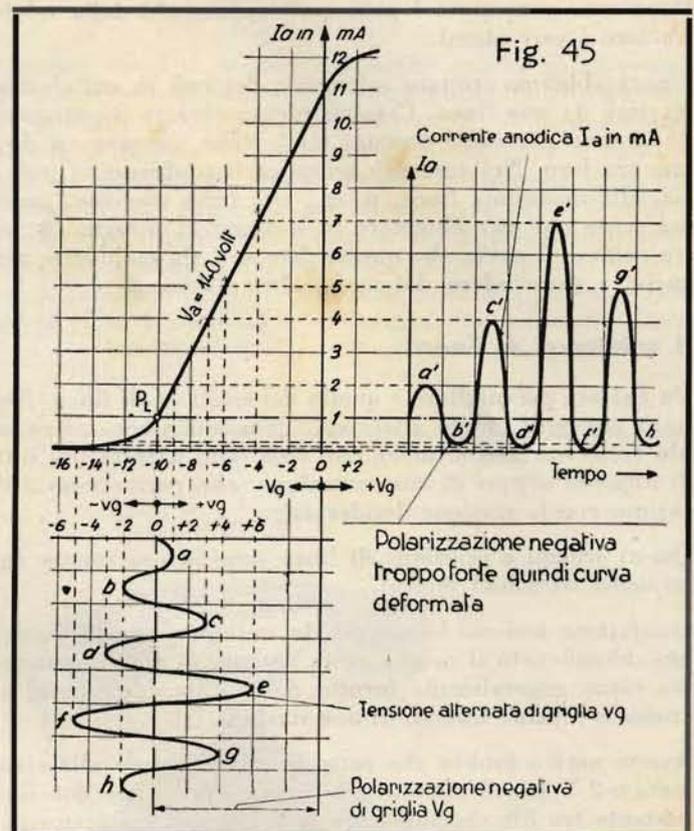
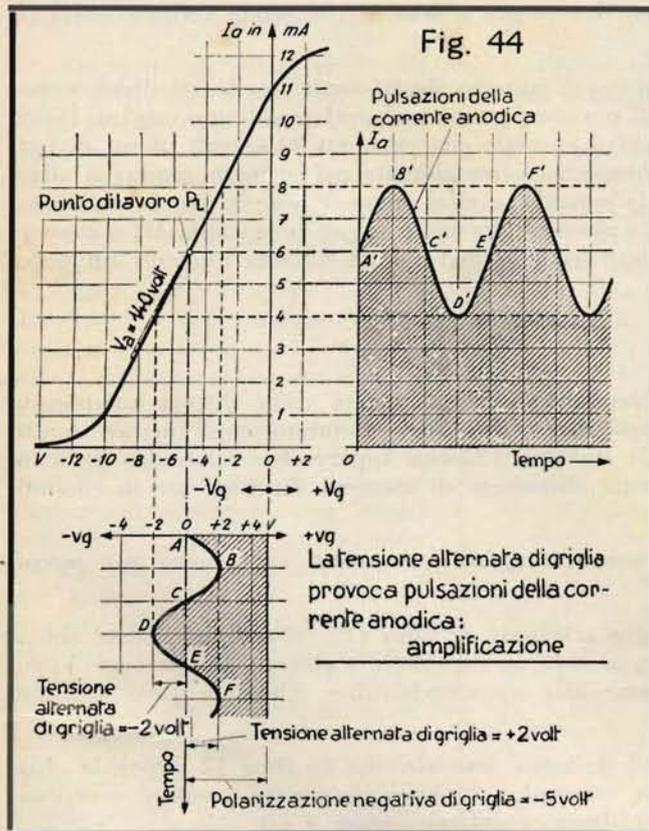
Abbiamo già constatato che la curva di  $I_a$  è fortemente deformata. Rifacendoci ancora al paragone dello specchio, pensiamo subito agli specchi concavi e convessi. Avete già osservato tutti, con divertimento, come tali specchi riflettano le immagini completamente deformate. Quando invece lo specchio è una superficie piana, esso riflette le immagini tali e quali come sono, ossia fedelmente. Anche qui è la medesima cosa. Se spostiamo l'asse dei tempi per  $v_g$ , e con esso la stessa curva di  $v_g$ , verso sinistra, in modo che essa si *rispecchi* esclusivamente nel tratto rettilineo della caratteristica, allora la curva di  $I_a$  risulta riprodotta con assoluta fedeltà. La fig. 44 ve lo dimostra chiaramente.

Ma che cosa significa « *spostare  $v_g$  verso sinistra* »? Significa che alla griglia della valvola è stata applicata una polarizzazione negativa, già citata nella Dispensa N. 10. A questa tensione di polarizzazione si aggiunge o si sottrae la tensione alternata di griglia, conformemente alla legge di sovrapposizione che vi abbiamo spiegato con l'aiuto della fig. 43.

Giungiamo quindi alle conclusioni tratte da queste osservazioni:

Affinchè l'amplificazione risulti priva di distorsioni, occorre utilizzare il tratto lineare (ossia rettilineo) della caratteristica; il punto di lavoro della valvola dev'essere quindi stabilito in tale tratto.

Ciò è stato fatto nella fig. 44, applicando alla griglia della valvola una polarizzazione negativa  $V_g = -5$  volt.

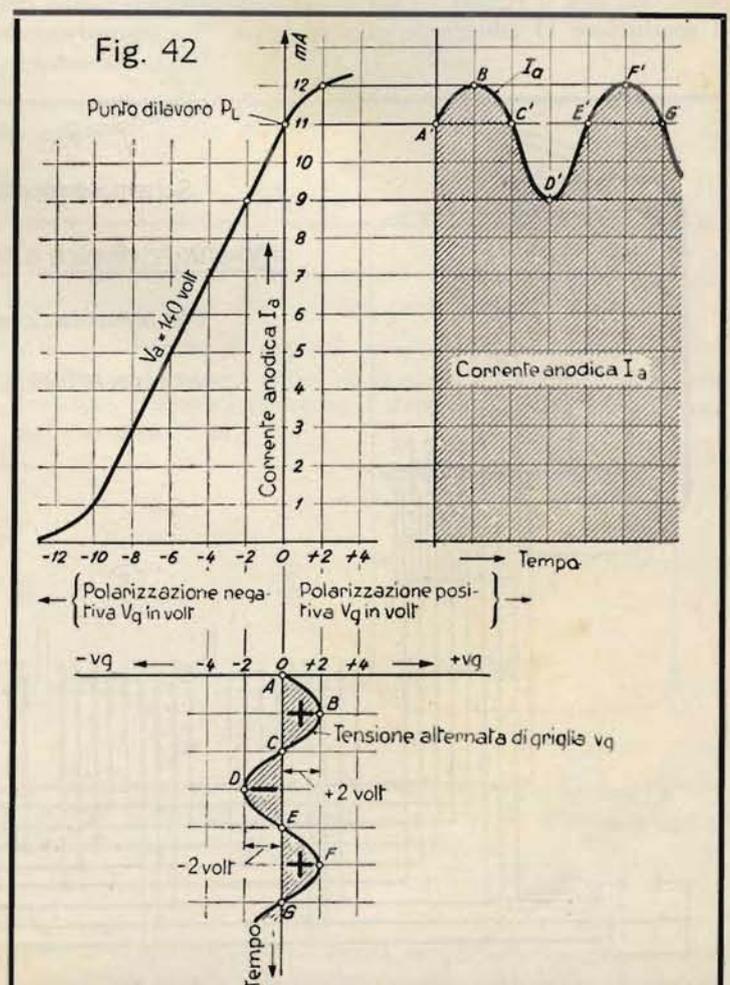


Il metodo che vi abbiamo spiegato, per ricavare dal diagramma della tensione alternata di griglia e dalla caratteristica  $I_a - V_g$  la curva della corrente anodica, può essere applicato in qualsiasi caso. Provate, per esempio, a procedere com'è indicato nella fig. 45. La tensione alternata di griglia che, contrariamente alla fig. 44, non è ora più sinusoidale, viene riprodotta fedelmente nel tratto lineare della caratteristica, mentre risulta distorta nel tratto non lineare, cioè curvo. Nella fig. 45 la polarizzazione di griglia  $V_g$  è stata scelta a bella posta, in modo che la tensione alternata di griglia lavori fino al ginocchio inferiore della caratteristica.

Come vedete, la distorsione della corrente anodica si presenta, quando si lavora tanto nel ginocchio superiore quanto nel ginocchio inferiore della caratteristica, e quindi tanto con le polarizzazioni *troppo positive* come con quelle *troppo negative*.

### Domande

1. Che cos'è un *triodo*?
2. Qual è l'effetto sulla corrente anodica di una piccola tensione alternata applicata alla griglia? Qual è il metodo per determinare graficamente l'andamento della corrente anodica?
3. Quale condizione va rispettata per ottenere una amplificazione senza distorsioni (fedele)?



## TELEFONIA

Dopo aver conosciuto i principali apparecchi della telefonia, dovete ora sapere in che modo vengano collegati fra loro i vari utenti.

Finora abbiamo trattato solamente dei casi in cui c'erano due soli apparecchi telefonici, collegati direttamente tra loro da una linea. Ciascun utente chiama direttamente il suo compagno e può parlare soltanto con lui. Quando vi sono parecchie stazioni telefoniche, occorre un dispositivo speciale che permetta ai singoli utenti di parlare tra loro. Nel caso più semplice il problema si può risolvere rudimentalmente nel seguente modo: si allaccia, alla medesima linea, p. es., una terza stazione, presso la seconda, e ci si mette d'accordo per la chiamata, nel senso che per chiamare la stazione II bisogna, p. es., « suonare due volte », per la stazione III « suonare tre volte ». È ovvio che questo sistema è da escludere, non appena il numero delle stazioni aumenti un poco, anche a prescindere dai molti altri svantaggi.

### Il selettore di linea

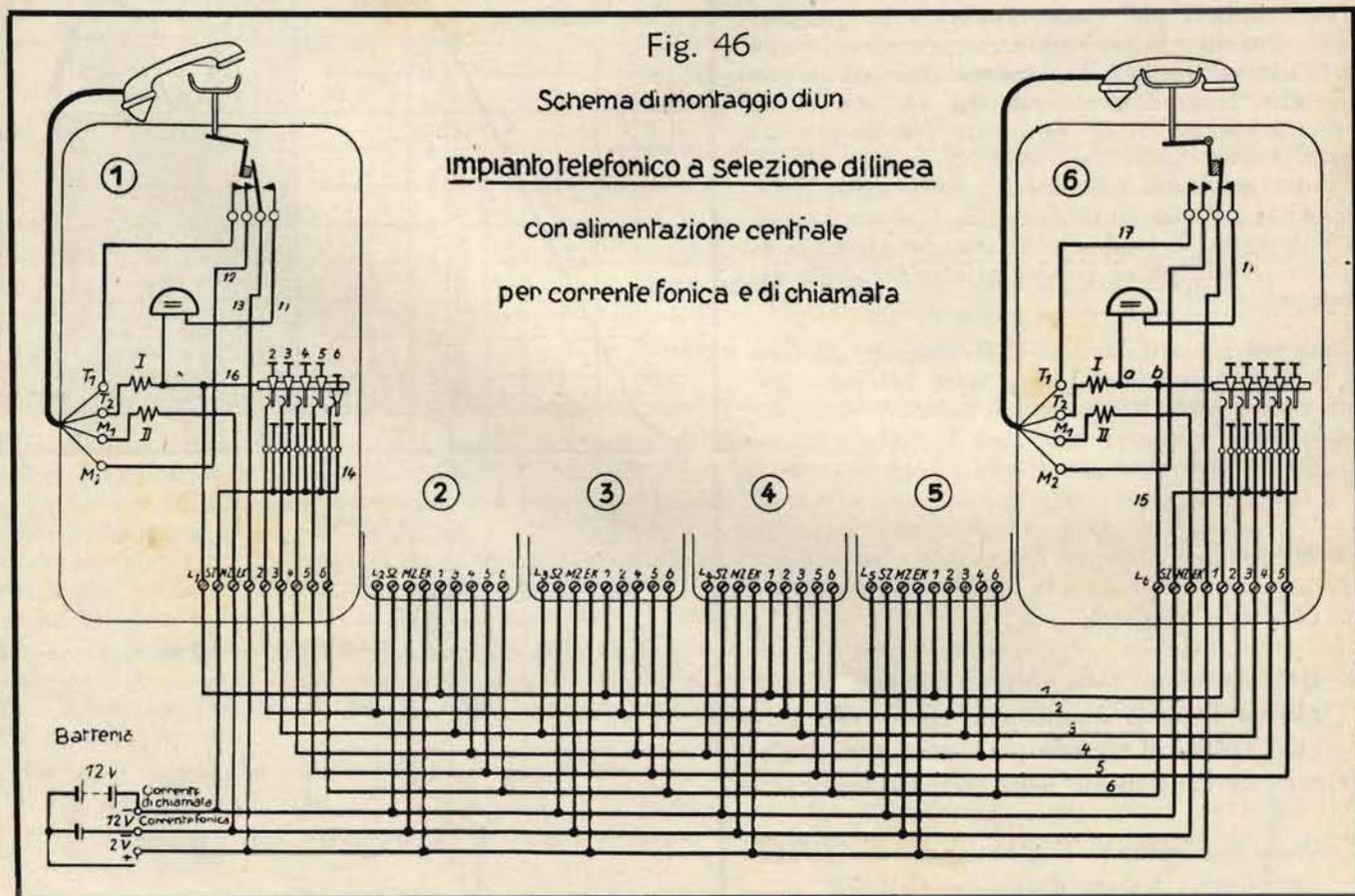
Un sistema già migliore è quello del *selettore di linea*. Negl'impianti di questo genere viene distesa un'apposita linea per ogni utente allacciato, linea che tocca *ciascuno degli altri utenti*. Serve a questo scopo un cavo multiplo (cioè con molte linee), che vien fatto passare per tutte le stazioni. Ciascun apparecchio telefonico è dotato di *appositi organi di commutazione*, che permettono all'utente chiamante di mettersi direttamente in comunicazione con la stazione desiderata.

Questi sistemi a selezione di linea sono in uso ancora oggi con vantaggio; sono adatti soprattutto *per piccoli impianti telefonici interni*.

Osserviamo assieme lo schema del collegamento di 6 stazioni a selezione di linea (fig. 46). Come vedete abbiamo abbandonato il nostro solito sistema di rappresentazione, usando un cosiddetto « *schema di montaggio* », come viene generalmente fornito dalla ditta costruttrice assieme alle apparecchiature. Abbiamo però aggiunto anche lo schema interno di due stazioni.

Avrete notato inoltre che tutte le stazioni sono allacciate ad un'unica batteria che fornisce 12 V per la chiamata e 2 V per il circuito telefonico. Per queste due diverse correnti e la linea di ritorno comune occorrono pertanto tre fili. Aggiungendo le 6 linee di collegamento, abbiamo complessivamente 9 fili.

Seguiamo ora il circuito. Quando si solleva il ricevitore della stazione 1 il commutatore a forcella interrompe il conduttore 11 adducente alla suoneria. Contemporaneamente il microfono viene collegato alla tensione d'ali-



mentazione. Seguite il circuito: *Forcella* — *conduttore 12* —  $M_2$  — *microfono* —  $M_1$  — *bobina II* (come vedete, abbiamo inserzione indiretta) —  $M_2$  — *polo negativo della batteria telefonica* — *polo positivo* — *EK* — *conduttore 13* — *ritorno alla forcella*.

Desideriamo ora collegarci con l'utente 6. Premiamo a questo scopo il pulsante 6 a fondo, più in giù di quanto è disegnato nella figura. In seguito a questa manovra la suoneria della stazione 6 viene collegata alla batteria di chiamata attraverso il seguente circuito: *Pulsante 6* (stazione 1) — *conduttore 14* — *SZ* — *polo negativo della batteria 12 V* — *polo positivo* — *EK nella stazione 6* — *forcella* — *conduttore 11* — *suoneria* — *punti a, b,* — *conduttore 15* — *L 6* — *morsetto 6 della stazione 1* — *pulsante 6*. Squilla quindi la suoneria della stazione 6. Abbandonando il pulsante 6, esso rimane trattenuto in una posizione intermedia, per cui il conduttore 16 resta collegato al morsetto 6. Quando l'utente 6 solleva il ricevitore, provoca le seguenti commutazioni: 1° apre il circuito della suoneria; 2° allaccia il microfono alla tensione d'alimentazione; 3° stabilisce il circuito telefonico con la stazione 1. Quest'ultimo si svolge lungo il seguente percorso: *Forcella della stazione 6* — *conduttore 17* —  $T_1$  — *ricevitore* —  $T_2$  — *bobina I* — *punto b* — *conduttore 15* — *morsetto L 6* — *morsetto 6 della stazione 1* — *pulsante 6* — *conduttore 16* — *bobina I* —  $T_2$  — *ricevitore* —  $T_1$  — *forcella* — *conduttore 13* — *EK* — *EK della stazione 6* — *forcella*.

Per il ritorno si utilizza quindi il polo positivo della batteria. Il circuito microfonic di ciascuna stazione è allacciato per conto proprio alla batteria microfonica da 2 V. La corrente fonica passa dal circuito microfonic alla linea per mezzo della bobina d'induzione. Essa attraversa entrambi i ricevitori, realizzando il collegamento (vedasi Dispensa N. 9, Inserzione indiretta).

Riappesi i due ricevitori, tutto ritorna nella posizione iniziale; anche il pulsante 6 viene sbloccato e scatta in su (il dispositivo non è rappresentato nella fig. 46).

Nella fig. 47 è visibile un apparecchio a selezione di linea della ditta Hasler di Berna, dotato di 10 pulsanti.

È ovvio che il sistema a selezione di linea non si possa ampliare a piacimento. In pratica si giunge al massimo ad impianti con 20 stazioni. Un inconveniente è costituito dal gran numero di conduttori, che aumentano il costo delle linee, rendendolo eccessivo nel caso di grandi distanze.

Per queste ragioni si pensò presto a risolvere il problema per mezzo di centrali telefoniche, alle quali ciascun utente è allacciato con una linea a due fili. Il collegamento degli utenti viene attuato in centrale dall'apposito personale, oppure per mezzo di automatismi. Nella prossima Dispensa tratteremo dapprima delle centrali manuali, in modo da avere una veduta della questione nel suo complesso.



Fig. 47

## RADIOTECNICA

### Il calcolo dei circuiti oscillanti

Un circuito oscillante è costituito da una capacità e da un'induttanza, ossia da un condensatore e da una bobina. Il condensatore ha una reattanza capacitiva, la bobina una reattanza induttiva. Il valore di queste reattanze determina la lunghezza d'onda e quindi la frequenza con la quale il circuito è accordato.

#### La formula di Thomson.

Un circuito oscillante è accordato, ossia si trova in risonanza con una determinata frequenza, quando la reattanza induttiva della bobina a questa frequenza è esattamente uguale alla reattanza capacitiva del condensatore.

La frequenza in questione si chiama « *frequenza propria* » del circuito. Questa *condizione per la risonanza* si esprime brevemente con la seguente formula:

$$R_{\text{ind}} = R_{\text{cap}}$$

ossia

$$\omega \cdot L = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

Trasformiamo la formula moltiplicando entrambi i membri per  $\omega \cdot C$ , ed otteniamo:  $\omega L \cdot \omega C = 1$ , ossia  $\omega^2 \cdot L \cdot C = 1$ .

Questa equazione ci permette di determinare la frequenza propria del circuito oscillante. Si ottiene infatti:

$$\omega^2 = \frac{1}{L \cdot C}; \text{ ossia: } \omega = \sqrt{\frac{1}{L \cdot C}}$$

Tenendo presente che  $\omega = 2\pi f$  e quindi  $f = \frac{\omega}{2\pi}$ , otteniamo per la frequenza propria:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\sqrt{\frac{1}{L \cdot C}}}{2\pi}$$

Secondo le regole per il calcolo con le radici, l'espressione  $\sqrt{\frac{1}{L \cdot C}}$  si può trasformare nella seguente:

$\frac{\sqrt{1}}{\sqrt{L \cdot C}}$ . (Controllate quest'asserzione con un esempio numerico; vedrete che entrambe le espressioni danno il medesimo risultato). Possiamo scrivere quindi:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\sqrt{1}}{2\pi \sqrt{L \cdot C}} = \frac{\sqrt{1}}{2\pi \sqrt{L \cdot C}}$$

Com'è noto  $\sqrt{1} = 1$ , per cui otteniamo finalmente:

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C}} \quad (\text{Hz}) \quad \text{Formula (40)}$$

Questa è la cosiddetta « *formula oscillatoria di Thomson* ». Si badi che l'induttanza  $L$  va introdotta, nella formula, espressa in *henry*, e la capacità  $C$  espressa in *farad*; si ottiene allora la frequenza in *hertz*.

#### La lunghezza d'onda.

Ricorderete che la frequenza di un'onda si ricava dividendo la velocità dell'onda (espressa in metri al secondo) per la sua lunghezza (espressa in metri). Poichè la velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche è uguale a  $3 \cdot 10^8$  metri al secondo, otteniamo per  $f$  il seguente valore:

$$f = \frac{3 \cdot 10^8}{\text{lunghezza d'onda } \lambda}$$

Da questa formula si ricava la lunghezza d'onda  $\lambda$  (leggi « lambda »):

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{f} \quad (\text{m})$$

Inserendo il valore precedentemente trovato per  $f$ , abbiamo

$$\lambda = 3 \cdot 10^8 \cdot 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}, \text{ ossia}$$

Lunghezza d'onda

$$\lambda = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L \cdot C} \quad (\text{m}) \quad \text{Formula (41)}$$

I circuiti oscillanti elettrici usati in pratica negli apparecchi radio, per esempio, come circuiti di sintonia, sono costituiti da una bobina fissa, dotata cioè di un'induttanza invariabile, e da un condensatore variabile, la cui capacità può essere regolata entro determinati limiti, p. es., fra un minimo di 45 pF ed un massimo di 550 pF.

Calcoliamo, per una volta, un *esempio*: Su quale frequenza è accordato un circuito oscillante, la cui bobina possiede un'induttanza di 200  $\mu\text{H}$ , ed il cui condensatore variabile è stato regolato sulla capacità di 250 pF? I valori dati sono dunque:

$$L = 200 \mu\text{H} = 200 \cdot 10^{-6} \text{ H} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ H}$$

$$C = 250 \text{ pF} = 250 \cdot 10^{-12} \text{ F} = 2,5 \cdot 10^{-10} \text{ F}$$

Applicando la formula (41) otteniamo:

$$\begin{aligned}\lambda &= 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{L \cdot C} \\ &= 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{2 \cdot 10^{-4} \cdot 2,5 \cdot 10^{-10}} \\ &= 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{5 \cdot 10^{-14}} \\ &= 6\pi \cdot 10^8 \cdot 10^{-7} \cdot \sqrt{5} \\ &= 60\pi \cdot \sqrt{5} = 421,5 \\ \lambda &= 421,5 \text{ m}\end{aligned}$$

Regolando il condensatore variabile su una capacità maggiore, si ottiene la risonanza con un'onda più lunga; regolandolo su una capacità minore, si ottiene quella con un'onda più corta.

#### La gamma d'onda.

Vi chiederete ora se, con una semplice apparecchiatura ricevente, sia possibile sentire tutte le onde captate dall'antenna, siano corte, medie o lunghe. A tale domanda bisogna rispondere negativamente. Un circuito di questo genere permette di ricevere soltanto le onde di una determinata gamma. È vero che il condensatore variabile permette di scegliere numerose lunghezze d'onda, ma sempre soltanto entro i limiti di una certa gamma stabilita dalla *grandezza della bobina*.

Con una bobina da  $200 \mu\text{H} = 0,2 \text{ mH} = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ H}$  d'induttanza ed un condensatore della capacità massima di  $550 \text{ pF}$  si può coprire un campo di onde medie. Supposto che la capacità del condensatore possa essere variata tra  $50$  e  $550 \text{ pF}$ , è facile calcolare l'estensione della gamma. Avete testè appreso, infatti, la formula adatta allo scopo. Per la capacità minima di  $50 \text{ pF} = 50 \cdot 10^{-12} \text{ F}$  si ottiene:

$$\begin{aligned}\lambda &= 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{50 \cdot 10^{-12} \cdot 0,2 \cdot 10^{-3}} = 6\pi \cdot 10^8 \sqrt{10^{-14}} \\ &= 6\pi \cdot 10^8 \cdot 10^{-7} = 60\pi = 188,5 \text{ m}\end{aligned}$$

$188,5 \text{ m}$  è la minima lunghezza d'onda della gamma. Per la capacità massima di  $550 \cdot 10^{-12} \text{ F}$  si ottiene:

$$\begin{aligned}\lambda &= 6\pi \cdot 10^8 \cdot \sqrt{550 \cdot 10^{-12} \cdot 0,2 \cdot 10^{-3}} \\ &= 6\pi \cdot 10^8 \cdot 10^{-7} \cdot \sqrt{11} = 624 \text{ m}\end{aligned}$$

$624 \text{ m}$  è la massima lunghezza d'onda della gamma. Con una bobina dell'induttanza di  $0,2 \text{ mH}$  ed un condensatore variabile della capacità massima di  $550 \text{ pF}$  è quindi possibile ricevere la maggior parte delle onde medie.

#### Il cambio della gamma d'onda.

Volendo ricevere anche onde più lunghe, bisogna sostituire la bobina dapprima usata con un'altra, dotata di un maggior numero di spire e quindi di un'induttanza maggiore. Nei vecchi apparecchi si potevano effettivamente cambiare le bobine, che erano dotate di una spina con la quale s'innestavano nell'apparecchio. Nei ricevitori moderni esiste invece un commutatore di gamma d'onda. Si può procedere, per esempio, com'è indicato nella fig. 48, prevedendo un interruttore che cortocircuiti una parte della bobina. Quando l'interruttore è chiuso, si riceve una gamma d'onde più corte; quando è aperto, si ricevono le onde più lunghe, perchè l'induttanza è maggiore.

Per poter ricevere l'onda lunga  $2000 \text{ m}$  occorre una bobina dotata di un'induttanza che possiamo calcolare con l'aiuto della formula (41). Facciamo questo calcolo, benchè in pratica i valori che interessano vengano sempre desunti da apposite tabelle e nomogrammi. In questo caso l'incognita non è  $\lambda$ , bensì  $L$  e dobbiamo quindi trasformare la formula (41):

$$\lambda = 6\pi \cdot 10^8 \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

Per eliminare la radice, eleviamo entrambi i membri al quadrato, ottenendo

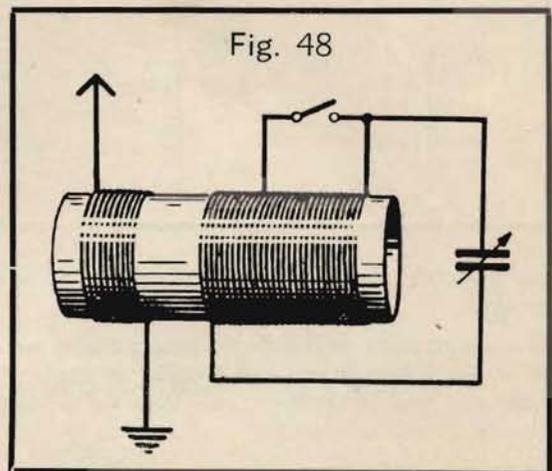
$$\lambda^2 = 36\pi^2 \cdot 10^{16} \cdot L \cdot C$$

Risolvere l'equazione per  $L$  è ora facile:

$$L = \frac{\lambda^2}{36\pi^2 \cdot 10^{16} \cdot C}$$

In questa formula dobbiamo inserire per  $\lambda$  il valore di  $2000 \text{ m}$ , ossia  $2 \cdot 10^3$ , e per  $C$ ,  $550 \text{ pF}$ , ossia  $550 \cdot 10^{-12} \text{ F}$ ; otteniamo quindi:

$$L = \frac{4 \cdot 10^6}{36\pi^2 \cdot 10^{16} \cdot 550 \cdot 10^{-12}}$$



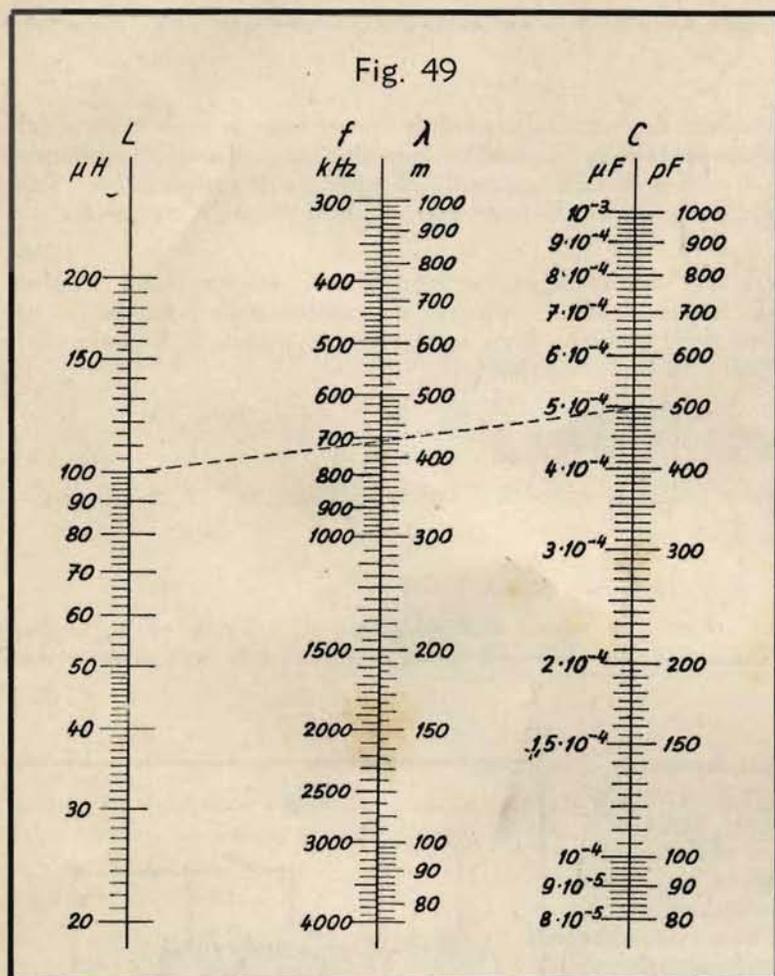
$\pi^2$  può essere sostituito con buona approssimazione da 10, e semplificando le potenze decadiche si ottiene:

$$L = \frac{4 \cdot 10^2}{36 \cdot 10 \cdot 550} = \frac{1}{9 \cdot 55}, \text{ quindi:}$$

$$L = \frac{1}{495} = 0,00202 = 2,02 \cdot 10^{-3} \text{ H}$$

$$L = 2,02 \text{ mH}$$

Per poter ricevere l'onda di 2000 m occorre quindi una bobina dell'induttanza di 2,02 mH.



### Nomogramma per i circuiti oscillanti.

Abbiamo citato prima i *nomogrammi*, che permettono di determinare il valore delle lunghezze d'onda, delle induttanze e delle capacità. Un nomogramma di questo genere è riportato nella fig. 49.

Volete conoscere, per esempio, la frequenza propria di un circuito oscillante, costituito da un condensatore variabile della capacità massima di 500 pF e da una bobina dell'induttanza di 100 μH. Prendete una riga e collegate il punto designato 500 pF (giacente sulla retta verticale delle capacità, situata a destra e contrassegnata con C) col punto corrispondente a 100 μH (giacente sulla retta L delle induttanze). La retta collegante i due punti interseca la verticale mediana, contrassegnata con λ, nel punto corrispondente a 421 m. Sulla scala designata con f si legge nel contempo la frequenza corrispondente a tale lunghezza d'onda; nell'esempio in questione, alla lunghezza d'onda di 421 m corrisponde la frequenza  $f = 712$  kHz. Si rileva quindi che la massima lunghezza d'onda, che si può ricevere con un circuito oscillante costituito da una bobina da 100 μH e da un condensatore variabile da 500 pF al massimo, equivale a 421 m.

I nomogrammi sono molto utili per effettuare dei calcoli rapidi e grossolani. Naturalmente essi non possono essere molto precisi; volendo ottenere dei risultati molto esatti, è necessario calcolare con l'aiuto delle formule

già riportate. Apprezzerete ben presto, tuttavia, la praticità del mezzo di rappresentazione costituito dai nomogrammi.

Il nomogramma permette di determinare pure, ed in modo analogo, il valore dell'induttanza, quando sono date la capacità e la lunghezza d'onda. Si cercano infatti i valori di queste sulle verticali corrispondenti; si collegano con una retta che si prolunga verso sinistra, fino ad incontrare la verticale dell'induttanza, e si legge su questa, il valore cercato.

In modo simile si procede per determinare la capacità, quando sono date induttanza e lunghezza d'onda.

### Domande

1. Come si esprime la condizione di risonanza per un circuito oscillante, in parole e con un'equazione?
2. Scrivete la formula di Thomson.
3. Disponendo di un circuito oscillante, costituito da una bobina fissa e da un condensatore variabile da 500 pF di capacità massima, è possibile ricevere tanto la gamma delle onde medie che quella delle onde lunghe?

### Risposte alle domande di pag. 10

1. Due bobine sono accoppiate rigidamente, quando si trovano molto vicine.
2. Il grado d'accoppiamento di due bobine dipende dalla loro distanza.
3. Un dispositivo costituito da due bobine, delle quali si può variare il grado d'accoppiamento, si chiama « *variometro* ».
4. Due circuiti si possono accoppiare induttivamente, capacitivamente o galvanicamente.

### Risposte alle domande di pag. 21

1. Si chiama « *triode* » una valvola dotata, oltrechè dell'anodo e del catodo, che si trovano in qualsiasi tubo elettronico, anche di una griglia.
2. La tensione alternata di griglia provoca un'oscillazione della corrente anodica del medesimo ritmo. L'andamento della corrente anodica si determina graficamente, *specchiando* la tensione alternata di griglia nella caratteristica della valvola.
3. Il punto di lavoro deve trovarsi nel tratto rettilineo della caratteristica  $I_a - V_g$ , e le punte della tensione alternata di griglia non devono raggiungere la parte curva della caratteristica.

### Risposte alle domande di pag. 26

1. La condizione di risonanza per un circuito oscillante è soddisfatta, quando la reattanza induttiva ha esattamente il medesimo valore della reattanza capacitiva. Espressa matematicamente, la condizione è la seguente:

$$R_{\text{ind}} = R_{\text{cap}} \quad ; \quad \text{ossia:} \quad \omega L = \frac{1}{\omega C}$$

2. La formula di Thomson è:  $f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$

3. Con un'induttanza fissa ed un condensatore variabile fino alla capacità massima di 500 pF, è possibile ricevere una sola determinata gamma, p. es., le onde medie, oppure le onde lunghe.

## COMPITI

1. Qual è il compito del rivelatore fonografico?
2. Come si prepara un disco di cera, e un disco da grammofono?
3. Qual è il valore di:  
a)  $\sin 30^\circ$ ;                      b)  $\sin 45^\circ$ ;                      c)  $\sin 60^\circ$ ;                      d)  $\sin 90^\circ$ ;  
e)  $\cos 40^\circ$ ;                      f)  $\cos 69^\circ$ ;                      g)  $\text{tg } 52^\circ$ ;                      h)  $\text{ctg } 24^\circ$ ?
4. In un triangolo rettangolo l'ipotenusa è  $c = 45$  cm e l'angolo  $\alpha = 25^\circ$ . Quanto sono lunghi i lati  $a$  e  $b$ ?
5. In che modo si aumenta il grado di accoppiamento di due circuiti accoppiati capacitivamente?
6. Che cos'è la *risonanza* di un circuito?
7. Perché si dice che la curva di una corrente alternata è *sinusoidale*?
8. In quali altre maniere si può esprimere *un quarto di periodo* di una corrente alternata?
9. Come si fa per ottenere che una valvola amplificatrice lavori nel tratto lineare della caratteristica?
10. Che cos'è una corrente alternata sovrapposta ad una corrente continua?
11. L'apparecchio a selezione di linea, rappresentato nella fig. 46, è dotato d'inserzione diretta o indiretta?
12. A quale valore di capacità va regolato il condensatore variabile di un circuito oscillante dotato di una bobina da 0,2 mH, quando si vuole ricevere una stazione trasmittente a  $f = 556$  kHz?

# Tabelle Trigonometriche

Tabella N. 7		Seno e coseno	
I	II	III	IV
Gradi	Seno	Coseno	Gradi
0	0,00000	1,00000	90
1	0,01745	0,99985	89
2	0,03490	0,99939	88
3	0,05234	0,99863	87
4	0,06976	0,99756	86
5	0,08716	0,99619	85
6	0,10453	0,99452	84
7	0,12187	0,99255	83
8	0,13917	0,99027	82
9	0,15643	0,98769	81
10	0,17365	0,98481	80
11	0,19081	0,98163	79
12	0,20791	0,97815	78
13	0,22495	0,97437	77
14	0,24192	0,97030	76
15	0,25882	0,96593	75
16	0,27564	0,96126	74
17	0,29237	0,95630	73
18	0,30902	0,95106	72
19	0,32557	0,94552	71
20	0,34202	0,93969	70
21	0,35837	0,93358	69
22	0,37461	0,92718	68
23	0,39073	0,92050	67
24	0,40674	0,91355	66
25	0,42262	0,90631	65
26	0,43837	0,89879	64
27	0,45399	0,89101	63
28	0,46947	0,88295	62
29	0,48481	0,87462	61
30	0,50000	0,86603	60
31	0,51504	0,85717	59
32	0,52992	0,84805	58
33	0,54464	0,83867	57
34	0,55919	0,82904	56
35	0,57358	0,81915	55
36	0,58779	0,80902	54
37	0,60182	0,79864	53
38	0,61566	0,78801	52
39	0,62932	0,77715	51
40	0,64279	0,76604	50
41	0,65606	0,75471	49
42	0,66913	0,74314	48
43	0,68200	0,73135	47
44	0,69466	0,71934	46
45	0,70711	0,70711	45
Gradi	Coseno	Seno	Gradi

Tabella N. 8		Tangente e cotangente	
I	II	III	IV
Gradi	Tangente	Cotangente	Gradi
0	0,00000	infinito	90
1	0,01746	57,28990	89
2	0,03492	28,63620	88
3	0,05241	19,08110	87
4	0,06993	14,30060	86
5	0,08749	11,43000	85
6	0,10510	9,51436	84
7	0,12278	8,14435	83
8	0,14054	7,11537	82
9	0,15838	6,31375	81
10	0,17633	5,67128	80
11	0,19438	5,14455	79
12	0,21256	4,70463	78
13	0,23087	4,33148	77
14	0,24933	4,01078	76
15	0,26795	3,73205	75
16	0,28675	3,48741	74
17	0,30573	3,27085	73
18	0,32492	3,07768	72
19	0,34433	2,90421	71
20	0,36397	2,74748	70
21	0,38386	2,60509	69
22	0,40403	2,47509	68
23	0,42447	2,35585	67
24	0,44523	2,24604	66
25	0,46631	2,14451	65
26	0,48773	2,05030	64
27	0,50953	1,96261	63
28	0,53171	1,88073	62
29	0,55431	1,80405	61
30	0,57735	1,73205	60
31	0,60086	1,66428	59
32	0,62487	1,60033	58
33	0,64941	1,53987	57
34	0,67451	1,48256	56
35	0,70021	1,42815	55
36	0,72654	1,37638	54
37	0,75355	1,32704	53
38	0,78129	1,27994	52
39	0,80978	1,23490	51
40	0,83910	1,19178	50
41	0,86929	1,15037	49
42	0,90040	1,11061	48
43	0,93252	1,07237	47
44	0,96569	1,03553	46
45	1,00000	1,00000	45
Gradi	Cotangente	Tangente	Gradi

Stampato come manoscritto

Ogni alienazione, prestito o diffusione in genere di questa dispensa, anche in riassunto, è proibita.

Tutti i diritti, in particolare la traduzione in lingue straniere, sono riservati.

## FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 11

### Formula

(35)	Seno	= $\frac{\text{cateto opposto}}{\text{ipotenusa}}$	. . . . . Pag 6
(36)	Coseno	= $\frac{\text{cateto adiacente}}{\text{ipotenusa}}$	. . . . . " 6
(37)	Tangente	= $\frac{\text{cateto opposto}}{\text{cateto adiacente}}$	. . . . . " 7
(38)	Cotangente	= $\frac{\text{cateto adiacente}}{\text{cateto opposto}}$	. . . . . " 7
(39)	Valore istantaneo della corrente alternata: $i = I \cdot \text{sen } a$		. . . . . " 16
(40)	Formula oscillatoria di Thomson:		
	a)	frequenza: $f = \frac{1}{2 \pi \sqrt{L \cdot C}}$ (Hz)	. . . . . " 24
(41)	b)	lunghezza d'onda: $\lambda = 6 \pi \cdot 10^8 \sqrt{L \cdot C}$ (m)	. . . . . " 24

## TABELLE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 11

### Numero

7	Seno e coseno	. . . . .	" 28
8	Tangente e cotangente	. . . . .	" 28

**TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI**

---

**OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO, 9  
VARESE**

---

DISPENSA N° 12

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

# INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 12

Riassunto della materia trattata nella Dispensa precedente	pag.
<b>Radiotecnica</b>	1
Curve di risonanza	1
Domande	3
Tecnica elettronica	3
Domande	6
Risposte alle domande di pag. 3	6
Risposte alle domande di pag. 6	6
<b>Matematica</b>	6
I logaritmi	6
1. Che cosa sono i logaritmi	6
2. I logaritmi volgari	7
3. L'applicazione dei logaritmi alle varie operazioni	8
a) La moltiplicazione	8
b) La divisione	8
c) L'elevamento a potenza	9
d) L'estrazione delle radici	9
Compiti	10
Soluzioni	10
<b>Impianti di segnalazione</b>	10
Impianti d'allarme e di protezione antifurto	10
Impianti avvisatori d'incendio	10
Avvisatori automatici d'incendio e di pericolo	11
Misura elettrica a distanza della temperatura	12
Termometri elettrici a resistenza	13
Misura della temperatura per mezzo di termocoppie	13
<b>Telefonia</b>	13
La centrale telefonica	13
La centrale manuale	13
Spine e prese telefoniche	13
Il centralino telefonico manuale	14
Lo schema di un centralino	15
Il circuito	15
Pannelli multipli	16
Domande	17
Risposte	17
<b>Tecnica delle misure</b>	17
Sensibilità e precisione degli strumenti di misura	17
Misure di resistenza	18
Il metodo indiretto	18
Il ponte di Wheatstone	18
Resistenze di misura	19
<b>Radiotecnica</b>	20
La valvola termoionica come amplificatrice	20
Il valore dell'amplificazione	20
La retta della resistenza	22
Il punto di lavoro	23
La retta di lavoro	24
L'amplificazione di più valvole	24
Domande	24
Risposte	25
<b>Compiti</b>	25

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 12

## RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Avete studiato senza dubbio con grande interesse la Dispensa N. 11, che portava tante nuove, interessanti cognizioni. Vi abbiamo descritto il grammofono e voi ora sapete cosa sia e come funzioni il rivelatore fonografico e il potenziometro.

Molto importanti erano i Capitoli di matematica e di elettrotecnica generale. Voi conoscete ora le relazioni trigonometriche: il seno, il coseno, la tangente e la cotangente, e sapete come calcolarle.

Nell'elettrotecnica vi abbiamo spiegato, con l'aiuto del cerchio unitario, la rappresentazione grafica della corrente alternata sinusoidale.

Nei Capitoli di radiotecnica avete appreso come si collegano differenti circuiti, avete pure appreso l'importanza dei fenomeni di risonanza e sapete ora che cosa sia un circuito oscillante in parallelo. Avete poi potuto comprendere facilmente come si realizzi l'accoppiamento dell'antenna al ricevitore. Della massima importanza erano anche le spiegazioni relative alle valvole termoioniche delle quali abbiamo trattato diffusamente.

In relazione al calcolo dei circuiti oscillanti avete conosciuto la formula più importante della tecnica dell'alta frequenza: la formula di Thomson  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$ , di cui avete potuto rilevare tutta l'utilità.

In telefonia avete conosciuto l'impianto del *selettore di linea* che, per la sua praticità, è usato sovente anche oggi.

## RADIOTECNICA

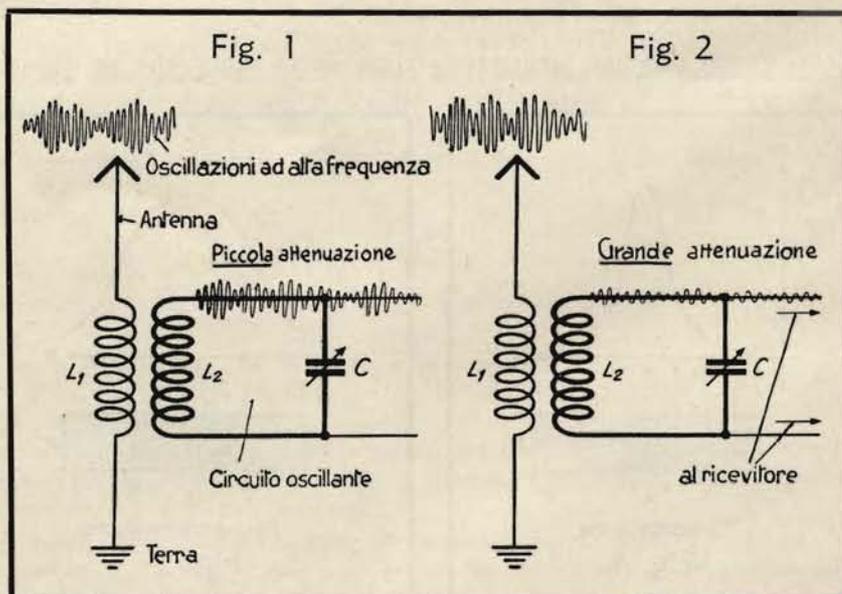
### Curve di risonanza

È noto che con una bobina ed un condensatore si può formare un *circuito oscillante*. Questo sarà accordato con una *determinata frequenza*, dipendente dal valore dell'induttanza e della capacità. Nel circuito oscillante ideale si manifesta una sola frequenza (od onda), come risulta dalla condizione di risonanza:  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ .

In pratica ciò vale solo con certe limitazioni. Infatti in ogni circuito oscillante, come in qualsiasi macchina, si manifestano delle perdite. Una macchina è tanto migliore, quanto più piccole sono le sue perdite, e la medesima cosa vale per il circuito oscillante. « *La qualità di un circuito oscillante è tanto migliore, quanto minori sono le perdite del circuito stesso* ».

Le perdite possono esser causate, per esempio, da *cattivo isolamento*, dalla scelta di un *filo troppo sottile* per l'avvolgimento della bobina, e da *altri fattori* dei quali parleremo in seguito. Come la bobina, anche il condensatore variabile dev'essere di buona qualità e quindi privo di perdite. L'effetto delle perdite, nei circuiti oscillanti, si manifesta come *attenuazione*. Le perdite, nei circuiti oscillanti, come in qualsiasi macchina elettrica, non sono altro che *la somma dell'energia elettrica trasformata in calore nelle resistenze ohmiche*, resistenze che in nessun caso è possibile eliminare completamente. L'attenuazione è tanto maggiore, quanto più grandi sono le perdite.

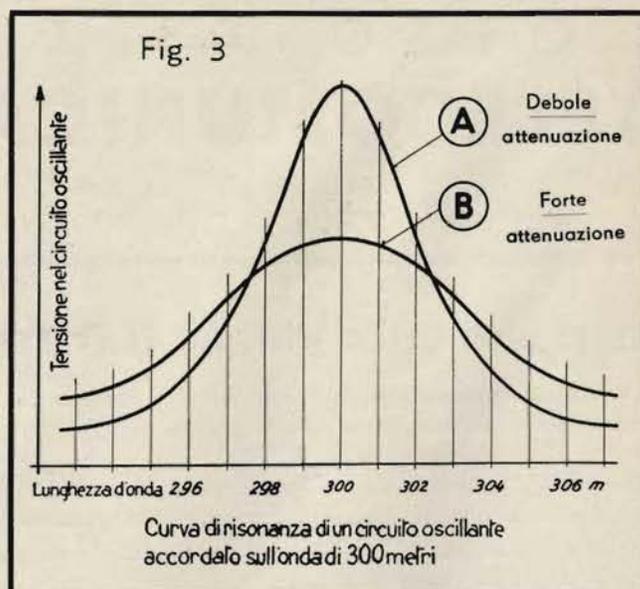
La parola « *attenuazione* » vi è certamente già nota per l'analogo uso che



se ne fa parlando dei suoni. Per esempio, sapete che si può *attenuare* il suono di un campanello; basta coprire il campanello con una cappa, per limitare la propagazione delle onde sonore, provocando così delle perdite d'energia acustica. Quando non si evitano le perdite l'intensità sonora risulta pertanto *attenuata*.

Osservate ora la fig. 1. Le oscillazioni ad alta frequenza provenienti dall'antenna attraversano la bobina d'antenna  $L_1$ . L'accoppiamento induttivo con la bobina  $L_2$  induce in quest'ultima una tensione alternata. Abbiamo quindi nel circuito oscillante un'onda, dipendente dal valore dell'induttanza e della capacità, ossia l'onda con la quale è accordato il circuito oscillante. Se però l'attenuazione del circuito oscillante è grande, le proprietà specifiche della risonanza si perdono. Poichè una grande attenuazione equivale a forti perdite, è chiaro che l'onda propria del circuito risulterà *indebolita* (fig. 2).

Quando invece le perdite del circuito oscillante sono piccole, rimane esaltata l'onda propria, mentre le onde contigue sono quasi completamente soppresse.

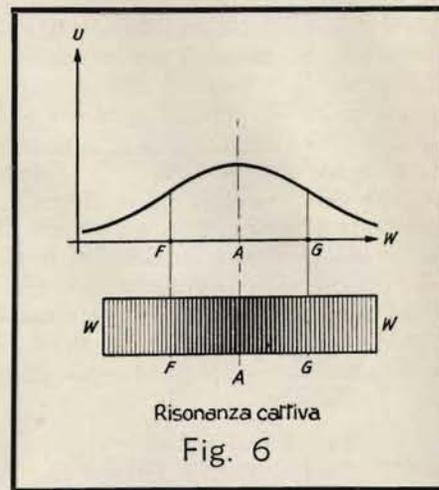
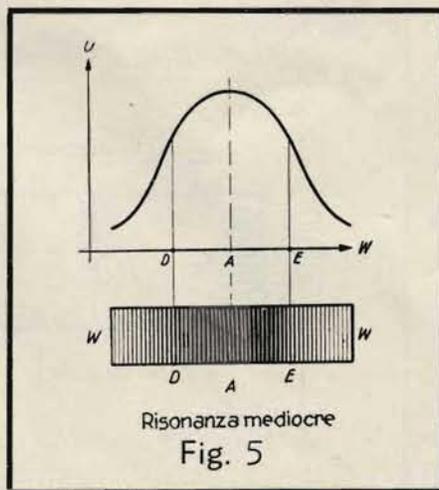
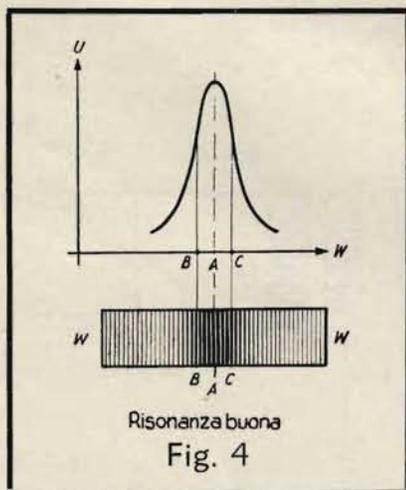


Le proprietà di un circuito oscillante si descrivono bene con l'aiuto della cosiddetta « *curva di risonanza* » (fig. 3). Sull'asse verticale è riportata la *tensione indotta* nel circuito oscillante, mentre sull'asse orizzontale sono indicate le *lunghezze d'onda* delle oscillazioni nel circuito. Se il circuito è accordato, per esempio, con l'onda di 300 m, si ottiene la massima tensione (la *tensione di risonanza*) per l'onda di 300 m. Questa però non è l'unica onda presente nel circuito oscillante. Anche le onde vicine si manifestano più o meno intensamente. Infatti, come sapete, nella bobina  $L_1$  oscilla tutta una schiera di onde, quelle cioè che vengono captate nell'etere dall'antenna. La tensione delle altre onde è, naturalmente, meno elevata di quella dell'onda principale, con la quale il circuito è accordato. Più grande è la distanza dell'onda considerata, dall'onda principale (nell'esempio, l'onda di 300 m), e più piccola ne risulta la tensione. Si ottiene così la curva della fig. 3, per tracciare la quale occorre però che tutte le varie onde siano captate dall'antenna con la medesima intensità. In pratica ciò non può mai accadere, poichè le trasmettenti hanno, naturalmente, differenti distanze dalla nostra antenna ed emettono con potenze differenti. Si tratta però di una semplificazione indispensabile per poter tracciare una curva regolare e chiara. Nella rappresentazione della fig. 3 si vede, p. es., che le onde di 295 e 305 m hanno una tensione limitata, mentre quelle di 299 e 301 m si manifestano con un valore di tensione solo leggermente inferiore a quello dell'onda di 300 m.

Nella fig. 3 la curva A rappresenta una *buona curva di risonanza*. Si riconosce dalla medesima che l'attenuazione del circuito oscillante è piccola. La curva B è invece una *cattiva curva di risonanza* e appartiene quindi ad un circuito con grande attenuazione. Le due curve si ottengono facendo agire la medesima bobina  $L_1$  sulla bobina  $L_2$ ; il fattore d'accoppiamento è identico in entrambi i casi ed anche l'energia ad alta frequenza, presente nella bobina  $L_1$ , è la stessa. L'unica cosa cambiata è la bobina  $L_2$ , che nel caso A ha un'attenuazione *piccola*, mentre nel caso B, pur avendo la stessa induttanza, ha un'attenuazione *grande*.

Nel caso della curva B l'onda di 300 m non possiede più una tensione spiccatamente più elevata di quella delle onde contigue. Come abbiamo detto, in questo circuito oscillante le perdite e l'attenuazione sono molto forti; si tratta di un *cattivo circuito oscillante*.

Tutto questo significa, per quanto riguarda la radio, che un ricevitore dotato di un circuito oscillante con



grande attenuazione non è *selettivo*; esso lascia quindi passare, oltre alla stazione voluta e messa a punto sulla scala dell'apparecchio, anche *altre stazioni*. Una curva di risonanza ripida e stretta è la prima condizione per una ricezione selettiva; avendo una bobina con curva di risonanza piatta, si sentirà nell'altoparlante un miscuglio di varie trasmissioni, quello che si dice « una vera insalata ».

Le figure da 4 a 6 hanno lo scopo di aiutarvi a comprendere le curve di risonanza. Sotto alle curve mostriamo un altro sistema di rappresentazione.  $W - W$  è una banda d'onde. Le onde sono situate una accanto all'altra entro la banda. L'onda *A* è quella in risonanza col circuito; essa è rappresentata da una linea nera. Le altre onde presenti nel circuito diventano sempre più deboli, man mano che ci si sposta verso destra e verso sinistra. Ciò s'indica facendo i tratti corrispondenti alle onde sempre più chiari.

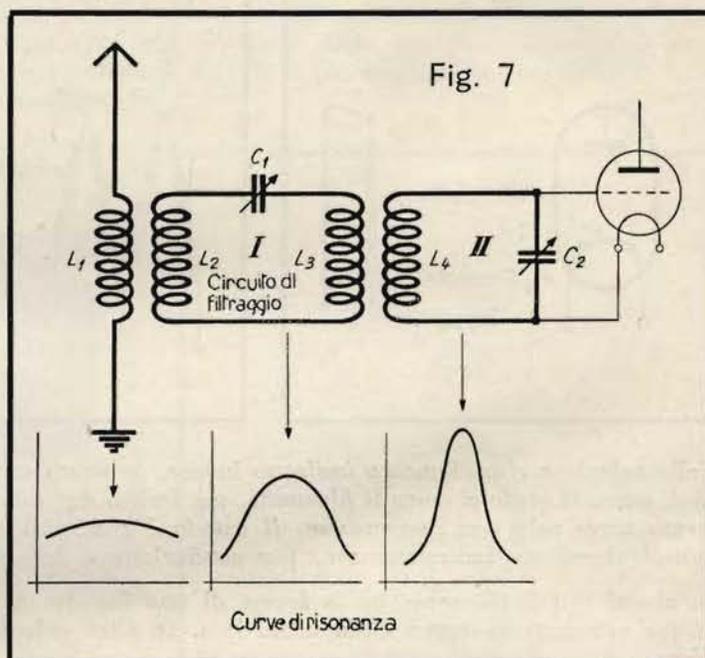
Le onde *B* e *C*, giacenti in vicinanza all'onda *A*, posseggono una tensione relativamente elevata, mentre quelle giacenti più a sinistra o più a destra sono già molto deboli (e quindi segnate chiare).

Mentre la fig. 4 rappresenta una buona curva di risonanza, la fig. 5 mostra delle condizioni di risonanza meno favorevoli. In realtà la curva è piuttosto alta e quindi le tensioni con le quali si manifestano le varie onde sono pure piuttosto elevate. Eppure l'attenuazione di questo circuito dev'essere maggiore di quella del circuito della fig. 4; se quindi le tensioni indotte sono elevate, vuol dire che deve esistere una causa esterna di questo comportamento. Può darsi che si abbia un accoppiamento più rigido, oppure una maggior energia nel circuito d'antenna.

Nella fig. 6 sono riportate infine le condizioni di un circuito oscillante con attenuazione ancora maggiore.

Nella fig. 7 sono disegnati i circuiti d'entrata di un ricevitore. Abbiamo ancora la bobina  $L_1$  che agisce sulla bobina  $L_2$ .

$L_2$  ed  $L_3$  sono collegate in serie, cosicché l'induttanza risultante è  $L_2 + L_3$ . Questo valore dev'esser identico a quello della bobina unica di un normale circuito oscillante per onde medie. La suddivisione dell'induttanza in due bobine è stata fatta unicamente allo scopo, di far agire una delle due bobine sulla bobina  $L_4$  di un ulteriore circuito oscillante II. Le oscillazioni presenti in  $L_1$  si trasmettono in parte al circuito I. Qui si riscontrano, come sapete, oltre alla frequenza propria, messa a punto con l'aiuto del condensatore  $C_1$ , anche le frequenze contigue, in misura dipendente dall'attenuazione del circuito. Nei casi in cui, malgrado tutti i necessari accorgimenti, non sia possibile ottenere una curva di risonanza abbastanza prominente, si ottiene il risultato voluto usando un secondo circuito oscillante. Nel circuito II la frequenza di risonanza è esaltata in modo inequivocabile. (Naturalmente bisogna che entrambi i circuiti I e II siano accordati contemporaneamente, mediante i rispettivi condensatori variabili  $C_1$  e  $C_2$ , sulla medesima frequenza). In tal modo si riesce praticamente a portare alla griglia della valvola la tensione alternata di una sola frequenza; si ha quindi un *ricevitore selettivo*.



Il funzionamento del complesso può esser anche interpretato nel modo seguente: il circuito I compie un primo *filtraggio* delle onde; il circuito II filtra un'altra volta le onde residue, in modo da lasciar passare, in definitiva, soltanto l'onda desiderata. Per questa ragione il circuito I, inserito tra l'antenna ed il circuito oscillante di griglia, viene chiamato « *circuito di filtraggio* ». Questo filtraggio provoca effettivamente un indebolimento dell'onda ricevuta, ma ciò non ha importanza, perchè vien poi compensato con la successiva amplificazione nel tubo elettronico.

### Domande

1. Qual è la causa dell'attenuazione in un circuito oscillante?
2. Quando la curva di risonanza è prominente, ciò significa che il circuito oscillante possiede un'attenuazione grande o piccola?
3. Come dev'essere costituito il circuito oscillante di un ricevitore ad alta selettività?

### TECNICA ELETTRONICA

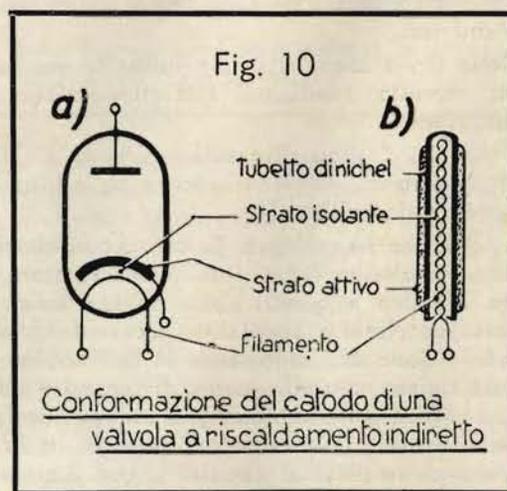
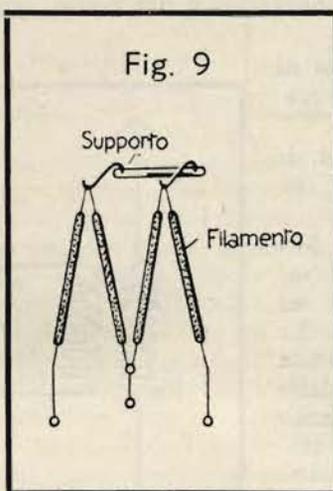
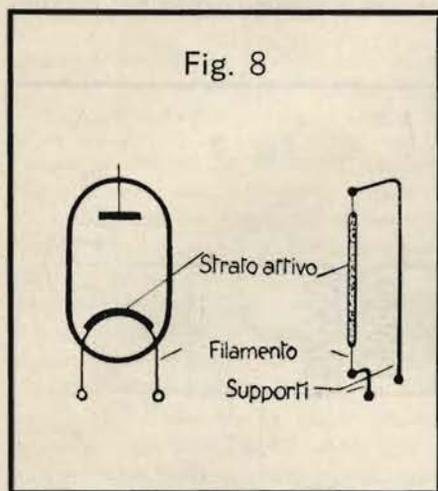
Dalle prime valvole termoioniche, di costruzione imperfetta, alle moderne valvole tanto perfezionate, ci fu un lungo cammino da percorrere. Sarebbe troppo lungo descrivere tutte le successive fasi della tecnica elettronica. Tratteremo pertanto quasi esclusivamente dei tipi più moderni.

In questo Corso avete conosciuto finora soltanto le valvole alimentate da batterie. Sapete però certamente che tutti i normali apparecchi radio sono alimentati dalla *rete a corrente alternata*; le batterie s'impiegano solo nei ricevitori portatili o d'automobile.

Nel caso dell'alimentazione *da batterie* il filamento è, naturalmente, percorso *da corrente continua*. Con alimentazione *dalla rete*, il filamento è allacciato generalmente *ad una tensione alternata*. I ricevitori per corrente alternata sono alimentati dalla tensione della rete, compresa generalmente tra 110 e 280 V. Essi sono dotati di un *trasformatore di rete*, che provvede a ridurre la tensione, dal valore della rete, a quello occorrente per l'accensione dei filamenti.

Molte valvole richiedono una tensione d'accensione di 4 oppure di 6,3 volt. *Non è però possibile alimentare senz'altro qualsiasi valvola da 4 V per batterie, con un trasformatore fornente 4 V di corrente alternata*. Si otterrebbe infatti nell'altoparlante un ronzio insopportabile, e ciò va naturalmente evitato.

Per poter alimentare i filamenti delle valvole con corrente alternata, sono state realizzate delle valvole con un catodo costruito in modo speciale: sono le cosiddette valvole « *a riscaldamento indiretto* », che vanno distinte dalle valvole « *a riscaldamento diretto* ». Queste ultime posseggono un filamento, costituente il catodo, ricoperto con il cosiddetto « *strato attivo* », che emette gli elettroni. Come sapete, e com'è nuovamente rappresentato nella fig. 8, il filamento è teso tra due sostegni. Per ottenere una superficie più estesa si dispone spesso il filamento a zig-zag, com'è mostrato nella fig. 9.

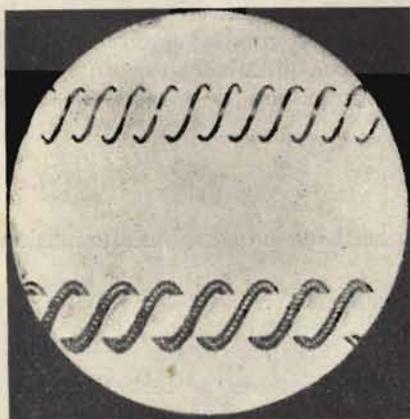


Nelle valvole *a riscaldamento indiretto* invece, lo *strato attivo* è spruzzato sulla superficie di un *tubetto di nichel*, entro il quale si trova il *filamento*, ma isolato dal tubetto stesso (fig. 10-a e 10-b). In questo caso il filamento serve solo per l'accensione; il *catodo* è costituito dal *tubetto di nichel*. La superficie catodica vien quindi riscaldata indirettamente, per conduzione e irradiazione del calore emesso dal filamento.

In alcuni tipi il filamento ha la forma di una forcella da capelli, infilata nel tubetto di nichel, in modo che le due estremità sporgano dallo stesso lato. In altre valvole più moderne il filamento è avvolto *a spirale bifilare*.

Lo scopo degli *avvolgimenti bifilari* è quello d'*impedire gli effetti magnetici*. Come sapete dalla Dispensa N. 5, la corrente elettrica produce un campo magnetico attorno al conduttore da essa percorso. Quando due conduttori vengono distesi parallelamente, uno immediatamente accanto all'altro, e percorsi dalla medesima corrente, ma in senso contrario, si formano *due campi magnetici contrastanti*. Verso l'esterno allora non si manifesta più alcun effetto magnetico.

Nelle figg. 11 e 12 si distingue il filamento a spirale, avvolto in modo bifilare attorno ad un bastoncino isolante. L'avvolgimento bifilare serve, in parte, per ottenere *la completa soppressione dei disturbi da ronzio*, che potrebbero esser provocati dal campo magnetico alternato del filamento; in parte, per assicurare una posizione rigida del



filamento nell'interno del tubetto di nichel. Quest'ultima condizione è importante, poichè eventuali vibrazioni del filamento sarebbero causa di rumori di disturbo.

Dopo avvolto, il filamento viene spruzzato con una massa isolante e infilato nel tubetto di nichel, che porta lo strato attivo.

Nei tipi più vecchi il filamento veniva infilato dapprima in un tubetto isolante, introdotto poi a sua volta nel tubetto di nichel. Tralasciando il tubetto isolante tra filamento e tubetto di nichel, l'inerzia termica del catodo diminuisce ed esso si riscalda in un tempo più breve; si parla in questo caso di « *catodo a riscaldamento rapido* ».

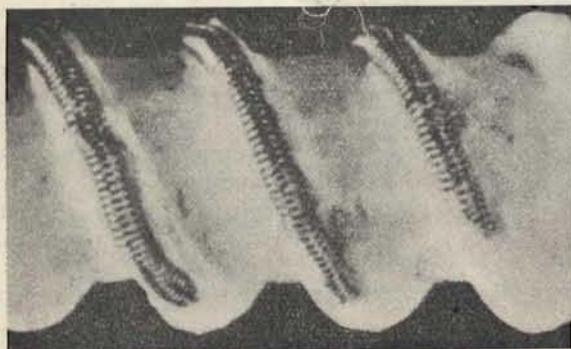


Fig. 13

Il filamento stesso è sottilissimo: ha lo spessore di *due centesimi di millimetro*. Osservando ad occhio nudo la spirale di accensione (fig. 12), non se ne riconoscono nemmeno i particolari. Solamente col microscopio è possibile osservare il sottilissimo avvolgimento, dopo aver tolto lo strato isolante (fig. 13). La superficie del tubetto di nichel, ricoperta di strato attivo costituito principalmente da *ossido di bario*, osservata al microscopio, pare un paesaggio lunare tutto monti e valli. Lo strato attivo ha lo spessore di *pochi millesimi di millimetro* e presenta una superficie coperta da un velo o pellicola sottilissima di bario puro, *dello spessore di pochi atomi soltanto*. Gli atomi di bario facilitano l'emissione, cioè il passaggio degli elettroni dalla superficie catodica al vuoto, e permettono quindi il passaggio della corrente nel tubo elettronico.

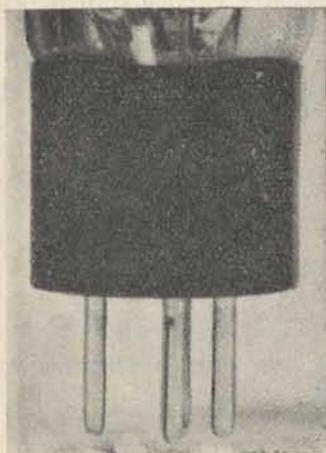


Fig. 14 a



Fig. 14b

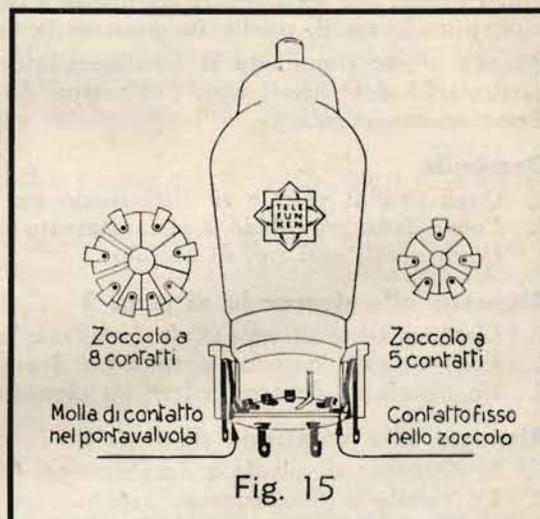


Fig. 15

Attorno al catodo sono disposte, a distanza esatta, le spire della griglia, costituite da *fili capillari* e destinate a comandare la corrente elettronica, per ottenere l'effetto d'amplificazione.

Come già sapete, i *collegamenti dei singoli elettrodi*, p. es., della griglia, della placca o del filamento, terminano nello *zoccolo*, ove si trovano i corrispondenti *contatti*. Secondo il tipo della valvola, lo zoccolo può essere dotato di più o meno contatti. Possiamo dire fin d'ora che esistono valvole speciali con parecchie griglie, come pure delle valvole che riuniscono addirittura diversi sistemi elettronici in un solo bulbo. Si usano attualmente *vari tipi di zoccolature per le valvole*. Citiamo dapprima il vecchio *zoccolo a spinotti*, visibile nelle fig. 14-a e b. Negli apparecchi un po' antiquati si trovano ancor oggi diversi tipi di questo genere: ce ne sono a 3, 4, 5, 6 e 7 poli. Lo zoccolo a spinotti di

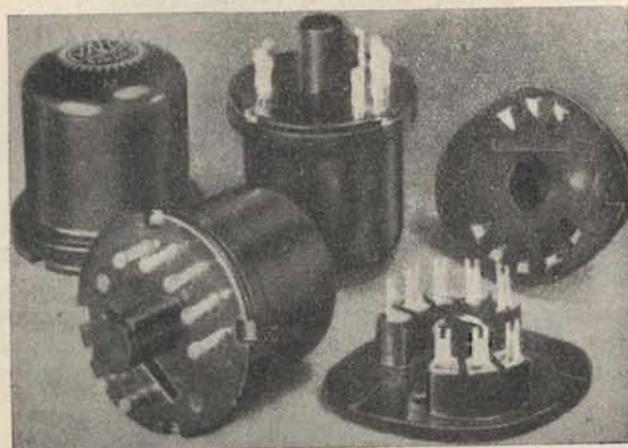


Fig. 16

questo tipo sta però scomparendo sempre più. Un'altra forma è quella dei *contatti esterni a lamelle*, visibile nella fig. 15 nelle due esecuzioni a 5 e a 8 poli. Anche questo tipo verrà abbandonato col tempo. La fig. 16 mostra da tre lati differenti lo zoccolo delle *valvole a custodia d'acciaio*. Un perno centrale facilita l'inserzione della valvola nel portavalvole (visibile a destra nella figura). La valvola visibile nella figura 16 è una piccola *valvola d'acciaio*, di cui parleremo più diffusamente in seguito. Un tipo simile utilizza lo

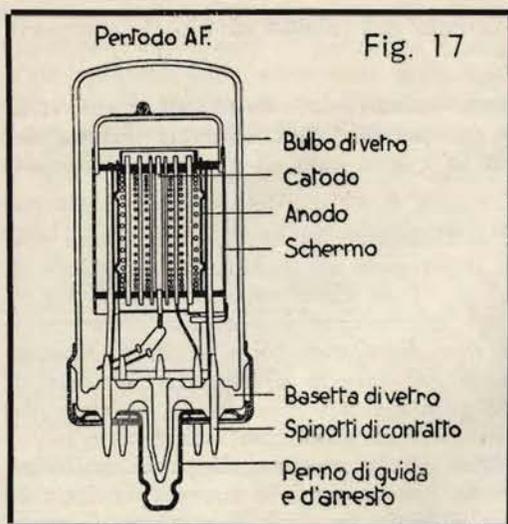


Fig. 18

Le valvole d'acciaio e di tutto vetro sono destinate a predominare in futuro.

zoccolo *Octal*, dotato esso pure di un perno centrale di riferimento, nonché di 8 spinotti cilindrici distribuiti uniformemente. Il cosiddetto zoccolo *Loctal* (fig. 17 e 18) è usato nelle valvole di tutto vetro, dotate anch'esse di 8 spinotti, annegati nella base di vetro. Il perno di riferimento ha una scanalatura che serve per trattenere la valvola nel portavalvole. In inglese per dire che la molla di fissaggio scatta nella scanalatura, si usa la parola « lock-in »; da ciò venne la designazione di zoccolo « lock-in » octal, abbreviata in zoccolo « Loctal ». Questa esecuzione si usa per le valvole più piccole.

Come abbiamo accennato, è necessario che esistano valvole di qualità differenti, adatte per le differenti applicazioni. Per gli stadi d'amplificazione a bassa frequenza occorrono valvole diverse da quelle usate, per gli stadi d'amplificazione ad alta frequenza; anzi, per gli stessi stadi a bassa frequenza vennero creati differenti tipi. Ci sono, per esempio, le cosiddette « valvole finali », capaci di erogare una potenza particolarmente elevata, più elevata di quella in gioco nelle valvole del primo stadio di bassa frequenza.

Quando avrete conosciuto il funzionamento delle valvole nei vari stadi, potremo esaminare nei dettagli le particolarità dei singoli tipi. Col tempo dovrete poi imparare a ricordarvi le designazioni dei vari tipi, che sono numerosissimi.

### Domande

1. Quali tipi di valvole si distinguono per quanto riguarda il riscaldamento?
2. Com'è fatto un catodo a riscaldamento rapido?
3. Quali sono i vari tipi di zoccolo?

### Risposte alle domande di pag. 3

1. L'attenuazione di un circuito oscillante è dovuta alle perdite.
2. Una curva di risonanza prominente denota che il relativo circuito oscillante ha una piccola attenuazione.
3. Un ricevitore deve possedere un circuito oscillante a piccola attenuazione.

### Risposte alle domande di pag. 6

1. Si distinguono valvole a riscaldamento diretto e valvole a riscaldamento indiretto.
2. Un catodo a riscaldamento rapido è costituito da una spirale d'accensione avvolta in modo bifilare e spruzzata di uno strato isolante. Questa spirale è introdotta in un tubetto di nichel che porta lo strato attivo.
3. Ci sono zoccoli a spinotti di vecchio tipo, zoccoli a contatti esterni, zoccoli di valvole d'acciaio, zoccoli Octal e Loctal.

## MATEMATICA

### I logaritmi

#### 1. Che cosa sono i logaritmi.

L'utilità pratica dei *logaritmi* è insita nel fatto che su di essi si fonda un sistema di calcolo, che permette di estrarre qualsiasi radice e anche di effettuare tutte le altre difficili operazioni di matematica.

Trovare il *logaritmo* è un'operazione che, come l'estrazione della radice, rappresenta l'inverso dell'elevazione a potenza. Esistono infatti, si noti, due differenti inversioni dell'elevazione a potenza, operazione questa che vi è già stata illustrata nella Dispensa N. 4. Basterà un esempio per dimostrare la relazione che intercorre fra queste tre operazioni matematiche.

<b>Potenza:</b>	$10^2 = ?$	<b>Soluzione:</b>	$10^2 = 100$
<b>Radice:</b>	$\sqrt[2]{100} = ?$	<b>Soluzione:</b>	$\sqrt[2]{100} = 10$ , perchè $10^2 = 100$
<b>Logaritmo:</b>	${}^{10}\log 100 = ?$	<b>Soluzione:</b>	${}^{10}\log 100 = 2$ , perchè $10^2 = 100$ « ${}^{10}\log 100$ » si legge « <i>logaritmo di 100 nella base 10</i> ».

Se ci chiediamo che cosa è dato e che cosa è cercato nelle tre diverse operazioni, troviamo:

<b>Potenza:</b>	sono dati: la <i>base</i> (10) e l' <i>esponente</i> (2);	si cerca: la <i>potenza</i> (100);
<b>Radice:</b>	sono dati: l' <i>esponente</i> (2) e la <i>potenza</i> (100);	si cerca: la <i>base</i> (10);
<b>Logaritmo:</b>	sono dati: la <i>base</i> (10) e la <i>potenza</i> (100);	si cerca: l' <i>esponente</i> (2).

« Trovare il logaritmo di 100 nella base di 10 » significa quindi rispondere alla seguente domanda:

« Con quale esponente bisogna elevare a potenza la base 10 per ottenere 100? » O in altre parole: « 10 elevato a quale potenza dà 100 »?

L'esponente così cercato si chiama *logaritmo*, abbreviato *log*. Il numero scritto in alto prima di *log* indica la base. La potenza (100) è il numero del quale si vuol trovare il logaritmo.

**Problema:**  ${}^6\log 36 = ?$

**Soluzione:** Cerchiamo dapprima di esprimere in parole il significato di questo quesito: 6 è la base, 36 il numero dato. Si chiede quindi: « A quale potenza bisogna elevare 6 per ottenere 36 »? La soluzione è facile: l'esponente cercato è 2, perchè  $6^2 = 36$ . La soluzione del problema è quindi:  ${}^6\log 36 = 2$ .

**Due altri esempi:**  ${}^4\log 64 = ?$  Soluzione:  ${}^4\log 64 = 3$ , perchè  $4^3 = 64$

${}^3\log 27 = ?$  Soluzione:  ${}^3\log 27 = 3$ , perchè  $3^3 = 27$

Negli esempi precedenti la base era diversa da un caso all'altro. In pratica si usa di solito la base 10.

I logaritmi di base 10 si chiamano « *logaritmi volgari* » o anche, dal loro inventore, « *logaritmi di Brigg* ». Poichè è raro che si usi una base differente da 10, si può tralasciare d'indicare la base; inoltre si usa la sigla normalizzata « *lg* », per significare che si tratta di logaritmi volgari. È quindi sufficiente scrivere, invece di  ${}^{10}\log 100$ , semplicemente:  $lg 100$ .

## 2. I logaritmi volgari.

Cominciamo con alcuni facili esempi per esercizio:

1)  $lg 1\ 000 = ?$  Soluzione:  $lg 1\ 000 = 3$ , perchè  $10^3 = 1\ 000$

2)  $lg 10\ 000 = ?$  Soluzione:  $lg 10\ 000 = 4$ , perchè  $10^4 = 10\ 000$

3)  $lg 100\ 000 = ?$  Soluzione:  $lg 100\ 000 = 5$ , perchè  $10^5 = 100\ 000$

Abbiamo discusso già in precedenza il valore di  $lg 100$ , trovando che dev'essere uguale a 2.

Come vedete da questi 4 esempi, è assai facile trovare il logaritmo di numeri come 100, 1000, 10 000 ecc. Il logaritmo è infatti uguale al numero di cifre di cui è costituito il numero dato, meno una. Il numero 1000 per esempio ha 4 cifre; il logaritmo è quindi 4 meno 1, ossia 3. Il numero 100 ha 3 cifre, e quindi  $lg 100 = 2$ .

Che cosa si trova per  $lg 10$ ? Il numero ha due cifre, di conseguenza il logaritmo è uguale ad 1, e quindi  $lg 10 = 1$ .

Ciò è facile da spiegare; per ottenere 10, bisogna che la base 10 abbia l'esponente 1, infatti basta scrivere 10 una volta sola come fattore.

Nel quesito: «  $lg 1 = ?$  » abbiamo un numero di una sola cifra. Il logaritmo è uguale ad 1 meno 1, quindi è zero:  $lg 1 = 0$ . Vi preghiamo di osservare in modo particolare questo risultato, perchè è con questo numero che si commettono più facilmente degli errori.

Scriviamo ora in colonna i logaritmi dei numeri tondi, per rendere ben evidente la regola ora spiegata.

$lg 1 = 0$	$lg 100 = 2$	$lg 10\ 000 = 4$	$lg 1\ 000\ 000 = 6$
$lg 10 = 1$	$lg 1\ 000 = 3$	$lg 100\ 000 = 5$	$lg 1\ 000\ 000\ 000 = 9$

e così via.

Generalmente dovremo però determinare il logaritmo di un numero qualsiasi, compreso tra i numeri tondi soprascritti, p. es.,  $lg 185 = ?$  Poichè 185 è compreso tra 100 e 1000, è ovvio che il logaritmo di 185 debba essere compreso fra 2 e 3.  $lg 185$  è quindi maggiore di 2 e minore di 3: è quindi un numero 2, ..., nel quale, dopo la virgola, ci sono ancora alcune cifre che per ora non conosciamo.

Il numero 2 si chiama « *caratteristica* »; le cifre dopo la virgola si chiamano « *mantissa* ». Le *mantisse* sono riportate nelle apposite *tabelle o tavole logaritmiche*, le quali sole permettono il calcolo logaritmico. Una tabella di questo genere è riportata nella 4<sup>a</sup> pag. di copertina della presente Dispensa (Tabella N. 9).

La mantissa appartenente al numero 185 si trova nella tabella nel modo seguente: nella prima colonna designata con « *Numero* » troviamo 18. Andiamo, da questo punto, verso destra, fino ad incontrare la colonna sopra la quale sta segnato 5 (perchè la terza cifra di 185 è 5). Qui troviamo il numero 267. Questa è la mantissa appartenente al logaritmo di 185.

Poichè, come abbiamo visto precedentemente, la caratteristica del logaritmo è la cifra 2, abbiamo così trovato che  $lg 185 = 2,267$ .

Ripetiamo:

Il logaritmo è costituito dalla cifra che si scrive prima della virgola, chiamata « *caratteristica* » (in questo caso 2), e dalle cifre che si scrivono dopo la virgola, dette « *mantissa* » (in questo caso 267). La caratteristica dipende dal numero di cifre del numero dato; la *mantissa* si trova nelle *tavole logaritmiche*.

**Problema:**  $lg 4680 = ?$

**Soluzione:** Il numero possiede 4 cifre; la caratteristica è quindi uguale a 3. La mantissa si trova, come sopra, con l'aiuto della tavola logaritmica, e precisamente all'incrocio della linea, che reca per primo numero il 46, con la colonna contrassegnata in alto dal numero 8. La mantissa è quindi 670. Abbiamo trovato così  $lg 4680 = 3,670$ .

Se il problema fosse stato un po' differente, e precisamente «  $lg 468 = ?$  », avremmo avuto un numero di tre cifre e quindi la caratteristica sarebbe stata uguale a 2. La mantissa sarebbe però rimasta la stessa, e cioè 670.

Il risultato sarebbe stato:  $\lg 468 = 2,670$ .

Variando la posizione della virgola nel numero, varia quindi soltanto la caratteristica del logaritmo. Possiamo perciò scrivere le seguenti soluzioni:  $\lg 4,68 = 0,670$ ;  $\lg 46,8 = 1,670$ ;  $\lg 468\ 000 = 5,670$ .

#### Osservazione:

Esistono naturalmente dei numeri che non sono contenuti in questa tavola di logaritmi. Supponiamo, p. es., che si debba cercare  $\lg 1453$ . La caratteristica è 3. La mantissa del numero 1453 non si trova nella nostra tavola. Troviamo invece la mantissa di 1450, cioè 161, e quella di 1460, cioè 164. Poichè il numero dato 1453 è compreso tra 1450 e 1460, e più precisamente a un terzo della distanza da 1450, anche la mantissa cercata deve essere compresa tra 161 e 164, in modo che superi 161 di un terzo della differenza tra i due valori. Poichè la differenza è 3, ed  $1/3$  di  $3 = 1$ , la mantissa cercata è  $161 + 1 = 162$ . Abbiamo trovato così che  $\lg 1453 = 3,162$ . Questo sistema della cosiddetta « interpolazione » ci è già noto dalla *Tabella delle Radici*.

### 3. L'applicazione dei logaritmi alle varie operazioni.

#### a) La moltiplicazione.

Dovendo moltiplicare tra loro due numeri, si possono adoperare allo scopo i logaritmi.

Si debba eseguire, p. es., la seguente moltiplicazione:  $24 \cdot 3,2 = ?$

Questa operazione si eseguisce, naturalmente, con la massima rapidità nel modo noto, per semplice moltiplicazione, oppure col regolo calcolatore. Ora però c'interessa dimostrare l'applicazione dei logaritmi, e per questo vogliamo trovare il risultato servendoci dei logaritmi. Procediamo quindi nel seguente modo:

Determiniamo i logaritmi dei due fattori e li addizioniamo. Il numero corrispondente al logaritmo così ottenuto è il prodotto cercato.

$$\lg 24 = 1,380; \quad \lg 3,2 = 0,505$$

Sommiamo i due logaritmi:  $1,380 + 0,505 = 1,885$ . Ora si applica il procedimento inverso di quello che avete seguito finora. Abbiamo la mantissa 885 e dobbiamo trovare il numero appartenente ad essa (il contrario quindi di quello che abbiamo fatto in precedenza). Cerchiamo la mantissa 885 nella *Tavola dei logaritmi*, e la troviamo nella riga davanti alla quale sta scritto 76, sotto all'8. La mantissa 885 appartiene quindi al numero 768.

Dobbiamo ora stabilire di quante cifre sia questo numero e ci serviamo a questo scopo della caratteristica del logaritmo trovato poc'anzi, 1,885. La caratteristica di tale logaritmo è 1 e quindi il numero deve avere 2 cifre. Il risultato è quindi 76,8. Con una semplice moltiplicazione potete ora controllare se esso è veramente esatto.

#### Osservazione:

Vi sarete forse chiesto perchè mai i logaritmi dei due fattori vengano addizionati anzichè moltiplicati. A questo proposito dovete richiamare alla memoria quanto è stato detto nella Dispensa N. 10, a proposito delle potenze. Abbiamo allora eseguito la moltiplicazione di potenze della stessa base *sommandone gli esponenti*. Anche nel calcolo coi logaritmi abbiamo sempre la stessa base, cioè 10. Gli stessi logaritmi sono, come sapete, gli esponenti della base 10; per questa ragione vanno anch'essi addizionati per eseguire la moltiplicazione.

#### b) La divisione.

Com'è noto, la divisione è l'operazione inversa della moltiplicazione. Eseguita con i logaritmi, essa rimane *l'operazione inversa della moltiplicazione eseguita con i logaritmi*. Per eseguire una *divisione* pertanto, non bisogna sommare, ma *sottrarre i logaritmi*.

Si debba effettuare, per esempio, la seguente divisione:  $756 : 36 = ?$

Troviamo dapprima i logaritmi dei due numeri:  $\lg 756 = 2,878$ ;  $\lg 36 = 1,556$ . Bisogna sottrarre ora il logaritmo del divisore dal logaritmo del dividendo:  $2,878 - 1,556 = 1,322$ .

Il numero della mantissa 322 è 210. Poichè la caratteristica è 1, il numero dev'essere di due cifre. Il risultato è quindi:  $756 : 36 = 21$ .

Come abbiamo già spiegato, le moltiplicazioni e le divisioni dei numeri di poche cifre si fanno più rapidamente con i normali metodi di calcolo, e in questo caso i logaritmi non hanno una grande importanza. Avendo invece molti numeri, magari composti di molte cifre, da moltiplicare e da dividere tra loro, coi logaritmi si ottiene il risultato più rapidamente.

I logaritmi sono poi di grandissima utilità per l'*elevazione a potenza* e l'*estrazione di radice*, come vi verrà spiegato tra breve. Prima dobbiamo però aprire una parentesi.

#### Determinazione del $\lg$ di numeri inferiori all'unità (frazioni decimali):

Per determinare il  $\lg$  di numeri inferiori all'unità ci serviamo della divisione logaritmica. Secondo le regole menzionate finora, non sarebbe, p. es., possibile determinare  $\lg 0,468$ . Infatti abbiamo imparato finora a trovare il logaritmo di numeri che abbiano almeno un 1 davanti alla virgola.

Ma noi potremo ugualmente giungere al risultato, scrivendo, in luogo di 0,468,  $\frac{4,68}{10}$ .

Cerchiamo quindi, invece di  $\lg 0,468$ ,  $\lg \frac{4,68}{10} = \lg 4,68 - \lg 10$ . Troviamo quindi  $\lg 4,68 = 0,670$  e

$\lg 10 = 1$ . Abbiamo così:  $\lg \frac{4,68}{10}$ , ossia (il che è lo stesso)  $\lg 0,468 = 0,670 - 1$ . Il logaritmo si lascia scritto così, senza eseguire la sottrazione.

**Esempio:**  $\lg 0,0053 = ?$

**Soluzione:**  $\lg 0,0053 = \frac{5,3}{1000} = \lg 5,3 - \lg 1000$ ;  $\lg 0,0053 = 0,724 - 3$ .

In merito alla determinazione dei logaritmi di frazioni decimali vale la seguente regola:

*Il numero che va sottratto dalla mantissa equivale al numero degli zeri che si trovano davanti alla prima cifra significativa del numero di cui si cerca il logaritmo, compreso lo zero davanti alla virgola. Nel numero 0,0053 ci sono tre zeri davanti a 53, e quindi il logaritmo è  $0,724 - 3$ .*

### c) L'elevamento a potenza.

Per calcolare una potenza, p. es.  $9^3$ , si moltiplica il logaritmo della base, quindi  $\lg 9$ , per l'esponente, quindi per 3. Si trova il numero corrispondente al logaritmo così ottenuto, e si ha in tal modo il risultato cercato:  $\lg 9 = 0,954$ ;  $0,954 \cdot 3 = 2,862$ .

Il numero corrispondente alla mantissa 862 è 728; poichè la caratteristica è 2, il numero dev'essere di tre cifre. Abbiamo trovato in tal modo che  $9^3 = 728$ .

(Il valore esatto sarebbe  $9^3 = 729$ ; la differenza tra i due valori dipende dal fatto che la nostra tavola di logaritmi ha soltanto tre decimali).

**Esempio 1:**  $2^6 = ?$

**Soluzione:**  $\lg 2 = 0,301$ ;  $0,301 \cdot 6 = 1,806$ .

Il numero di 806 è 640. Poichè la caratteristica è 1, il numero deve avere due cifre. Abbiamo quindi  $2^6 = 64$ .

**Esempio 2:**  $4^4 = ?$

**Soluzione:**  $\lg 4 = 0,602$ ;  $0,602 \cdot 4 = 2,408$ . Numero relativo alla mantissa 408 = 256. Tre cifre. Risultato:  $4^4 = 256$ .

**Esempio 3:**  $2,54^8 = ?$  In questo esempio si dimostra chiaramente la grande utilità del calcolo logaritmico. Senza questo mezzo dovremmo moltiplicare il numero 2,54 otto volte per se stesso, il che sarebbe alquanto fastidioso.

**Soluzione:**  $\lg 2,54 = 0,405$ ;  $0,405 \cdot 8 = 3,240$ . Numero = 174; a quattro cifre. Risultato:  $2,54^8 = 1740$ .

**Esempio 4:**  $0,7^3 = ?$

**Soluzione:**  $\lg 0,7 = \lg \frac{7,0}{10} = \lg 7 - \lg 10 = 0,845 - 1$ . Dovendo moltiplicare  $\lg 0,7$  per 3, otteniamo:

$(0,845 - 1) \cdot 3 = 2,535 - 3$ . Il numero di 2,535 è 343, il numero di 3 è, com'è noto, 1000, perchè  $\lg 1000 = 3$ .

Abbiamo quindi:  $0,7^3 = \frac{343}{1000}$ , ossia 0,343.

### d) L'estrazione delle radici.

Con l'aiuto dei logaritmi è possibile estrarre senza alcuna difficoltà qualsiasi radice di qualsiasi numero. Poichè l'estrazione di radice è l'operazione inversa dell'elevamento a potenza, bisogna, anzichè moltiplicare il logaritmo per l'esponente (come negli esempi precedenti), dividere il logaritmo per l'esponente.

**Esempio 5:**  $\sqrt{784} = ?$

**Soluzione:** Poichè sopra il segno di radice non è riportato alcun esponente, si tratta della seconda radice (radice quadrata). L'esponente è quindi 2. Il logaritmo di 784 è:  $\lg 784 = 2,894$ . Esso va diviso per 2, e quindi  $2,894 : 2 = 1,447$ . Questa operazione si può scrivere anche così:  $\lg \sqrt{784} = \frac{1}{2} \lg 784 = \frac{1}{2} \cdot 2,894 = 1,447$ .

Il numero della mantissa 447 è 280. La caratteristica è 1, quindi il numero è di due cifre. Abbiamo trovato così:  $\sqrt{784} = 28$ .

**Esempio 6:**  $\sqrt[3]{512\ 000} = ?$

**Soluzione:**  $\lg 512\ 000 = 5,709$ ;  $5,709 : 3 = 1,903$ ; ossia  $\lg \sqrt[3]{512\ 000} = \frac{1}{3} \lg 512\ 000 = \frac{1}{3} \cdot 5,709 = 1,903$ .

Numero = 800; caratteristica = 1; numero di due cifre; risultato:  $\sqrt[3]{512\ 000} = 80$ .

**Esempio 7:**  $\sqrt[4]{625} = ?$

**Soluzione:**  $\lg 625 = 2,796$ ;  $2,796 : 4 = 0,699$ ; in modo matematicamente abbreviato:  $\lg \sqrt[4]{625} = \frac{1}{4} \lg 625 = \frac{1}{4} \cdot 2,796 = 0,699$ .

Numero = 500; caratteristica = 0, quindi numero di una sola cifra; risultato:  $\sqrt[4]{625} = 5$ .

**Esempio 8:**  $\sqrt[3]{0,389} = ?$

**Soluzione:** Dovendo estrarre la radice di un numero inferiore all'unità, procediamo preferibilmente nel seguente modo: in luogo di 0,389, scriviamo  $\frac{389}{1000}$ . La radice cubica di 1000 è 10. Si ottiene quindi:  $\sqrt[3]{0,389} = \frac{1}{10} \cdot \sqrt[3]{389}$ . Resta da trovare  $\sqrt[3]{389}$ , un'operazione analoga a quelle che abbiamo risolto negli esempi precedenti:  $\lg 389 = 2,590$ ;  $2,590 : 3 = 0,863$ .

Numero 730; caratteristica = 0; quindi numero di una sola cifra (come *parte intera*).  $\sqrt[3]{389} = 7,3$ . Il risultato è quindi  $\frac{1}{10} \cdot 7,3$ ;  $\sqrt[3]{0,389} = 0,73$ .

### Compiti

1.  $\lg 367 = ?$     2.  $\lg 11 = ?$     3.  $\lg 2905 = ?$     4.  $\lg 8\,250\,000 = ?$     5.  $72,3^3 = ?$     6.  $27,15^2 = ?$   
 7.  $\sqrt[3]{320} = ?$     8.  $\sqrt{28,2} = ?$

### Soluzioni

1. $\lg 367 = 2,565$	2. $\lg 11 = 1,041$	3. $\lg 2905 = 3,463$	4. $\lg 8\,250\,000 = 6,916$	5. $72,3^3 = 378\,000$	6. $27,15^2 = 738$	7. $\sqrt[3]{320} = 6,84$	8. $\sqrt{28,2} = 5,31$
----------------------	---------------------	-----------------------	------------------------------	------------------------	--------------------	---------------------------	-------------------------

## IMPIANTI DI SEGNALAZIONE

Nelle Dispense precedenti avete già conosciuto alcuni *impianti di segnalazione*, per esempio i semplici *impianti di campanelli* e quelli, un po' più complessi, di *chiamata luminosa*. Vi verrà ora spiegato il funzionamento di vari altri impianti di segnalazione.

### Impianti d'allarme e di protezione antifurto

Gl'*impianti antifurto* servono per la protezione di singoli locali o d'interi edifici. Per azionare il segnale d'allarme occorrono dei *dispositivi di contatto*, *meccanici*, oppure *comandati da raggi invisibili*.

*Dispositivi a comando meccanico* sono, per esempio, i *contatti alle porte ed alle finestre*. Tali contatti interrompono, al momento dell'apertura della porta o della finestra, un *circuito di riposo*, attraverso il quale è eccitato l'avvolgimento di un *relè*. L'ancoretta del relè, distaccandosi, chiude un secondo circuito, nel quale si trova l'*organo d'allarme*, per esempio una *suoneria*.

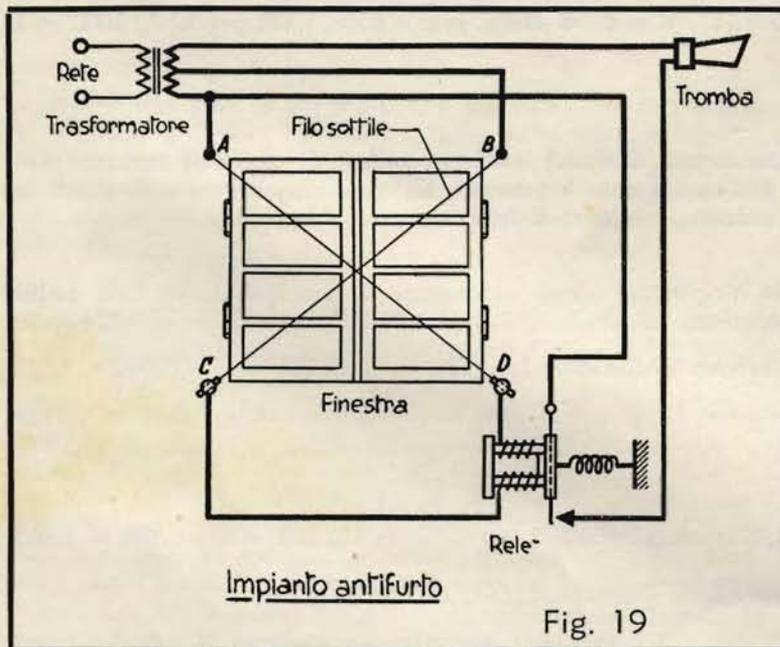


Fig. 19

In luogo dei contatti alle porte ed alle finestre, si usano anche i cosiddetti « *contatti a filo* »: si tratta di *parecchi fili sottili tesi dietro alla porta o alla finestra*, in modo da restare spezzati nel caso che queste fossero scassinata. Nel medesimo istante rimane interrotto, anche in questo caso, un *circuito di riposo* ed inserito l'allarme. La fig. 19 mostra un impianto di questo genere, alimentato dalla rete a corrente alternata.

Esistono poi *contatti montati nelle serrature o giacenti sotto il pavimento, gli stuoini od i tappeti*. Tutti questi differenti contatti possono servire per azionare l'allarme, nel medesimo modo.

I *dispositivi d'allarme per la protezione delle casseforti* sono fondamentalmente costruiti nel medesimo modo dei dispositivi antifurto per porte e finestre sopra descritti. Rinunciamo pertanto a darne una descrizione particolareggiata. Vale però la pena di riferire che esistono anche *dispositivi elettrici per il bloccaggio delle porte*, che servono ad impedire

l'uscita ai ladri, che fossero eventualmente riusciti a penetrare nel locale protetto. Questi impianti sono comandati anch'essi per mezzo di *contatti installati nel pavimento*, i quali provocano attraverso un relè, la chiusura di un circuito, che aziona una *serratura elettrica*.

### Impianti avvisatori d'incendio.

Negl'*impianti avvisatori d'incendio* si fa generalmente uso del *circuito a corrente di riposo*. La fig. 20 mostra lo schema di un *impianto avvisatore d'incendio* di tipo semplice. Vi si trovano *due contatti di riposo*,  $K_1$  e  $K_2$ , normalmente chiusi. La corrente è fornita dalla cosiddetta « *batteria di linea* » BL. Parallelamente ai contatti di riposo sono allacciate le *resistenze*  $R_1$  ed  $R_2$ . Nel *circuito di riposo* (segnate con tratti marcati) sono inseriti i *due relè*  $RL_1$  ed  $RL_2$ , le cui *ancorette* si trovano normalmente in *posizione attratta*. Un *milliamperometro* controlla se il circuito di riposo è percorso dalla corrente o no. Nella centrale si trovano *due suonerie*, SA e SB, nonché la *batteria locale* BC. La suoneria SA è la *suoneria d'allarme*, mentre la suoneria SB è la cosiddetta « *suoneria di rottura di filo* ».

Quando viene premuto uno dei *due pulsanti*, per esempio  $K_1$ , la resistenza del circuito di riposo viene aumentata del valore della resistenza  $R_1$ , cioè di 1000 ohm.

La corrente è allora appena sufficiente per trattenere l'ancoretta del relè  $RL_2$ . Il relè  $RL_1$  invece si apre, chiudendo il circuito locale per la suoneria  $SA$ , la quale viene pertanto messa in funzione. Se invece, per una qualsiasi ragione, avviene la rottura di un filo della linea, allora si distacca anche l'ancoretta del relè  $RL_2$  e vien azionata la suoneria  $SB$ . In questo modo il personale è avvertito del guasto e provvede rapidamente ad eliminarlo. Oltre al relè  $RL_2$  si diseccita anche  $RL_1$ , ma la suoneria  $SA$  non viene azionata, poichè il suo circuito passa attraverso l'ancoretta di  $RL_2$  e rimane pertanto interrotto.

La fig. 21 mostra in sezione uno dei soliti *pulsanti*, il cui bottone può essere azionato soltanto dopo aver infranto il *disco di vetro* che lo protegge. È chiaro che invece di due soli pulsanti avvisatori, come nella fig. 20, se ne possono avere anche di più, secondo l'estensione dell'impianto, naturalmente sempre *collegati in serie* tra loro.

Gli avvisatori del tipo ora descritto sono adatti solamente per piccole località, poichè l'allarme non precisa il luogo in cui si è manifestato l'incendio. Si potrebbero naturalmente prevedere parecchi circuiti di riposo, ma un siffatto impianto sarebbe troppo costoso. Per questa ragione i semplici *avvisatori a pulsante* sono stati sostituiti dai cosiddetti « *avvisatori ad indice* », il cui funzionamento è descritto qui appresso.

Nel *circuito di riposo* sono inseriti in serie tutti i vari segnalatori, nei quali la corrente passa attraverso ad una *molla*,  $F$ , e ad un *contatto*,  $K$  (vedasi fig. 22). Nella posizione di riposo, la molla poggia mediante un *nasello* sul *segmento isolante*  $J$  di una *ruota in parte dentellata*. Quando la ruota gira nel senso della freccia, il contatto  $K$ , viene successivamente aperto per tante volte quanti sono i denti della ruota. Nell'esempio della figura, la ruota ha 8 denti e quindi il circuito verrà interrotto per 8 volte consecutive. In un altro segnalatore la ruota avrà, per esempio, 7 denti, e interromperà quindi il circuito per 7 volte, e così via. In ogni avvisatore è montata un ruota di questo genere; il *bottone d'azionamento* non ha altra funzione che quella di togliere l'arresto della ruota, la quale si mette in moto sotto l'azione di una *molla*.

Il dispositivo ricevente nel circuito locale di questi avvisatori d'incendio è uno *strumento ad indice*, una specie d'orologio col quadrante suddiviso in *vari numeri di segnalazione*. Ad ogni interruzione della corrente di riposo viene eccitata un *elettromagnete*, la cui ancoretta libera una *ruota dentata*, azionata da un *peso*. In tal modo l'*indice* avanza di un numero ad ogni impulso, fermandosi al numero dell'avvisatore azionato.

Contemporaneamente squilla la *suoneria d'allarme*.

Poichè l'ubicazione dei vari avvisatori d'incendio è nota, la centrale è avvertita del luogo in cui si è manifestato l'incendio.

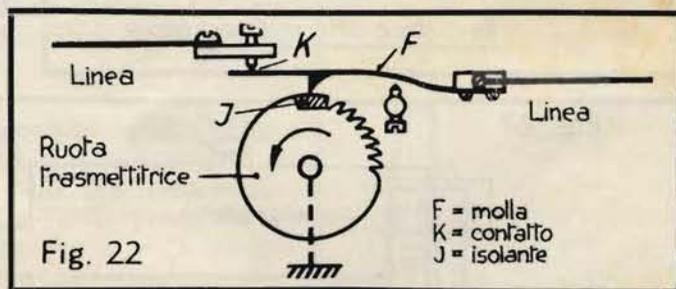
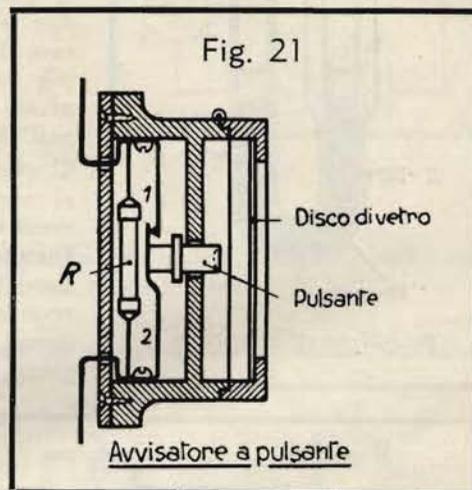
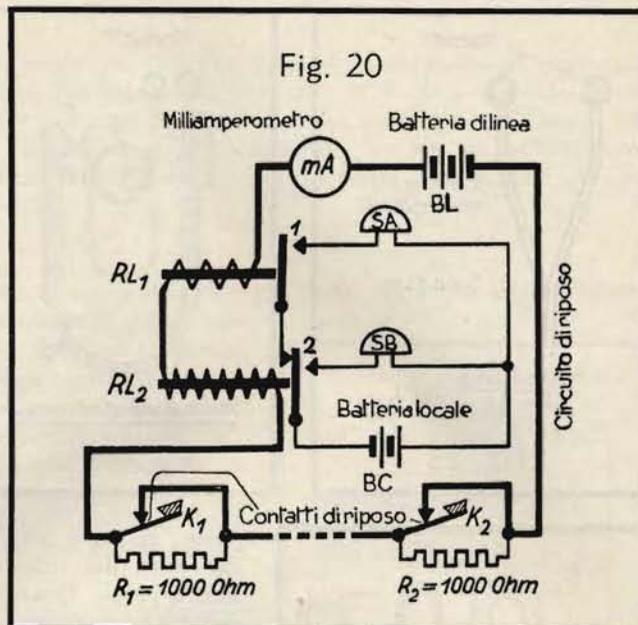
Per varie ragioni è importante poter registrare le segnalazioni d'incendio. Possono servire a questo scopo dei *ricevitori Morse*, che segnano tanti punti quanti sono gli impulsi trasmessi dalla ruota dell'avvisatore.

Rimane così registrato automaticamente il numero dell'avvisatore azionato. Sulla striscia del ricevitore Morse vien stampata inoltre l'ora in cui è pervenuta la segnalazione. Invece di un ricevitore Morse, negli impianti più moderni s'impiegano degli speciali *apparecchi registratori scriventi*.

#### Avvisatori automatici d'incendio e di pericolo.

Gli *avvisatori automatici d'incendio* si usano nei *locali pubblici, teatri, magazzini, stabilimenti, ecc.*

L'*avvisatore a saldatura fondente* (fig. 23) è costituito da *due lamine molleggianti* saldate assieme con una lega a basso punto di fusione. Quando la temperatura supera i  $75^\circ \text{C}$ , la saldatura fonde, interrompendo il circuito. Le due lamine sono inserite nel *circuito di riposo* di un *impianto d'allarme*, che entra in funzione non appena detto circuito di riposo è interrotto.



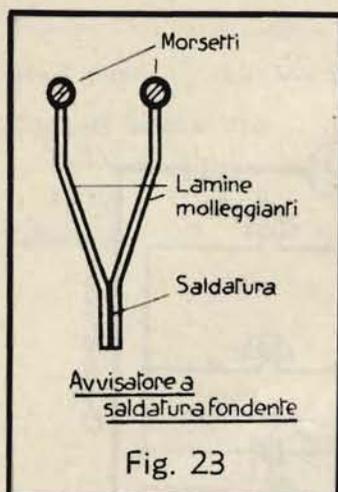


Fig. 23

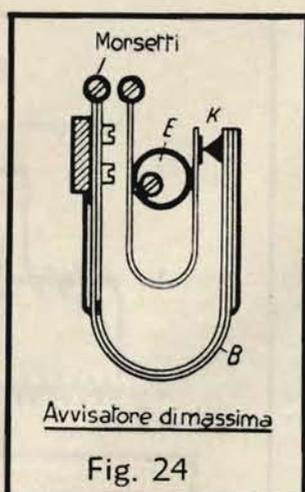


Fig. 24

L'avvisatore di massima (fig. 24) è costituito da un cosiddetto « bimetallo B », cioè da due lamine di metalli differenti, saldate assieme per il lungo.

Quando vengono riscaldate, le due lamine si dilatano in misura differente. Nell'interno è situato il metallo che si dilata di più, per cui il bimetallo si allarga, aprendo il contatto K. Parecchi di questi avvisatori vengono collegati in serie nel circuito di riposo di un impianto d'allarme. Un eccentrico, E, consente di regolare l'avvisatore, in modo che il contatto si apra ad una determinata temperatura dell'ambiente.

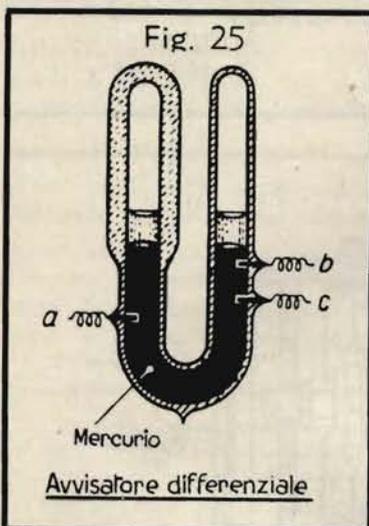


Fig. 25

L'avvisatore differenziale (fig. 25) è costituito da un tubo di vetro a U contenente mercurio. Sopra il mercurio, si trova una piccola quantità di liquido facilmente evaporabile. Uno dei rami del tubo possiede una parete di spessore maggiore di quello dell'altro ramo. Quando la temperatura dell'ambiente in cui si trova l'avvisatore aumenta lentamente, l'avvisatore non viene azionato perchè, evaporando uguale quantità di liquido in entrambi i rami, la pressione rimane uguale dalle due parti. Se invece la temperatura aumenta rapidamente, come avviene in caso d'incendio, il liquido contenuto nel ramo a parete sottile evapora molto più rapidamente di quello contenuto nell'altro ramo. Di conseguenza nel primo ramo si manifesta una sovrappressione, che provoca la salita del mercurio nell'altro ramo. Vengono aperti in tal modo i due contatti di platino b e c. Il circuito di riposo, al quale è allacciato l'avvisatore differenziale, fa capo ai contatti a e b. Si può far provocare un allarme preliminare dal contatto b, mentre l'apertura del contatto c fa entrare in funzione l'allarme principale. Quanto più rapido è l'aumento di temperatura, tanto più celermente funzionano tali contatti, indipendentemente dalla temperatura iniziale. Quando invece la temperatura aumenta lentamente, per esempio nel caso di combustioni senza fiamma, gli avvisatori di questo tipo non funzionano. Per questa ragione, in pratica, si preferisce sempre prevedere anche degli avvisatori di massima.

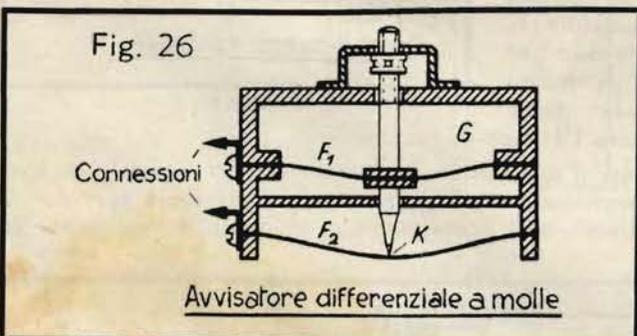


Fig. 26

L'avvisatore differenziale (fig. 25) è costituito da un tubo di vetro a U contenente mercurio.

Sopra il mercurio, si trova una piccola quantità di liquido facilmente evaporabile. Uno dei rami del tubo possiede una parete di spessore maggiore di quello dell'altro ramo. Quando la temperatura dell'ambiente in cui si trova l'avvisatore aumenta lentamente, l'avvisatore non viene azionato perchè, evaporando uguale quantità di liquido in entrambi i rami, la pressione rimane uguale dalle due parti. Se invece la temperatura aumenta rapidamente, come avviene in caso d'incendio, il liquido contenuto nel ramo a parete sottile evapora molto più rapidamente di quello contenuto nell'altro ramo. Di conseguenza nel primo ramo si manifesta una sovrappressione, che provoca la salita del mercurio nell'altro ramo. Vengono aperti in tal modo i due contatti di platino b e c.

Il circuito di riposo, al quale è allacciato l'avvisatore differenziale, fa capo ai contatti a e b. Si può far provocare un allarme preliminare dal contatto b, mentre l'apertura del contatto c fa entrare in funzione l'allarme principale. Quanto più rapido è l'aumento di temperatura, tanto più celermente funzionano tali contatti, indipendentemente dalla temperatura iniziale. Quando invece la temperatura aumenta lentamente, per esempio nel caso di combustioni senza fiamma, gli avvisatori di questo tipo non funzionano. Per questa ragione, in pratica, si preferisce sempre prevedere anche degli avvisatori di massima. La fig. 26 rappresenta un avvisatore differenziale d'altro tipo. Le due molle  $F_1$  ed  $F_2$  ne sono le parti principali. Quando la temperatura aumenta lentamente, le due molle si flettono in ugual misura ed il contatto di riposo K rimane chiuso. Se invece la temperatura sale rapidamente, la molla  $F_2$  si dilata più celermente della molla  $F_1$ , racchiusa nella custodia G, interrompendo di conseguenza il contatto K.

Misura elettrica a distanza della temperatura.

La fig. 27 rappresenta un impianto di segnalazione di pericolo basato sulla misura a distanza della temperatura. È necessario, ad es., controllare la temperatura dei supporti di macchine, affinché questi non corrano pericolo di guastarsi per soverchio riscaldamento.

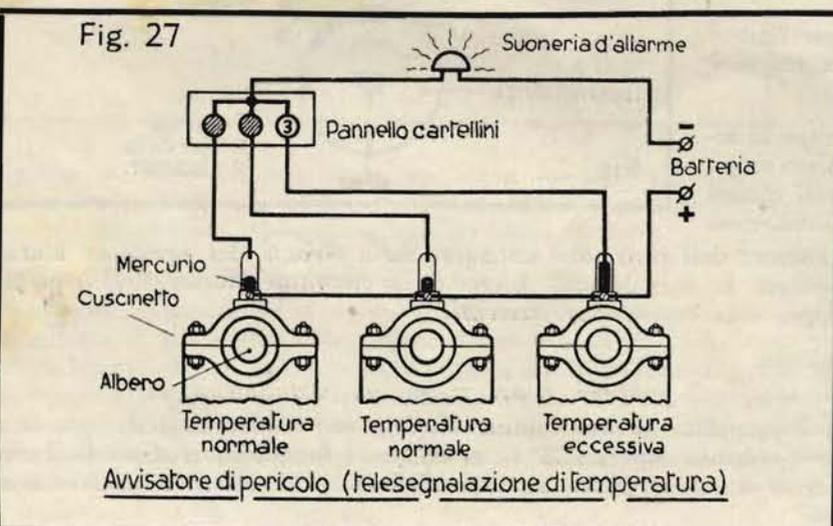


Fig. 27

I contatti a mercurio sui supporti sono connessi in parallelo e collegati col polo positivo di una batteria. Quando un supporto si riscalda eccessivamente, il mercurio sale nel bulbo fino a far contatto con un filo di platino saldato nel vetro del bulbo. Rimane così chiuso un circuito che porta, da questo contatto, al polo negativo della batteria, attraversando un dispositivo segnalatore a cartellini ed una suoneria d'allarme. Il dispositivo a cartellini serve a segnalare di quale supporto si tratta.

## Termometri elettrici a resistenza.

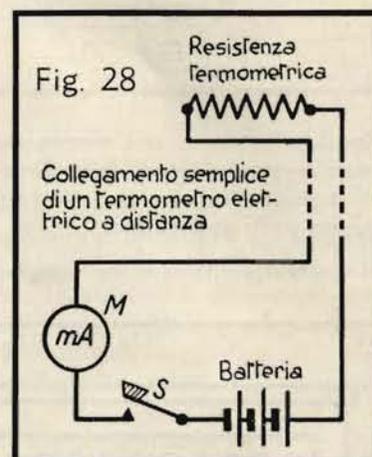
Questi termometri per misure a distanza si giovano della proprietà dei materiali di aumentare di resistenza elettrica con la temperatura. Questo fenomeno vi è già stato spiegato nella Dispensa n. 9. Si pone quindi una resistenza variabile con la temperatura nel posto in cui si vuole appunto misurare la temperatura. Questa resistenza viene inserita in un circuito (fig. 28), nel quale si può allacciare, per esempio, anche un milliamperometro, potendosi in tal modo effettuare la lettura a distanza della temperatura. La scala del milliamperometro può infatti esser tarata direttamente in gradi centigradi.

## Misura della temperatura per mezzo di termocoppie.

Com'è possibile generare calore per mezzo della corrente elettrica (p. es., nei ferri da stiro, nelle stufette elettriche, ecc.), così è anche possibile ottenere una corrente elettrica per mezzo del calore. Quando due metalli differenti vengono congiunti tra loro mediante una saldatura e questa viene riscaldata, essi costituiscono una cosiddetta « termocoppia », capace di erogare corrente elettrica. La tensione generata è però molto piccola, per cui le termocoppie s'impiegano generalmente soltanto per scopi di misura. Allacciando una siffatta termocoppia ad un millivoltmetro, la cui scala sia tarata in gradi centigradi, è possibile leggere direttamente la temperatura dell'ambiente nel quale si trova la saldatura (« giunto caldo ») della termocoppia. La tensione aumenta o diminuisce nel medesimo modo in cui sale o scende la temperatura.

Per le misure di temperatura (misure pirometriche) s'impiegano termocoppie composte dei seguenti metalli o leghe:

- per temperature fino a  $800^{\circ}$  C: ferro e costantana;
- per temperature fino a  $1100^{\circ}$  C: nichel e nichelcromo;
- per temperature fino a  $1600^{\circ}$  C: platino e platinorodio.



## TELEFONIA

### La centrale telefonica

Nella precedente Dispensa abbiamo trattato del *selettore di linea*, constatando che questo sistema è sufficiente soltanto per un piccolo numero di utenti, situati vicendevolmente a distanze non rilevanti.

Non appena i singoli utenti sono disposti a distanze maggiori e si supera un certo numero di stazioni, è necessario affidare il compito di stabilire le comunicazioni tra i diversi utenti ad un apposito *centralino di smistamento*. Negl'impianti di questo genere ogni utente è collegato per mezzo di una sola linea bipolare con la centrale, ove viene allacciato, secondo sua richiesta, con un'altra linea. La centrale provvede quindi ad effettuare il collegamento tra gli utenti. Nelle centrali degli impianti attualmente in uso si trovano le batterie, le macchine per chiamate e per le segnalazioni, i contatori di comunicazioni ed altri organi analoghi. Si distinguono fondamentalmente due specie di centrali: i centralini manuali ed i centralini automatici.

Il funzionamento dei due gruppi risulta dalla loro designazione. Si parla di « centralini manuali » quando i collegamenti vengono eseguiti a mano, conformemente al desiderio degli utenti chiamanti. Nel sistema automatico invece, oggi preponderante, l'utente chiamante è in grado di comandare direttamente, dal suo apparecchio, gli organi di commutazione della centrale e di collegarsi da solo con l'utente desiderato.

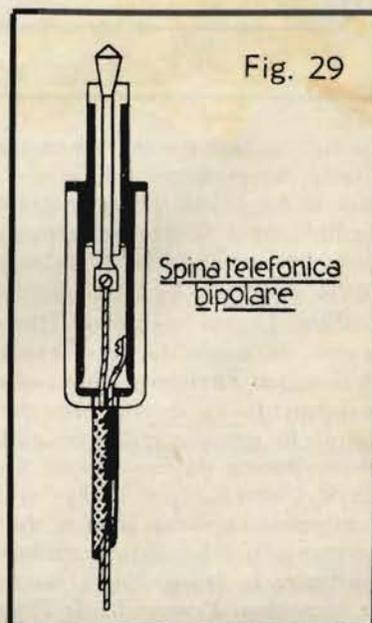
### La centrale manuale.

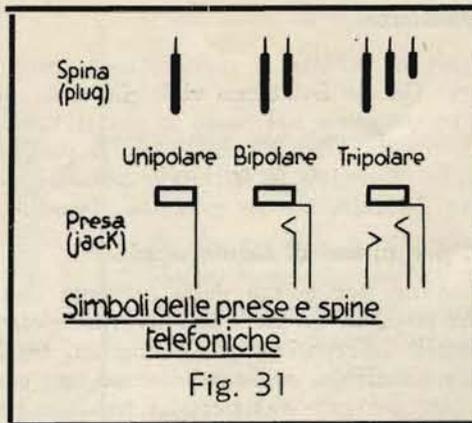
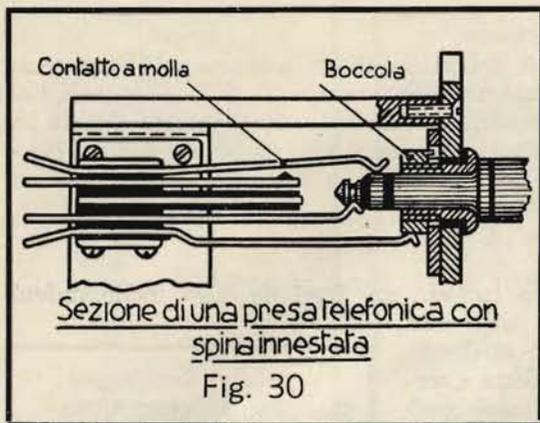
Nel servizio manuale occorre collegare tra loro due utenti per mezzo di un elemento di connessione. Si usano, come organi maneggevoli e sicuri di collegamento, le cosiddette « spine » e « prese ».

### Spine e prese telefoniche.

La fig. 29 mostra com'è fatta una semplice *spina telefonica bipolare*, detta anche « plug » (leggi « plugh »). Un polo porta alla punta metallica, l'altro è collegato con l'involucro, isolato dalla punta. Il tutto ha una forma cilindrica, in modo che la spina si possa infilare facilmente nella presa, senza bisogno di particolari accorgimenti. La presa, detta anche « jack » (leggi « gecch ») è costituita da una *hoccoletta metallica*, che costituisce un polo, e da una *lamina di contatto*, che costituisce l'altro polo. Questa molla a lamina è disposta in modo da far contatto con la punta della spina, agganciandosi alla parte conica posteriore della stessa ed impedendo in tal modo alla spina di sfilarsi (fig. 30). All'atto dell'introduzione della spina nella presa la molla viene spostata e si possono realizzare a questo modo vari generi di commutazioni. È possibile, per esempio, interrompere un contatto, preesistente tra questa molla ed un'altra, oppure, inversamente, stabilirlo. La medesima operazione si può effettuare anche con più poli, dato che esistono anche spine multipolari. La fig. 30 mostra, p. es., una spina tripolare con contatto di scambio.

I simboli delle differenti spine e prese sono riportati nella fig. 31. Le spine



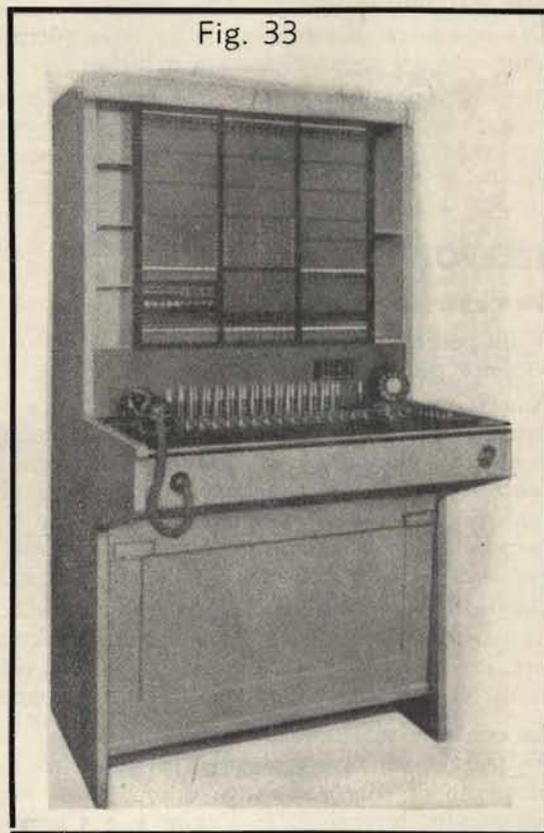
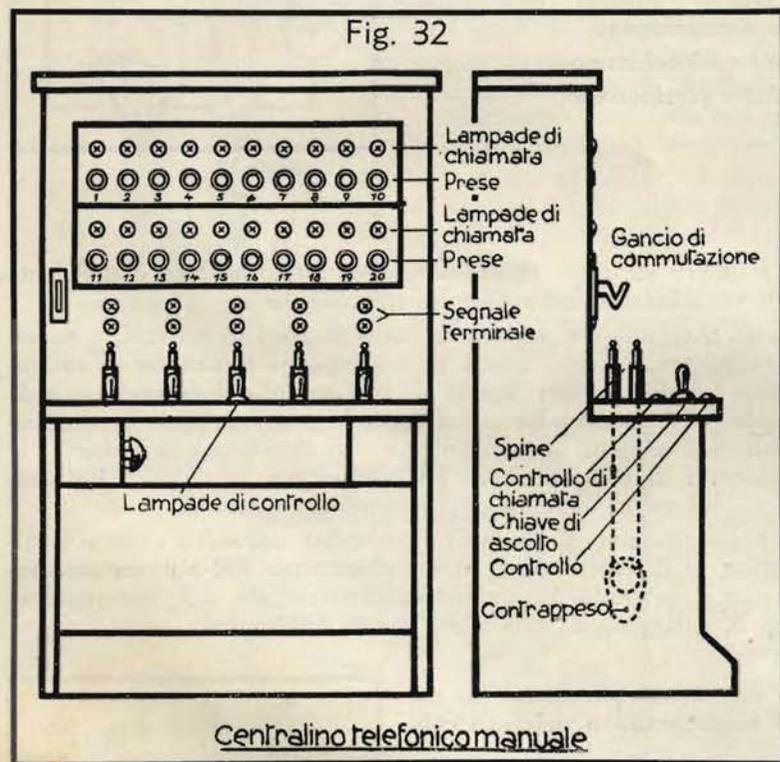


sono collegate a due a due per mezzo di appositi *conduttori*, i cosiddetti « *cordoni* », contenuti nell'armadio del centralino. Per eseguire il collegamento non si fa altro che infilare le due spine del medesimo cordone nelle prese dei due utenti.

Occorre naturalmente che l'utente, il quale

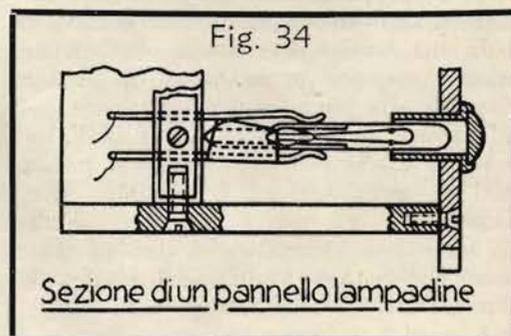
desidera ottenere una comunicazione, possa farsi notare dal personale di servizio della centrale. In passato si usavano a questo scopo dei *relè a sportellino cadente*, dei quali non occorre che ci occupiamo, dato che oggi non si trovano più che nei centralini antiquati. Attualmente, per detti scopi di segnalazione, si usano esclusivamente delle *lampadine*.

### Il centralino telefonico manuale.



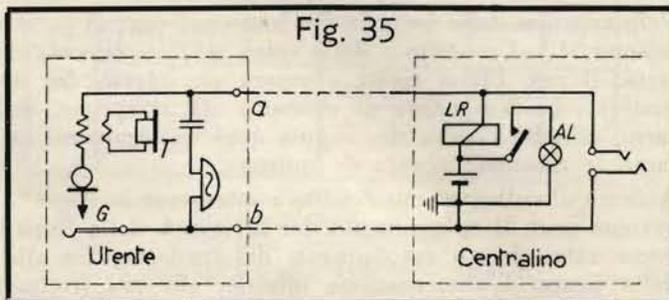
La fig. 32 rappresenta schematicamente un *centralino manuale con lampadine*. I collegamenti si realizzano mediante *commutatori a levetta* e *cordoni con spine*. Le segnalazioni vengono date dalle lampadine. La fig. 33 mostra la fotografia di un centralino di costruzione della « *Albiswerke Zürich AG* ». Si osservano le piccole lampadine sopra le file delle prese. Sopra i pannelli occupati da prese si trova dell'altro spazio disponibile, previsto nell'eventualità di un ampliamento della centrale.

Nella fig. 34 si vede in sezione il montaggio di una piccola lampadina. Queste minuscole lampadine hanno un diametro di soli 8 mm, in modo da poter riunire, nel ristretto spazio disponibile, il maggior numero di lampadine. Le lampadine sono coperte anteriormente da *vetrini semisferici* (lenti), di colore differente secondo lo scopo a cui sono adibite. Queste lampadine sono dotate generalmente di *due diversi filamenti* collegati in parallelo. Quando il filamento più acceso si brucia, resta ancora percepibile la luminescenza meno intensa dovuta al secondo filamento, la quale, mentre attua la solita segnalazione, avverte pure che è necessario sostituire la lampadina. Questo dispositivo aumenta notevolmente la sicurezza d'esercizio dell'impianto.



### Lo schema di un centralino.

Dopo aver conosciuto le parti principali di un centralino manuale, osserviamone uno schema semplificato. Come già sapete, si evita, in pratica, di alimentare delle lampadine, sia pur piccole, attraverso una lunga linea; è indispensabile quindi l'adozione di un relè. Per ogni utente occorre quindi un'attrezzatura conforme a quella della fig. 35. Osserviamo brevemente l'apparecchio dell'utente. Esso comprende il microfono col telefono *T* allacciato attraverso la bobina d'induzione e l'interruttore a forcetta *G*. Il modo di collegamento della suoneria costituisce un'interessante applicazione della separazione della corrente continua dall'alternata, per mezzo di un condensatore. La corrente alternata di chiamata, destinata ad eccitare la suoneria, attraversa quest'ultima passando per il condensatore, anche se il ricevitore non è stato distaccato e l'interruttore a forcetta è quindi aperto. Il relè *LR*, invece, è eccitato dalla corrente proveniente dalla batteria, ma soltanto nel momento in cui, sollevato il ricevitore, la corrente continua trova la via aperta attraverso al microfono ed alla bobina d'induzione. Con ciò abbiamo già determinato il funzionamento dell'impianto: l'utente solleva infatti il microtelefono, il relè *LR* si eccita ed accende la cosiddetta « lampadina di chiamata » *AL*. L'operatrice del centralino possiede anch'essa un microtelefono, completo di batteria microfonica e di bobina d'induzione ed allacciato ad un cordone con spina, che essa inserisce nella boccola dell'utente chiamante. L'operatrice ha in tal modo la possibilità di parlare con l'utente e di farsi dire il numero col quale desidera esser collegato. Quest'operazione si chiama, in linguaggio tecnico, « informazione ». I due utenti vengono quindi collegati tra loro e allacciati nello stesso tempo alla batteria microfonica, dopo di che si svolge la conversazione. Effettivamente un impianto reale è un po' più complicato di quello ora descritto (vedasi fig. 36 più sotto).



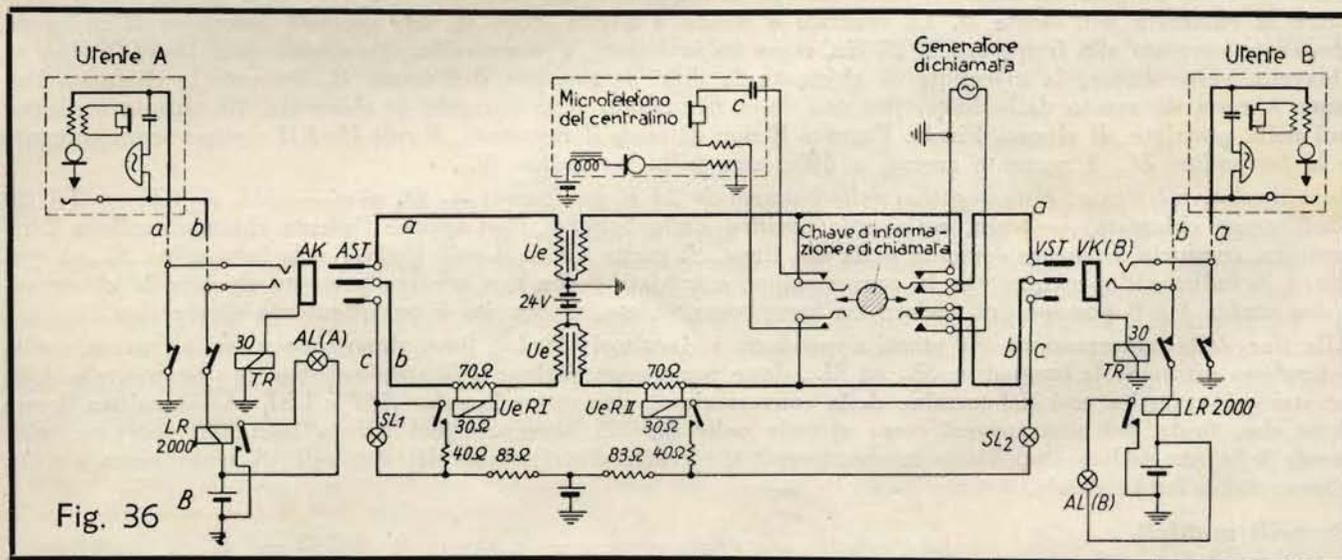
Nella fig. 36 si riconoscono, a destra ed a sinistra, gli apparecchi degli utenti, uguali a quello della fig. 35. Ora però viene qualcosa di nuovo. Oltre alla linea di due fili, che designeremo con *a* e *b*, proveniente dagli utenti, c'è infatti nella centrale un terzo filo, il cosiddetto « conduttore », *c*, che serve per effettuare determinate commutazioni nella centrale e per provocare delle segnalazioni. Per esser in grado di leggere correttamente e di comprendere gli schemi, è necessario conoscere alcune convenzioni. I contatti di relè sono sempre disegnati nella posizione in cui si trovano, quando il rispettivo avvolgimento non è percorso dalla corrente. I contatti di riposo sono quindi disegnati sempre chiusi, quelli di lavoro, aperti. (Rileggete a questo proposito quanto abbiamo esposto nella Dispensa N. 2 e nella Dispensa N. 7). Si fanno delle eccezioni solamente nel caso che si voglia rappresentare un particolare istante di funzionamento. C'è poi una convenzione che forse vi sorprenderà. Nella fig. 36 sono disegnate varie batterie. Naturalmente nella centrale esiste una sola, grossa batteria. Poichè però lo schema risulterebbe troppo confuso se vi fossero tracciati numerosi collegamenti con la medesima batteria, si preferisce ripetere il simbolo della batteria nei differenti punti d'alimentazione.

I contatti di relè sono sempre disegnati nella posizione in cui si trovano, quando il rispettivo avvolgimento non è percorso dalla corrente. I contatti di riposo sono quindi disegnati sempre chiusi, quelli di lavoro, aperti. (Rileggete a questo proposito quanto abbiamo esposto nella Dispensa N. 2 e nella Dispensa N. 7).

Si fanno delle eccezioni solamente nel caso che si voglia rappresentare un particolare istante di funzionamento. C'è poi una convenzione che forse vi sorprenderà. Nella fig. 36 sono disegnate varie batterie. Naturalmente nella centrale esiste una sola, grossa batteria. Poichè però lo schema risulterebbe troppo confuso se vi fossero tracciati numerosi collegamenti con la medesima batteria, si preferisce ripetere il simbolo della batteria nei differenti punti d'alimentazione.

Si fanno delle eccezioni solamente nel caso che si voglia rappresentare un particolare istante di funzionamento. C'è poi una convenzione che forse vi sorprenderà. Nella fig. 36 sono disegnate varie batterie. Naturalmente nella centrale esiste una sola, grossa batteria. Poichè però lo schema risulterebbe troppo confuso se vi fossero tracciati numerosi collegamenti con la medesima batteria, si preferisce ripetere il simbolo della batteria nei differenti punti d'alimentazione.

Si fanno delle eccezioni solamente nel caso che si voglia rappresentare un particolare istante di funzionamento. C'è poi una convenzione che forse vi sorprenderà. Nella fig. 36 sono disegnate varie batterie. Naturalmente nella centrale esiste una sola, grossa batteria. Poichè però lo schema risulterebbe troppo confuso se vi fossero tracciati numerosi collegamenti con la medesima batteria, si preferisce ripetere il simbolo della batteria nei differenti punti d'alimentazione.



### Il circuito.

Seguiamo ora lo schema con attenzione.

L'utente A desidera effettuare una conversazione e solleva il ricevitore dalla forcetta. In questo istante rimane chiuso il seguente circuito: Polo negativo della batteria B — relè *LR* (2000) — contatto di destra del relè *TR* — filo *b* — apparecchio dell'utente A (forcetta, microfono, bobina d'induzione) — filo *a* — contatto di sini-

stra del relè TR — terra, ossia batteria (perchè il polo positivo della batteria è sempre messo a terra). Il circuito risulta pertanto chiuso.

Il relè LR 2000 si eccita e di conseguenza si accende la lampadina AL, avvertendo l'operatrice del centralino che l'utente A desidera una comunicazione. L'operatrice introduce allora la spina d'informazione AST dell'apparecchio di collegamento, contenuto nella parte anteriore del centralino, nella presa AK dell'utente chiamante. Contemporaneamente vengono provocate alcune commutazioni per mezzo del filo c. Seguite ora il circuito del filo c:

*Polo negativo della batteria* (in basso nel centro) — attraverso la resistenza di 83 ohm e la lampada di segnalazione  $SL_1$  al contatto c della spina AST — boccola AK — relè TR 30 — terra, ossia polo positivo della batteria. Il relè TR si eccita e separa per mezzo dei suoi due contatti i fili a e b della linea, dalla terra e dalla batteria. La lampadina di chiamata AL si spegne, poichè il relè LR 2000 rimane senza corrente. Ciò è necessario, affinchè l'operatrice sappia quali collegamenti ha già effettuato; le lampadine accese devono indicare soltanto le chiamate ancora da smistare.

Assieme al collegamento del filo c attraverso la spina AST e la boccola AK, attraverso la suddetta spina AST avviene pure il collegamento dei fili a e b della linea dell'utente. Come vedete, l'utente è ora collegato attraverso entrambi gli avvolgimenti del traslatore Ue alla batteria da 24 V, il cui simbolo si vede nel mezzo della figura. L'alimentazione iniziale, che nel frattempo è stata distaccata dal relè TR, il cosiddetto « relè di separazione », non occorre quindi più.

Nel nuovo circuito d'alimentazione si trova, in basso a sinistra, una resistenza da 70 ohm e parallelamente ad essa un relè, Ue RI, che viene quindi eccitato anch'esso. La lampadina  $SL_1$ , con una resistenza di 40  $\Omega$ , non fa quindi nemmeno in tempo ad accendersi; contrariamente a quanto abbiamo detto più sopra. L'operatrice commuta ora la chiavetta d'informazione e di chiamata (una levetta situata sul tavolo del centralino), spostandola verso sinistra, e si mette in tal modo in comunicazione con l'utente chiamante per averne le disposizioni.

Il condensatore nell'apparecchiatura d'ascolto dell'operatrice serve ad un duplice scopo. In primo luogo impedisce alla corrente continua d'attraversare il ricevitore telefonico. Secondariamente, permette all'operatrice di constatare se un utente è occupato. Quest'ultimo scopo serve soltanto per i pannelli multipli nei quali, come vedremo nel paragrafo successivo, ogni utente è allacciato a più prese, collegate in parallelo; infatti nel caso di una presa unica si vede subito se nella stessa è infilata una spina o no.

Per verificare se un utente è occupato, l'operatrice tocca con la punta della spina VST la boccola VK (filo c) della presa dell'utente richiesto. Se questo è già occupato, attraverso al relativo filo c passa della corrente e di conseguenza la boccola VK non si trova più alla tensione della terra. In tal caso l'operatrice ode nel suo ricevitore un crepitio dovuto alla carica del condensatore, ed è così avvertita che l'utente è occupato. Se invece l'utente è libero, la boccola VK si trova alla tensione della terra, l'operatrice non ode nulla e può proseguire nell'operazione di collegamento, infilando a fondo la spina. In molti impianti si usano anche delle cosiddette « lampade di occupato », che accendendosi brevemente indicano che l'utente ha già in corso una conversazione.

Mentre si trova col proprio apparecchio inserito in linea attraverso la chiavetta d'informazione e di chiamata, l'operatrice constata quindi che l'utente richiesto è libero, ed infila la spina VST nella presa VK (B). Si eccita allora (attraverso al filo c) il relè di separazione TR dell'utente richiesto. I contatti di questo relè separano il relè LR, rendendo impossibile l'accensione della lampada di chiamata AL (B). La tensione della batteria viene ora addotta all'utente B attraverso gli avvolgimenti del traslatore Ue. Occorre a questo punto effettuare la chiamata dell'utente B. La centrale è dotata a questo scopo di una speciale macchina di chiamata che eroga corrente alla frequenza di 25 Hz, come un induttore a manovella. Spostando per breve tempo la chiavetta verso destra, la macchina di chiamata fa agire la suoneria dell'utente B. Durante la chiamata l'utente A resta distaccato dalla linea, per non esser disturbato dalla corrente di chiamata. La chiavetta ritorna poi nella posizione di riposo. Finchè l'utente B non distacca il ricevitore, il relè Ue RII rimane senza corrente e la lampadina  $SL_2$  è pertanto accesa, a differenza della lampadina  $SL_1$ .

Ecco il relativo circuito: *Polo negativo della batteria da 24 V* (in basso) — 83 ohm —  $SL_2$  — VK — TR 30 (dell'utente chiamato) — terra, ossia polo positivo della batteria. Non appena l'utente chiamato solleva il ricevitore, comincia a passare corrente nella sua linea. Si eccita allora il relè Ue RII e la lampadina  $SL_2$  si spegne. Ciò indica all'operatrice che la conversazione è iniziata e che non occorre pertanto ripetere la chiamata. I due utenti A e B possono ora parlare tra loro; come vedete, il circuito è perfettamente simmetrico.

Alla fine della conversazione gli utenti appendono i ricevitori; le due linee rimangono prive di corrente e si accendono entrambe le lampadine  $SL_1$  ed  $SL_2$ , dette per questa ragione « lampade di fine conversazione ». L'operatrice è avvertita così del termine della conversazione; essa estrae le spine AST e VST ed abbandona il cordone che, tirato dal contrappeso, come si vede nella fig. 32, scompare nel tavolo lasciando sporgere solamente le punte delle spine. Viene interrotto così il circuito d'eccitazione dei due relè di separazione e tutto ritorna nello stato iniziale.

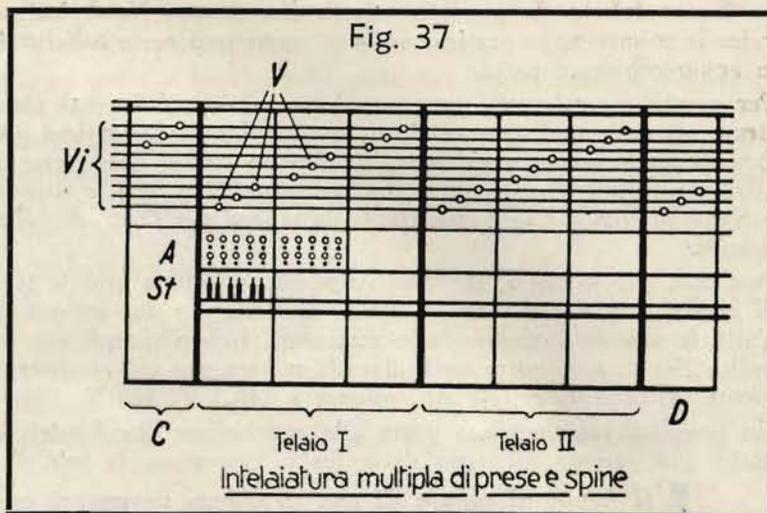
### Pannelli multipli.

Nelle piccole centrali, ove il numero degli utenti è limitato, è possibile collegare tra loro due utenti qualsiasi senza difficoltà, poichè tutte le prese occupano soltanto uno o due posti di lavoro e la lunghezza dei cordoni è quindi sufficiente per arrivare in qualsiasi caso da una presa all'altra. Nelle grandi centrali, che impiegano numerosi operatrici, è necessario prevedere dei cosiddetti « pannelli multipli ».

Supponiamo per esempio che la centrale abbia 10 000 utenti e che ciascuna operatrice ne debba servire 100. Occorrono allora 100 posti di lavoro. La fig. 37 mostra una parte di un'intelaiatura a pannelli multipli di que-

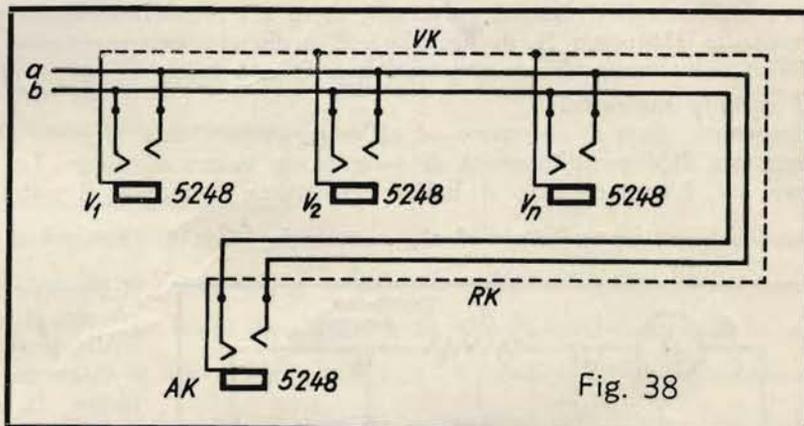
sto genere. Ogni intelaiatura serve per tre posti di lavoro. Ciascuna operatrice deve avere la possibilità di collegare ognuno dei 100 utenti, che le sono assegnati, con ognuno dei rimanenti 9999 utenti. Per far ciò occorre che in ogni intelaiatura siano accessibili le prese di tutti quanti gli utenti. Con 10 000 utenti, 100 posti di lavoro e 34 intelaiature occorre quindi che da ciascuna linea siano derivate 34 prese di collegamento, oltre alla presa d'informazione ed agli organi di chiamata.

Nella fig. 37 sono indicate schematicamente ( $V_i$ ) le linee che attraversano tutta la centrale a pannelli multipli, portando in ogni intelaiatura, in determinate posizioni, le prese  $V$ .



Nella fig. 38 è schizzato un particolare dello schema. I fili  $a$  e  $b$  provenienti dall'utente, che supponiamo abbia il N. 5248, passano dalle prese multiple  $V_1, V_2, \dots, V_n$  (rispettivamente nell'intelaiatura I, II, ecc.), e giungono quindi alla presa d'informazione  $AK$  N. 5248.

In ogni intelaiatura di pannelli multipli, di una centrale completa di 10 000 utenti, sono quindi contenute tutte le 10 000 prese; l'identica disposizione si ripete in ciascuna intelaiatura. Davanti al posto di ciascuna operatrice si trovano pertanto circa 3333 prese multiple; l'operatrice dev'essere in grado di raggiungere, dal suo posto, qualunque presa del proprio posto e dei due posti adiacenti. La prima e l'ultima operatrice di una fila d'intelaiature dispone a sinistra, rispettivamente a destra, di un'intelaiatura aggiuntiva,  $C$ , risp.  $D$  (fig. 37), sulla quale si trovano le prese del terzo mancante.



In certi casi ciascuna presa multipla viene pure dotata di una lampadina d'occupato ( $A$ ) dalla quale risulta se il rispettivo utente è libero o no. Queste lampadine s'illuminano in ciascuna intelaiatura nel momento in cui avviene la chiamata da parte di un utente, o quando questo viene collegato; si spengono al termine della conversazione.

### Domande

1. Perché le lampadine dei centralini telefonici posseggono generalmente due filamenti collegati in parallelo?
2. Qual è la causa che provoca l'accensione della lampadina  $SL_2$  al termine della conversazione? (fig. 36).
3. In quali casi occorre installare un cosiddetto « sistema a pannelli multipli »?

### Risposte

1. Le lampadine hanno due filamenti collegati in parallelo (uno dei quali s'illumina meno intensamente) affinché si possa notare subito se il filamento più chiaro è bruciato.
2. Appendendo il ricevitore alla forcella il circuito rimane interrotto. Si disaccende quindi il relè  $Ue RII$ , togliendo il corto circuito dalla lampada  $SL_2$ , la quale si accende.
3. Occorre installare i pannelli multipli quando il numero degli utenti è così grande che le comunicazioni non possono essere smistate soltanto da due o tre posti di lavoro.

## TECNICA DELLE MISURE

### Sensibilità e precisione degli strumenti di misura

Esistono due concetti fondamentali, che caratterizzano gli strumenti ed i circuiti di misura e che sono, purtroppo, soggetti ad una confusione continua: si tratta dei concetti di *sensibilità* e di *precisione*. Vogliamo perciò chiarire bene in che essi differiscono.

Cominciamo con la *sensibilità*. È la stessa cosa come nella vita: si dice che una persona è *sensibile*, quando reagisce al più piccolo stimolo. La sensibilità è caratterizzata pertanto dal rapporto tra l'effetto ottenuto e la causa che lo provoca. Per esempio, la sensibilità di un milliamperometro si può esprimere per mezzo dell'escursione, ossia dello spostamento, dell'indice, determinato da un'intensità di corrente di 1 mA.

Il concetto di *precisione* è invece strettamente collegato con quello della *riproducibilità*. Ciò significa, per esempio, che un voltmetro, ai morsetti del quale è allacciata la tensione di 210 volt, deve indicare sempre esattamente questo valore e non per caso una volta 208 V, un'altra 212 o addirittura 215 V. L'indicazione non

dev'essere falsata da possibili effetti disturbanti. Naturalmente si richiede sempre una certa cura nell'eseguire le misure e, in pratica, occorre ammettere certe *tolleranze*, che dipendono ovviamente dalla qualità delle apparecchiature usate.

Per queste ragioni sono state introdotte nell'uso differenti *classi di precisione* o di *bontà*, valevoli per gli strumenti indicatori. *Queste classi sono distinte dal massimo errore ammissibile, espresso in percento del valore di fondo scala considerato.* Vi diremo subito che queste classi di precisione ammettono, per gli strumenti universali d'uso comune, un errore dell'1 % per le misure di corrente continua e dell'1,5 % per quelle di corrente alternata. Ciò è importante da sapersi per l'uso degli strumenti e l'utilizzazione dei risultati delle misure.

Poniamo, per esempio, che uno strumento a bobina mobile (solo per corrente continua) appartenga alla classe di errore 1 %. Quali sono gli errori ammessi per una misura di 150 V? 1 % di 150 volt è uguale a 1,5 volt. Tutte le misure fatte con tale strumento hanno quindi una precisione di più o meno 1,5 volt. Quando esso indica 150 V, a meno di controllare la misura con uno strumento più preciso, non sappiamo se la tensione ammonta esattamente a 150 volt, oppure a 148,5 V, 149 V, 150,5 V oppure 151,5 V.

Un semplice ragionamento porta alla conclusione che l'indeterminatezza della misura è proporzionalmente molto più elevata all'inizio della scala, che verso la fine. Ecco quindi una buona regola:

Il campo di misura di uno strumento va sempre scelto in modo che l'indicazione cada nell'ultimo terzo della scala.

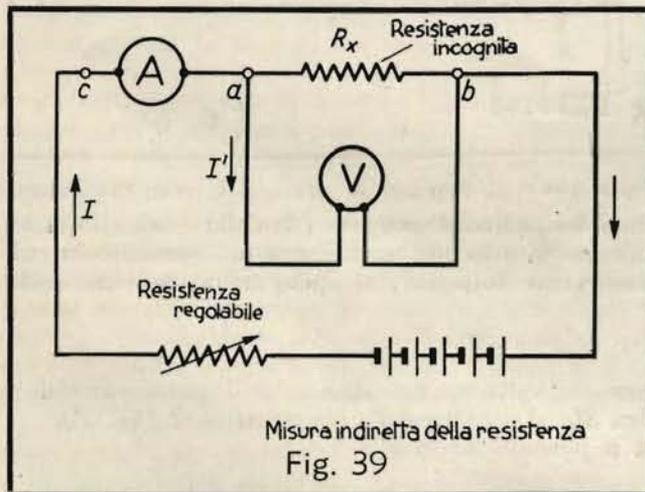
### Misure di resistenza.

In relazione agli strumenti universali, avete già conosciuto un sistema semplice per misurare il valore di una resistenza (Dispensa N. 8, fig. 31-c). È ovvio che una resistenza possa esser determinata anche con l'aiuto di un voltmetro e di un amperometro. Questo modo di misurare costituisce

### Il metodo indiretto.

Occorrono, oltre al *voltmetro* ed all'*amperometro*, una *sorgente di corrente* ed una *resistenza regolabile*, che permetta di dare all'intensità di corrente un valore adeguato. Lo schema del dispositivo è riportato nella figura 39. L'amperometro *A* indica la corrente *I*, mentre il voltmetro *V* indica la tensione ai morsetti *a* e *b*.

La resistenza incognita si calcola secondo la legge di Ohm ed è:  $R_x = \frac{V}{I}$ .



Il presupposto, perchè il procedimento possa esser applicato, è che la resistenza propria del voltmetro sia molto grande in confronto ad  $R_x$ . Solo in questo caso è lecito trascurare la corrente  $I'$  che attraversa il voltmetro, invece che al morsetto *a*, al morsetto *c*; il voltmetro indicherà allora però, oltre alla caduta di tensione in  $R_x$ , anche quella nell'amperometro. In entrambi i casi c'è quindi un piccolo errore di misura. I risultati si possono naturalmente correggere, conoscendo le resistenze interne degli strumenti adoperati. Si considera infatti il consumo di corrente del voltmetro, oppure la caduta di tensione dell'amperometro.

Mediante la resistenza regolabile, l'intensità di corrente può esser stabilita ad un valore qualsiasi. Anche i valori della tensione variano corrispondentemente. Il valore della resistenza, calcolato in base alla legge di Ohm, dovrebbe esser sempre lo stesso. Se ciò non è, si prende

la media di differenti misure.

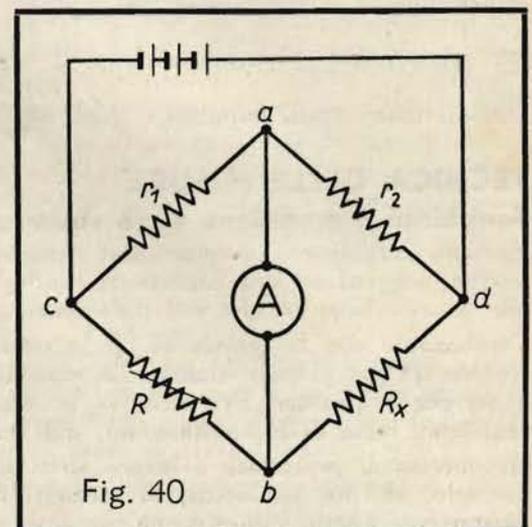
Questo metodo di misura è chiamato « *indiretto* », perchè prima si determinano la corrente e la tensione e si calcola da queste, e quindi per via indiretta, il valore della resistenza.

A prescindere dalle difficoltà soprammenzionate, sapete già, da quanto abbiamo detto in merito alla precisione degli strumenti di misura, che il metodo indiretto non consente una determinazione veramente esatta della resistenza. Poichè però è possibile fabbricare le resistenze con grande precisione, si è cercato un metodo di misura più perfetto. Esso è stato trovato dal fisico inglese Wheatstone (leggi uitston).

### Il ponte di Wheatstone.

Nella fig. 40 abbiamo 4 resistenze, collegate in modo da formare i lati di un quadrato. Nei punti *c* e *d* è allacciata una sorgente di corrente, mentre i punti *a* e *b* sono collegati con un *amperometro* (galvanometro) *A* ad elevata sensibilità.

Se il rapporto tra  $r_1$  ed  $r_2$  è stato fissato in modo favorevole, è possibile regolare la *resistenza variabile* *R* in modo che il galvanome-



tro venga a trovarsi sullo zero e non sussista quindi alcuna tensione tra i punti *a* e *b*.

In questo caso bisogna che le cadute di tensione, dai punti d'applicazione della batteria ai punti *a* e *b*, siano uguali. In altre parole, la tensione  $V_{ca}$  dev'essere uguale a  $V_{cb}$ , e così pure  $V_{ad} = V_{bd}$ .

( $V_{ca}$  indica, p. es., la tensione del punto *c* rispetto al punto *a*, ecc.).

Dato il presupposto da noi fatto, che cioè non passi alcuna corrente nel galvanometro, deve ovviamente passare la medesima corrente nelle resistenze  $r_1$  ed  $r_2$ : la chiamiamo  $i_1$ . La stessa cosa vale per le resistenze  $R$  ed  $R_x$ : la corrente che le attraversa sia  $i_2$ .

Possiamo pertanto esprimere le tensioni soprammenzionate servendoci delle correnti  $i_1$  ed  $i_2$ .

Abbiamo quindi:  $V_{ca} = r_1 \cdot i_1$ ;  $V_{cb} = R \cdot i_2$ ;  $V_{ad} = r_2 \cdot i_1$ ;  $V_{bd} = R_x \cdot i_2$

La condizione necessaria affinché il galvanometro sia privo di corrente è, come abbiamo già visto:

$$V_{ca} = V_{cb} \quad \text{e} \quad V_{ad} = V_{bd}$$

Poniamo in luogo delle sigle le espressioni ora trovate:  $r_1 \cdot i_1 = R \cdot i_2$ ;  $r_2 \cdot i_1 = R_x \cdot i_2$ .

Da queste due equazioni si deduce, con l'aiuto delle regole sulle proporzioni riportate nella Dispensa N. 9:

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{R}{r_1} = \text{, ossia: } i_1 : i_2 = R : r_1 \quad \text{e} \quad \frac{i_1}{i_2} = \frac{R_x}{r_2}, \text{ ossia: } i_1 : i_2 = R_x : r_2$$

Con l'occasione impariamo ora una regola importante:

■ *Due grandezze uguali ad una terza sono uguali tra loro.*

Poichè abbiamo trovato che  $\frac{i_1}{i_2} = \frac{R}{r_1}$  e  $\frac{i_1}{i_2} = \frac{R_x}{r_2}$ , possiamo dedurre che  $\frac{R}{r_1} = \frac{R_x}{r_2}$ .

Questa è la cosiddetta « *condizione d'equilibrio del ponte* », importante formula che, risolta per  $R_x$ , diventa:

$$R_x = \frac{R \cdot r_2}{r_1} \quad \text{Formula (42)}$$

Le resistenze  $r_1$  ed  $r_2$  si chiamano « *resistenze di rapporto* », poichè il risultato della misura dipende, oltrechè dal valore fissato sulla resistenza variabile  $R$ , anche dal rapporto  $\frac{r_2}{r_1}$ , come risulta dalla formula (42). Questo rapporto, detto « *rapporto del ponte* », viene scelto di caso in caso, secondo il valore approssimativo della resistenza da determinare. Se questa è molto piccola, conviene fare il rapporto  $\frac{r_2}{r_1}$  inferiore ad 1, per esempio  $\frac{r_2}{r_1} = \frac{10 \text{ ohm}}{1000 \text{ ohm}} = \frac{1}{100}$ . Dovendo invece misurare resistenze maggiori di 10 000 ohm, si fa  $\frac{r_2}{r_1}$  maggiore di 1, scegliendo  $r_2$  grande ed  $r_1$  piccolo.

Un buon *ponte di Wheatstone* consente di misurare le resistenze con una precisione di frazioni di millesimi; infatti questo sistema di misura non è influenzato da eventuali errori dello strumento, dato che questo viene azzerato.

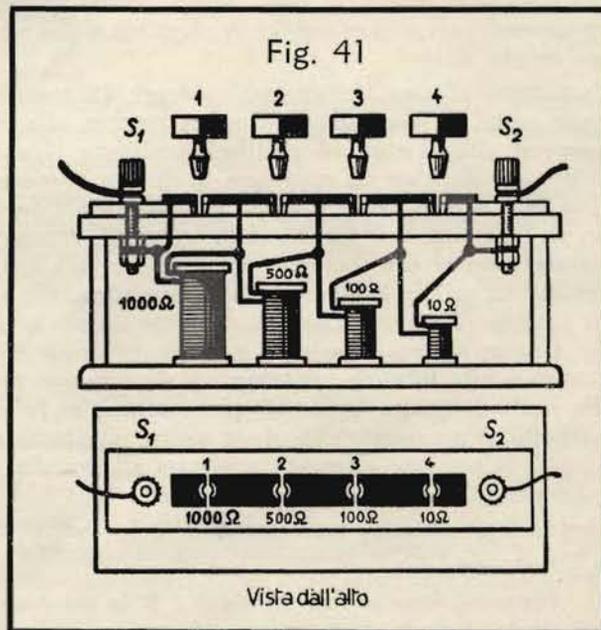
### Resistenze di misura.

Per misure di precisione s'impiegano resistenze di misura fabbricate in *manganina*. Questo materiale possiede un coefficiente di temperatura piccolissimo (v. Dispensa N. 9, ed assicura pertanto un'ottima costanza dei valori ohmici.

Ciò è assai importante, poichè le misure esatte sono possibili soltanto a condizione che le resistenze di confronto siano note e rimangano inalterate in tutte le condizioni d'impiego.

I fili di *manganina* sono avvolti su *bobine*; parecchie di queste bobine, di differente resistenza, sono riunite in una *cassetta* (fig. 41). Sul pannello della cassetta si trova una *sbarra di rame*, tagliata tante volte quante sono le bobine contenute nella cassetta. In ciascun intaglio della sbarra è praticato un *foro conico* nel quale si può innestare un apposito *spinotto d'ottone* o di *rame*. Quando lo spinotto è estratto, la bobina giacente tra le due corrispondenti sezioni della sbarra rimane inserita nel circuito; quando invece lo spinotto è introdotto nel foro, la bobina è cortocircuitata. Se tutti gli spinotti sono estratti, la corrente, per passare dal morsetto  $S_1$  al morsetto  $S_2$ , deve attraversare tutte quante le bobine della cassetta. La resistenza tra  $S_1$  ed  $S_2$  è uguale alla somma di tutte le resistenze; nel nostro caso (fig. 41) essa è  $1000 + 500 + 100 + 10 = 1610$  ohm. Se innestiamo lo spinotto 1 nel primo intaglio della barra, cortocircuitiamo la prima bobina (1000 ohm); la corrente non attraversa quindi più tale bobina. La resistenza tra  $S_1$  ed  $S_2$  è allora uguale a:  $500 + 100 + 10 = 610$  ohm.

È chiaro che una *resistenza a spinotti* di questo genere permette di formare differenti valori di resistenza.





Nella fig. 42 è visibile una cassetta di resistenze di confronto del tipo ora descritto, ma con molti spinotti, in modo da permettere numerose combinazioni.

Molto pratiche sono anche le cosiddette « resistenze decadiche » a commutatore. Esse contengono per ogni cosiddetta « decade » nove resistenze uguali (e per la decade più piccola dieci), collegate in serie e allacciate a contatti disposti a semicerchio, sopra i quali scorre la spazzola del commutatore. La corrente entra in corrispondenza al contatto dello zero ed esce dal contatto della spazzola.

Nella fig. 43 è rappresentata schematicamente una batteria di tre decenni. Molto usate sono le resistenze a 5 decenni, composte come segue:

1 <sup>a</sup> decade:	9 volte	1000 Ω	=	9000 Ω
2 <sup>a</sup> decade:	9 volte	100 Ω	=	900 Ω
3 <sup>a</sup> decade:	9 volte	10 Ω	=	90 Ω
4 <sup>a</sup> decade:	9 volte	1 Ω	=	9 Ω
5 <sup>a</sup> decade:	10 volte	0,1 Ω	=	1 Ω
				Totale = 10000 Ω

Fig. 42

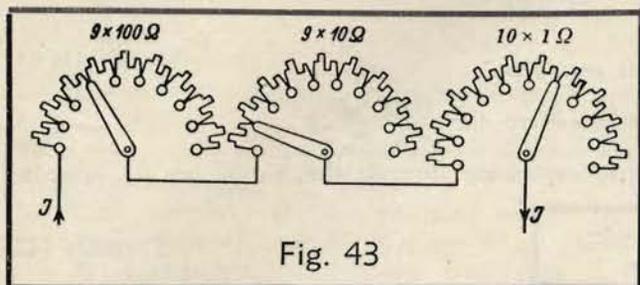


Fig. 43

Esamineremo nella prossima Dispensa alcuni altri metodi di misura delle resistenze. Dedicheremo ora, invece, la nostra attenzione alle valvole termoioniche ed al loro uso come amplificatrici, per approfondire le nozioni già acquisite sull'argomento.

## RADIOTECNICA

### La valvola termoionica come amplificatrice

#### Il valore dell'amplificazione.

Dopo aver stabilito ed ampliato le vostre conoscenze sulle valvole termoioniche nelle Dispense precedenti, osservate ora le valvole mentre funzionano. Il compito della valvola consiste nell'amplificare: una piccola causa deve provocare un grosso effetto. Più precisamente: una piccola tensione alternata di griglia deve provocare forti variazioni della corrente anodica, ossia un'intensa corrente alternata nel circuito anodico.

In tutti i ragionamenti che abbiamo fatto finora, abbiamo parlato sempre della tensione alternata di griglia e della corrente alternata di placca. Si tratta dunque di due grandezze di natura differente, che non si possono pertanto paragonare tra loro. Non è infatti possibile dire che 10 mA siano maggiori di 5 volt, come 5 kg non si possono paragonare con 10 m. Eppure si dovrebbe poter indicare l'amplificazione sotto forma di rapporto, ma in che modo?

Comunque ci sono alcune cose evidenti. La tensione erogata da un rivelatore fonografico basta a malapena per esser udita in una cuffia telefonica, mentre allacciando un altoparlante non si udirebbe nulla. Per far risuonare un altoparlante ad oscillazione libera (Dispensa N. 8), occorre inserirlo nel circuito anodico di una valvola amplificatrice ed applicare la debole tensione acustica, erogata dal rivelatore fonografico, tra la griglia ed il catodo della valvola stessa. Per provocare l'oscillazione della membrana dell'altoparlante occorre evidentemente una potenza, fornita dalla corrente alternata anodica. Tuttavia non è nemmeno possibile paragonare questa potenza con una potenza applicata alla griglia, poichè questa non esiste. Infatti lo scopo della polarizzazione di griglia è di sopprimere qualsiasi corrente di griglia, dimodochè non si può assolutamente parlare di potenza di griglia. Ciò che abbiamo imparato in precedenza ci serve anche in questo caso. Nella Dispensa N. 4 avete appreso che ogni potenza elettrica richiede l'esistenza di una corrente e di una tensione, conformemente alla formula: *potenza uguale tensione per corrente*. Naturalmente la presenza della valvola non cambia nulla di questa legge. Di conseguenza, se la corrente anodica deve esercitare una certa potenza nell'altoparlante, è necessario che ci sia anche una tensione anodica. Possiamo allora fare il rapporto tra questa tensione e la tensione alternata applicata alla griglia, e troviamo in tal modo una grandezza che ci permette di esprimere il valore dell'amplificazione.

Desideriamo chiarire nuovamente i vari concetti che interessano a questo riguardo.

#### A. Le tensioni.

- 1) *Tensione continua di griglia*  $V_g$ . È la tensione di riposo della griglia, detta anche « polarizzazione », derivata dalla batteria e generalmente negativa.
- 2) *Tensione alternata di griglia*  $v_g$ .  
Proveniente, per esempio, dalle oscillazioni trasmesse dal circuito oscillante alla griglia.
- 3) *Tensione continua di placca*  $V_a$ .  
È la tensione tra l'anodo ed il catodo, prelevata dalla batteria anodica. Generalmente si chiama « tensione anodica ».

## B. Correnti.

### 1) Corrente continua di placca $I_a$ .

È la corrente di riposo erogata dalla batteria anodica.

### 2) Corrente alternata di placca $i_a$ .

È costituita dalle oscillazioni della corrente anodica sovrapposte alla corrente di riposo, quando la griglia è soggetta ad una tensione alternata.

La potenza da fornire all'altoparlante si calcola come prodotto della *corrente alternata* di placca  $i_a$  per la *tensione alternata* di placca  $v_a$ . Quest'ultima però si manifesta soltanto se nel circuito anodico, viene inserito un consumatore.

Nella fig. 44 questo consumatore è rappresentato sotto forma di una resistenza  $R_a$  di valore elevato, p. es.  $10\text{ K}\Omega$ . Per ora non applichiamo alcuna tensione alternata alla griglia, dimodochè otteniamo nel circuito anodico soltanto una tensione continua. Questa corrente di riposo provoca, naturalmente, una caduta di tensione nella resistenza  $R_a$ ; di conseguenza la tensione agente sul tratto elettronico, tra l'anodo ed il catodo, non è più uguale alla tensione della batteria, ma risulta diminuita della caduta di tensione suddetta. Inserendo la resistenza, la tensione anodica è quindi ridotta, e precisamente, secondo la legge di Ohm, dell'importo  $I_a \cdot R_a$ .

Espressa matematicamente, abbiamo per la tensione anodica  $V_a$ , posta  $V_b$  la tensione della batteria, la seguente formula:

$$V_a = V_b - I_a \cdot R_a$$

Formula (43)

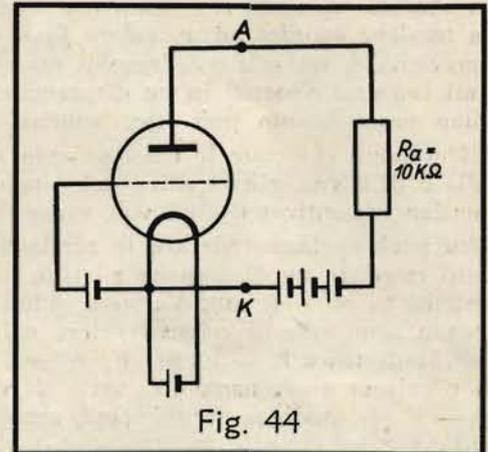


Fig. 44

Da questa formula risulta subito che la tensione anodica è tanto minore, quanto maggiore è la caduta di tensione nella resistenza  $R_a$ , ossia, dato che quest'ultima è costante, quanto maggiore è la corrente anodica  $I_a$ . Variando la corrente anodica di riposo  $I_a$ , varia quindi anche la tensione continua di placca  $V_a$ . Ma come si fa a variare la corrente anodica? Nulla di più facile: si applica una tensione alternata  $v_g$  alla griglia, e si ottiene una corrente alternata  $i_a$  sovrapposta alla corrente anodica di riposo  $I_a$ . La corrente anodica subisce in tal modo delle variazioni, che sono, a lor volta, causa di variazioni della tensione  $V_a$ , come risulta dalla formula (43).

*Riassumendo*: data una *tensione alternata* di griglia, si ottiene una *corrente alternata* di placca; questa a sua volta provoca una *caduta di tensione alternata* nella resistenza anodica. Abbiamo quindi nel circuito anodico una tensione alternata, il cui valore si determina dalla corrente anodica alternata  $i_a$  e dalla resistenza  $R_a$ .

Come nella formula (43), valida per la tensione continua di placca, possiamo scrivere per la tensione anodica alternata  $v_a$ :

$$v_a = - i_a \cdot R_a$$

Formula (44)

Naturalmente la tensione della batteria non rientra più nella formula per la tensione alternata. La tensione anodica alternata quindi, a prescindere dalla resistenza  $R_a$ , non dipende da altro che dalla corrente anodica alternata. La corrente anodica di riposo non esercita alcuna influenza diretta.

Apprenderete nel prossimo Capitolo in qual modo si possa determinare la corrente anodica alternata per una data tensione alternata di griglia, con l'aiuto delle caratteristiche della valvola. Comunque constatiamo nuovamente che, inserendo la resistenza  $R_a$ , abbiamo trovato il modo di ottenere una tensione anodica alternata, di cui possiamo paragonare il valore con la tensione alternata di griglia, stabilendo così la misura dell'amplificazione.

L'amplificazione di una valvola può quindi essere definita come segue:

*Amplificazione* =  $\frac{\text{tensione anodica alternata}}{\text{tensione alternata di griglia}}$ , ossia, espressa matematicamente:

$$\text{Amplificazione } a = \frac{v_a}{v_g}$$

Formula (45)

**Problema:** In una valvola amplificatrice si misurano i seguenti valori: tensione alternata di griglia:  $v_g = 1,2\text{ V}$ , corrente alternata di placca:  $i_a = 2,4\text{ mA}$ , resistenza anodica:  $R_a = 6\text{ 000 ohm}$ . Qual'è l'amplificazione?

**Soluzione:** Calcoliamo la tensione anodica alternata  $v_a$  con l'aiuto della formula (44):  $v_a = -i_a \cdot R_a = -2,4 \cdot 10^{-3} \cdot 6000 = -14,4\text{ V}$

e quindi l'amplificazione:  $a = \frac{v_a}{v_g} = \frac{-14,4}{1,2} = -12$ .

Il segno meno significa semplicemente che la tensione anodica diminuisce quando la tensione di griglia viene più positiva, e viceversa.

L'amplificazione è dunque, nell'esempio considerato, uguale a 12.

L'amplificazione è, in genere, notevolmente superiore ad 1 (per triodi 10 - 20). Essa è denominata: « amplificazione di tensione dello stadio amplificatore ».

In questo Capitolo abbiamo dunque fatto la seguente constatazione:

La grandezza dell'amplificazione di tensione non dipende soltanto dalla valvola, ma è pure fortemente influenzata dal valore della resistenza inserita nel circuito anodico.

#### La retta della resistenza.

Esaminiamo ora queste relazioni con l'ausilio delle caratteristiche della valvola. Nella Dispensa N. 10, fig. 5, vi abbiamo spiegato il metodo usato per rilevare la caratteristica della valvola. Con tale metodo, mantenendo la tensione anodica ad un valore fisso, p. es. 50 volt, si varia la polarizzazione negativa di griglia con valori successivi di un volt e si legge il valore della corrente anodica sullo strumento di misura. I valori così trovati vengono riportati in un diagramma, ottenendo in tal modo la caratteristica per  $V_a = 50$  volt. Il medesimo procedimento può esser adottato per una seconda tensione anodica (p. es. 100 volt), e così via.

Ricordiamo che tutte le tensioni sono riferite al catodo. Una tensione di griglia di  $-2V$  significa che la griglia è di 2 volt più negativa del catodo. Una tensione anodica di 100 volt significa che la placca presenta una tensione (positiva) di 100 volt verso il catodo.

Ora però vogliamo rilevare la caratteristica della valvola con un metodo un po' differente. Desideriamo infatti tracciare un diagramma riferito, non più ad una tensione anodica fissa  $V_a$ , bensì ad una tensione fissa di griglia, p. es.  $-2$  volt. Variamo quindi la tensione anodica di 10 in 10 volt, a cominciare dallo zero, rilevando ogni volta il relativo valore della corrente anodica. Riportiamo i valori in un diagramma e otteniamo la caratteristica  $I_a - V_a$  per  $V_g = -2$  volt. Fissiamo quindi un'altra polarizzazione di griglia, p. es.  $-3$  V, e rileviamo nuovamente una serie di valori. Procedendo in tal modo si ottiene una famiglia di caratteristiche  $I_a - V_a$ , le quali, per molti scopi, sono preferibili alle caratteristiche  $I_a - V_g$  da noi finora considerate.

Poichè una sola famiglia di caratteristiche è sufficiente per descrivere il comportamento della valvola, è ovvio che le due differenti famiglie possono esser derivate l'una dall'altra. E qui ci serve il seguente ragionamento: ogni caratteristica viene determinata misurando i singoli punti. Così troviamo, per esempio, il punto  $I_a = 7$  mA,  $V_g = -2$  V,  $V_a = 150$  V, rilevando la caratteristica relativa alla tensione anodica fissa di 150 volt ed applicando alla griglia la polarizzazione di  $-2$  volt, dopo aver già eseguita la misura con  $-1$  volt. Nel caso sopra esposto, si ottiene naturalmente il medesimo punto, fissando la polarizzazione di griglia a  $-2$  V e portando la tensione anodica dal punto precedente ( $V_a = 140$  volt) al valore  $V_a = 150$  volt. Per disegnare la famiglia di caratteristiche  $I_a - V_a$ , quando è data la famiglia  $I_a - V_g$ , basta quindi rilevare i punti dalla famiglia di caratteristiche riportata nella fig. 45-a.

Troviamo così per la polarizzazione di griglia  $V_g = 0$  volt:

per la tensione anodica  $V_a = 50$  V, la corrente anodica  $I_a = 4$  mA

per la tensione anodica  $V_a = 100$  V, la corrente anodica  $I_a = 8,3$  mA

per la tensione anodica  $V_a = 150$  V, la corrente anodica  $I_a = 13,7$  mA

per la tensione anodica  $V_a = 200$  V, la corrente anodica  $I_a = 20$  mA

Questi valori vanno riportati ora nella fig. 45-b; otteniamo con la nuova caratteristica, valida per la tensione di griglia  $V_g = 0$ . Proseguiamo in modo analogo e troviamo:

per  $V_g = -1$  V:

con  $V_a = 50$  V

con  $V_a = 150$  V

con  $I_a = 1,7$  mA

con  $I_a = 10,0$  mA

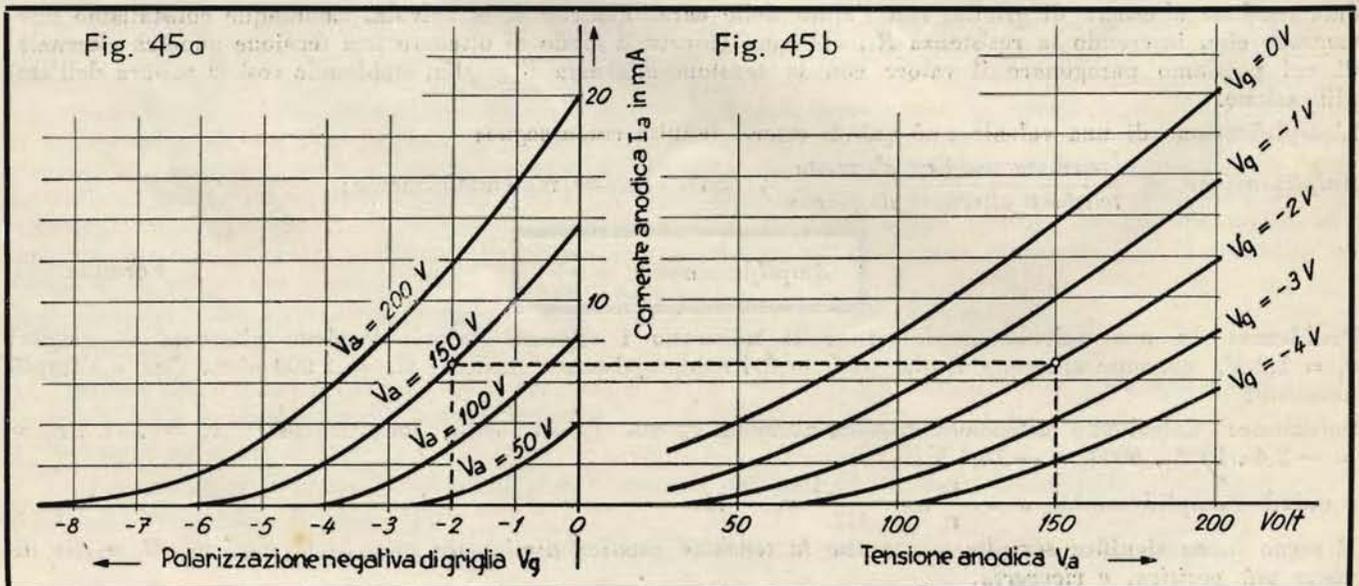
$V_a = 100$  V

$V_a = 200$  V

$I_a = 5,4$  mA

$I_a = 15,6$  mA

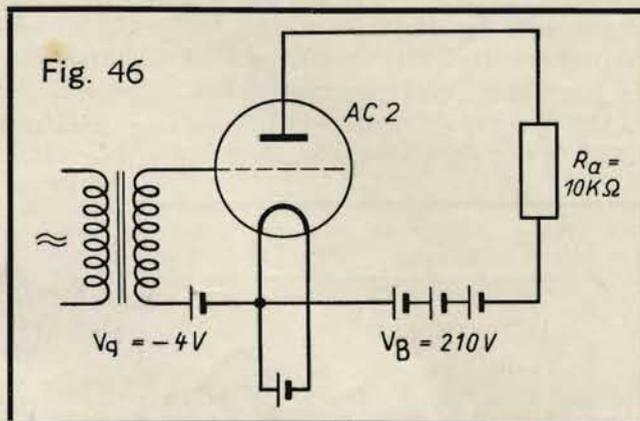
Otteniamo così una serie di caratteristiche, valide ciascuna per la polarizzazione di griglia costante indicata. La trasformazione delle caratteristiche si attua graficamente con facilità anche maggiore: si traccia la perpen-



dicolare in corrispondenza alla tensione di griglia considerata e si trasporta il punto d'intersezione orizzontale nell'altro diagramma, com'è dimostrato a titolo d'esempio per le tensioni  $V_g = -2\text{ V}$  e  $V_a = 150\text{ V}$ . A questo modo non occorre nemmeno leggere il valore della corrente anodica.

Il diagramma con la famiglia di caratteristiche  $I_a - V_a$  consente di rilevare molto bene l'effetto della resistenza anodica  $R_a$  sulla tensione anodica  $V_a$  per corrente anodica variabile.

Consideriamo, come esempio, lo schema della fig. 46 e determiniamo l'amplificazione di tensione relativa ai dati indicati. In questa figura la valvola è contrassegnata con la sigla AC2. Si tratta della designazione di un determinato tipo di valvola di cui vi daremo maggiori particolari in seguito. Nella fig. 47 è riportata la famiglia di caratteristiche di questa valvola.



La resistenza anodica è sempre causa di una caduta di tensione, la cui entità dipende dal valore della corrente anodica. Supponendo di provocare una data variazione della corrente anodica, ci chiediamo ora quale tensione di placca si ottenga col nuovo valore di corrente.

Per  $I_a = 0$  la caduta di tensione è nulla, e pertanto l'intera tensione anodica di  $210\text{ V}$  è applicata alla placca della valvola (punto A).

Con una corrente anodica di  $2\text{ mA}$  si ottiene una caduta di tensione di  $2\text{ mA} \cdot 10\text{ k}\Omega = 20\text{ V}$ . Abbiamo quindi i seguenti valori della tensione anodica:  $V_a$

per  $I_a = 2\text{ mA}$ :  $V_a = 210 - 20 = 190\text{ V}$  (punto B)    per  $I_a = 8\text{ mA}$ :  $V_a = 210 - 80 = 130\text{ V}$  (punto E)  
 per  $I_a = 4\text{ mA}$ :  $V_a = 210 - 40 = 170\text{ V}$  (punto C)    per  $I_a = 10\text{ mA}$ :  $V_a = 210 - 100 = 110\text{ V}$  (punto F)  
 per  $I_a = 6\text{ mA}$ :  $V_a = 210 - 60 = 150\text{ V}$  (punto D)

Se colleghiamo ora i punti così determinati, constatiamo che essi giacciono tutti su di una retta.

Sarebbe quindi sufficiente calcolare, p. es., i punti A ed F e collegarli successivamente con una linea retta.

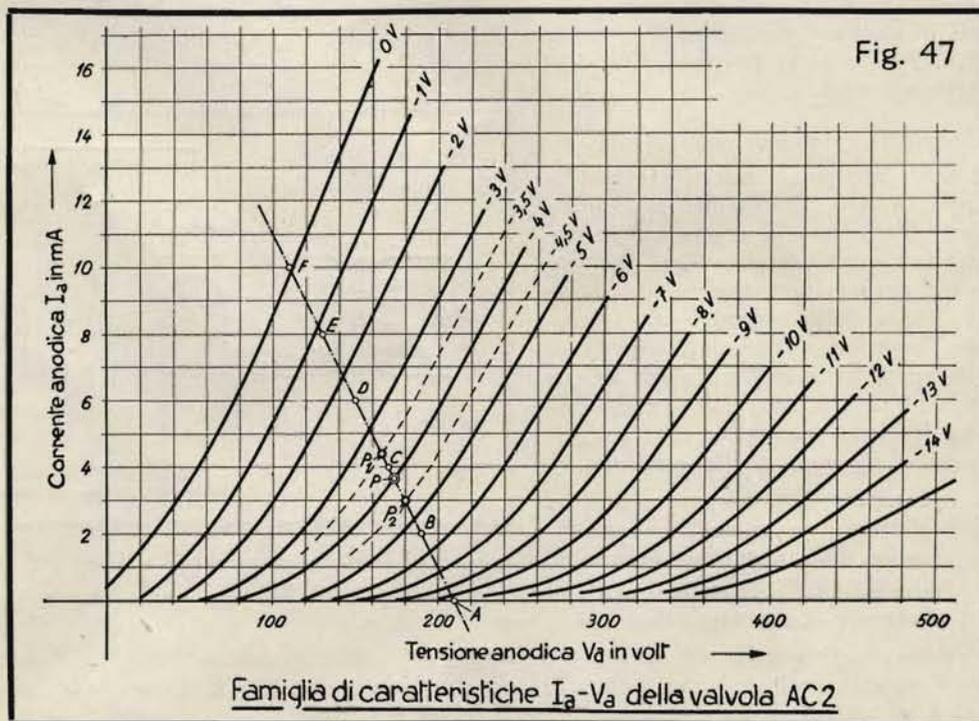
Conoscendo la tensione della batteria e la resistenza anodica usata, il diagramma consente di leggere immediatamente la tensione anodica che si ottiene con una qualsiasi corrente anodica. Per esempio:  $I_a = 3\text{ mA}$ ,  $V_a = 180\text{ volt}$ . Questa relazione è determinata dalla resistenza inserita nel circuito di placca; la retta riportata nel diagramma viene perciò denominata «*retta della resistenza*». Spesso è chiamata anche «*retta di lavoro*», per la ragione che spiegheremo subito.

### Il punto di lavoro.

Nei ragionamenti fatti finora ci siamo chiesti soltanto quale relazione intercorresse tra la corrente e la tensione anodiche, senza preoccuparci della tensione di griglia. Osserviamo nuovamente la fig. 46. Desideriamo determinare il valore della corrente e della tensione anodiche, nel caso che sia applicata alla griglia soltanto la tensione continua negativa  $V_g = -4\text{ V}$ . La corrente anodica, che si stabilirà nella valvola, deve rispondere alla condizione di  $V_g = -4\text{ V}$ ; ciò significa che il valore cercato deve trovarsi sulla caratteristica relativa a  $V_g = -4\text{ V}$ . D'altra parte, con lo schema da noi scelto, sono possibili soltanto quelle correnti il cui valore sia contenuto nella *retta della resistenza* AF. Pertanto, con le condizioni date, otteniamo corrente e tensione anodiche nel punto d'intersezione P della curva per  $V_g = -4\text{ V}$  con la retta delle resistenze.

Leggiamo quindi in corrispondenza a P:  $I_a = 3,7\text{ mA}$ ;  $V_a = 173\text{ V}$ .

Questi sono i valori d'esercizio dello schema della fig. 46, finché non è applicata alcuna tensione alternata alla griglia. Il punto P, che si stabilisce applicando delle tensioni continue costanti, si chiama «*punto di lavoro*». I relativi valori di corrente e di tensione si chiamano, come abbiamo detto nella Dispensa N. 11, «*corrente anodica di riposo*» e «*tensione anodica di riposo*».

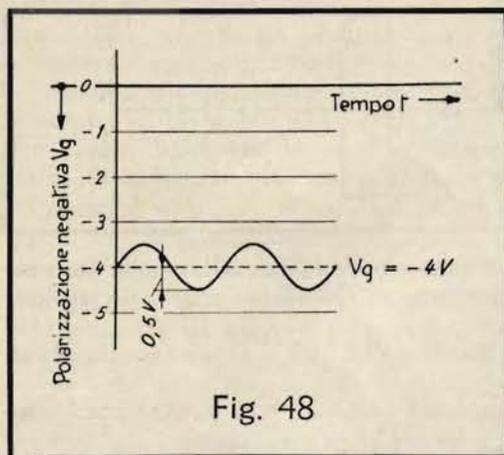


Dobbiamo ora affrontare ancora alcuni importanti ragionamenti e considerazioni, ma, al termine di questi, avremo raggiunto il nostro scopo, che consiste nel saper rilevare l'amplificazione di tensione del circuito schematizzato nella fig. 46.

Se finora avete compreso tutto, fate una pausa; ciò che rimane non è più tanto difficile.

### La retta di lavoro.

Ci chiediamo ora ciò che accade, quando applichiamo alla griglia una tensione alternata, le cui semionde positive e negative raggiungano, per esempio, 0,5 volt.



La tensione complessiva applicata alla griglia si compone della polarizzazione negativa  $V_g = -4$  V e della tensione alternata sopradetta (fig. 48). Come vedete essa oscilla tra i valori di  $-4,5$  e  $-3,5$  volt. Una variazione continua della tensione di griglia provoca però un'analogia variazione continua della corrente anodica, ossia una componente alternata della corrente anodica, come abbiamo visto nella Dispensa N. 11.

Ora riportiamo sulla retta della resistenza (fig. 47) i valori estremi della tensione di griglia. A metà tra le curve per  $V_g = -3$  V e  $V_g = -4$  V segniamo il punto  $P_1$ , e tra la curva  $V_g = -4$  V e  $V_g = -5$  V segniamo il punto  $P_2$ . La variazione massima della corrente e della tensione anodiche è quindi contenuta tra questi due estremi. La corrente anodica  $I_a$  oscilla tra 3,0 e 4,4 mA e la tensione anodica  $V_a$  tra 165 e 180 volt.

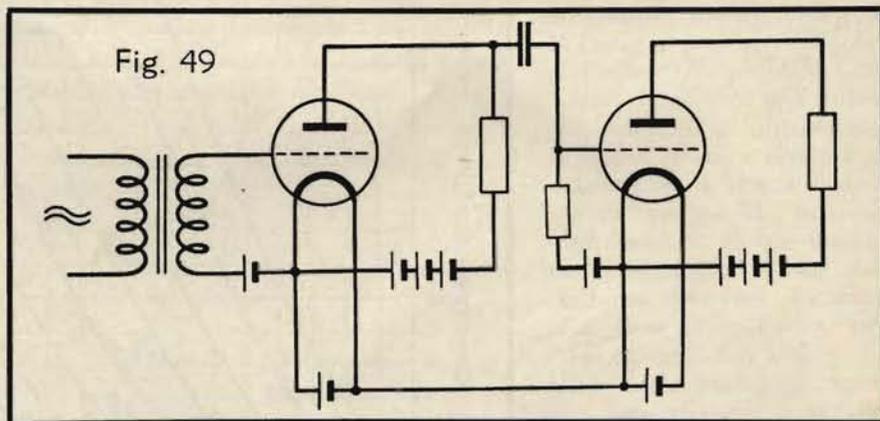
Quando la tensione di griglia varia di 1 V da  $-3,5$  a  $-4,5$  V, la tensione anodica varia di 15 V, ossia da 165 a 180 V. Possiamo formare così il rapporto cercato e troviamo quindi che l'amplificazione di tensione del circuito rappresentato nella fig. 46 è uguale a 15/1: esso dunque amplifica 15 volte. La tensione alternata agente

sulla resistenza anodica è 15 volte maggiore della tensione applicata alla griglia. Mentre la valvola trasforma la tensione alternata di griglia in una più forte tensione alternata anodica, ossia mentre essa *lavora*, i valori istantanei della corrente e della tensione anodiche possono esser rilevati dal diagramma delle caratteristiche  $I_a - V_a$ , nel quale sono determinati sulla *retta della resistenza* in rapporto al valore istantaneo della tensione di griglia. Poichè l'amplificazione, cioè il *lavoro* della valvola, si svolge lungo questa retta, essa viene anche denominata « *retta di lavoro* ».

### L'amplificazione di più valvole.

È ovvio che una tensione già amplificata si può ulteriormente amplificare, applicandola a sua volta alla griglia di una valvola successiva. Occorre però evitare che pervenga alla griglia della seconda valvola anche la tensione anodica continua, altrimenti si avrebbero degli effetti indesiderati. È noto che i condensatori lasciano passare la corrente alternata, ma non quella continua.

Per *bloccare* la tensione anodica si può pertanto usare un condensatore. La fig. 49 rappresenta un cosiddetto « *amplificatore a due stadi* » di questo genere.



Chiariremo presto i particolari di questo schema che vi possono parer ancora oscuri o complicati, per esempio l'alimentazione attraverso varie batterie.

Per ora vogliamo semplicemente fare ancora una considerazione. Qual è l'amplificazione di tensione di due stadi uguali, collegati uno dietro l'altro, come nella fig. 49? Il primo stadio amplifica la piccola tensione d'entrata ad un valore 15 volte superiore. Il secondo stadio amplifica questo valore ancora 15 volte. In definitiva la tensione alternata, agente sulla resistenza nel circuito anodico della seconda valvola, è  $15 \cdot 15 = 225$  volte maggiore della tensione applicata alla griglia della prima valvola.

Abbiamo così la seguente importante relazione:

■ *L'amplificazione complessiva di un amplificatore a più stadi si ottiene facendo il prodotto delle amplificazioni dei singoli stadi.*

Avendo così conosciuto dei metodi e dei dispositivi importanti usati nell'amplificazione, vi potrete render facilmente conto di come sia possibile che le debolissime tensioni captate dall'antenna vengano trasformate in musica e parole emesse dall'altoparlante.

### Domande

1. Come s'indica l'amplificazione di tensione?
2. Da che cosa dipende l'amplificazione di tensione di uno stadio?
3. Da che cosa è caratterizzato il punto di lavoro di una valvola?
4. Qual è l'amplificazione complessiva di un amplificatore a due stadi, dei quali l'uno amplifica 12 e l'altro 15 volte?

5. Qual è l'amplificazione di tensione che si ottiene in assenza della resistenza anodica?

**Risposte**

1. L'amplificazione di tensione s'indica come rapporto della tensione alternata anodica ottenuta, alla tensione alternata applicata alla griglia della valvola.
2. L'amplificazione di tensione di uno stadio amplificatore dipende dalle proprietà della valvola, e quindi dalla famiglia di caratteristiche che la contraddistinguono, dal punto di lavoro scelto e dal valore della resistenza anodica.
3. Il punto di lavoro di una valvola è caratterizzato dai valori d'esercizio che si stabiliscono, quando sono applicate alla valvola stessa soltanto tensioni continue.
4. L'amplificazione complessiva è il prodotto delle singole amplificazioni, e quindi  $12 \cdot 15 = 180$  volte.
5. In assenza di una resistenza anodica non è possibile ottenere un'amplificazione di tensione.

**COMPITI**

1. Per quale ragione è necessario che il circuito oscillante di un ricevitore radio possieda la più prominente curva di risonanza possibile?
2. Che cos'è un avvolgimento bifilare? Per qual ragione il filamento d'accensione delle valvole è generalmente avvolto in modo bifilare?
3. Trovate con l'aiuto dei logaritmi il valore delle seguenti espressioni:  
 a)  $3,2^3 = ?$    b)  $413^2 = ?$    c)  $3,4^5 = ?$    d)  $\sqrt{14,9} = ?$    e)  $\sqrt[3]{37\ 600} = ?$    f)  $\sqrt[4]{1296} = ?$
4. Disegnate il circuito elettrico dell'impianto di segnalazione d'incendio della fig. 20, nel caso di un'avvenuta rottura di filo.
5. Schizzate lo schema di un impianto automatico di segnalazione d'incendio, dotato di relè, batteria e suoneria, ed azionato da un avvisatore a saldatura fondente.
6. Che cos'è una termocoppia e di quali metalli è generalmente costituita?
7. A che serve la macchina di chiamata e quali sono le operazioni necessarie per farla agire sull'apparecchio dell'utente B (fig. 36)?
8. Come mai è possibile avvertire un utente, benchè la sua forcilla sia aperta e nel suo apparecchio non passi quindi alcuna corrente continua?
9. Qual è il valore della resistenza incognita  $R_x$  in un ponte di Wheatstone, quando il rapporto  $\frac{r_2}{r_1} = 100$  e la resistenza d'equilibrio  $R = 402,5 \Omega$ ?
10. La resistenza a spinotti rappresentata nella fig. 42 possiede 4 resistenze in ciascuna delle decadi 1000, 100, 10, 1 e 0,1 ohm; quindi in tutto 20 resistenze singole. Durante una misura restano infilate una spina nei 1000  $\Omega$ , due nei 10  $\Omega$  e 3 nei 0,1  $\Omega$ . Qual è il valore della resistenza complessiva? (Ricordate che gli spinotti servono a cortocircuitare le resistenze!)
11. Disegnate la famiglia di caratteristiche  $I_a = V_a$  della fig. 47, ma senza la retta della resistenza (il sistema più semplice consiste nel lucidare i diagrammi su carta trasparente).  
 a) Tracciate nel diagramma la retta della resistenza che si ottiene con la tensione di batteria  $V_g = 180$  V e con la resistenza anodica  $R_a = 8$  k $\Omega$ .  
 b) Trovate il punto di lavoro con la polarizzazione di griglia  $V_g = -3$  V e indicate i relativi valori di  $I_a$  e  $V_a$ .  
 c) Supponete che alla polarizzazione di griglia  $V_g = -3$  V si sovrapponga una tensione alternata dell'ampiezza di 0,4 V. (L'ampiezza è l'altezza delle semionde!). Segnate i corrispondenti punti  $P_1$  e  $P_2$  sulla retta della resistenza e datene i valori d'esercizio.  
 d) Qual è l'amplificazione di tensione nel caso considerato?
12. Qual è l'amplificazione complessiva di tre valvole collegate successivamente e dotate ciascuna di un'amplificazione di 10 volte?

**FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 12**

Formula		pag.
(42)	Determinazione della resistenza mediante il ponte di Wheatstone: $R_x = \frac{R \cdot r_2}{r_1}$ . . . . .	19
(43)	Tensione anodica continua: $V_a = V_g - I_a \cdot R_a$ . . . . .	21
(44)	Tensione anodica alternata $v_a = -i_a \cdot R_a$ . . . . .	21
(45)	Amplificazione $a = \frac{v_a}{v_g}$ . . . . .	21

**TABELLE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 12**

Tabella		
N. 9	Tavola dei logaritmi . . . . .	IV pag. di copertina

# Tabella N. 9

## Tavola dei logaritmi comuni

Num.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	000	004	009	013	017	021	025	029	033	037
11	041	045	049	053	057	061	064	068	072	075
12	079	083	086	090	093	097	100	104	107	110
13	114	117	120	124	127	130	133	137	140	143
14	146	149	152	155	158	161	164	167	170	173
15	176	179	182	185	187	190	193	196	199	201
16	204	207	209	212	215	217	220	223	225	228
17	230	233	235	238	240	243	245	248	250	253
18	255	258	260	262	265	267	269	272	274	276
19	279	281	283	285	288	290	292	294	297	299
20	301	303	305	307	310	312	314	316	318	320
21	322	324	326	328	330	332	334	336	338	340
22	342	344	346	348	350	352	354	356	358	360
23	362	364	365	367	369	371	373	375	376	378
24	380	382	384	386	387	389	391	393	394	396
25	398	400	401	403	405	406	408	410	412	413
26	415	417	418	420	422	423	425	426	428	430
27	431	433	435	436	438	439	441	442	444	446
28	447	449	450	452	453	455	456	458	459	461
29	462	464	465	467	468	470	471	473	474	476
30	477	478	480	481	483	484	486	487	488	490
31	491	493	494	495	497	498	500	501	502	504
32	505	506	508	509	510	512	513	514	516	517
33	518	520	521	522	524	525	526	528	529	530
34	531	532	534	535	536	538	539	540	541	543
35	544	545	546	548	549	550	551	553	554	555
36	556	557	559	560	561	562	563	565	566	567
37	568	569	570	572	573	574	575	576	577	579
38	580	581	582	583	584	585	587	588	589	590
39	591	592	593	594	595	596	597	599	600	601
40	602	603	604	605	606	607	608	609	610	612
41	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622
42	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632
43	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642
44	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652
45	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662
46	663	664	665	665	666	667	668	669	670	671
47	672	673	674	675	676	677	678	678	679	680
48	681	682	683	684	685	686	687	687	688	689
49	690	691	692	693	694	695	695	696	697	698

Num	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	699	700	701	702	702	703	704	705	706	707
51	707	708	709	710	711	712	713	713	714	715
52	716	717	718	718	719	720	721	722	723	723
53	724	725	726	727	727	728	729	730	731	731
54	732	733	734	735	736	736	737	738	739	739
55	740	740	741	742	743	743	744	745	746	747
56	747	748	749	750	751	752	753	753	754	755
57	756	757	757	758	759	760	760	761	762	763
58	763	764	765	766	766	767	768	769	769	770
59	771	771	772	773	774	774	775	776	777	777
60	778	779	780	780	781	782	782	783	784	785
61	785	786	786	787	788	789	789	790	791	792
62	792	793	794	794	795	796	796	797	798	799
63	799	800	801	801	802	803	803	804	805	805
64	806	807	807	808	809	809	810	811	811	812
65	813	813	814	815	815	816	817	817	818	819
66	819	820	821	821	822	823	823	824	825	825
67	826	827	827	828	829	829	830	830	831	832
68	832	833	834	834	835	836	836	837	837	838
69	839	839	840	841	841	842	843	843	844	844
70	845	846	846	847	847	848	849	849	850	851
71	851	852	852	853	854	854	855	855	856	857
72	857	858	858	859	860	860	861	861	862	863
73	863	864	864	865	866	866	867	867	868	869
74	869	870	870	871	871	872	873	873	874	874
75	875	875	876	876	877	877	878	878	879	880
76	881	881	882	882	883	884	884	885	885	886
77	886	887	888	888	889	889	890	890	891	891
78	892	893	893	894	894	895	895	896	896	897
79	898	898	899	899	900	900	901	901	902	902
80	903	904	904	905	905	906	906	907	907	908
81	908	909	909	910	911	911	912	912	913	913
82	914	914	915	915	916	916	917	917	918	918
83	919	920	920	921	921	922	922	923	923	924
84	924	925	925	926	926	927	927	928	928	929
85	929	930	930	931	931	932	932	933	933	934
86	934	935	935	936	936	937	937	938	938	939
87	939	940	940	941	941	942	942	943	943	944
88	944	945	945	946	946	947	947	948	948	949
89	949	950	950	951	951	952	952	953	953	954
90	954	955	955	956	956	957	957	958	958	958
91	959	959	960	960	961	961	962	962	963	963
92	964	964	965	965	966	966	967	967	967	968
93	968	969	969	970	970	971	971	972	972	973
94	973	973	974	974	975	975	976	976	977	977
95	978	978	979	979	979	980	980	981	981	982
96	982	983	983	984	984	984	985	985	986	986
97	987	987	988	988	988	989	989	990	990	991
98	991	992	992	992	993	993	994	994	995	995
99	996	996	996	997	997	998	998	999	999	999

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



# INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 13

	<i>pag.</i>
<b>Riassunto della materia trattata nella Dispensa precedente</b>	1
<b>Radiotecnica</b>	1
La valvola termoionica come amplificatrice	1
Valvole preamplificatrici e amplificazione di tensione	1
Valvole finali e amplificazione di potenza	3
Domande	3
Risposte	3
<b>Tecnica delle misura</b>	3
Misure di resistenza	3
Il ponte a filo	4
Il metodo dell'indicazione diretta	5
Il metodo della sostituzione	5
Domande	6
<b>Telefonia</b>	6
La centrale telefonica	6
La centrale manuale	6
La centrale semiautomatica	6
La telefonia automatica	6
Il principio di funzionamento	6
Il disco combinatore	7
Il selettore a rotazione	8
Domande	10
<b>Elettrotecnica generale</b>	10
L'impedenza	10
Determinazione dell'impedenza col metodo grafico	11
L'angolo di fase	11
Determinazione dell'impedenza col metodo matematico	12
<b>Radiotecnica</b>	13
L'antenna	13
Suoi compiti ed effetti	13
L'antenna di trasmissione	13
L'antenna di ricezione	13
Filo d'antenna e isolamento	14
L'antenna esterna	15
Prescrizioni per l'installazione dell'antenna	15
I disturbi dovuti alle scariche elettriche	15
La discesa schermata	16
L'antenna verticale	16
L'antenna interna	17
Domande	17
<b>Elettrotecnica generale</b>	17
La potenza in corrente alternata	17
I valori efficaci	18
La potenza attiva	18
La potenza apparente	19
Domande	19
Risposte	19
<b>Tecnica delle misure</b>	19
Collaudo delle valvole	19
a) Collaudo preliminare meccanico	20
b) Collaudo elettrico	20
Domande	21
Risposte	21
<b>Radiotecnica</b>	21
La valvola termoionica come raddrizzatrice	21
Il raddrizzamento della tensione di rete	22
1) Il raddrizzamento a una via	22
2) Il raddrizzamento a due vie	22
Risposte	23
<b>Compiti</b>	24

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 13

## RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

La Dispensa N. 12 vi ha fatto progredire notevolmente, soprattutto in *Radiotecnica*. Sapete ora che i circuiti oscillanti devono avere poche perdite, poichè solo a tale condizione si possono ottenere delle curve di risonanza strette, necessarie perchè il ricevitore sia selettivo. Vi avrà certamente interessato anche il Capitolo sull'accensione e sugli zoccoli delle valvole. Ora sapete che cos'è un *catodo a riscaldamento indiretto* e conoscete gli zoccoli delle valvole d'acciaio e quelli di tipo Octal e Loctal.

Nel Capitolo di *Tecnica delle Misure* vi sono stati illustrati i concetti della *sensibilità* e della *precisione* degli strumenti di misura. Avete appreso inoltre che questi strumenti si suddividono in varie classi di precisione, secondo l'entità degli errori ammessi.

Vi è stata successivamente spiegata la *misura delle resistenze*. Il metodo indiretto consente di determinare il valore delle resistenze mediante la legge di Ohm, misurando la corrente e la tensione. Un dispositivo di grande importanza è il ponte di Wheatstone. Come sapete, la resistenza cercata  $R_x$  si ottiene a galvanometro azzerato, dalla relazione:  $R_x = R \cdot \frac{r_2}{r_1}$ . Ne consegue la possibilità di misurare le resistenze con grande esattezza, purchè si posseggano alcune resistenze di misura ad alta precisione, di cui vi abbiamo spiegato la costituzione.

Nel Capitolo di *Telefonia* avete conosciuto il *centralino telefonico manuale*. Vi sono state descritte le spine, le prese e gli altri particolari dei centralini. Senza dubbio ha destato in voi uno speciale interesse la spiegazione dei circuiti e dello schema della centrale telefonica. Ora sapete ciò che avviene in una centrale manuale, prima che la signorina si informi del numero richiesto, e conoscete i compiti dell'operatrice. Osservate bene tutti i dettagli, le lampadine, le suonerie, la macchina di chiamata, il sistema di provare se un utente è libero o occupato, ecc. Ciò vi darà un'idea preliminare della complessità delle funzioni che, in una centrale automatica, devono svolgersi senza alcun intervento di personale.

Il Capitolo per voi più interessante sarà stato sicuramente quello sull'*amplificazione*. Sapete ora a che servono le caratteristiche delle valvole e che cosa si intenda per *amplificazione di tensione*. La famiglia delle caratteristiche  $I_a - V_a$  consente di determinare il valore della *tensione anodica alternata*, data la tensione alternata di griglia. Occorre, a questo scopo, tracciare la *retta della resistenza* e fissare il *punto di lavoro*. La determinazione dell'amplificazione  $a = \frac{v_a}{v_g}$  non è, dopo di ciò, che un'inezia.

In *Matematica*, la conoscenza dei *logaritmi* ha completato le vostre cognizioni. Avrete certamente compreso che, con l'aiuto dei logaritmi, si possono risolvere con facilità dei problemi che altrimenti sarebbero assai difficili.

## RADIOTECNICA

### La valvola termoionica come amplificatrice

Alla fine della Dispensa precedente abbiamo considerato lo schema di un amplificatore con due valvole. Naturalmente vi potete ora immaginare anche degli amplificatori con un numero maggiore di *stadi*. All'ultima valvola va allacciato l'altoparlante. Il compito di questa cosiddetta « *valvola finale* » consiste, come abbiamo già visto, nel fornire la massima *potenza* in corrente alternata. Questa potenza non è invece richiesta alle altre valvole, le quali devono invece amplificare la tensione alternata, applicata alla griglia, in modo da ricavare la massima tensione anodica alternata, da applicare a sua volta alla griglia della valvola finale. Per questa ragione queste altre valvole sono chiamate « *valvole preamplificatrici* ».

Vi è noto che la resistenza anodica  $R_a$  esercita una *funzione* decisiva agli effetti dell'amplificazione. Nella precedente Dispensa abbiamo ottenuto un'amplificazione di 15 volte, inserendo nel circuito anodico di una valvola AC2 una resistenza di 10 k $\Omega$ . Il valore di questa resistenza era stato però scelto a caso. Ora vorremmo sapere che valore dobbiamo dare a questa resistenza, per ottenere, con le valvole preamplificatrici, la massima tensione anodica alternata, e con le valvole finali, la massima potenza in corrente alternata.

### Valvole preamplificatrici e amplificazione di tensione

Per stabilire l'effetto della resistenza  $R_a$  sull'amplificazione ottenuta, ci serviamo di un mezzo semplicissimo.

Prendiamo la famiglia delle caratteristiche  $I_a - V_a$  della valvola AC2 e determiniamo il valore dell'amplificazione che si ottiene, inserendo diversi valori della resistenza anodica. Scegliamo la tensione della batteria  $V_B = 220$  V e inseriamo successivamente le resistenze 5 k $\Omega$ , 20 k $\Omega$  e 100 k $\Omega$ .

### 1. Amplificazione con $R_a = 5$ k $\Omega$ .

Per  $I_a = 0$  non c'è caduta di tensione; quindi  $V_a = V_B = 220$  V (punto  $A$  della fig. 1; questo punto  $A$  è naturalmente lo stesso per tutti e tre i valori della resistenza anodica). Per  $I_a = 10$  mA,  $V_a$  si calcola dalla formula (43):

$$V_a = V_B - I_a \cdot R_a = 220 - 10 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^3 = 220 - 50 = 170 \text{ V.}$$

Questi valori ( $I_a = 10$  mA e  $V_a = 170$  V) determinano il punto  $F'$ . Colleghiamo  $A$  con  $F'$  ed abbiamo la retta per la resistenza 5 k $\Omega$ . Scegliamo la polarizzazione di griglia  $V_g = -4$  V e supponiamo che l'ampiezza della tensione alternata di griglia sia uguale a 1 V; in altre parole, facciamo variare la tensione risultante di griglia tra  $-3$  e  $-5$  V. Si ottengono così i punti  $P_1'$  e  $P_2'$  sulla retta per  $R_a = 5$  k $\Omega$ . La corrente anodica  $I_a$  varia quindi tra 7,4 e 3,5 mA; la tensione anodica  $V_a$  tra 182 e 202. L'amplificazione di tensione è quindi:

$$a = \frac{202 - 182}{-5 - (-3)} = \frac{20}{-2} = -10$$

Con  $R_a = 5$  k $\Omega$  si ottiene l'amplificazione di 10 volte.

### 2. Amplificazione con $R_a = 20$ k $\Omega$ .

Per  $I_a = 10$  mA abbiamo:  $V_a = V_B - I_a \cdot R_a = 220 - 10 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^3 = 220 - 200 = 20$  V. Si ottiene il punto  $F''$ .

Scegliamo  $V_g = -2$  V e ancora l'ampiezza di 1 V, quindi oscillazioni tra  $-1$  e  $-3$  V.

Segnati i punti  $P_1''$  e  $P_2''$ , vediamo che la corrente anodica varia ora soltanto tra 5,8 e 3,8 mA, la tensione anodica tra 103 e 143 volt. Constatiamo quindi che, in confronto con i valori ottenuti per  $R_a = 5$  k $\Omega$ , la variazione della tensione anodica è aumentata, sempre supponendo di avere la medesima tensione alternata di griglia.

Con  $R_a = 20$  k $\Omega$  l'amplificazione è:  $a = \frac{143 - 103}{-3 - (-1)} = \frac{40}{-2} = -20$ , quindi uguale a 20 volte.

### 3. Amplificazione con $R_a = 100$ k $\Omega$ .

Per  $I_a = 2$  mA abbiamo:  $V_a = 220 - 2 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot 10^3 = 220 - 200 = 20$  V (punto  $F'''$ ).

Questa retta è assai poco inclinata e attraversa la parte curva delle caratteristiche. Nella Dispensa N. 11 è già stato spiegato che è necessario lavorare nel tratto rettilineo delle caratteristiche per ottenere un'amplificazione esente da distorsioni. La retta della resistenza  $R_a = 100$  k $\Omega$  non risponde evidentemente a questo requisito.

Vogliamo tuttavia determinare il valore dell'amplificazione con una polarizzazione di  $-2$  V e l'ampiezza di 1 V. I punti  $P_1'''$  e  $P_2'''$  denotano una corrente anodica ulteriormente ridotta, che oscilla soltanto tra 1,2 e 1,7 mA. La tensione anodica invece varia tra 54 e 100 V. Si ottiene quindi la seguente amplificazione:

$$a = \frac{100 - 54}{-3 - (-1)} = \frac{46}{-2} = -23; \quad \text{ossia } 23 \text{ volte per } R_a = 100 \text{ k}\Omega.$$

### 4. Conclusione.

Confrontando i tre casi, giungiamo alla seguente conclusione:

L'amplificazione di tensione è tanto maggiore, quanto più elevata è la resistenza anodica. Il valore della resistenza anodica è però limitato dalla condizione che il punto di lavoro si trovi nel tratto rettilineo delle caratteristiche.

### Osservazione.

Ricordate sicuramente la constatazione alla quale siamo giunti, nella Dispensa N. 11, esaminando il circuito oscillante. Si è detto infatti: « Abbiamo trovato così, nel circuito oscillante in parallelo, il modo di ottenere una resistenza particolarmente elevata ad una determinata frequenza ». Non vi viene ora un'idea brillante, pensando alla nostra « Conclusione » di poc'anzi?

Pensate un po' ciò che avverrebbe, se prendessimo come resistenza anodica un circuito oscillante in parallelo? Questo circuito ha una resistenza particolarmente elevata proprio per la frequenza di risonanza, che viene naturalmente messa a punto sul valore richiesto. Si otterrà pertanto la massima amplificazione proprio

per questa determinata frequenza, mentre le altre frequenze non saranno amplificate che in piccola misura. Come vedete, una cosa si aggiunge all'altra e comprendete ora per quale ragione sia così favorevole l'uso dei circuiti oscillanti nella radio, in cui si vuole ottenere proprio soltanto la frequenza di una determinata stazione.

### Valvole finali e amplificazione di potenza.

Secondo le nostre considerazioni sulle valvole preamplificatrici ci importava anzitutto di ottenere la massima tensione alternata anodica. La cosa è differente nel caso della *valvola finale*; occorre infatti che questa ceda all'altoparlante la massima potenza. Come sapete, la potenza elettrica si calcola come prodotto della corrente per la tensione. Si tratta quindi di rendere grande questo prodotto; non basta pertanto di avere una tensione anodica elevata; bisogna anche ottenere una forte corrente anodica.

Riservandoci di esaminare questo problema più dettagliatamente in seguito, possiamo immaginarci fin d'ora che, con le *valvole finali*, occorrerà una resistenza anodica di valore medio, variabile secondo il tipo della valvola usata.

Desiderando una forte corrente alternata anodica, per esempio con oscillazioni di 10 mA in più e in meno, occorrerà naturalmente una *corrente anodica di riposo* sufficientemente forte. Nel caso citato, si sceglierà una corrente di riposo attorno ai 20 mA, in modo da ottenere delle variazioni della corrente anodica comprese, all'incirca, tra gli estremi di 10 e 30 mA.

Bastano queste semplici riflessioni per far comprendere che le valvole finali devono avere requisiti diversi da quelli delle preamplificatrici. Si richiede infatti un catodo che sia in grado di emettere una *corrente intensa*, e inoltre anche la placca deve poter sopportare la forte potenza in giuoco.

La corrente nella valvola è formata dal movimento degli elettroni, che precipitando sulla placca ne provocano il riscaldamento. Quando si richiede una corrente forte, come nel caso di una *valvola di potenza*, la placca è sottoposta ad un bombardamento più intenso da parte degli elettroni e si riscalda maggiormente. È chiaro che, in simili condizioni, occorre una costruzione adatta, che possa sopportare questo carico maggiore. Le finali si distinguono pertanto dalle preamplificatrici perfino per il loro aspetto esteriore. Esse sono di dimensioni più grosse; dal punto di vista elettrico, si nota subito la maggiore potenza d'accensione occorrente per il filamento. L'amplificazione di tensione della valvola finale non è invece che di secondaria importanza.

La tensione alternata di griglia, necessaria per ottenere la forte corrente e l'elevata tensione alternata di placca, si produce infatti mediante un'apposita preamplificazione; nel circuito anodico della finale si cerca perciò di ottenere la massima potenza di corrente alternata, senza riguardo alla tensione di griglia occorrente.

### Domande

1. Per avere una forte amplificazione di tensione serve meglio una resistenza elevata o bassa?
2. Per quali ragioni il circuito oscillante in parallelo è favorevole agli effetti dell'amplificazione di tensione?
3. Quali requisiti devono avere le valvole finali?

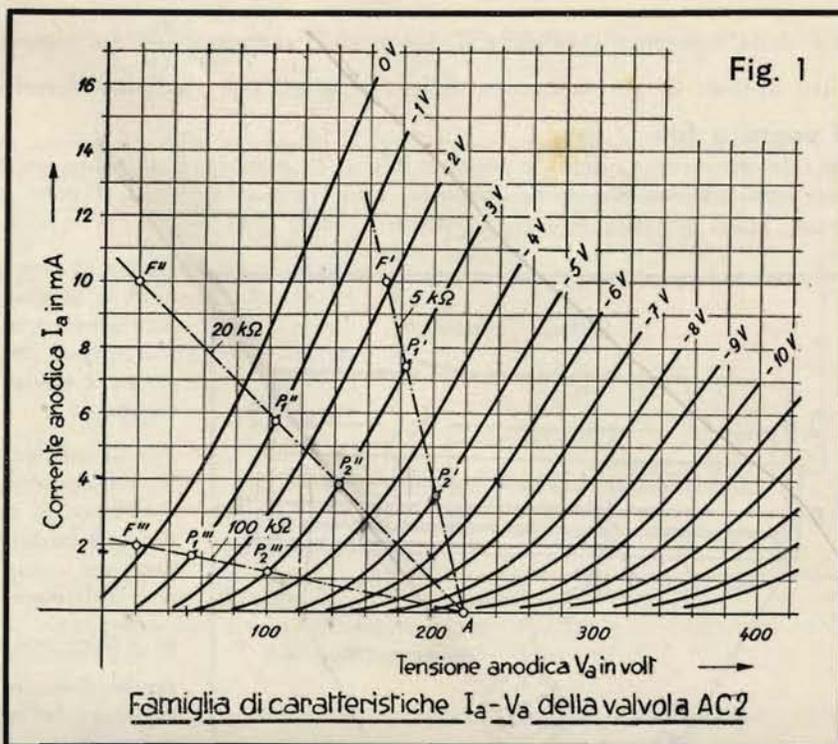
### Risposte

1. Per ottenere una forte amplificazione di tensione ci vuole una resistenza elevata.
2. Il circuito oscillante in parallelo è favorevole perché, alla frequenza di risonanza, possiede una resistenza elevata.
3. Le valvole finali devono trasmettere una grande potenza all'altoparlante, e devono generare pertanto non solo un'elevata tensione anodica alternata, ma anche una forte corrente anodica alternata.

## TECNICA DELLE MISURE

### Misure di resistenza

Nella Dispensa precedente abbiamo trattato del *metodo indiretto* per la misura delle resistenze, meno preciso, e di quello assai preciso del ponte di Wheatstone. Dalla formula:  $R_x = \frac{r_2}{r_1} \cdot R$ , risulta che, a parte il va-



lore della resistenza regolabile  $R$ , interessa il rapporto  $\frac{r_2}{r_1}$ . La variazione di questo rapporto è sfruttata in un altro dispositivo per la misura delle resistenze, che vogliamo descrivere ora.

### Il ponte a filo

In tale dispositivo, detto « *ponte a filo* », le resistenze di rapporto sono sostituite da un *filo metallico di elevata resistività e di sezione costante*, teso tra due morsetti. Poichè non è il valore delle resistenze che interessa, bensì soltanto il loro *rapporto*, questo può essere anche espresso come *quoziente di due lunghezze*.

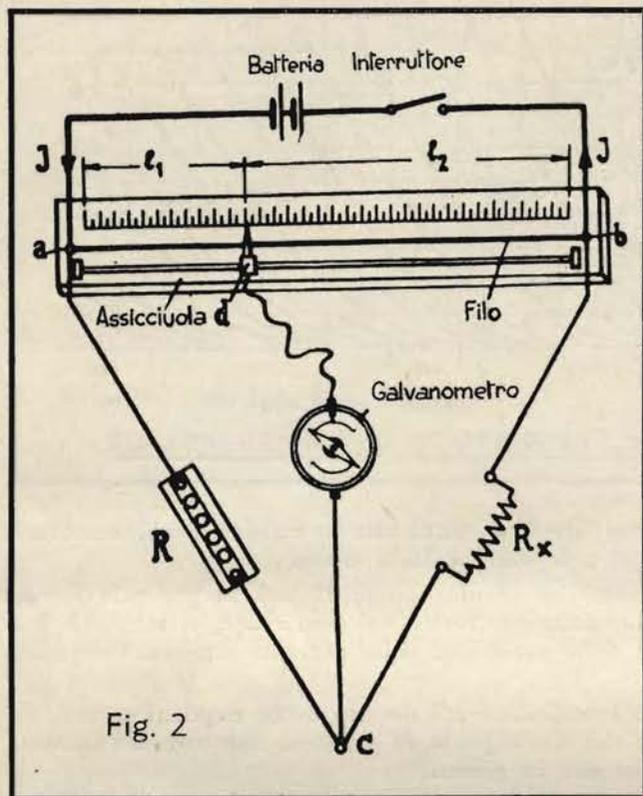


Fig. 2

La fig. 2 rappresenta lo schema del *ponte a filo*. Il filo  $a - b$  è teso sopra una *assicciuola*. Un *contatto d* (cursore), scorrevole lungo una *guida*, striscia sul filo sul quale può essere spostato in qualsiasi punto. Per il resto, il circuito è identico a quello del ponte di Wheatstone.

Per la misura si procede nel seguente modo: si dispone il contatto  $d$  nel centro del filo e si regola la *resistenza a spinotti*  $R$  in modo da ottenere la minima escursione del *galvanometro*. Si sposta quindi il contatto  $d$  fino ad azzerare completamente il galvanometro. Sopra il filo teso è disposta una *scala graduata in millimetri*, oppure in *valori proporzionali al quoziente*  $\frac{l_2}{l_1}$ . Quest'ultima graduazione è la più comoda, perchè permette di moltiplicare la resistenza di confronto  $R$  direttamente col valore letto, allo scopo di ottenere il valore della resistenza cercata  $R_x$ . Si ha infatti:  $R_x = R \cdot \frac{l_2}{l_1}$ .

**Problema:** Durante una misura,  $R$  viene determinata in 100 ohm. Eseguito l'azzeramento del ponte, spostando il contatto  $d$ , si trova  $l_2 = 30$  cm e  $l_1 = 50$  cm.

Qual è il valore di  $R_x$ ?

**Soluzione:**  $R_x = R \cdot \frac{l_2}{l_1} = 100 \cdot \frac{30}{50} = 100 \cdot 0,6 = 60$  ohm.

La fig. 3 rappresenta un pratico *ponte a filo portatile* per officina, usato nei montaggi e nei collaudi. A sinistra si trova il *galvanometro* di elevata sensibilità, con lo zero centrale. Il *filo* è disposto *circolarmente*, per economia di spazio, e si trova sotto la *manopola di regolazione*, a destra. Sulla *scala* sono riportati dei numeri compresi tra 0,5 e 50: essi esprimono il rapporto  $\frac{l_2}{l_1}$ .

Nel centro si trova la resistenza  $R$  di regolazione grossolana, con la quale si possono fissare 5 valori, ossia 0,1; 1; 10; 100 e 1000 ohm. La sorgente di corrente, una normale *pila quadra da 4,5 volt* per lampadina tascabile, è contenuta nel coperchio, in modo da poter essere sostituita con facilità. La resistenza da misurare va allacciata ai morsetti  $X$  situati a sinistra. Dopo aver scelto la resistenza  $R$  più adatta, si gira la manopola con la scala graduata fino ad ottenere l'azzeramento del galvanometro. Il valore della resistenza  $R$  va semplicemente moltiplicato col numero che si legge accanto alla marca, per ottenere il valore della resistenza incognita. Le *prese T*, situate anteriormente nel mezzo, servono per allacciare, quando occorre, una *cuffia telefonica*. Questa sostituisce il galvanometro nei casi in cui la misura debba essere effettuata in corrente alternata, come, p. es., nelle misure di resistenza delle messe a terra, oppure di liquidi.

Come sorgente di corrente alternata a frequenza sonora si utilizza un apposito *apparecchio a induzione*, alimentato dalla pila e contenuto esso pure nel coperchio. Esso è costituito da un *vibratore elettromeccanico* con relativo *trasformatore* e genera un suono (fischio), udibile nella cuffia telefonica con intensità variabile secondo il valore della corrente che attraversa la cuffia. Il cursore

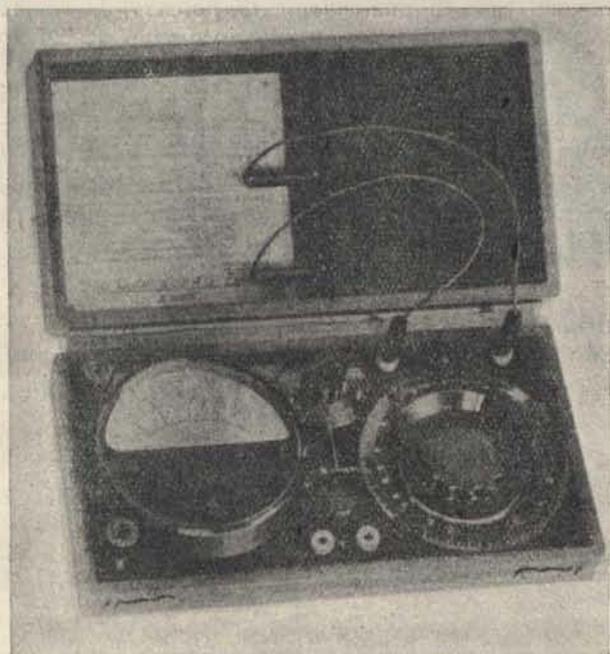


Fig. 3

utilizza un apposito *apparecchio a induzione*, alimentato dalla pila e contenuto esso pure nel coperchio. Esso è costituito da un *vibratore elettromeccanico* con relativo *trasformatore* e genera un suono (fischio), udibile nella cuffia telefonica con intensità variabile secondo il valore della corrente che attraversa la cuffia. Il cursore

del ponte va regolato in modo da far scomparire il suono nel telefono: questa operazione corrisponde all'azzeramento del galvanometro.

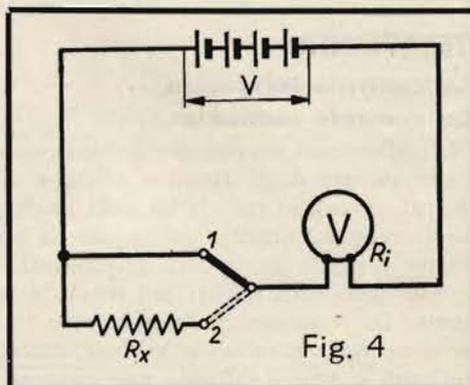
### Il metodo dell'indicazione diretta

Questo sistema di misura della resistenza abbisogna soltanto di un deviatore, di una sorgente di corrente e di un voltmetro, del quale sia nota la resistenza interna.

Nella fig. 4 è riportato lo schema di collegamento di questi componenti. Per determinare la resistenza incognita  $R_x$  occorre effettuare soltanto due misure di tensione. Dapprima si porta il deviatore nella posizione 1. In questo caso il voltmetro indica, ovviamente, la tensione  $V$  della sorgente, dato che è collegato direttamente con la stessa senza interposizione di alcuna resistenza. Si commuta quindi il deviatore nella posizione 2, obbligando la corrente a passare attraverso al voltmetro nonché alla resistenza incognita  $R_x$ . La tensione indicata ora dal voltmetro sia  $v$ .

La resistenza incognita  $R_x$  si calcola con la seguente formula:

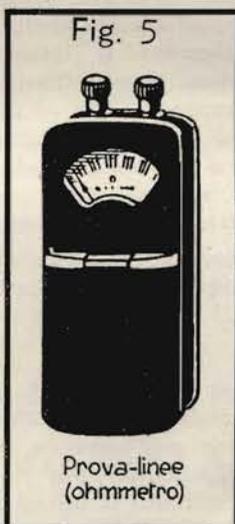
$$R_x = R_i \cdot \left( \frac{V}{v} - 1 \right) \quad \text{Formula (46)}$$



**Problema:** Durante la determinazione di una resistenza si ottenne nella prima misura  $V = 110$  volt, nella seconda  $v = 85$  volt. La resistenza del voltmetro è  $R_i = 50\,000$  ohm. Qual è il valore di  $R_x$ ?

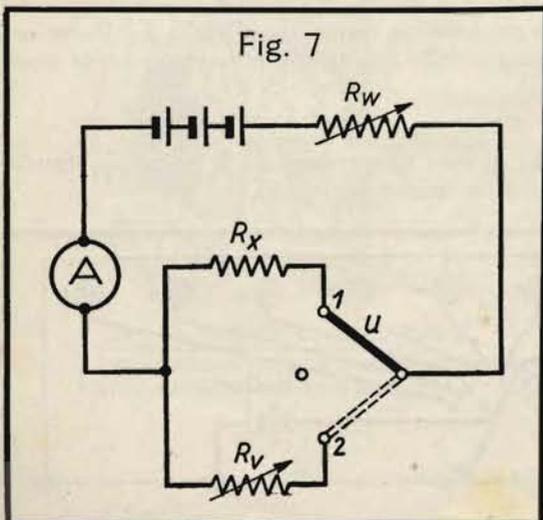
**Soluzione:**  $R_x = R_i \cdot \left( \frac{V}{v} - 1 \right) = 50\,000 \cdot \left( \frac{110}{85} - 1 \right)$ ;  $R_x = 50\,000 \cdot (1,3 - 1) = 50\,000 \cdot 0,3 = 15\,000$  ohm.

Se si eseguono le misure sempre esattamente con la medesima tensione  $V$  ed usando un voltmetro con la stessa resistenza interna  $R_i$ , non varia altro che il valore  $v$ , ossia la tensione indicata quando è inserita la resistenza  $R_x$ . In questo caso ad ogni indicazione  $v$  corrisponde una determinata resistenza  $R_x$ . Ciò permette di graduare la scala dello strumento direttamente in ohm. Si ottiene così un cosiddetto « ohmetro ». Un siffatto strumento consente quindi di eseguire misure dirette di resistenza. La figura 5 rappresenta uno strumento di questo tipo, usato soprattutto come *prova-linee* (cioè per stabilire se in una determinata linea non ci sono delle interruzioni). Esso contiene nella parte inferiore una pila da lampadina tascabile.



Esistono inoltre strumenti per la misura di resistenze più elevate, i cosiddetti « chiloohmmetri » (fig. 6) e « megaohmmetri ». Questi strumenti richiedono l'allacciamento di una sorgente esterna di determinata tensione.

### Il metodo della sostituzione



In un altro sistema per la determinazione delle resistenze si procede alla *sostituzione* della resistenza incognita con una resistenza nota, stabilendo così il valore della prima. Lo schema usato è quello della fig. 7, dove  $A$  rappresenta un amperometro,  $R_w$  una resistenza regolabile (reostato) e  $U$  un deviatore.  $R_v$  è la resistenza nota, una cosiddetta « resistenza di misura ».

La misura col metodo della sostituzione avviene nel modo seguente: si porta dapprima il deviatore  $U$  nella posizione 1 (vedasi fig. 7); la corrente attraversa allora la resistenza da misurare  $R_x$ . Per mezzo del reostato  $R_w$  si regola l'intensità della corrente, in modo da portarla ad un determinato valore. Supponiamo che in questa prima misura lo strumento indichi  $n$  divisioni della scala. Si commuta quindi sulla posizione 2, facendo passare la corrente per la resistenza di misura. Generalmente l'indicazione dello strumento sarà differente da quella di prima, poiché le due resistenze  $R_w$  ed  $R_x$  sono diverse.

Si ripete l'operazione, variando la resistenza di misura, finché l'indicazione dell'amperometro rimanga uguale nelle due posi-

zioni del deviatore. Essendo noto il valore della resistenza di misura, rimane pertanto determinato anche quello della resistenza  $R_x$ , che è identico.

### Domande

1. Perché nel ponte a filo si possono considerare le lunghezze del filo, in luogo delle sue resistenze parziali?
2. Quali sono le parti essenziali che compongono un ohmmetro?

## TELEFONIA

### La centrale telefonica

#### La centrale manuale

Nella Dispensa precedente è stato esaminato nei suoi particolari lo schema di una centrale manuale. In essa il collegamento degli utenti si effettua mediante cordoni. Si può però anche immaginare che i collegamenti tra gli utenti, o meglio tra gli attacchi degli utenti, siano già distesi nella centrale fin dal principio e che le connessioni vengano attuate per mezzo di pulsanti. Ricorderete il *selettore di linea*, nel quale i collegamenti si effettuano appunto per mezzo di pulsanti. C'è però la differenza che, mentre col sistema della *centrale a pulsanti*, questi sono tutti riuniti nel tavolo di un centralino, nel selettore di linea si trovano in ciascun apparecchio d'utente. Di conseguenza le numerose linee di collegamento risultano, nella centrale a pulsanti, assai brevi. Lo schema del centralino a cordoni, tuttavia, è notevolmente più semplice ed occupa meno spazio. Il centralino a pulsanti è adatto soltanto per impianti con meno di 50 utenti; è usato perciò assai di rado ed è pertanto inutile che ce ne occupiamo più diffusamente. L'importante è che abbiate ben compreso quanto vi è d'essenziale, tanto nel selettore di linea che nel centralino a cordoni; lo schema del centralino a pulsanti non è infatti che una combinazione di questi due sistemi.

#### La centrale semiautomatica

L'anello di congiunzione tra le centrali manuali e quelle completamente automatiche è costituito dalle cosiddette « *centrali semiautomatiche* ». L'operatrice riceve le chiamate e s'informa delle disposizioni degli utenti mediante le medesime manovre che si effettuano nelle centrali manuali; dopo l'esecuzione del collegamento, tutto procede però automaticamente. La signorina si limita a infilare la spina nella presa dell'utente da chiamare, senza preoccuparsi se la comunicazione venga attuata o no. Da questo istante provvedono gli appositi automatismi a controllare se l'utente chiamato è libero o occupato (come ciò avvenga, lo vedremo trattando della centrale automatica) e a darne avviso all'utente chiamante col corrispondente segnale. Se la linea è libera, la macchina di chiamata si inserisce a intervalli regolari, azionando la suoneria dell'utente chiamato. A comunicazione avvenuta, viene azionato il contatore, ove questo esista. Alla fine della conversazione un apposito segnale provvede ad avvertire l'operatrice che il collegamento va disfatto.

Di solito gli impianti di questo genere servono nel periodo di transizione dall'esercizio manuale a quello completamente automatico. Generalmente si comincia ad automatizzare una parte del servizio, per non dover attuare tutta la trasformazione in una volta sola.

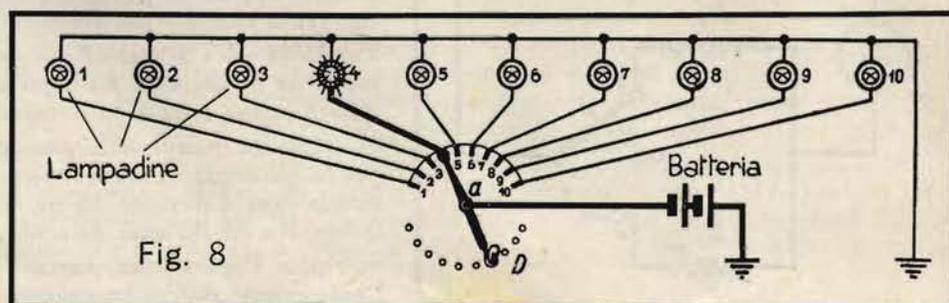
#### La telefonia automatica

Nella descrizione del servizio telefonico con smistamento manuale avete seguito in ogni dettaglio le numerose operazioni eseguite dall'impiegata del centralino, per effettuare un collegamento. La centrale semiautomatica rappresenta certamente una semplificazione nell'esercizio, ma anch'essa non cambia nulla nel fatto che lo smistamento manuale non solo richieda maggior tempo, ma sia inoltre gravato da svariati inconvenienti. Avengono collegamenti errati ed altri errori di servizio; si incontrano difficoltà di comprensione dovute alla lingua o alla pronuncia, ecc. È da osservare inoltre che l'esercizio di una centrale manuale è più costoso di quello di una centrale automatica. Non dimentichiamo infine il lavoro, spesso quasi massacrante, dell'operatrice telefonica, alla quale si richiede, giorno e notte, la precisione e la mancanza di sensibilità proprie di una macchina. Già nel lontano 1879 un certo *Alman B. Strowger* si stizziva a causa del disservizio telefonico. Poiché non voleva continuare ad arrabbiarsi, si mise a cercare la possibilità di eliminare lo smistamento manuale delle comunicazioni e di far effettuare il collegamento direttamente dall'utente per mezzo di *selettori*. Incominciò così lo sviluppo della *telefonia automatica*. La prima *centrale telefonica automatica* venne installata a La Porte negli Stati Uniti d'America, nell'anno 1892. In Europa, l'automatizzazione delle reti telefoniche prese piede dopo la prima guerra mondiale.

#### Il principio di funzionamento

Con l'aiuto di un esempio semplicissimo, cercheremo di rendere facilmente comprensibile il principio fondamentale del *selettore* sviluppato da Strowger, e quindi della *telefonia automatica* (fig. 8).

Il *commutatore rotativo D* serve per inserire a scelta una delle dieci lampadine disponibili. Esso è quindi dotato di 10 contatti, disposti a semicerchio attorno all'asse del commutatore, sui quali striscia una lamina metallica fissata ad un braccio girevole. La linea proveniente dalla batteria fa capo a questo braccio. Quando si porta il



braccio del commutatore sul primo contatto, si accende la prima lampada; portato sul contatto 4, come nella figura, si accende la quarta lampada, e così via. Da quello che avete appreso finora, potete facilmente supporre che il braccio del commutatore può essere anche comandato a distanza.

Nella fig. 9 è rappresentato schematicamente un congegno di questo genere, *comandato a distanza*, costituente in linea di principio un *selettore telefonico*. La manovella del commutatore manuale è sostituita da una *ruota dentata Z*, alla quale è fissato rigidamente il *braccio di contatto*. Il cosiddetto « *nottolino* » *st* è imperniato nell'*ancoretta A* di un *elettromagnete M*, in modo che, quando l'avvolgimento di quest'ultimo è percorso da corrente continua ed esso attrae pertanto l'ancoretta, il *nottolino* ingrana in un dente successivo della ruota dentata, costringendo il braccio ad avanzare di un passo. A questo modo il braccio di contatto viene spinto successivamente da un contatto all'altro.

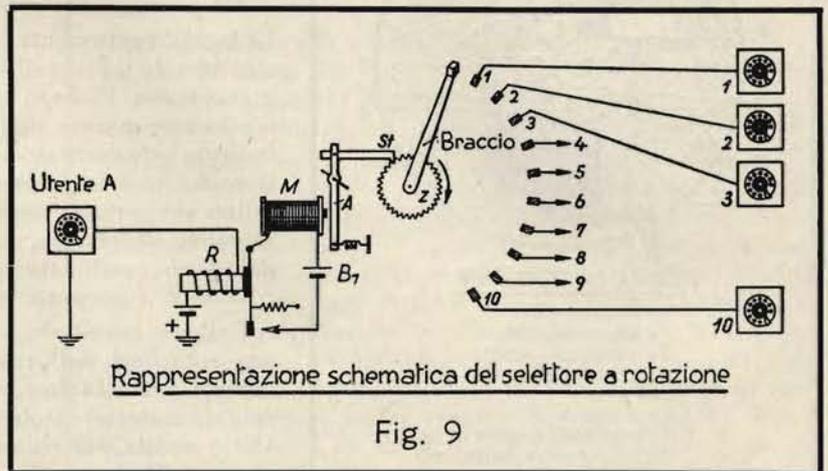


Fig. 9

L'elettromagnete *M* è alimentato dalla *batteria B<sub>1</sub>* attraverso un *relè a corrente di riposo R*. Quando l'utente *A* interrompe questa corrente, il relè *R* si diseccita, collegando nel medesimo istante l'elettromagnete *M* alla batteria *B<sub>1</sub>*.

L'elettromagnete attrae l'ancoretta *A*, il *nottolino* si sposta verso destra, urtando contro la ruota dentata *Z*, e il braccio passa al contatto seguente.

A ogni contatto è allacciata la linea di un utente. La linea dell'utente chiamante termina al braccio del selettore. Se abbiamo dunque dieci utenti allacciati alla centrale, occorreranno dieci selettori di questo genere, affinché ogni utente possa raggiungere ciascun altro.

Questi cosiddetti « *selettori a rotazione* » sono collocati nella centrale e vengono comandati dall'utente mediante un certo numero di *impulsi* (interruzioni) della corrente di riposo. Quattro impulsi portano il braccio di contatto sul contatto 4, otto impulsi lo portano sul contatto 8, e così via. Ma in che modo l'utente può provocare questi impulsi? Serve a questo scopo il *disco combinatore*.

### Il disco combinatore

L'apparecchio telefonico dell'utente possiede un cosiddetto « *dispositivo combinatore* », costituito dal *disco combinatore* e dal relativo *dispositivo d'interruzione*. Il disco, che avrete osservato in un qualsiasi telefono, ha un diametro di circa 8 cm ed è girevole attorno ad un asse. Esso è dotato alla periferia di 10 fori, sotto ai quali sono incisi su un disco fisso i numeri da 1 a 9 e lo zero. Queste cifre sono chiaramente visibili attraverso ai fori del disco girevole. Nella parte anteriore si trova inoltre un *arresto*, che sporge alquanto sopra il disco girevole. All'atto della formazione di ciascun numero, il disco viene *caricato* fino a toccare col dito questo *arresto* (fig. 10).

Il *dispositivo interruttore* è simile ad un meccanismo d'orologeria, costituito da una *ruota dentata* che, mediante un *albero elicoidale*, aziona un *settore d'impulsi* ed un *contatto d'impulsi*. La velocità di ritorno del disco è regolata a mezzo di un *freno*, messo a punto in modo, che il tempo di ritorno equivalga ad 1 secondo, quando il disco sia stato completamente caricato.

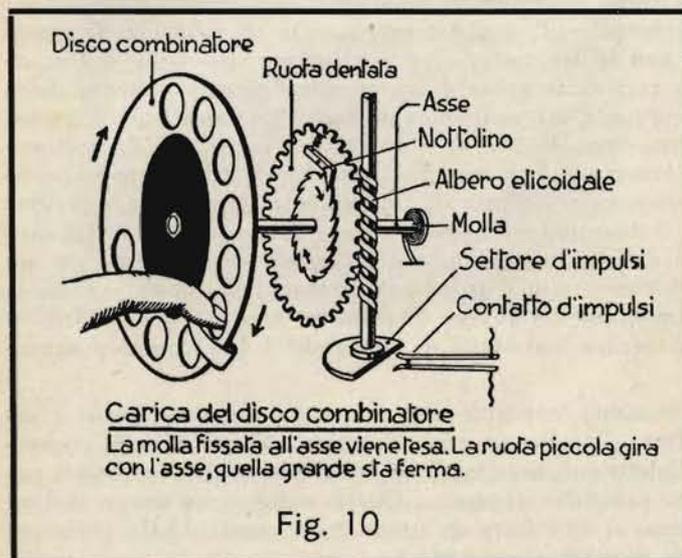


Fig. 10

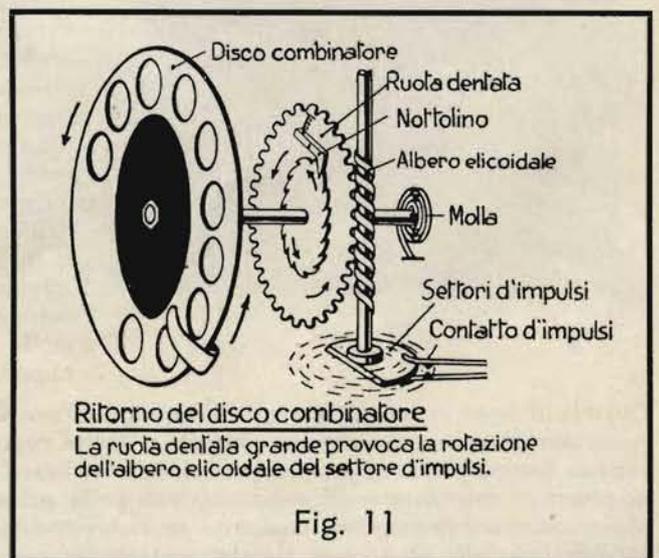
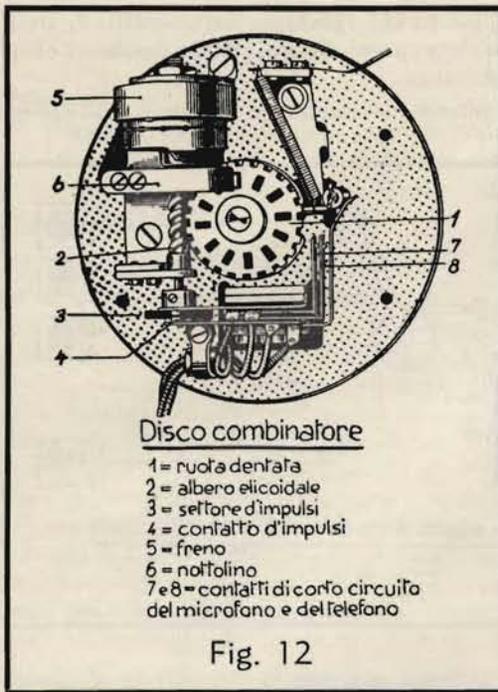


Fig. 11



Il meccanismo del disco combinatore è fatto in modo che, nella fase di ritorno, il contatto d'impulsi apra e chiuda il circuito della linea adducente al selettore situato in centrale (fig. 11). Il numero degli impulsi equivale al numero formato. *Gli impulsi sono da considerare come segnali telegrafici ricevuti dal selettore nella centrale, del quale provocano il movimento.*

La fig. 12 rappresenta il meccanismo del disco combinatore, la parte cioè che si trova nell'interno dell'apparecchio. La ruota dentata 1 ingrana con l'albero elicoidale 2. Ruotando il disco, si carica la molla incorporata nel meccanismo (non visibile nella fig. 12, ma indicata schematicamente nella fig. 11); durante questo movimento, il nottolino 6 impedisce la rotazione della ruota dentata 1. (Il nottolino si riconosce anche nelle figure 10 e 11, benchè rappresentato in modo differente). La ruota 1 gira soltanto nella fase di ritorno del disco combinatore, trasmettendo il movimento all'albero elicoidale 2. (Osservate nuovamente le figure 10 e 11!)

All'albero elicoidale è applicato il freno 5, che serve ad ottenere una rotazione uniforme del disco durante il ritorno. L'albero elicoidale porta inoltre, all'estremità inferiore, un disco semicircolare 3 di materiale isolante (fibra), il cosiddetto « settore d'impulsi ». (Esso risulta più chiaramente nelle figg. 10 e 11). Durante la rotazione dell'albero, il settore d'impulsi passa attraverso ai contatti d'impulsi 4, provocando brevi interruzioni della corrente di riposo. Fanno infine parte del dispositivo combinatore le due lamelle 7 e 8, le quali costituiscono un contatto, che si chiude non appena il disco

combinatore venga spostato dalla posizione di riposo, rimanendo chiuso fino al ritorno del disco nella posizione predetta. Questo contatto serve a cortocircuitare il microfono ed il telefono dell'apparecchio durante la manovra del disco combinatore, allo scopo di sopprimere gli sgradevoli crepitii che altrimenti si udirebbero nel ricevitore.

### Il selettore a rotazione

Consideriamo di nuovo il selettore situato in centrale ed esaminiamo dapprima il selettore a rotazione (figura 13). Esso si compone essenzialmente di due parti: meccanismo di commutazione (contatti striscianti, nel centro della figura, ed elettromagnete, in basso a destra) e banco di contatto. Il banco di contatto è costituito dall'insieme delle lamelle di contatto, sovrapposte ed isolate accuratamente le une dalle altre.

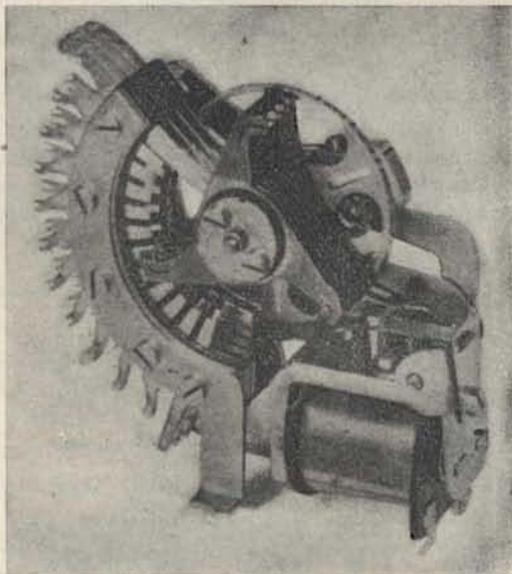


Fig. 13

Il numero delle lamelle di contatto giacenti in un piano equivale al numero di linee, che devono poter essere raggiunte dal braccio di contatto del meccanismo commutatore. Secondo lo schema della centrale, a ciascuna linea sono assegnate tre o quattro lamelle di contatto, alle volte anche un numero maggiore. Esse si chiamano « contatto a, b, c », ecc. (P. es., nella fig. 13 si vedono 4 file di contatti). I contatti a e b costituiscono i terminali dei due conduttori di linea; i contatti c servono per il circuito di prova e gli ulteriori eventuali contatti sono previsti per funzioni speciali di commutazione. Facendo un paragone col centralino manuale, il banco di contatto sostituisce il pannello delle prese.

Come vi ricorderete, ogni presa possiede tre attacchi designati anch'essi con le lettere a, b, c. La lamina strisciante del selettore fa le veci della spina di un cordone di collegamento della centrale manuale. Naturalmente ci sono altrettanti bracci di contatto quante sono le file di contatti del banco; si distinguono quindi il braccio a, b, c, ecc. Essi sono fissati sull'albero in modo da girare come le lancette di un orologio durante la rotazione dell'asse, fermandosi in corrispondenza di uno qualsiasi dei contatti. Una delle prime condizioni di buon funzionamento per un selettore è che si abbia un buon contatto. Per questa ragione le lamine striscianti dei bracci di contatto sono doppie e fatte in modo da toccare i contatti da entrambi i lati contemporaneamente.

Quando il braccio mobile giunge in corrispondenza del contatto appartenente al numero formato, esso si arresta per mancanza di successivi impulsi; risulta così attuato il collegamento telefonico. Alla fine della conversazione uno speciale congegno provvede ad applicare all'elettromagnete tanti impulsi, quanti sono necessari per riportare il meccanismo di commutazione nella primitiva posizione di riposo. Questo congegno è messo in funzione automaticamente nel momento in cui viene riappeso il ricevitore da parte degli utenti. Dalla posizione iniziale, a quella di riposo, il selettore compie pertanto una rotazione intera.

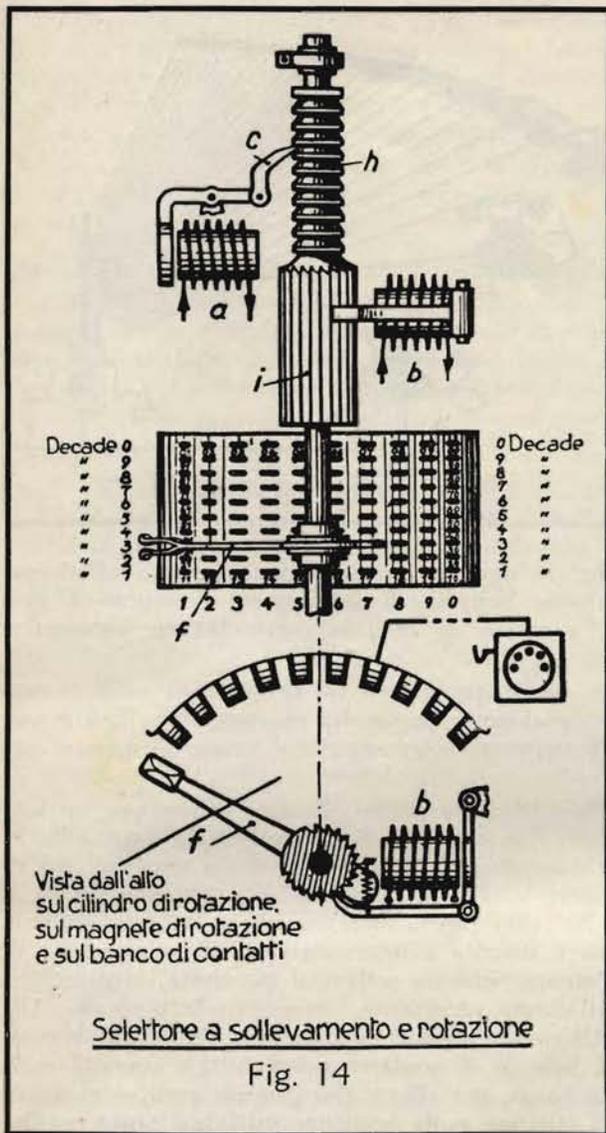


Fig. 14

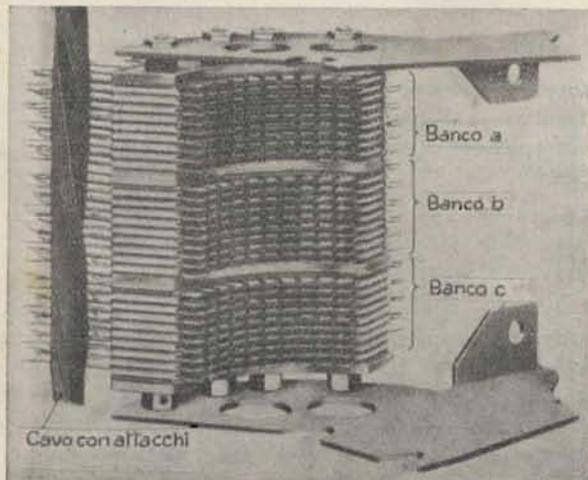


Fig. 15

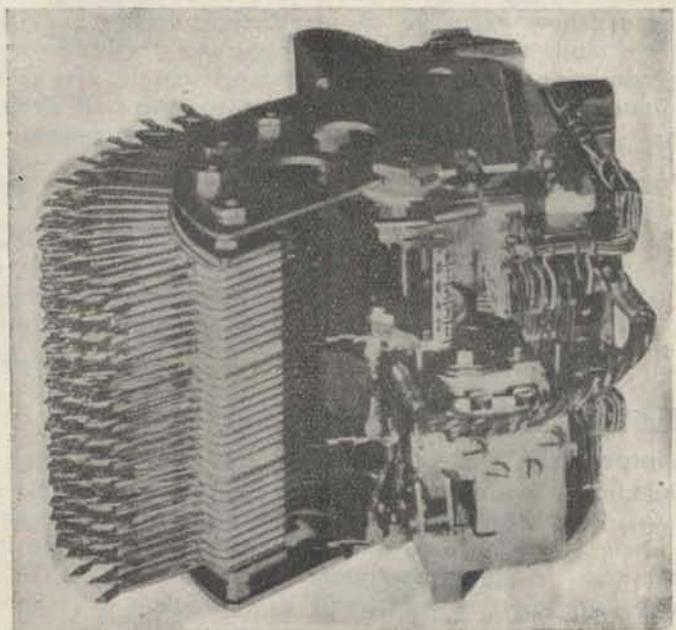


Fig. 16

Come risulta dalla fig. 13, esistono però anche *selettori* dotati di *tre bracci striscianti*, spostati di  $120^\circ$  tra loro e giacenti nel medesimo piano. Nei selettori di questo tipo una *coppia di lamine striscianti* entra subito in funzione, non appena quella precedente ha abbandonato il banco di contatto.

Negli impianti più grandi, ove i selettori con la capacità di sole 10 linee non sono più sufficienti, si fa uso di una *costruzione speciale* formata da *dieci banchi di contatto* riuniti uno sopra l'altro, in modo da realizzare 10 *decadi*.

Un selettore così composto può accogliere 100 linee e si chiama « *selettore a sollevamento e rotazione* ». La figura 14 rappresenta schematicamente un *selettore a sollevamento e rotazione*. I cento contatti del banco di contatto sono disposti su dieci file di dieci contatti ciascuna. Poichè per ogni attacco si richiedono 3 *contatti*, ci sono complessivamente 300 *lamelle*, suddivise in tre ordini sovrapposti di 100 ciascuno (banco a, banco b, banco c) (fig. 15). Per semplificare le nostre spiegazioni consideriamo un solo banco come nella fig. 14. Una *sbarra dentata h*, dotata di dieci dentature circolari, ed un *cilindro i*, provvisto di dieci scanalature longitudinali, permettono di sollevare il *braccio di contatto f* di dieci passi e di fargli compiere dieci passi rotativi. Il sollevamento e la rotazione sono provocati da *elettromagneti (a e b)*. Ad ogni passo di sollevamento, il braccio si solleva all'altezza di una successiva fila di lamelle (*decade*), mentre con ogni passo di rotazione orizzontale, esso si dispone a contatto di una successiva lamella della decade, esattamente come il selettore a rotazione.

Il banco di contatto è disposto su una sezione cilindrica, e pertanto i *bracci di contatto* sono in grado di raggiungere ogni *singola lamella*, mediante uno *spostamento rettilineo verticale* ed una *rotazione orizzontale*. La fig. 16 mostra

un selettore a sollevamento e rotazione completo, costituito da tre banchi di contatto.

Illustreremo il funzionamento del selettore con un esempio (fig. 17). Supponiamo che si voglia chiamare l'utente N. 35. L'utente chiamante deve formare sul proprio disco combinatorio dapprima un 3 e poi un 5. I tre impulsi della prima serie agiscono, tramite il relè a corrente di riposo (non disegnato nella figura), sul *magnete di sollevamento*. L'ancoretta di quest'ultimo aziona per tre volte il nottolino, sollevando di tre passi l'albero dentato, assieme al braccio di contatto che con esso è solidale. Ognuno dei dieci denti circolari dell'al-

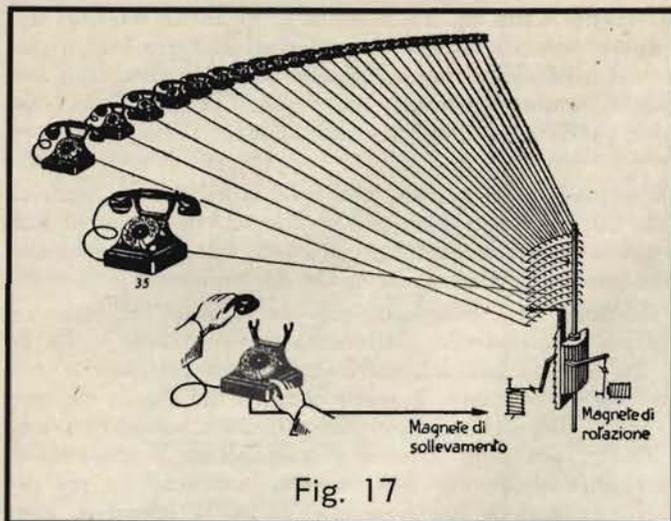


Fig. 17

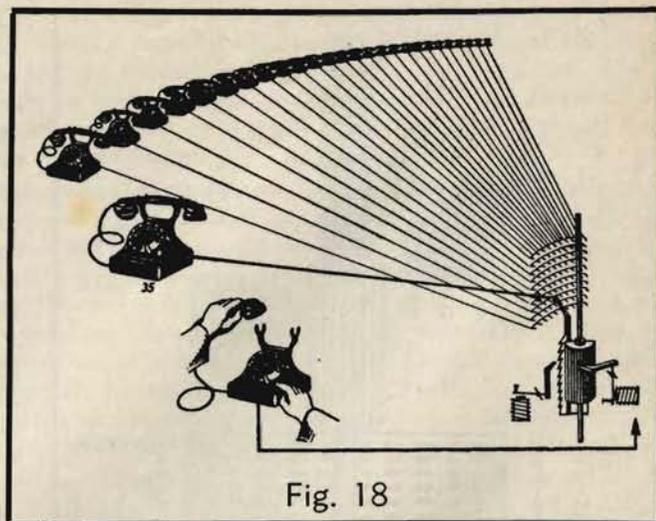


Fig. 18

bero corrisponde ad una delle dieci decadi del selettore. In tal modo il braccio viene portato all'altezza della terza decade. La breve pausa che interviene dopo l'ultimo impulso di sollevamento, mentre si procede alla ricarica del disco combinatorio, serve per effettuare, a mezzo di relè, la commutazione automatica dalla funzione di sollevamento a quella di rotazione.

La seconda serie di impulsi (nel nostro esempio sono 5) non agisce quindi più sul magnete di sollevamento bensì su quello di rotazione. Mediante un meccanismo di leve, analogo a quello del magnete di sollevamento, esso provoca lo spostamento orizzontale del braccio, facendolo strisciare sui contatti dal primo al quarto, per arrestarlo in corrispondenza del contatto N. 5 (fig. 18).

Nell'istante in cui il braccio di contatto ha raggiunto la lamella dell'utente richiesto, entra in funzione un relè col compito di stabilire se l'utente chiamato è libero. Il criterio che permette di riconoscere lo stato della linea è dato, come nel centralino manuale, dalla tensione del conduttore *c*. Se questo è senza tensione, ciò significa che l'utente è libero, e pertanto l'utente chiamante riceve il segnale corrispondente. Quando invece il chiamato è occupato, interviene un segnale acustico diverso. Nel caso che la linea sia libera, avviene automaticamente la chiamata dell'utente richiesto, sulla linea del quale è inserita a intervalli regolari la macchina di chiamata, che serve per tutti gli utenti. Nel momento in cui l'utente richiesto solleva il ricevitore, la macchina di chiamata viene distaccata e si realizza il collegamento all'utente chiamante, attraverso la centrale. Alla fine della conversazione gli utenti appendono i ricevitori. Allora il magnete di rotazione riceve automaticamente tanti impulsi, quanti ne occorrono per far scorrere il braccio di contatto sopra tutti i contatti della decade; giunto alla fine della corsa orizzontale, esso ricade in basso, per effetto del proprio peso, e viene riportato da una molla nella posizione primitiva. Il ritorno del selettore nella posizione iniziale è tanto rapido, che gli utenti possono praticamente formare un nuovo collegamento subito dopo aver riappeso il ricevitore.

### Domande

1. In che modo funziona il selettore a rotazione?
2. Come vengono generati gli impulsi che azionano il selettore a rotazione?
3. Gli impulsi emessi dal disco combinatorio agiscono direttamente sull'elettromagnete del selettore?
4. Quanti collegamenti si possono effettuare con un normale selettore a sollevamento e rotazione?
5. In che modo funziona il selettore a sollevamento e rotazione?

## ELETTROTECNICA GENERALE

### L'impedenza

Dobbiamo ricavare ora le nuove, importanti regole, che riguardano le connessioni tra resistenze ohmiche e reattanze. Nella Dispensa N. 5 avete conosciuto il collegamento in serie ed in parallelo di resistenze ohmiche o, come si suol dire, attive. Nel collegamento in serie la resistenza complessiva diventava maggiore; nel collegamento in parallelo, minore. Nella Dispensa N. 10 avete appreso invece il calcolo delle reattanze, partendo dai valori di induttanza, di capacità e di frequenza o pulsazione. Vale infatti la relazione  $R_{ind} =$

$$= 2\pi \cdot f \cdot L \text{ (formula 27) e } R_{cap} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \text{ (formula 29). Avete appreso inoltre che la risultante del collegamento in parallelo di varie reattanze induttive o capacitive, le une e le altre per proprio conto, si calcola con le medesime regole usate per le resistenze ohmiche. Così, per esempio, se si collegano in serie due reattanze induttive di ugual valore, si ottiene la reattanza doppia.}$$

Non vi è stato però ancora spiegato che cosa risulti, per esempio, dal collegamento in serie di una resistenza ohmica con una reattanza induttiva. Come sapete, esiste una differenza essenziale tra queste due grandezze; nella resistenza percorsa da corrente si consuma una potenza, nell'induttanza no. Nella resistenza attiva la tensione e la corrente sono in fase; nella reattanza pura sono invece sfasate di 90°. Normalmente qualsiasi bo-

bina possiede anche una certa resistenza ohmica e si può pertanto considerare come collegamento in serie di una induttanza con una resistenza. Non vi meravigliate di apprendere che, in questo caso, si manifesta uno sfasamento compreso tra  $0^\circ$  (per la pura resistenza) e  $90^\circ$  (per la pura induttanza). Un complesso di questo genere, nel quale si potrebbe riscontrare, per esempio, uno sfasamento di  $30^\circ$  fra tensione e corrente, costituisce una *impedenza* o *resistenza apparente*.

Dobbiamo conoscere ora meglio che cosa sia l'*impedenza* e imparare a calcolarla. Il suo valore non si può ottenere sommando semplicemente resistenza e reattanza, dovendosi considerare pure l'*angolo di sfasamento* esistente tra queste grandezze.

### Determinazione dell'impedenza col metodo grafico

Il valore dell'impedenza si ottiene graficamente, riportando la resistenza ohmica in una scala determinata e aggiungendo la reattanza sotto un angolo di  $90^\circ$ , per considerare lo sfasamento dovuto all'induttanza. Si forma in tal modo un triangolo rettangolo, figura geometrica che già conoscete dallo studio della trigonometria (fig. 19). L'*impedenza* corrisponde all'*ipotenusa*, mentre la *resistenza ohmica* e la *reattanza* costituiscono i *cateti*. Chiariremo subito la cosa con un esempio.

#### Problema:

Qual è il valore dell'impedenza di una bobina, alla frequenza di 50 Hz, posto che essa abbia un'induttanza  $L = 2$  H ed una resistenza attiva  $R_{att} = 200$  ohm?

#### Soluzione:

Calcoliamo dapprima la reattanza.

$R_{ind} = 2 \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 2 = 628 \Omega$ . Stabiliamo che nella rappresentazione grafica 1 cm debba equivalere a 100  $\Omega$ . Tracciamo quindi una linea orizzontale lunga cm 6,28, la quale rappresenta la *reattanza* (figura 20). A un'estremità di questa retta tracciamo con un angolo di  $90^\circ$ , quindi in direzione verticale, una linea di cm 2, corrispondente alla *resistenza attiva*, che è uguale a 200  $\Omega$ . Collegiamo infine il punto A col punto B, tracciando l'*ipotenusa* del triangolo. Misuriamo col righello la lunghezza di questo lato e troviamo cm 6,6. L'*impedenza* della bobina equivale quindi a 660 ohm.

Allarghiamo ora il quesito per farvi comprendere meglio l'utilità di questo calcolo. Chiediamoci quale sarà l'intensità della corrente che attraverserà la bobina, nel caso che venga allacciata alla tensione alternata di 220 V e 50 Hz.

Conosciamo il valore dell'impedenza: essa è uguale a 660  $\Omega$ . La corrente si calcola conformemente alla legge di Ohm, ponendo, in luogo della resistenza R, il valore dell'impedenza.

Troviamo allora:  $I = \frac{V}{R} = \frac{220}{660} = \frac{1}{3} = 0,333$  ampère.

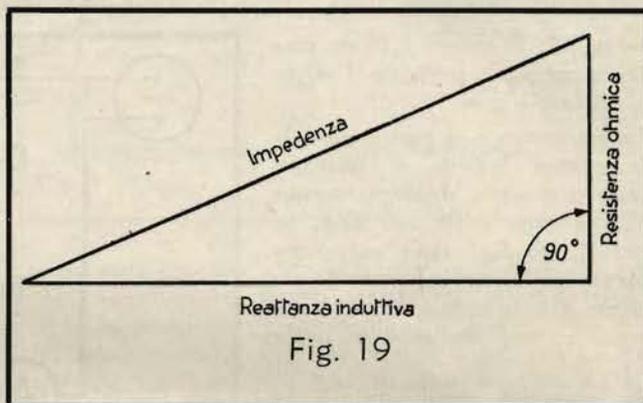


Fig. 19

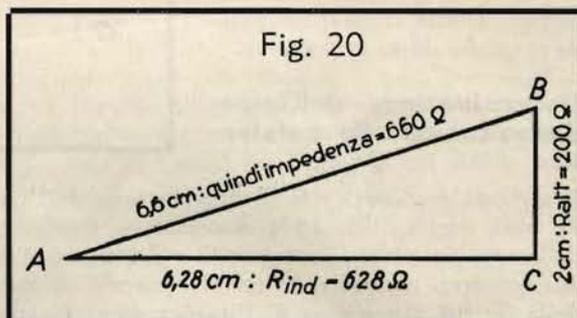


Fig. 20

### L'angolo di fase $\varphi$

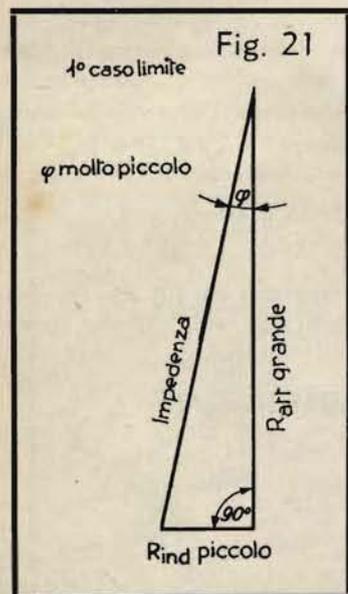


Fig. 21

Dalle riflessioni ora fatte risulta che l'angolo di fase, tra la tensione e la corrente, deve dipendere dal rapporto sussistente tra la resistenza attiva e la reattanza.

Quando abbiamo molta reattanza e poca resistenza, otteniamo un angolo di fase  $\varphi$  (leggi « fi ») vicino a  $90^\circ$ . Quando invece è preponderante la resistenza attiva otteniamo un angolo di fase vicino a  $0^\circ$ . In breve:

1° caso-limite:  $R_{att}$  grande e  $R_{ind}$  piccolo  $\Rightarrow \varphi$  molto piccolo.

2° caso-limite:  $R_{att}$  piccolo e  $R_{ind}$  grande  $\Rightarrow \varphi$  molto grande, quasi  $90^\circ$ .

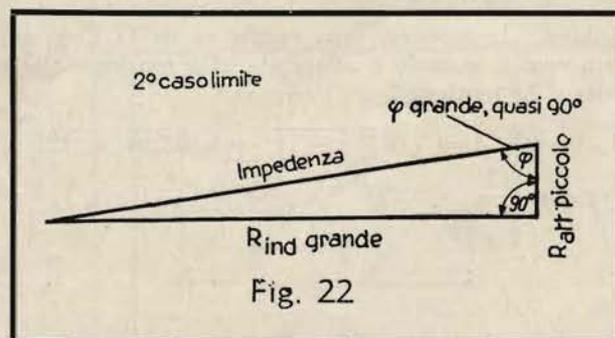


Fig. 22

Rappresentiamo questi due casi-limiti per mezzo dei nostri triangoli rettangoli (figg. 21 e 22).

Siamo certi che, dopo la facile conclusione di cui sopra, sareste riuscito da solo a trovare dov'è situato l'angolo  $\varphi$  nel triangolo rettangolo. Esso è l'*angolo racchiuso* tra le rette dell'im-

pedenza e della resistenza attiva. Il valore di quest'angolo si può naturalmente misurare con un goniometro, ma si avrebbe un risultato poco esatto. Tuttavia le nostre cognizioni di trigonometria devono ben servirci a qualche cosa!  $R_{ind}$  è il cateto opposto,  $R_{att}$  il cateto adiacente. Ciò ci permette di calcolare la tangente dell'angolo  $\varphi$ :

$$tg \varphi = \frac{\text{cateto opposto}}{\text{cateto adiacente}} = \frac{R_{ind}}{R_{att}}$$

Ricordiamo quindi:

$$tg \varphi = \frac{R_{ind}}{R_{att}}$$

. . . . . Formula (47)

Calcoliamo ora l'angolo di fase  $\varphi$  nell'esempio della bobina considerata più sopra; ciò servirà per farci riflettere bene sulle varie relazioni.

Nel nostro caso  $tg \varphi = \frac{628}{200} = 3,14$ . Nella Tabella N. 8 (Dispensa N. 11) troviamo  $3,07768 = tg 72^\circ$  e  $3,27085$

$= tg 73^\circ$ . Il valore 3,14 sta circa in mezzo e pertanto l'angolo di fase è  $\varphi = 72 \frac{1}{2}^\circ$ .

La resistenza e la reattanza della nostra bobina si possono rappresentare conformemente allo schema della fig. 23-a, in cui  $R_{ind}$  e  $R_{att}$  sono semplicemente collegate in serie. Si ottiene così la relazione tra corrente e tensione esposta nella fig. 23-b.

La corrente segue quindi la tensione di  $72 \frac{1}{2}^\circ$ ; essa raggiunge infatti il proprio valore massimo dopo la tensione.

**Determinazione dell'impedenza col metodo matematico**

Il metodo grafico per la determinazione dell'impedenza non è molto preciso ed è anche un po' laborioso. Esiste però anche un metodo matematico, fondato sul teorema di Pitagora. Questo teorema vi è certamente già noto dalla scuola e rinunciamo perciò a darvene qui la dimostrazione. Esso si enuncia così: « La somma delle aree dei due quadrati costruiti sui cateti equivale all'area del quadrato costruito sull'ipotenusa ». Applicato al triangolo della fig. 19, il teorema di Pitagora dice:  $(\text{impedenza})^2 = (\text{resistenza})^2 + (\text{reattanza})^2$

Ponendo nuovamente  $R_{att}$  per la resistenza ohmica e  $R_{ind}$  per la reattanza induttiva, possiamo scrivere:  $(\text{impedenza})^2 = R_{att}^2 + R_{ind}^2$

Estraendo la radice quadrata di entrambi i membri dell'equazione, otteniamo la formula per il calcolo dell'impedenza:

$$\text{Impedenza} = \sqrt{R_{att}^2 + R_{ind}^2}$$

. . . . . (Formula (48))

Tornando al problema della nostra bobina, siamo ora in grado di calcolare l'impedenza con l'aiuto della nuova formula. Avevamo:  $R_{att} = 200 \Omega$  e  $R_{ind} = 628 \Omega$ . Otteniamo quindi:  $\text{Impedenza} = \sqrt{R_{att}^2 + R_{ind}^2} = \sqrt{200^2 + 628^2} = \sqrt{4 \cdot 10^4 + 39,4 \cdot 10^4} = \sqrt{43,4 \cdot 10^4} = 659,078 \Omega$ .

Come vedete, col metodo matematico si ottiene un risultato più preciso che col metodo grafico.

**Problema:**

Calcolate l'impedenza di una bobina, che possiede una reattanza di  $11 \Omega$  e una resistenza di  $4,8 \Omega$ . Qual è l'intensità della corrente che l'attraversa, quando è allacciata alla tensione alternata di 220 volt? Quale sfasamento si manifesta tra la corrente e la tensione?

**Soluzione:**  $\text{Impedenza} = \sqrt{R_{att}^2 + R_{ind}^2} = \sqrt{4,8^2 + 11^2} = \sqrt{23,04 + 121} = \sqrt{144,04} = 12 \Omega$ .

$$I = \frac{220}{12} = 18,3 \text{ ampère}; \quad tg \varphi = \frac{11}{4,8} = 2,29; \quad \varphi = 66 \frac{1}{2}^\circ$$

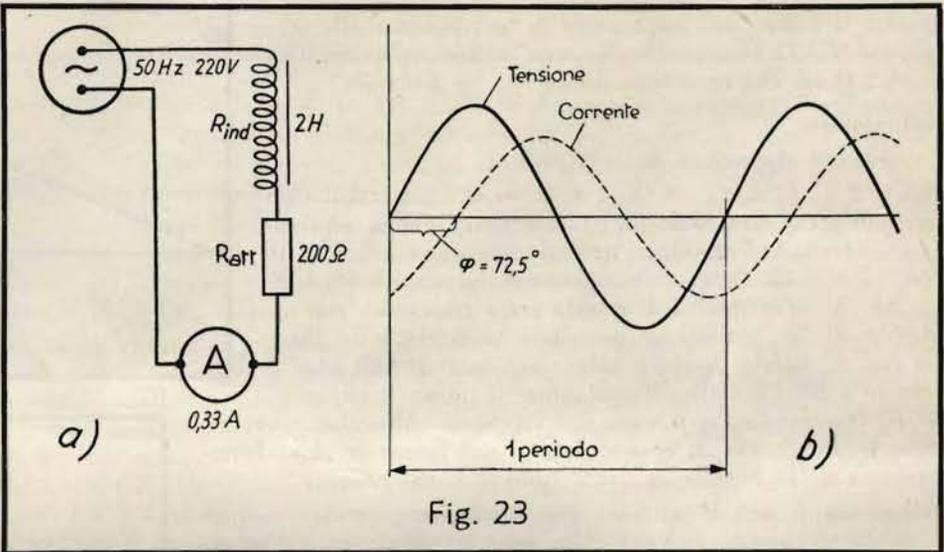


Fig. 23

## RADIOTECNICA

### L'ANTENNA

#### Suoi compiti ed effetti

Se qualcuno vi domanda a che cosa serve l'antenna, rispondete senza esitazioni: *per irradiare, oppure per assorbire le onde della radio*. Poichè da principio gli scienziati non potevano concepire la propagazione delle onde elettromagnetiche, senza ammettere l'intervento di un *mezzo materiale* (pensate alle onde dell'acqua), essi supposero l'esistenza dell'*etere*. Si pensa così che l'etere trasporti le oscillazioni delle onde elettromagnetiche, che gli sono impresse dall'antenna trasmittente, fino all'antenna ricevente. Quest'ultima segue le oscillazioni dell'etere e si manifesta così verso terra, nella linea di discesa, una tensione alternata, che consente di far funzionare l'apparecchio ricevente, sia esso una semplice radio a galena, oppure un ricevitore dotato di numerose valvole amplificatrici.

*L'antenna trasmittente e quella ricevente si comportano come i due avvolgimenti di un trasformatore. Direte subito che, in questo caso, il grado di accoppiamento deve essere molto basso; avete ragione! Infatti nell'antenna trasmittente agisce una potenza considerevole (p. es. 150 kW), mentre nell'antenna ricevente si ottengono solo piccolissime tensioni di pochi millivolt. Per poter completare il paragone col trasformatore, dobbiamo proseguire ancora un poco con le nostre riflessioni. Conoscendo le antenne per averne vedute alcune, osserviamo che esse sono costituite, nel caso più semplice, da un filo teso: di spire e avvolgimenti non ce n'è nemmeno l'ombra. Voi sapete però che due piastre affiancate costituiscono un condensatore; in elettrotecnica si dice che esse posseggono una capacità mutua. Anche l'antenna costituisce un condensatore, le cui piastre o armature sono il filo e la terra. La capacità esistente tra il filo dell'antenna e la terra chiude il circuito dell'antenna stessa e fa sì che essa costituisca una grande spira (fig. 24). Nel caso del trasformatore, l'effetto di un avvolgimento sull'altro viene aumentato usando un nucleo di ferro. Ciò non si può fare con l'antenna; si ottiene invece un miglioramento facendo l'antenna molto alta, in modo che possa raccogliere liberamente le onde trasmesse attraverso l'etere.*

#### L'antenna di trasmissione

È chiaro che la costruzione di un'antenna di trasmissione debba richiedere le massime cure, nell'intento di ottenere la migliore ricezione presso tutti gli ascoltatori. Per questa ragione gli impianti di emissione sono sempre eretti in *località completamente aperte*, fuori delle città. Nelle costruzioni più recenti si preferisce usare come antenna trasmittente un cosiddetto « *pilone a oscillazione propria* ». Esso è costituito da un *pilone a traliccio*, poggiate su un piede isolante di porcellana e trattenuto da funi, interrotte in più punti mediante isolatori. Questo pilone irradia nello spazio le onde ad alta frequenza. *Le antenne delle trasmissioni ad onde medie hanno altezze varianti tra i 100 ed i 250 metri.*

#### L'antenna di ricezione

È ovvio che gli impianti di ricezione non possono essere complessi e costosi come quelli di trasmissione. Ciò sarebbe del tutto antieconomico. È vero infatti che, possedendo un'antenna veramente buona, si richiede una minore amplificazione; tuttavia un amplificatore costa oggi meno di un grande impianto d'antenna. Un certo minimo di spesa è però indispensabile anche nel caso dell'antenna di ricezione. Comprenderemo meglio questa affermazione facendo un paragone con le onde dell'acqua. In alto mare ci sono onde alte e potenti; il mare è mosso. Nel porto invece le onde sono basse e deboli, essendo trattenute dalle dighe e dai moli. Analogamente, *le antenne situate in aperta campagna vengono colpite da onde elettromagnetiche forti, poichè queste non incontrano ostacoli e non sono quindi impedito nella loro propagazione, prescindendo dal fatto che, allontanandosi dalla stazione emittente, esse si indeboliscono sempre più. Nel mare di case delle grandi città le onde radio incontrano invece numerosissimi ostacoli, per la qual cosa rimangono fortemente indebolite.*

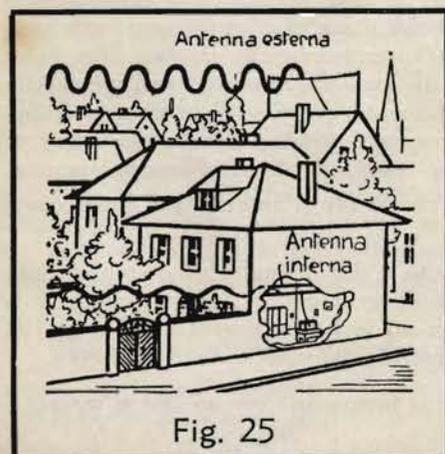


Fig. 25

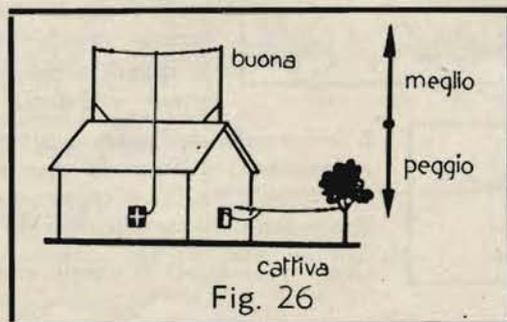


Fig. 26

Questa è la ragione per cui le antenne interne permettono una ricezione meno buona che le antenne esterne, tese in alto sopra i tetti (fig. 25).

È importante sapere che le antenne sono tanto migliori, quanto più sono tese in alto (fig. 26). Se l'energia raccolta da un'antenna tesa 6 metri sopra il tetto si suppone uguale al 100 %, si ottiene il 75 % con un'antenna tesa nel solaio, il 50 % per un'antenna da camera nel secondo piano (di una casa a due piani), il 20 % per una nel primo piano e solo il 7,5 % al piano terreno. La diminuzione del rendimento dell'antenna è ancora maggiore nelle case di cemento,

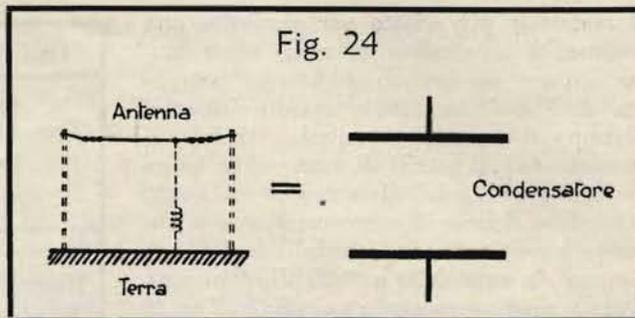


Fig. 24

specie se armato. Un'antenna tesa in cantina non riceve infine che il 4 % circa dell'energia che potrebbe assorbire sopra il tetto. Prima di spiegare come viene costruita un'antenna aerea, dobbiamo dire qualcosa sui materiali che si impiegano allo scopo.

### Filo d'antenna e isolamento.

Per i fili d'antenna tesi all'aperto esistono delle norme particolari, che prescrivono le sezioni minime necessarie per evitarne le rotture. È prescritta inoltre la minima *freccia* dell'arco formato dal filo pendente; ciò equivale a stabilire un *limite alla tensione del filo*, poichè per ottenere una freccia piccola è necessario che il filo sia molto teso. A questo riguardo è molto importante l'effetto delle variazioni di temperatura. Come certamente sapete, alle temperature basse il filo si raccorcia e diventa conseguentemente più teso. Le tabelle seguenti danno i valori prescritti.

Il materiale più adatto per costituire una antenna è la *cordina di rame elettrolitico* oppure di *bronzo fosforoso*, composta di 5 o 7 treccioline avvolte insieme. Ognuno di queste treccioline (tréfoli) è formata da fili sottili di rame o di bronzo (da 7 a 13) del diametro di 0,15-0,30 mm. Una delle più usate cordine per antenna è costituita da 7 tréfoli di 7 fili di bronzo da mm 0,20 o 0,25 di diametro. Questa cordina possiede quindi  $7 \cdot 7 = 49$  fili da mm 0,2 a 0,25 ciascuno. Come filo

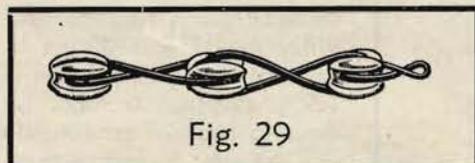
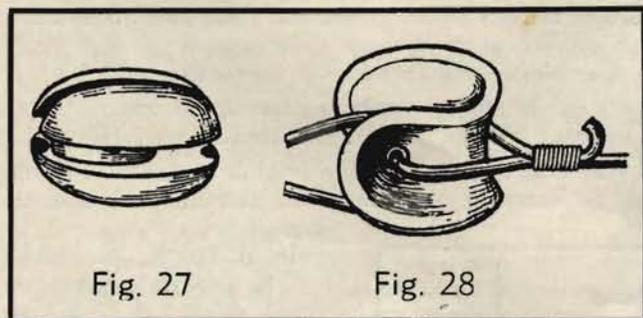
Tabella N. 10		Diametro dei fili d'antenna		
Materiale	Campata (lunghezza dell'antenna), in m			
	20	30	40	
	Diametro minimo, in mm			
Bronzo	1,5	1,5	1,5	
Rame	2	2,5	3	
Alluminio	2,5	3	3	

Tabella N. 11	Freccia del filo d'antenna								
	Filo di bronzo 1,5 mm			Filo di rame da 3 e 4 mm, crudo			Filo di alluminio da 3 mm		
	20 m	30 m	40 m	20 m	30 m	40 m	20 m	30 m	40 m
Temperatura in °C	Freccia minima in centimetri								
- 10	7	14	25	9	19	33	4	8	15
0	9	18	31	12	24	40	6	12	21
+ 10	13	24	38	16	30	47	10	20	31
+ 20	17	30	46	22	36	54	18	30	43
+ 30	22	36	53	26	42	61	25	39	54

d'antenna si può usare però anche del *filo semplice di rame nudo* con diametro da 2 a 3 mm.

In confronto al filo semplice, la cordina ha però il vantaggio di possedere una superficie più estesa. Le correnti ad *alta frequenza* circolano infatti *quasi esclusivamente alla superficie dei conduttori*, e questa nel caso della cordina, per i numerosi fili che la compongono, è più estesa che nel caso del conduttore massiccio.

Un argomento particolarmente importante è costituito dall'*isolamento dell'antenna*. Come sapete dalla Dispensa N. 11, fig. 33, tra l'antenna e la terra è allacciata la bobina d'accoppiamento. Affinchè una tensione possa comparire ai capi di una bobina, è necessario che questa non sia cortocircuitata. La stessa cosa vale per l'antenna, ed è quindi *necessario che essa non sia collegata in nessun punto con la terra*. È indispensabile quindi un *buon isolamento del filo d'antenna*, per impedire che le onde raccolte passino a terra per un'altra strada anzichè attraverso la bobina d'accoppiamento. È quindi necessario che il filo d'antenna sia appeso mediante isolatori.



L'isolamento dell'antenna si effettua a 1 o 2 metri di distanza dalla sospensione, utilizzando una serie di isolatori di forma ovulare o a sella. Nella fig. 27 è rappresentato un isolatore a ovulo, nella fig. 28 uno a sella. Entrambi sono di porcellana verniciata.

Con vari isolatori di questo genere si forma una *catena* che si inserisce

nel filo d'antenna da entrambi i lati. Gli isolatori vanno collegati tra loro mediante *filì d'acciaio zincato a fuoco, molle a spirale, oppure funi di canapa*. La fig. 29 mostra una catena costituita da tre ovuli di porcellana collegati mediante *anelli metallici zincati*. La catena della fig. 30 è formata invece da isolatori a sella, uniti con *molle d'acciaio inossidabile, zincato a fuoco*.

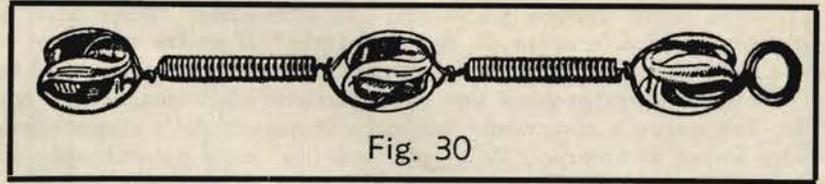


Fig. 30

La strana forma degli isolatori è dovuta a una prescrizione, per la quale si devono usare soltanto isolatori fatti in modo che l'antenna non possa cadere, nemmeno nel caso che si frantumino le parti di porcellana.

### L'antenna esterna

Dopo aver esaminato gli elementi costitutivi, possiamo rivolgerci alle varie forme costruttive. *L'antenna esterna viene tesa generalmente tra un palo ed il tetto della casa*. Un sostegno posto sul tetto, come quello illustrato nella fig. 31, può contribuire notevolmente al miglioramento delle qualità dell'antenna.

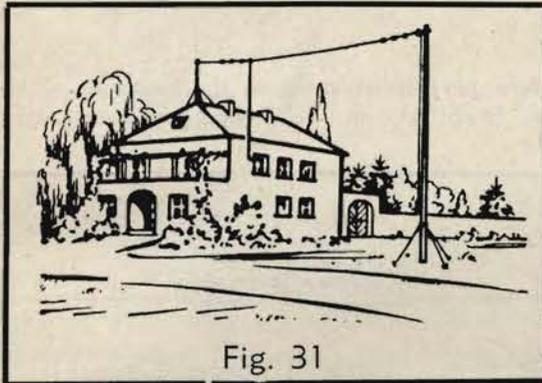


Fig. 31

Secondo il modo in cui la discesa è applicata al tratto orizzontale dell'antenna, si distinguono *antenne a T* e *antenne a L* (fig. 32-a e b). Quando l'antenna è costituita da *un solo filo*, si parla di *antenna semplice a T* o *a L*. Le antenne di *due fili* possono essere, a loro volta, del tipo *a doppia T* oppure *a doppia L* (fig. 33-a e b). Le antenne doppie si usano ormai raramente, poichè, rispetto a quelle semplici, non presentano sensibili vantaggi.

*La lunghezza del tratto orizzontale dell'antenna dipende dall'onda che si desidera ricevere*. Volendo sentire il maggior numero di stazioni, si consiglia di scegliere una lunghezza media. In pratica si evita di superare i 30 metri di lunghezza, mentre d'altra parte è meglio non scendere sotto i 15 metri.

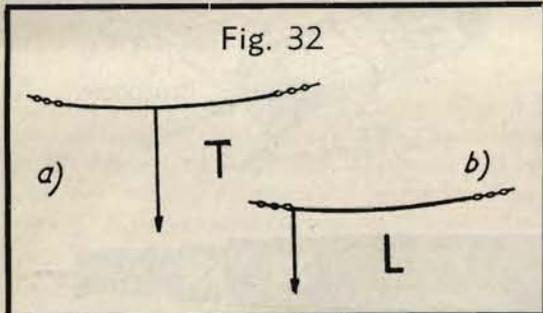


Fig. 32

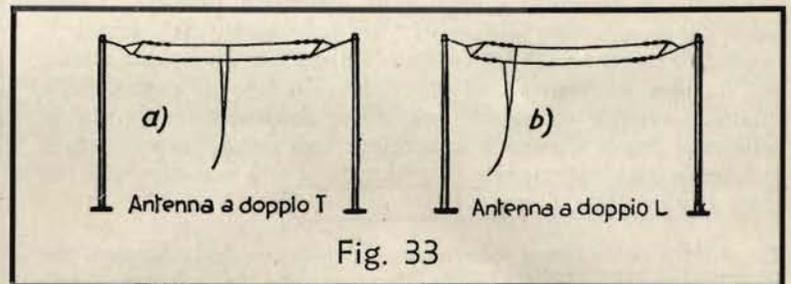


Fig. 33

### Prescrizioni per l'installazione dell'antenna

*Bisogna evitare, possibilmente, che l'antenna sia parallela ai fili di corrente di una ferrovia o tranvia elettrica, che eventualmente passi nelle immediate vicinanze*. È anzi preferibile disporre l'antenna ad angolo retto rispetto alla linea della trazione elettrica (cioè in direzione perpendicolare ad essa) poichè le influenze disturbatrici si riducono in tal modo al minimo (v. fig. 34). *La stessa cosa vale per l'installazione di antenne in prossimità di linee elettriche di energia o di linee telefoniche*.

*In nessun caso si deve tendere l'antenna al di sopra oppure al di sotto di linee ad alta tensione*. Se i fili si spezzassero, ne potrebbero infatti conseguire degli effetti assai pericolosi.

*In generale non è permesso di superare con la campata di un'antenna, strade, piazze, linee elettriche*. Qualora lo si debba fare bisogna richiederne l'autorizzazione all'Ente pubblico competente.

*Le linee telefoniche o telegrafiche si possono incrociare con le antenne solo più in basso ed alla distanza di almeno 1 metro*.

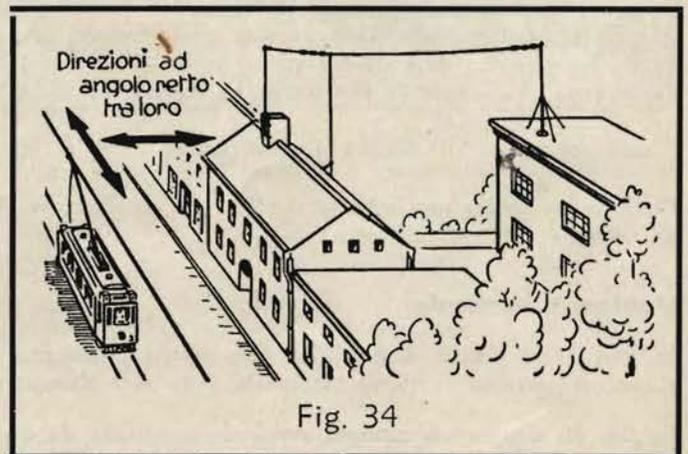


Fig. 34

### I disturbi dovuti alle scariche elettriche

Prima di continuare nelle nostre considerazioni sull'antenna, dobbiamo farvi notare alcune manifestazioni che sicuramente già conoscete.

Vi sarete senza dubbio già accorti che l'inserzione di qualsiasi apparecchio elettrico provoca nella radio un crepitio. Qual è la causa di questi disturbi? Il nostro ricevitore è infatti accordato con la stazione desiderata; le altre frequenze non possono entrare. Si ha la spiegazione del fenomeno considerando che qualsiasi scintilla o scarica elettrica provoca una perturbazione elettromagnetica, costituita da onde delle alte frequenze più varie. Tra queste è certamente anche la frequenza della stazione ascoltata; la breve scarica si fa sentire pertanto sotto forma di crepitio. Molto più fastidiosi sono naturalmente gli effetti degli scintillii continuati, quali possono aversi nei *piccoli motori elettrici* privi di protezione contro i disturbi della radio. Di questa protezione parleremo in seguito. Naturalmente l'energia di questi disturbi è incomparabilmente inferiore a quella emessa dalle stazioni radiotrasmettenti, per la qual cosa essi si manifestano soltanto entro un piccolo raggio nei dintorni del punto di origine. L'antenna assorbe naturalmente anche questi disturbi. Disponendo l'antenna molto in alto, i disturbi si fanno sentire meno, essendo essi maggiormente in rapporto con le case; nello stesso tempo, più in alto, si ha un'intensità maggiore dell'onda che si vuol ricevere. *L'unico tratto disturbato è costituito dalla discesa.* Usando per la discesa un *conduttore circondato da una camicia metallica (isolata dallo stesso)*, si impedisce al filo di discesa di accogliere le perturbazioni lungo i muri della casa. Questa camicia metallica costituisce uno *schermo* del filo di discesa.

### La discesa schermata

La discesa va curata in modo particolare. *Se possibile, deve scendere perpendicolarmente dall'antenna al ricevitore*, senza poter oscillare in qua e in là per effetto del vento. Eventualmente va fissata mediante *staffe*, munite naturalmente d'*isolatore*.

Per proteggere le discese d'aereo dai disturbi si usano, come abbiamo già detto, dei cosiddetti « *conduttori schermati* », costituiti da un *filo centrale* e da una *camicia metallica esterna*.

Tali conduttori schermati sono in vendita in vari tipi. Il principio è naturalmente sempre il medesimo. Nell'interno di una *camicia flessibile (schermo)* si trova il conduttore vero e proprio, detto anche « *anima* ». Lo spazio tra lo schermo e l'anima è riempito d'*aria* o di *materiale isolante*. La figura 35 mostra due differenti cavi schermati. Nel primo il conduttore centrale è circondato dapprima da *spazi d'aria*, poi da una *nastratura isolante* (generalmente di carta), sulla quale è avvolto un *nastro metallico* costituente appunto lo schermo. Sopra questo è intrecciata una *calza*, impregnata e resistente alle intemperie. La struttura del secondo tipo di cavo risulta dalla figura.

Un difetto della linea schermata è costituito dalla formazione della *capacità*. Poichè tanto l'*anima* che lo *schermo* sono *conduttori*, separati da uno strato isolante (dielettrico), essi costituiscono un *condensatore*. Come sapete, la capacità di un condensatore è tanto maggiore, quanto più vicine sono le armature che lo costituiscono, ossia quanto più sottile è il dielettrico. Per questa ragione *la distanza tra il conduttore centrale e lo schermo non deve essere troppo piccola*. Per mantenere piccola la capacità, si scelgono inoltre *materiali dotati di una piccola costante dielettrica* (vedasi Dispensa N. 7). Poichè l'aria possiede la più piccola costante dielettrica si preferiscono, tra i cavi schermati, quelli dotati di spazi d'aria. Il diametro esterno dei cavi schermati si aggira tra 12 e 16 mm per i *cavi da esterno*, e tra 7 e 10 mm per i *cavi da interno*. La capacità raggiunge in media da 25 a 40 pF per metro lineare.

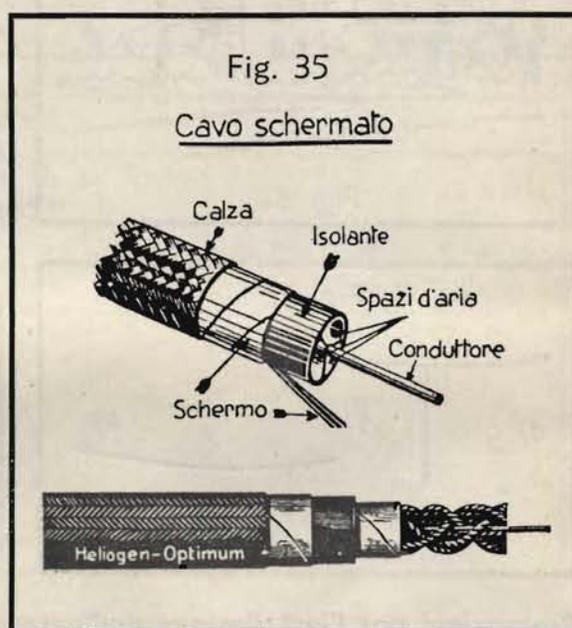
*I cavi schermati di discesa devono essere corti il più possibile, per limitarne la capacità complessiva.*

Qualora la discesa non attraversi una zona di disturbo, basta naturalmente una *cordina nuda di rame*, fissata all'antenna con un morsetto.

### L'antenna verticale

In molti casi non è disponibile uno spazio sufficiente per l'installazione di un'antenna orizzontale; si erige allora un'antenna *verticale*, la quale pure si è dimostrata ottima in pratica.

La fig. 36 mostra un'antenna *verticale* costituita da un tubo per gas da 3/8 di pollice, fissato al tetto mediante una squadra. *Il tubo dev'essere completamente isolato dal tetto*. Immediatamente all'estremità inferiore del tubo occorre sistemare un *dispositivo di protezione antifulmine*. Esso è costituito, in questo caso, da una *calotta emisferica* dai bordi dentellati. Nel caso che l'antenna venga colpita dalla folgore, questa si scarica, scoccando dalle dentellature della calotta alla squadra di fissaggio e raggiungendo per tal via la terra.



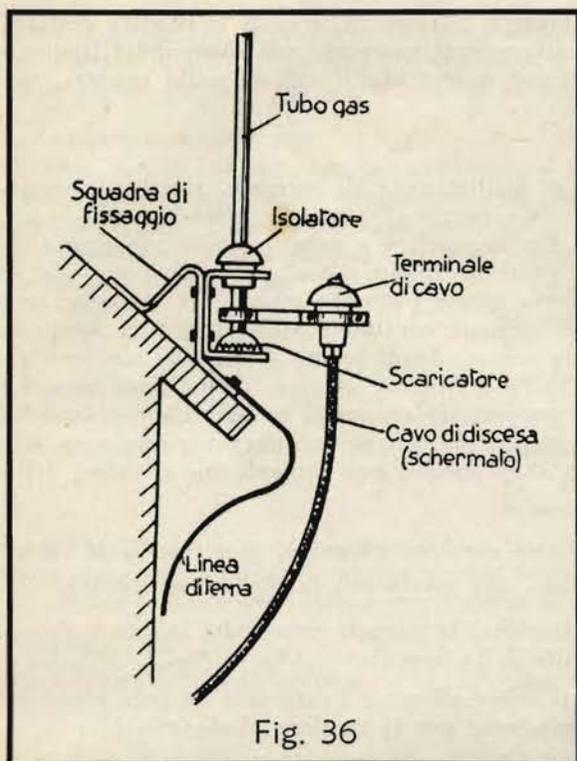


Fig. 36

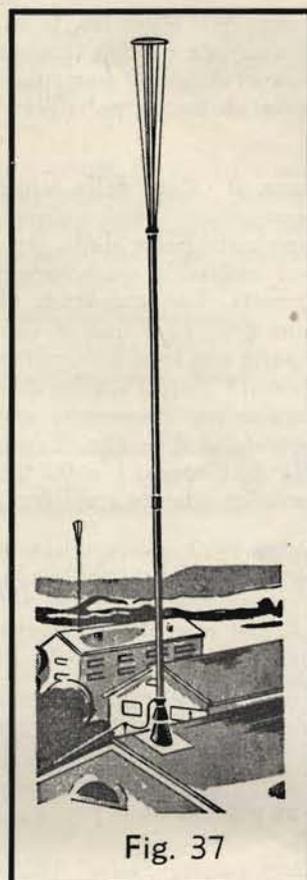


Fig. 37

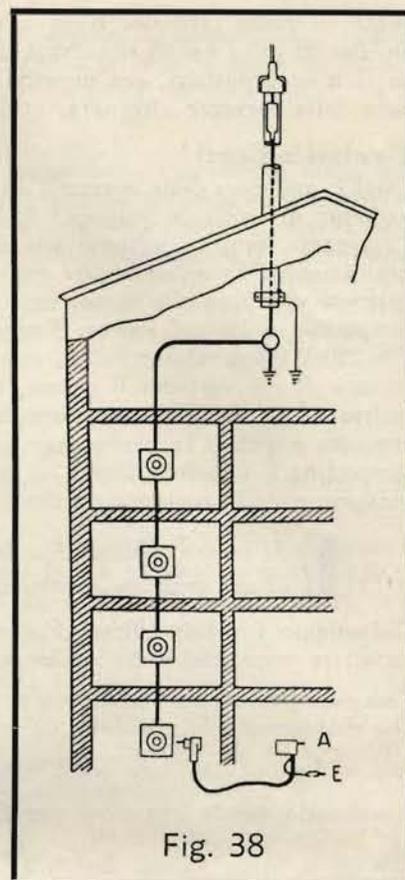


Fig. 38

Come conduttore di messa a terra si sceglie generalmente un filo di rame con sezione di  $25 \text{ mm}^2$ . Questa protezione è del tipo grossolano e non sostituisce per nulla la protezione antifulmine fine della quale parleremo in seguito. Il cavo di discesa attraversa generalmente il tubo del gas, portandosi fino alla punta del tubo, dove si trova l'antenna vera e propria. Questa può essere di varie forme, per esempio a sfera o a cestello. La fig. 37 mostra un tipo d'antenna che ha dato buonissimi risultati, sia come antenna singola che come antenna collettiva. Delle antenne collettive parleremo nella prossima Dispensa. La fig. 38 mostra un impianto d'antenna collettiva con quattro prese. Queste sono dotate di resistenze incorporate, per evitare l'influenza reciproca degli utenti, dovuta, per esempio, a corti circuiti, ecc.

### L'antenna interna

Dopo ciò che abbiamo spiegato, sarete convinti che l'antenna da camera non costituisce altro che un adattamento in mancanza di meglio. Spesso non è possibile applicare un'antenna esterna. Si distende allora un po' di filo nel locale, come è mostrato nella fig. 39. Per apparecchi di buona qualità, per ottenere la ricezione, basta infilare nella presa d'antenna un pezzo di filo lungo solo mezzo metro. In tali condizioni non ci si può però attendere una ricezione senza disturbi e non ci si deve meravigliare di poter ricevere solo poche stazioni, relativamente vicine. Per poter sfruttare bene un buon apparecchio è indispensabile disporre di una buona antenna.

Nella prossima Dispensa accenneremo brevemente ad alcuni altri tipi d'antenna e tratteremo soprattutto le importanti prescrizioni sulla protezione antifulmine.

### Domande

1. Quali tipi si distinguono tra le antenne tese orizzontalmente?
2. Un'antenna di filo di rame lunga 30 metri viene montata alla temperatura di  $10^\circ \text{ C}$ . Quale diametro e quale freccia deve avere al minimo?
3. Come va installata un'antenna orizzontale in prossimità di una linea tranviaria?

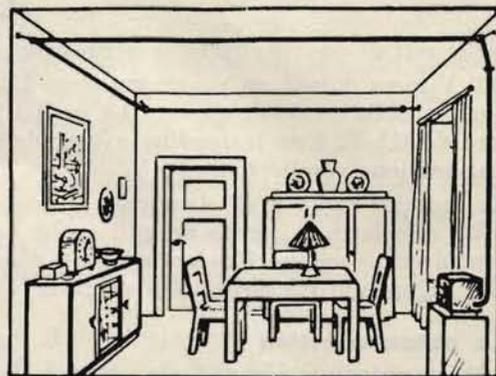


Fig. 39

## ELETTROTECNICA GENERALE

### La potenza in corrente alternata

Nella Dispensa N. 4 avete appreso con la formula (6) il modo di calcolare una potenza elettrica:  $N = V \cdot I$ . In quell'occasione ci siamo riferiti alle condizioni esistenti con la corrente continua. Nel caso delle cor-

renti alternate esistono, oltre alle resistenze ohmiche, le induttanze e le capacità, quindi le relative reattanze. Per di più i valori istantanei della corrente e della tensione variano continuamente nel ritmo della frequenza; ora sono positivi, ora negativi. Non vi stupirete pertanto nell'apprendere che il calcolo della potenza, nel caso della corrente alternata, avviene in modo un po' differente.

### I valori efficaci

Qual è, nel caso della corrente alternata, il valore della tensione e dell'intensità di corrente, espresse rispettivamente in volt e in ampère? È da considerare come valore di una corrente alternata il *valore massimo*, ossia l'ampiezza, oppure soltanto una determinata parte della stessa? Per rispondere a questo quesito, facciamo un esperimento. Prendiamo una resistenza attiva, la quale presenti pertanto il medesimo comportamento, sia in corrente continua che in corrente alternata. Una resistenza di questa specie potrebbe essere, per esempio, una *lampadina a incandescenza*. Eseguiamo dapprima una misura in corrente continua: alimentiamo la lampada con 220 V e misuriamo 0,2 A, constatando che essa è regolarmente accesa. Applichiamo poscia una tensione alternata di cui variamo il valore, e di conseguenza quello della corrente, fino ad ottenere la medesima incandescenza di prima. Evidentemente la lampadina consumerà ora la medesima potenza di prima. L'*efficacia* della corrente è quindi la medesima; per questo si dice che il *valore efficace* della tensione alternata applicata alla lampadina è uguale a 220 V, e quello dell'intensità a 0,2 A; in altre parole, essi equivalgono ai valori della tensione e della corrente continua precedentemente considerate.

Il valore efficace di una tensione alternata, oppure di una corrente alternata, corrisponde al valore di una tensione continua, oppure di una corrente continua, che producano la medesima potenza.

Chiamiamo i valori efficaci  $V_{\text{eff}}$  e  $I_{\text{eff}}$ , nel caso della corrente alternata, la potenza consumata in una resistenza attiva pura, chiamata analogamente *potenza efficace*  $N_{\text{eff}}$ , risulta dalla formula:  $N_{\text{eff}} = V_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}}$

Con ragione vorrete ora conoscere la relazione che intercorre tra il valore efficace e l'ampiezza o *valore massimo*, che chiameremo  $V_{\text{max}}$  e  $I_{\text{max}}$ . La relazione è identica per la corrente come per la tensione. Vale infatti:

$$I_{\text{max}} = I_{\text{eff}} \cdot \sqrt{2} = I_{\text{eff}} \cdot 1,414 \quad \text{e} \quad V_{\text{max}} = V_{\text{eff}} \cdot \sqrt{2} = V_{\text{eff}} \cdot 1,414.$$

Risolvendo queste equazioni per  $I_{\text{eff}}$ , rispettivamente per  $V_{\text{eff}}$ , si ottiene:

$$I_{\text{eff}} = \frac{I_{\text{max}}}{1,414} = \frac{1}{1,414} \cdot I_{\text{max}}, \quad \text{e poichè} \quad \frac{1}{1,414} = 0,707, \quad \text{si ha:}$$

$$I_{\text{eff}} = 0,707 \cdot I_{\text{max}} \quad \text{Formula (49)}$$

Analogamente possiamo scrivere per la tensione:

$$V_{\text{eff}} = 0,707 \cdot V_{\text{max}} \quad \text{Formula (50)}$$

Nelle reti di corrente forte ci si riferisce sempre ai valori efficaci. La normale tensione alternata della rete da 220 V tocca quindi un valore massimo  $V_{\text{max}} = 220 \cdot \sqrt{2} = 311$  volt. Dicendo 220 V, noi intendiamo infatti parlare della tensione efficace. Le oscillazioni massime della curva della tensione raggiungono, in realtà, il valore di 311 V. Una lampadina a incandescenza si riscalda invece allo stesso modo, come se fosse alimentata con una tensione continua di 220 V.

La maggior parte degli strumenti di misura indica, per la corrente alternata, i *valori efficaci*, coi quali siamo soliti calcolare. In futuro quindi, anche nel caso della corrente alternata, scriveremo semplicemente  $V$  e  $I$ , ma intenderemo sempre i *valori efficaci*. Alcuni strumenti di misura non indicano invece i *valori efficaci*; ma su tale argomento ritorneremo in seguito.

### La potenza attiva

Abbiamo ripetuto ormai varie volte che la tensione e la corrente sono in fase, qualora si abbiano soltanto resistenze ohmiche. In tal caso la *potenza* si calcola senz'altro mediante l'equazione  $N = I_{\text{eff}} \cdot V_{\text{eff}}$ . Differente è la situazione quando sono contenute nel circuito anche delle reattanze, poichè allora avviene uno spostamento di fase, il quale provoca pure una variazione della potenza. Occorre quindi tener conto non solo della resistenza ohmica del circuito, ma anche della sua *impedenza*. La formula per la potenza deve, in altre parole, considerare il *rapporto sussistente tra la resistenza ohmica e l'impedenza*. Osserviamo le figure 19 e 20 nel Capitolo sull'impedenza: constatiamo che  $R_{\text{att}}$  corrisponde al cateto adiacente all'angolo  $\varphi$  e l'impedenza all'ipotenusa.

Il rapporto  $\frac{R_{\text{att}}}{\text{impedenza}}$  equivale quindi al rapporto  $\frac{\text{cateto adiacente}}{\text{ipotenusa}}$  dell'angolo  $\varphi$ , ossia al  $\cos \varphi$ . La formula per la potenza va moltiplicata per il valore  $\cos \varphi$ ; otteniamo in tal modo la formula importantissima che dice:

$$\text{Potenza in corrente alternata } N = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad \text{Formula (51)}$$

Naturalmente anche in questo caso si intendono i *valori efficaci*. Questa potenza è chiamata « *potenza attiva* » e si misura in watt, come la potenza in corrente continua.

Come si spiega che, nel caso di resistenze ohmiche, il fattore  $\cos \varphi$  scompare? L'angolo di sfasamento è uguale in questo caso a  $0^\circ$ . Tuttavia il coseno di  $0^\circ$  è uguale a 1, come risulta dalla Tabella N. 8 della Dispensa N. 11. Se ne deduce pertanto che le due formule si equivalgono.

### La potenza apparente

Contrariamente a quanto avviene nella tecnica delle correnti forti, nelle telecomunicazioni è spesso di scarso interesse il tener conto dello sfasamento  $\varphi$ . Spesso è sufficiente la conoscenza del prodotto dei valori efficaci della tensione e della corrente. Poiché però, eccetto nel caso che si abbiano soltanto resistenze ohmiche, non si tratta generalmente di una potenza vera e propria, detto prodotto viene chiamato « *potenza apparente* ». La formula che la esprime è dunque:

$$N_{app} = V_{eff} \cdot I_{eff} \quad \dots \dots \dots \text{Formula (52)}$$

È ovvio pertanto che tra *potenza apparente* e *potenza reale o attiva* sussiste la seguente relazione:

$$N_{eff} = N_{app} \cdot \cos \varphi \quad \dots \dots \dots \text{Formula (53)}$$

La differenza tra la potenza apparente e la potenza attiva viene espressa anche per mezzo dell'unità di misura usata. La *potenza attiva* si misura in *watt* oppure in *chilowatt* (W, kW), mentre la *potenza apparente* si indica, soprattutto nella tecnica delle correnti forti, in *voltampère*, rispettivamente in *chilovoltampère* (VA, kVA).

#### Problema:

$V_{eff} = 220$  V;  $I_{eff} = 1$  ampère;  $\varphi = 20^\circ$ . Qual è, rispettivamente, il valore della potenza attiva e della potenza apparente?

#### Soluzione:

$N_{eff} = 220 \cdot 1 \cdot \cos 20^\circ = 220 \cdot 0,9397 = 206,7$  watt;  $N_{app} = 220 \cdot 1 = 220$  voltampère.

#### Domande

1. Calcolate l'angolo di sfasamento tra la corrente e la tensione in una bobina di 1 H e 400  $\Omega$ , per  $f = 50$  Hz.
2. Quale potenza ha valore numerico maggiore, quella attiva o quella apparente?

#### Risposte alle domande di pag. 6

1. Poiché in un filo omogeneo la resistenza è proporzionale alla lunghezza, si può considerare il rapporto delle lunghezze in luogo di quello delle resistenze.
2. Le parti essenziali che compongono l'ohmmetro sono una batteria e un misuratore di tensione tarato direttamente in ohm.

#### Risposte alle domande di pag. 10

1. Il selettore a rotazione è costituito da lamelle di contatto, che strisciano sopra contatti fissi disposti orizzontalmente. Le lamelle vengono spostate da un contatto all'altro mediante azionamento elettromagnetico. Il quinto contatto richiede per esempio 5 impulsi. Ad ogni impulso viene attratta l'ancoretta dell'elettromagnete, la quale è collegata con un nottolino agente sui denti di un ingranaggio.
2. Gli impulsi sono generati dal disco combinatore. Effettivamente essi sono delle brevi interruzioni della corrente di un circuito di riposo. Sono prodotti dal settore d'impulsi che, ruotando, distacca i due contatti del circuito di riposo tante volte, quante sono quelle indicate dal numero scelto sul disco combinatore.
3. No, le interruzioni del circuito di riposo fanno distaccare l'ancoretta di un relè, chiudendo per mezzo di questa il circuito dell'elettromagnete del selettore.
4. Un normale selettore a rotazione e sollevamento consente di formare 100 collegamenti.
5. Il selettore a rotazione e sollevamento possiede delle file di contatto disposte a forma di cilindro cavo. Ogni fila orizzontale possiede 10 contatti; l'intero banco di contatti è composto da 10 di queste file, sovrapposte. Un apposito dispositivo elettromagnetico di azionamento serve a sollevare le lamelle striscianti all'altezza di una delle file orizzontali di contatti. Un secondo elettromagnete provoca la rotazione orizzontale delle lamelle striscianti.

## TECNICA DELLE MISURE

### Collaudo delle valvole

Nelle Dispense precedenti avete già appreso svariate nozioni sulle valvole. Sapete che le qualità ed il funzionamento delle valvole vengono descritti con l'aiuto delle caratteristiche. Vogliamo ora intrattenervi su di un argomento molo importante in pratica: *il collaudo delle valvole*. Un collaudo serve, in linea generale, a stabilire se un determinato oggetto si presta per un determinato scopo o se adempie a determinate condizioni.

Il sistema più semplice e, nello stesso tempo, più efficace per il collaudo di una valvola consiste nel farla funzionare in un apparecchio. Stabilito che un apparecchio radio risponde a tutte le esigenze nei riguardi del volume, della fedeltà e del numero di stazioni che è capace di ricevere, è ovvio che anche le sue valvole devono

essere tutte in ordine. Avendo a disposizione un numero sufficiente di valvole di ricambio, è possibile trovare se un difetto riscontrato sia dovuto ad una valvola o ad un altro organo dell'apparecchio.

Volendo invece controllare una valvola per mezzo di misure, si distinguono due differenti collaudi.

### e) Collaudo preliminare meccanico

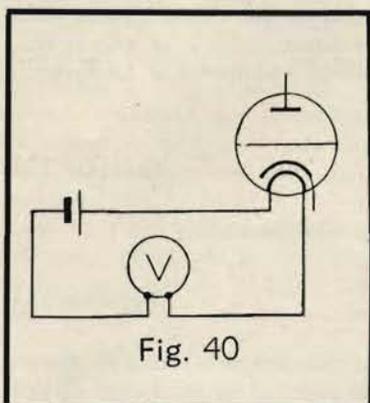


Fig. 40

Dapprima si controlla sempre se il filamento è in ordine, poichè si sa che senza accensione non c'è emissione di elettroni e quindi la valvola non può funzionare. Per collaudare il filamento occorre una sorgente di tensione di alcuni volt (batteria o trasformatore con avvolgimento per 2 o 4 volt) e un voltmetro. Il collegamento viene fatto come si vede nella fig. 40. Se il voltmetro indica tutta la tensione della pila, il filamento non è sicuramente interrotto. Naturalmente si può anche controllare la resistenza approssimativa del filamento con un cosiddetto « verificatore di linea » o con un piccolo ponte a filo e vedere, dal valore misurato, se tutto è in ordine. L'interruzione del filamento è una causa abbastanza frequente del non funzionamento di una valvola.

Una successiva prova meccanica è dedicata all'isolamento dei vari elettrodi fra loro. A questo scopo si applica successivamente ai vari elettrodi, attraverso un voltmetro, una tensione piuttosto elevata (p. es. 100 V corrente continua).

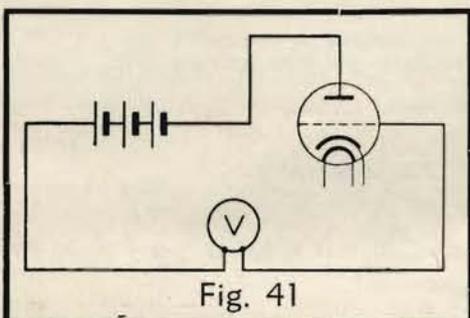


Fig. 41

Se lo strumento, collegato secondo la fig. 41, non dà alcuna indicazione, vuol dire che l'isolamento è sufficiente. A questo modo si prova l'anodo in rapporto alla griglia, l'anodo in rapporto al catodo ed il catodo in rapporto alla griglia. Naturalmente la valvola non deve essere accesa durante queste misure, altrimenti si avrebbe un collegamento dei vari elettrodi attraverso gli elettroni emessi dal catodo. Nel collaudo della resistenza d'isolamento tra catodo e filamento nelle valvole a riscaldamento indiretto, bisogna badare a non applicare una tensione superiore a quella ammessa (generalmente fino a 50 V).

Dopo questo collaudo preliminare viene quello principale.

### b) Collaudo elettrico

Qualora il collaudo preliminare non abbia rivelato alcun difetto, si eseguono delle vere e proprie misure della valvola. Nei collaudi rigorosi si dovrebbe riprendere addirittura un intero campo di caratteristiche, come è stato descritto nelle Dispense N. 10 e N. 11. Generalmente basta però controllare che, per una data coppia di valori delle tensioni di placca e di griglia, si manifesti la corrente anodica prescritta. Per ogni tipo di valvola sono infatti indicati i valori d'esercizio ed il punto di lavoro. Secondo il catalogo si ha, per esempio per il triodo AC2 menzionato nell'ultima dispensa:  $V_a = 250$  V;  $V_g = -5,5$  V;  $I_a = 6$  mA.

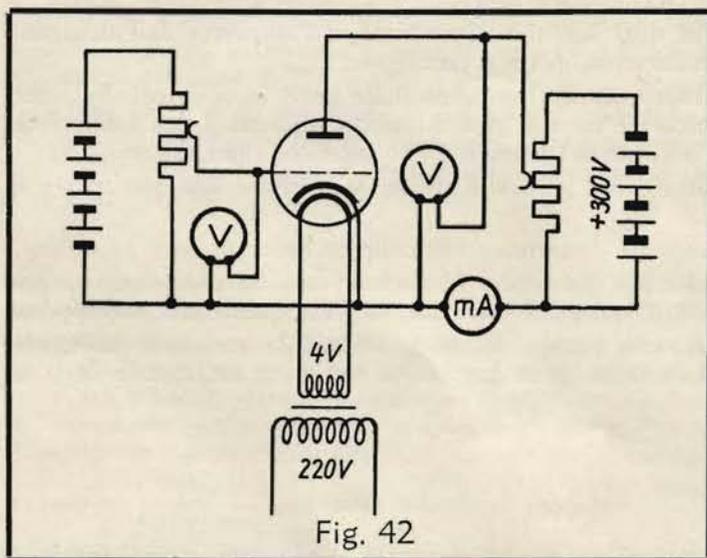


Fig. 42

Si costituisce lo schema della fig. 42 e si controlla se la corrente anodica raggiunge il valore prescritto di 6 mA. Durante la prova, il voltmetro tra anodo e catodo deve indicare 250 V, e quello tra catodo e griglia 5,5 V.

Qualora si ottengano effettivamente 6 mA si dice che la resa della valvola equivale al 100%; qualora la corrente anodica risulti invece, p. es., di soli 4 mA, si dirà che la resa è uguale al 66,7%. Si forma, in altre parole, il quoziente tra la corrente misurata (p. es., 4 mA) e quella prescritta (6 mA), ottenendo in tal modo un criterio per giudicare lo stato della valvola.

L'importanza della misura della corrente anodica risiede nel fatto che essa permette di trarre delle deduzioni sullo stato del catodo. Quando infatti lo strato attivo (vedasi Dispensa N. 12) è parzialmente distrutto, l'emissione del catodo diminuisce.

Gli apparecchi provavalvole sono costituiti dalla riunione delle sorgenti di tensione occorrenti per

l'anodo e per la griglia come pure per l'accensione, nonché dagli strumenti necessari. Sul pannello frontale sono montati i più diversi tipi di zoccoli; inoltre vi si trovano gli strumenti ed i reostati necessari. Ne ripareremo in seguito.

Ora dunque conoscete i criteri fondamentali che si seguono nel collaudo delle valvole e sapete in qual modo vengano effettuate queste prove dai commercianti di articoli radio.

## Domande

1. Che cosa s'intende per collaudo meccanico di una valvola?
2. Da che cosa è costituito un apparecchio provavalvole?

## Risposte alle domande di pag. 17

1. Si distinguono antenne ad L e a T.
2. Il filo di rame deve avere almeno mm 2,5 di diametro (si sceglie preferibilmente 3 mm) e una freccia di almeno cm 30.
3. L'antenna orizzontale va tesa in direzione perpendicolare alla linea di corrente del tram.

## Risposte alle domande di pag. 19

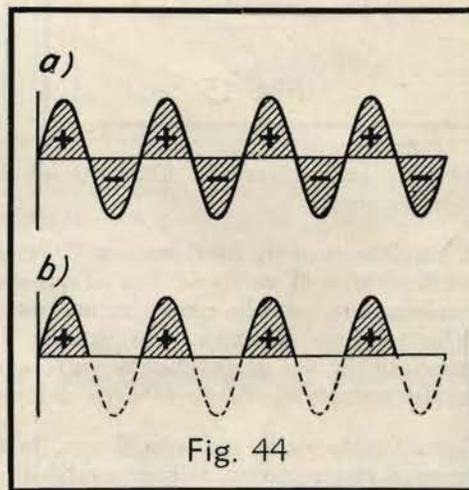
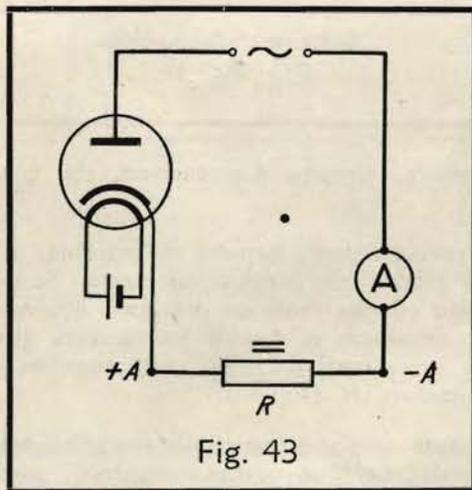
1.  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{314}{400} = 0,785; \varphi \approx 38^\circ.$
2. Il valore numerico della potenza apparente è generalmente maggiore, dato che il  $\cos \varphi$  raggiunge al massimo il valore 1 (vedasi Tabella N. 8 nella Dispensa N. 11), ed è pertanto generalmente inferiore ad 1. La potenza attiva non è quindi che una parte della potenza apparente.

## RADIOTECNICA

### La valvola termoionica come raddrizzatrice

Finora, tra il catodo e l'anodo, abbiamo sempre applicato delle tensioni continue; da quanto abbiamo detto nella Dispensa N. 9 vi ricorderete che il polo positivo è collegato con l'anodo. Infatti questo stesso anodo positivo serve ad attrarre gli elettroni negativi vaganti attorno al catodo. Se l'anodo fosse collegato col polo negativo della batteria anodica, gli elettroni verrebbero respinti e sarebbe pertanto impossibile qualsiasi corrente anodica.

Prendiamo ora una valvola termoionica senza griglia e applichiamo tra l'anodo ed il catodo una *tensione alternata* (fig. 43). Che cosa avviene? *La valvola lascia passare soltanto quelle semionde della corrente alternata, nelle quali l'anodo è positivo.* Nell'istante in cui sopravviene un impulso negativo, la corrente anodica non può passare. La valvola elimina quindi, dal normale diagramma della corrente alternata (fig. 44-a), tutte le semionde negative (figura 44-b).



Essa lascia dunque passare la corrente *in un solo senso* (di qui il suo nome), funzionando in modo analogo ad una valvola pneumatica. La corrente alternata è trasformata in tal modo in corrente continua. Non si tratta però di una *corrente continua costante*, bensì di una cosiddetta « *corrente continua pulsante* », costituita da una successione di singoli impulsi positivi.

Usando come amperometro (fig. 43) uno strumento a bobina mobile che, come è noto, non è in grado di misurare la corrente alternata, esso indicherà effettivamente, dopo aver introdotto la valvola nel circuito, una corrente continua. Dato che l'equipaggio dello strumento non è in grado di seguire i singoli impulsi di corrente, esso indicherà inoltre un'intensità media.

Abbiamo detto più sopra che ai morsetti superiori (v. fig. 43) viene allacciata una tensione alternata, senza specificare di quale tipo possa essere. Dalle Dispense precedenti sapete però che, secondo la loro frequenza, si distinguono differenti correnti alternate.

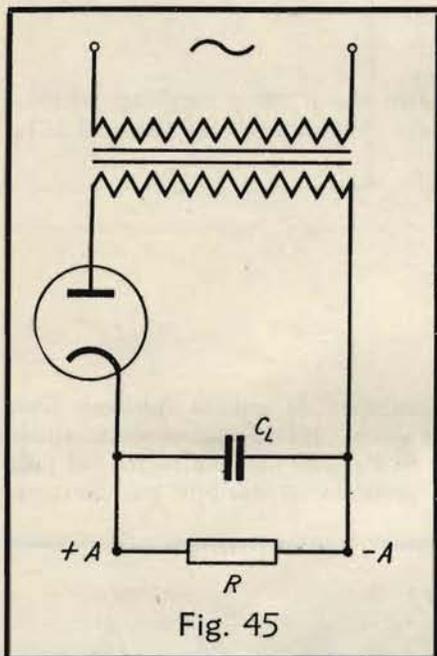
La normale corrente alternata della rete-luce ha, per esempio, generalmente la frequenza di 42 o 50 Hz. Appartiene quindi al campo della *bassa frequenza*. Questa tensione alternata serve anche ad alimentare i nostri apparecchi radio.

Sapete poi che esistono pure le correnti del campo delle *alte frequenze*, per esempio le onde portanti delle stazioni radio. Entrambi i campi di frequenza si possono *raddrizzare* con le valvole termoioniche. Usate per *raddrizzare la tensione di rete*, le valvole si chiamano generalmente « *raddrizzatrici* »; quando *raddrizzano le onde portanti ad alta frequenza*, si chiamano « *diodi* ».

## IL RADDRIZZAMENTO DELLA TENSIONE DI RETE

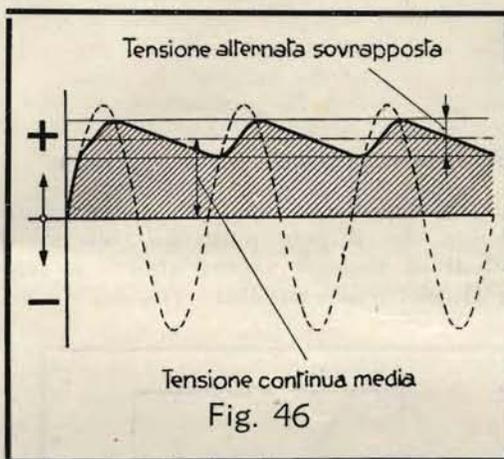
### 1) Il raddrizzamento a una via

Come risulta dalla fig. 43, in questo circuito, dotato di una sola raddrizzatrice semplice, il flusso della corrente è possibile soltanto in un senso. Si può sfruttare così la sola metà positiva della corrente alternata. Si parla in tal caso di « *raddrizzamento a una sola via* ».



La corrente continua generata col dispositivo della fig. 43 non può però servire per alimentare un ricevitore o un amplificatore. Come vedete dalla fig. 44-b, si presentano delle vere interruzioni di corrente, chiamate « *periodi d'interdizione* ». Per eliminare queste interruzioni, in parallelo al consumatore, si inserisce un *condensatore di livellamento*.

Nello schema della fig. 45 è riportato questo *condensatore di livellamento*  $C_L$ .



La tensione di rete è qui applicata al primario di un trasformatore. La valvola raddrizzatrice, inserita nel secondario, risulta in tal modo separata dalla rete; inoltre la tensione è trasformata al valore occorrente.

Noterete poi che manca l'accensione del catodo; abbiamo tralasciato a bella posta di disegnarla per semplificare lo schema. Se in futuro troverete indicato negli schemi soltanto lo *strato attivo* del catodo, dovrete co-

munque immaginarvi il filamento ed il relativo circuito d'accensione, che naturalmente esistono, anche se non disegnati.

Il condensatore di livellamento  $C_L$  viene caricato dagli impulsi di corrente. Il consumatore  $R$  impedisce al condensatore di caricarsi fino al valore di punta della tensione alternata. Se non ci fosse la resistenza  $R$ , il condensatore sarebbe naturalmente sottoposto ad una tensione continua, equivalente a questo valore massimo della tensione alternata. Così invece il condensatore si scarica lentamente, attraverso al consumatore, negli intervalli in cui attraverso la valvola non passa corrente. Una certa tensione continua risulta in tal modo costantemente applicata ai capi del consumatore  $R$  (fig. 46).

Come vedete nella suddetta figura, la tensione continua non ricade ora più a zero, ma segue l'andamento della curva a tratto grosso. Gli intervalli di interdizione sono pertanto superati, grazie al condensatore, ottenendo così un valore medio della tensione continua più favorevole.

Il livellamento è tanto migliore, quanto maggiore è la capacità del condensatore  $C_L$  (generalmente si usano da 10 a 30  $\mu\text{F}$ ), e minore il consumo di corrente della resistenza  $R$ .

Osservando la curva della fig. 46 avrete certamente pensato alla sovrapposizione di tensione continua e di tensione alternata, che abbiamo conosciuto nella fig. 43 della Dispensa N. 11. La curva della fig. 46 denota effettivamente una specie di tensione continua con sovrapposizione di tensione alternata. Questa tensione alternata residua ha un effetto disturbatore negli apparecchi radioriceventi: provoca un fastidioso ronzio. Per questa ragione viene chiamata « *tensione di ronzio* ». Spiegheremo in seguito gli accorgimenti in uso per eliminare questa fastidiosa tensione di ronzio. Prima vogliamo però esaminare un'altra possibilità, che consente di migliorare il raddrizzamento della tensione alternata di rete.

### 2) Il raddrizzamento a due vie

Nel *raddrizzamento a una sola via* si sfruttano soltanto gli impulsi positivi di corrente. Ora vogliamo invece far lavorare anche le semionde negative della tensione alternata. A questo scopo è necessaria una seconda via,

come è indicato nello schema della fig. 47. Per poter usufruire di entrambe le vie, occorre un trasformatore dotato di *due avvolgimenti secondari* I e II. Le estremità di questi avvolgimenti sono riunite nel punto *b* e collegate ad un capo del consumatore *R*. L'inizio *a* dell'avvolgimento I e la fine *c* dell'avvolgimento II sono allacciati agli anodi di due valvole. I catodi di queste valvole posseggono, naturalmente, la medesima polarità e si possono pertanto collegare assieme. I catodi sono quindi allacciati in parallelo, mentre gli anodi si trovano alle estremità opposte del secondario del trasformatore. Vediamo un po' in che modo agisce il nostro trasformatore con presa intermedia, il quale consente di raddrizzare entrambe le semionde. Supponiamo che, in un dato istante, la tensione alternata abbia una direzione tale, per cui il punto *a* risulti positivo rispetto a *b*.

Una corrente circola allora da *a* attraverso la valvola di sinistra e la resistenza *R*, giungendo al punto *b*. Nel medesimo istante *b* è positivo rispetto a *c*, ossia *c* è negativo rispetto a *b*; di conseguenza la valvola di destra si trova interdetta. In questa semionda si utilizza quindi la prima via. Nella semionda successiva le polarità

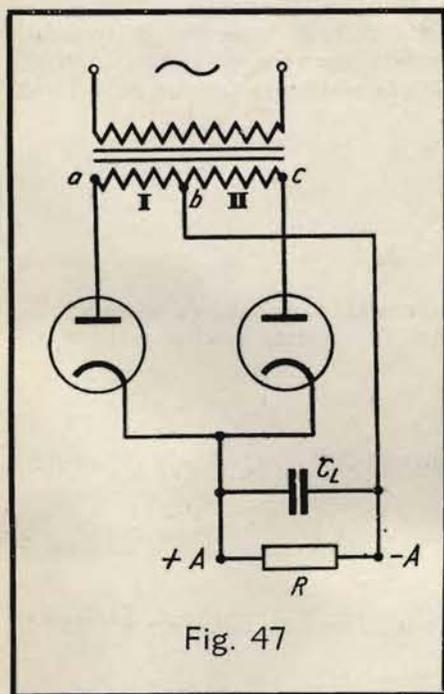


Fig. 47

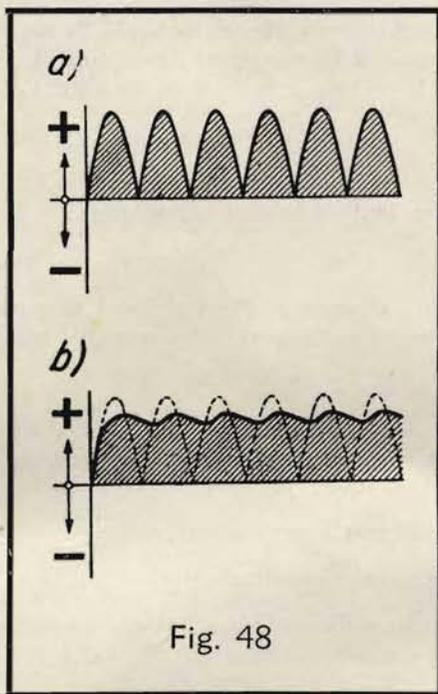


Fig. 48

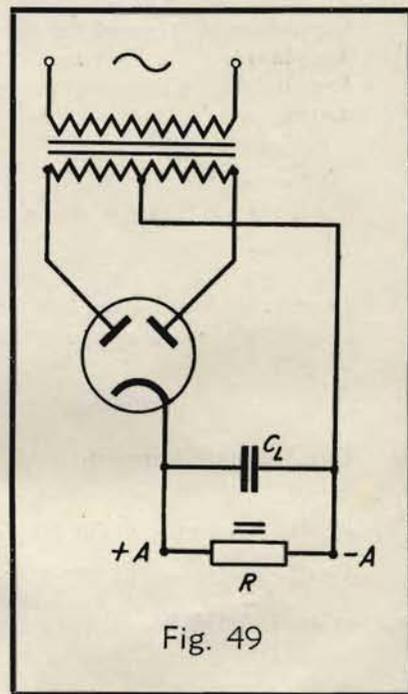


Fig. 49

delle prese del trasformatore sono invertite e pertanto la corrente circola per la seconda via, ossia da *c* attraverso la valvola di destra e la resistenza *R*, giungendo sempre al punto *b*. Risulta così che gli intervalli d'interdizione di una valvola sono colmati con gli impulsi positivi dell'altra valvola. Si ottiene in tal modo l'andamento della corrente riportato nella fig. 48-a. Anche in questo caso il condensatore di livellamento elimina le punte aguzze nelle quali la corrente ricade a zero (fig. 48-b).

Osservando attentamente la fig. 47, vi verrà forse spontanea l'idea che le due valvole si possono riunire in una sola, così come è mostrato nella fig. 49. Abbiamo in tal modo la *valvola raddrizzatrice doppia*, detta anche « *doppio diodo* ».

Le valvole raddrizzatrici d'alimentazione differiscono da quelle d'alta frequenza soprattutto per la maggior potenza erogata. Esse funzionano con tensioni comprese tra 200 e 800 V e correnti tra 25 e 300 mA. Ne consegue che il catodo di queste valvole deve avere un'emissione particolarmente spinta; la raddrizzatrice è sempre la valvola più calda di un apparecchio radio, dovendo erogare la corrente anodica di tutte le altre valvole.

Con la raddrizzatrice abbiamo conosciuto un'altra parte importantissima dei radioricevitori. Ci siamo così avvicinati ulteriormente alla nostra meta, che è quella di poter leggere lo schema, a prima vista tanto complicato, dei radioricevitori.

### Risposte alle domande di pag. 21

1. Il collaudo meccanico consiste nel verificare se il filamento non è interrotto e se gli elettrodi sono isolati tra loro.
2. Il provavalvole contiene le sorgenti di tensione e gli strumenti occorrenti per le misure sulle valvole, nonché gli zoccoli dei vari tipi.

## COMPITI

1. Calcolate l'amplificazione della valvola AC2 (caratteristica  $I_a - V_a$  della fig. 1) con una resistenza anodica  $R_a = 15 \text{ k}\Omega$ , una tensione di batteria  $V_B = 200 \text{ V}$  e una polarizzazione di griglia  $V_g = -3 \text{ V}$ . L'ampiezza della tensione alternata di griglia sia uguale a 1 V.
2. Per quale ragione una resistenza anodica molto elevata non è favorevole per ottenere una forte potenza di corrente alternata nel circuito anodico?
3. Supponete di avere delle apparecchiature collegate secondo la fig. 4, ma di non conoscere la resistenza interna  $R_i$  del voltmetro. Al posto della resistenza incognita  $R_x$ , allacciate una resistenza nota di  $30 \text{ k}\Omega$ . Per le due misure si ottiene  $V = 80 \text{ volt}$  e  $v = 50 \text{ volt}$ . Calcolate la resistenza interna  $R_i$  del voltmetro.
4. A che serve il disco combinatore nella telefonia automatica?
5. Quante rotazioni complete compie il settore d'impulsi del dispositivo combinatore, in un semplice impianto telefonico come quello rappresentato schematicamente nella fig. 17, quando si chiama la stazione 48?
6. Una bobina d'impedenza possiede un'induttanza di  $0,5 \text{ H}$  e una resistenza di  $100 \Omega$ . Qual è il valore della sua impedenza:
  - a) alla frequenza di  $50 \text{ Hz}$  (determinarla graficamente)?
  - b) alla frequenza di  $150 \text{ Hz}$  (determinarla col calcolo)?
  - c) quale intensità di corrente circola nella suddetta bobina, qualora venga allacciata alla rete di  $220 \text{ V}$ ,  $50 \text{ Hz}$ ?
  - d) qual è lo sfasamento che si ottiene in quest'ultimo caso, tra la corrente e la tensione?
7. Che cos'è un cavo schermato?  
Descrivete i vantaggi e gli svantaggi della discesa d'antenna schermata.
8. Per quale ragione l'antenna esterna è migliore di quella interna?
9. In quali casi si impiega l'antenna verticale?
10. Perché le scintille elettriche disturbano la radiricezione?
11. Un complesso di resistenze e reattanze è allacciato alla tensione di  $220 \text{ V}$ . La corrente assorbita ammonta a  $0,8 \text{ A}$  e presenta uno sfasamento di  $25^\circ$  rispetto alla tensione. Che valore hanno la potenza attiva e la potenza apparente? Qual è l'impedenza del complesso?
12. A che serve il condensatore di livellamento nei dispositivi raddrizzatori?

## FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 13

### Formula

- (46) Determinazione della resistenza col metodo dell'indicazione diretta:  $R_x = R_1 \cdot \left( \frac{V}{v} - 1 \right)$  . . . . . pag. 5
- (47) Angolo di fase:  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{R_{\text{ind}}}{R_{\text{att}}}$  . . . . . " 12
- (48) Impedenza:  $Z = \sqrt{R_{\text{att}}^2 + R_{\text{ind}}^2}$  . . . . . " 12
- (49) Corrente efficace:  $I_{\text{eff}} = 0,707 \cdot I_{\text{max}}$  . . . . . " 18
- (50) Tensione efficace:  $V_{\text{eff}} = 0,707 \cdot V_{\text{max}}$  . . . . . " 18
- (51) Potenza in corrente alternata:  $N = V \cdot I \cdot \cos \varphi$  . . . . . " 18
- (52) Potenza apparente:  $N_{\text{app}} = V_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}}$  . . . . . " 19
- (53) Potenza attiva:  $N_{\text{eff}} = N_{\text{app}} \cdot \cos \varphi$  . . . . . " 19

## TABELLE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 13

### Tabella

- N. 10 Diametro dei fili d'antenna . . . . . " 14
- N. 11 Freccia del filo d'antenna . . . . . " 14

---

Stampato come manoscritto

Ogni alienazione, prestito o diffusione in genere di questa Dispensa, anche in riassunto, è proibita.

Tutti i diritti, in particolare la traduzione in lingue straniere, sono riservati.

---

**TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI**

**OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO, 9  
V A R E S E**

DISPENSA N° 15

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

# INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 15

	<i>pag.</i>
<b>Riassunto della materia trattata nella Dispensa precedente</b>	1
<b>Radiotecnica</b>	1
Le bande laterali delle onde radio	1
Domande	2
Selettività e fedeltà degli apparecchi radio	2
Il filtro di banda	3
La scarsità di onde	4
Domande	5
Risposte	5
<b>Elettrotecnica generale</b>	5
Collegamento in serie e in parallelo	5
La costituzione di batterie di elementi galvanici	5
Collegamento dei consumatori	8
Il collegamento misto	9
Collegamento misto delle sorgenti di corrente	9
Collegamento misto di consumatori di corrente	10
Il partitore di tensione	11
Domande	13
<b>Radiotecnica</b>	13
La valvola termoionica come raddrizzatrice	13
Il raddrizzamento dell'alta frequenza	13
Il diodo	14
La tensione di controllo	14
Il doppio diodo	15
La demodulazione con valvole a griglia	16
A. Lo schema ad audion	16
B. La demodulazione anodica	17
Domande	18
La reazione	18
Il ricevitore audion a reazione	18
Domande	21
<b>Telegrafia</b>	21
Il telescrittore	21
Il telescrittore di Hughes	21
Parte trasmittente	23
Parte ricevente	23
Domande	24
Risposte	24
<b>Radiotecnica</b>	25
L'alimentazione delle valvole	25
La produzione automatica della tensione di griglia	25
La produzione della tensione di griglia-schermo	26
Domande	27
Risposte	27
<b>Compiti</b>	28

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 15

## RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Prima di passare ai nuovi argomenti, di cui ci occuperemo nelle prossime pagine, vogliamo tornare brevemente col pensiero alla materia svolta nella Dispensa precedente. Questa piccola ripetizione servirà per capire se disponiamo dei fondamenti necessari per procedere nello studio, ossia se siamo maturi per apprendere nuove cognizioni.

All'inizio della Dispensa N. 14 ci siamo occupati ancora una volta del più importante organo degli apparecchi radio, il *tubo elettronico*, cui proprio negli ultimi anni vengono affidate sempre nuove e più strabilianti funzioni. Trasportando la *retta della resistenza* dal campo diagrammatico  $I_a - V_a$  a quello  $I_a - V_g$ , abbiamo trovato la *caratteristica dinamica*. Da questa abbiamo potuto ricavare la *pendenza dinamica*, che nei triodi è sempre minore della *pendenza statica*. Conoscendo la pendenza dinamica, l'amplificazione della valvola si calcola con facilità in base alla formula  $a = -S_D \cdot R_a$ .

In seguito abbiamo esaminato la possibilità di introdurre nella valvola una seconda griglia, oltre quella pilota. Questa *griglia schermo* assume il compito dell'accelerazione degli elettroni. La griglia ausiliaria unica presenta però l'inconveniente di attrarre gli elettroni secondari; per ovviare a ciò, si è costretti ad introdurre una terza griglia, la *griglia freno*. Ecco trovato così il *pentodo*, per il quale la famiglia di caratteristiche  $I_a - V_g$  dimostra che, praticamente, nel tratto rettilineo delle caratteristiche, la pendenza dinamica coincide con quella statica. In questo tratto di massima importanza per l'esercizio, la corrente anodica è indipendente dalla tensione anodica e quindi dalla resistenza anodica. L'introduzione delle griglie supplementari consente quindi un aumento notevole dell'amplificazione.

Frammezzo a queste considerazioni sulle valvole ci siamo occupati anche, negli « Impianti di segnalazione », degli orologi elettrici. Essi sono costituiti essenzialmente da un *orologio principale*, il quale comanda, mediante impulsi di corrente, vari *orologi secondari*. Una speciale *ruota di segnalazione*, comandata anch'essa dall'orologio principale, consente la trasmissione di segnali alle ore prestabilite.

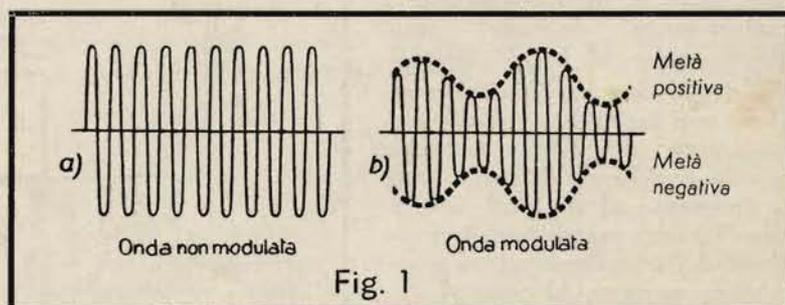
Nella « Telefonia » ci siamo inoltrati nel campo della selezione automatica, considerando il *sistema Siemens*, nel quale *preselettori*, *selettori di linea* e *selettori di gruppo* costituiscono gli elementi che consentono la formazione delle grandi centrali automatiche. Tra quanto avete appreso in questo Capitolo, lo schema del semplice apparecchio d'utente, dotato di attenuazione d'auto-ascolto, vi sarà certamente tuttora impresso nella memoria.

Sono state infine completate le vostre cognizioni sulle *antenne*, con la descrizione delle *antenne a telaio*, di quelle *per automobile* e di quelle *collettive*. Ci siamo rivolti anche a problemi della *protezione antifulmine*, indispensabile in tutte le antenne esterne per consentire lo sfogo innocuo dell'elettricità atmosferica. Avete appreso la ragion d'essere degli *scaricatori fini* e *grossolani* e siete ora in grado di applicare una protezione adatta anche nel caso di linee schermate. La Dispensa terminava col Capitolo sulla *messa a terra*, nel quale si distingue la *terra d'esercizio* dalla *terra di protezione antifulmine*.

## RADIOTECNICA

### Le bande laterali delle onde radio

Ogni stazione radio emette un'onda di *lunghezza* e quindi anche di *frequenza* ben determinata. Dalla Dispensa N.° 4 sapete che tra le singole emittenti è prescritto un intervallo di frequenza di 9000 hertz ossia 9 kHz. Perché? Come sapete, l'onda portante ad alta frequenza viene caricata di vibrazioni sonore ridotte in forma elettrica. Ricordiamoci, a questo proposito, che i suoni gravi hanno una frequenza bassa. Quando, p. es., all'onda portante 800 000 hertz si sovrappone un suono della frequenza 1000; ossia, in linguaggio tecnico, quando si *modula* l'onda di 800 kHz in *ampiezza* con la frequenza acustica di 1000 Hz, si ottiene una combinazione delle due frequenze. La modulazione consiste nel modificare l'ampiezza delle oscillazioni di 800 kHz nel ritmo di un'oscillazione di 1 kHz. Nell'onda modulata si ottengono allora le frequenze  $800 - 1 = 799$  kHz; 800 kHz;  $800 + 1 = 801$  kHz.



**TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI**

---

**OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO, 9  
V A R E S E**

---

DISPENSA N°. 16

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

## INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 16

	<i>pag.</i>
<b>Riassunto della materia trattata nella Dispensa precedente</b>	1
<b>Radiotecnica</b>	1
L'alimentazione dei radiricevitori	1
Il trasformatore d'alimentazione	2
Il filtraggio della corrente continua	3
Il condensatore elettrolitico	4
Domande	6
<b>Elettrotecnica generale</b>	6
L'impedenza nei collegamenti in serie	6
L'impedenza nei collegamenti in parallelo	6
L'ammettenza	7
Domande	8
Risposte	8
<b>Radiotecnica</b>	8
La designazione delle valvole termoioniche	8
La prima lettera della sigla	9
La seconda lettera della sigla	10
I numeri nelle sigle delle valvole	11
Alcuni esempi di valvole	12
Le valvole americane	14
Domande	14
Risposte	14
<b>Telegrafia</b>	15
La telescrivente	15
L'alfabeto telegrafico	15
Sincronizzazione di partenza e d'arresto	16
La telescrivente Siemens	16
Le barre di codice di trasmissione	16
Il trasmettitore	17
Il ricevitore	17
Il meccanismo di scrittura	18
Sincronismo e velocità di trasmissione	18
Servizi speciali	19
Domande	19
<b>Radiotecnica</b>	19
Trasmettitori e circuiti di trasmissione	19
Trasmettitori a scariche	19
La bottiglia di Leida	20
Circuiti trasmettenti a valvole	21
Domande	22
Risposte	22
La classificazione degli amplificatori	22
Classificazione in base al punto di lavoro	22
L'amplificatore in controfase	23
Risposte	24
<b>Compiti</b>	24

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 16

## RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Nella Dispensa N. 15, dopo esserci nuovamente occupati della *modulazione*, abbiamo visto che, per le radio-audizioni, la trasmissione di una sola frequenza non è sufficiente. Per ottenere una riproduzione discreta della musica, bisogna che la stazione di radiodiffusione emetta una banda intera d'*AF* della larghezza di 9 kHz; banda che il ricevitore deve poter utilizzare intieramente. Con questi nuovi presupposti sono state esaminate le possibilità d'impiego del circuito oscillante in parallelo, per la separazione delle diverse onde di trasmissione.

Ricorderete che un circuito oscillante con caratteristica di risonanza prominente consente di attuare un'ottima selettività, determinando però, nel contempo, un *timbro eccessivamente cupo e non naturale della riproduzione*.

Il *filtro di banda*, invece, costituisce il circuito d'*AF* la cui caratteristica si avvicina maggiormente alla curva rettangolare ideale. Le nostre brevi osservazioni sulla ripartizione delle onde hanno ribadito meglio la necessità di efficaci mezzi di separazione.

Il capitolo di *Elettrotecnica generale* chiariva alcuni interrogativi riguardanti l'inserzione in serie e in parallelo di batterie e di resistenze. Specialmente importante era il calcolo dei collegamenti misti e, come caso particolare, del *partitore di tensione*.

Nel Capitolo successivo di *Radiotecnica*, è stata esaminata l'applicazione della valvola termoionica come *raddrizzatrice d'AF*, per la demodulazione e la generazione della tensione di controllo. Le differenti possibilità d'inserzione (in serie ed in parallelo) del tratto elettronico raddrizzatore, con la resistenza, furono dimostrate nel caso del diodo. Tuttavia anche i triodi e i pentodi possono essere impiegati per la demodulazione: si usano gli *schemi ad audion e a demodulazione anodica*. È stato inoltre chiarito che le condizioni più favorevoli di funzionamento si ottengono, per ciascuno di questi schemi, in un punto di lavoro differente.

Il principio della *reazione* costituisce un'innovazione fondamentale negli schemi della radio. Le norme particolari, da seguire in questo caso, vi sono state illustrate ampiamente.

L'applicazione di questo principio nello *schema di Leithäuser* vi ha mostrato la possibilità di regolare la reazione per mezzo di un condensatore variabile. L'*audion a reazione* costituisce ancor oggi la parte principale di tutti i piccoli ricevitori.

Un'assoluta novità per voi erano le nostre spiegazioni sul *telescrittore Hughes*. La breve descrizione illustrava i punti di vista essenziali per la trasmissione in caratteri di stampa. Avete sicuramente compreso l'esigenza fondamentale del sincronismo e gli effetti delle sue perturbazioni.

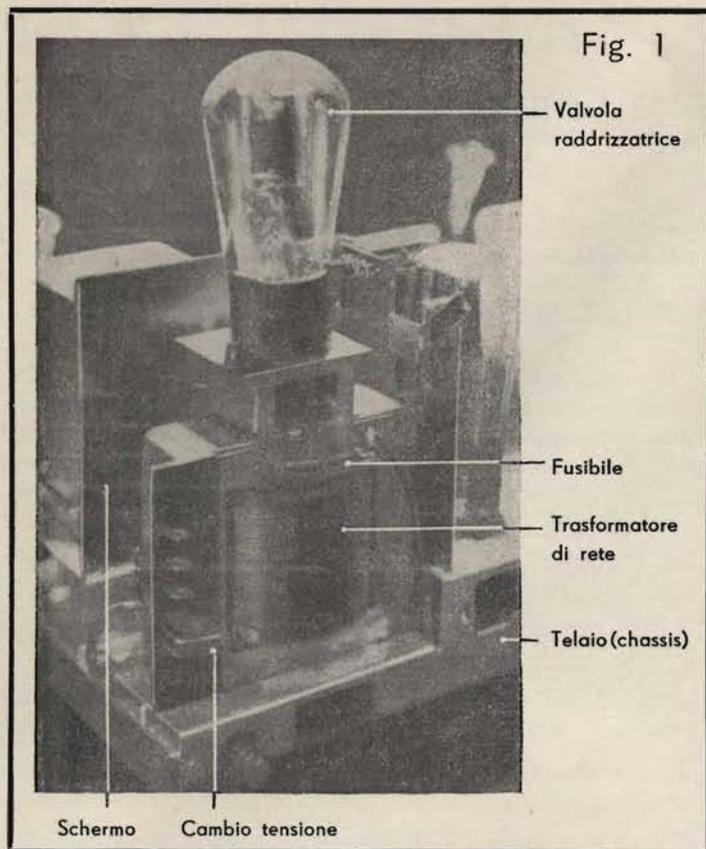
Vi abbiamo infine fornito delle spiegazioni più dettagliate sull'alimentazione dei radiorecettori. Sapete ora che non occorre inserire ovunque delle batterie. La rete d'illuminazione, ovunque accessibile, fornisce l'energia necessaria alle valvole per poter funzionare come amplificatrici.

Vi siete accorto che tutte le difficoltà, a poco a poco, vengono eliminate? Siete sicuramente fiero di constatare che le vostre cognizioni hanno ormai assunto un volume abbastanza considerevole.

## RADIOTECNICA

### L'ALIMENTAZIONE DEI RADIORICEVITORI

In passato per l'alimentazione degli apparecchi radio si usavano delle *batterie*. Batterie separate servivano per fornire la tensione per la polarizzazione negativa della griglia e la tensione anodica. Ancor oggi esistono *apparecchi alimentati da batterie*, per esempio le *radio portatili da viaggio*. Quando però è a disposizione la rete d'illuminazione, fonte d'energia a buon mercato, le tensioni occorrenti per l'alimentazione delle valvole vengono fornite dall'*alimentatore*. In una radio normale queste tensioni sono: una *tensione continua di circa 250 volt*, per la tensione anodica; una *tensione alternata*, per l'accensione dei filamenti delle valvole, generalmente di 4 oppure 6,3 volt.



Nella fig. 1 sono visibili le parti principali di un alimentatore della rete. Riconoscete subito le due più importanti: la *valvola raddrizzatrice* e il *trasformatore d'alimentazione*.

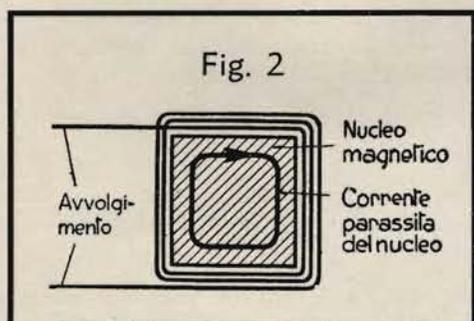
Nella Dispensa N. 13 abbiamo già parlato diffusamente della *valvola raddrizzatrice*. Come sapete, la raddrizzatrice lascia passare la corrente in un solo senso, e precisamente dall'anodo al catodo.

Pur applicando una tensione alternata, si ottiene quindi una corrente continua, la quale non è tuttavia ancora adatta per l'alimentazione delle valvole. La raddrizzatrice è, generalmente, la valvola più grossa e più calda di un apparecchio radio, dato che attraverso ad essa deve passare la corrente anodica di tutte le altre valvole. La moderna tecnica elettronica produce però già alcune valvole raddrizzatrici, di potenza relativamente elevata, le cui dimensioni esterne non superano quelle di una normale ricevitrice.

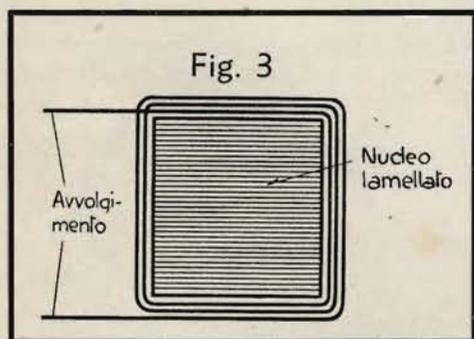
### Il trasformatore d'alimentazione

Osserviamo dapprima con maggior attenzione il *trasformatore d'alimentazione*, chiamato anche *trasformatore di rete*. Voi conoscete già il principio di funzionamento di questo dispositivo (v. Dispensa N. 5), tuttavia la descriveremo ancora per sommi capi. Ad ogni variazione dell'intensità di corrente nell'avvolgimento primario, e quindi particolarmente nel caso di una corrente alternata,

viene indotta una tensione alternata nell'avvolgimento secondario.



Scegliendo in modo appropriato il rapporto di spire, è possibile trasformare una potenza in corrente alternata d'intensità limitata e di tensione elevata, in un'altra potenza uguale, ma di tensione bassa e di corrente forte, e viceversa. Sapete inoltre che l'impiego di un nucleo di ferro consente un'influenza reciproca tra i due avvolgimenti molto più marcata: in termini tecnici, *si ha una maggiore induttanza mutua*. Usando un nucleo di ferro massiccio, circolerebbero però nell'interno dello stesso, come in un'unica spira in cortocircuito, delle *correnti cosiddette « parassite »*, chiamate anche *« correnti di Foucault »* (leggi « fucò »), provocando, naturalmente, delle perdite (fig. 2). Quest'effetto indesiderabile si elimina componendo il nucleo, come nella fig. 3, con molti lamierini, isolati tra loro. Si impedisce così la libera circolazione delle correnti parassite nel ferro e le perdite risultano notevolmente ridotte.



Come sapete pure dalla Dispensa N. 5, è preferibile che il nucleo di ferro costituisca, per il flusso magnetico, un circuito ben chiuso. Per i *trasformatori di rete* si impiegano spesso lamierini della forma disegnata nella fig. 4. Mettendo insieme il numero occorrente di lamierini, si ottiene un nucleo (« pacco ») delle dimensioni volute.

Gli avvolgimenti sono sistemati attorno al gambo centrale, in modo che i gambi esterni li circondino come una specie di *corazza*. Per tale ragione i trasformatori di questo genere si chiamano « *trasformatori di tipo corazzato* ».

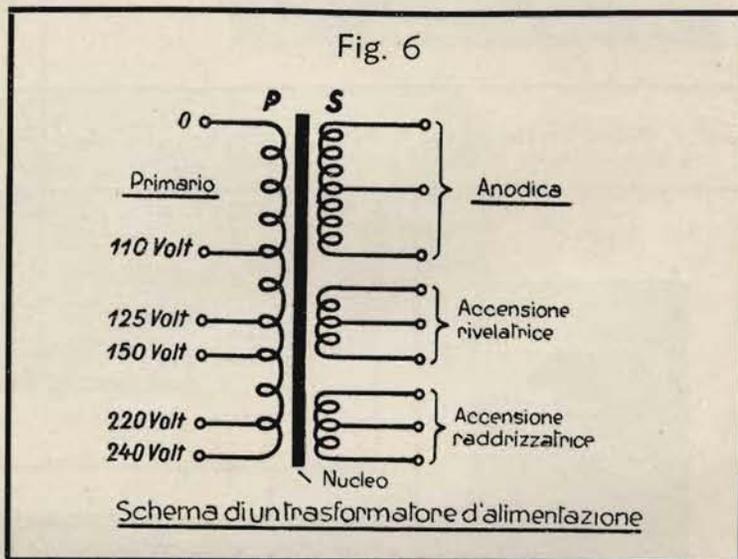
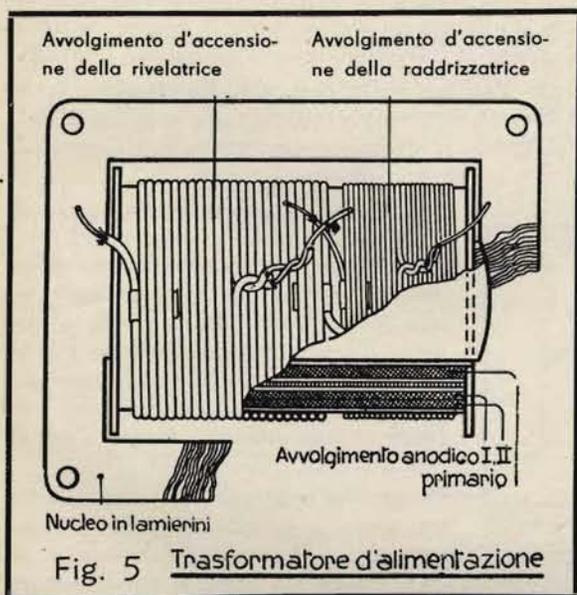
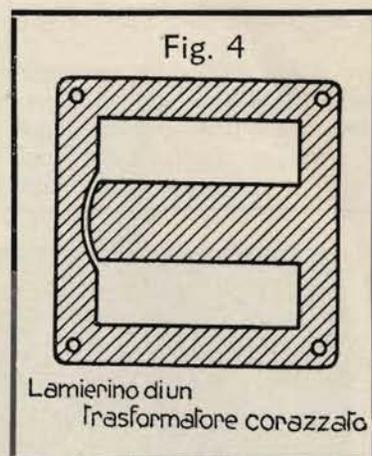
Si noti che l'avvolgimento primario del trasformatore non agisce solo su un unico avvolgimento secondario, ma su vari avvolgimenti, disposti sul medesimo nucleo e previsti per l'erogazione di differenti tensioni. È importante il fatto che si possano avere degli avvolgimenti per le basse tensioni d'accensione dei filamenti (4-6,3 V), come pure di alcune centinaia di volt, per la produzione, previo raddrizzamento, delle tensioni anodiche.

La fig. 5 mostra come si dispongono vari avvolgimenti sul medesimo nucleo, mentre la fig. 6 rappresenta lo schema del trasformatore d'alimentazione.

L'avvolgimento primario, disegnato a sinistra nella fig. 6, ha varie prese intermedie. Applicando, per esempio, 150 volt alla presa di 150 V, si ottengono al secondario le medesime tensioni come quando si applicano 220 volt alla presa di 220 V. Anche nella fig. 1 potete rilevare come, col cosiddetto « cambio tensione », si possa scegliere la presa adatta ed usare quindi l'apparecchio alle varie tensioni della rete. Prima di inserire un apparecchio radio alimentato in corrente alternata occorre, quindi, accertare sempre quale sia il valore della tensione disponibile e portare il cambio tensione nella posizione corrispondente.

Come avvenga il raddrizzamento vi è già stato spiegato nella Dispensa N. 13.

Osservando la fig. 49 della suddetta Dispensa e confrontandola con la fig. 6, constaterete che questo trasformatore è adatto per l'allacciamento di una valvola raddrizzatrice a due vie.



### Il filtraggio della corrente continua

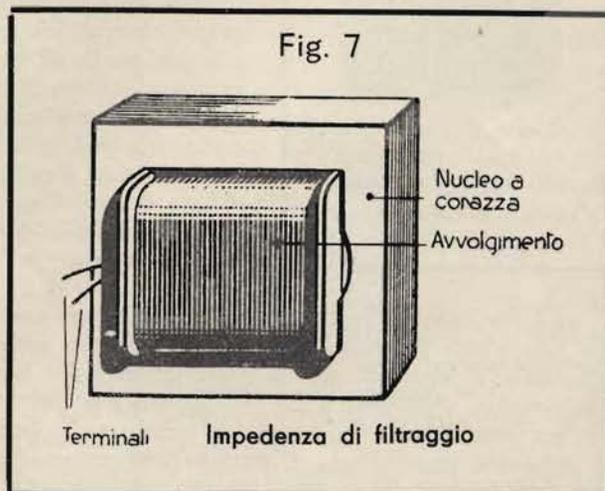
Nonostante l'inserzione del condensatore di livellamento, si ottiene ugualmente una corrente fortemente pulsante, tanto per il raddrizzamento a una via che per quello a due vie. Se si alimentassero le valvole con questa corrente, si avrebbe nell'altoparlante un ronzio insopportabile. Prima di utilizzare questa corrente, perciò, è necessario filtrarla, in modo da eliminare le pulsazioni e addurre alle valvole una pura tensione continua.

La constatazione che la corrente pulsante non è altro che una sovrapposizione di corrente continua e di corrente alternata, ci condurrà alla risoluzione di questo problema.

Per rendere innocua la corrente alternata, bisogna o bloccarla o crearle una via facile, che ne eviti il passaggio attraverso le valvole. La miglior cosa è però di sfruttare entrambe le possibilità.

Il bloccaggio della corrente alternata si effettua con un'impedenza, di induttanza particolarmente elevata, la quale trattiene la corrente alternata, lasciando invece passare la corrente continua. Per ottenere un'elevata induttanza, si usa anche in questo caso un nucleo di ferro. Nella fig. 7 è rappresentata un'impedenza di filtraggio. Effettivamente, anche la corrente continua incontra un certo ostacolo nella bobina, in quanto questa possiede una certa resistenza ohmica; tuttavia, in confronto alla reattanza induttiva agente sulla corrente alternata, la resistenza del filo è praticamente trascurabile.

La via facile per la corrente alternata è costituita invece ancora da un condensatore. Date le basse frequenze in giuoco, esso deve possedere una capacità rilevante (8-10  $\mu\text{F}$ ), affinché la reattanza capacitiva sia sufficientemente piccola.



## Il condensatore elettrolitico

Per il filtraggio della corrente continua è particolarmente adatto il *condensatore elettrolitico*. Nella Dispensa N. 7 vi abbiamo spiegato che la capacità di un condensatore è tanto più grande, quanto più estese sono le armature e quanto più esse sono vicine. Il mezzo compreso tra le armature, ossia il cosiddetto *dielettrico* esercita inoltre una funzione assai importante.

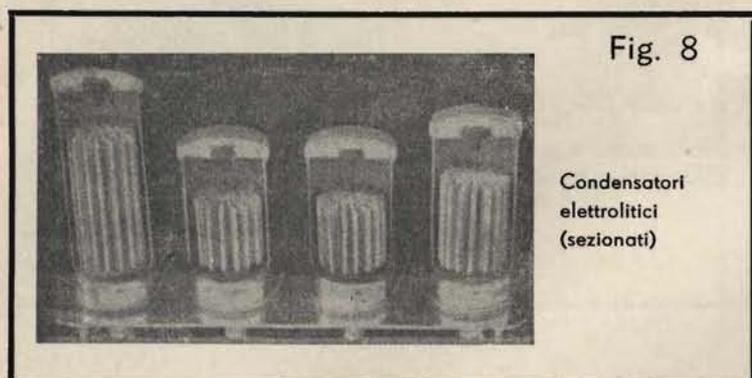


Fig. 8

Condensatori elettrolitici (sezionati)

I condensatori elettrolitici sono basati su un principio costruttivo differente da quello dei condensatori a carta, a voi già noti. La capacità è dovuta ad un effetto elettrochimico, per cui su un elettrodo di metallo si forma uno strato dielettrico.

Ci sono condensatori elettrolitici umidi e condensatori elettrolitici semiseccchi. Nel tipo umido, simile a quelli visibili nelle figg. 8 e 9, un polo è costituito da un rotolo a spirale di nastro d'alluminio; l'altro polo è costituito dalla custodia a bicchiere con l'elettrolito liquido. Sotto l'effetto della corrente, l'elettrolito (cioè il liquido interno) produce sulla superficie dell'elettrodo d'alluminio uno strato sottilissimo di

ossido. Questo strato, che è isolante, costituisce il dielettrico.



Fig. 9

Condensatore elettronico con superficie particolarmente attiva, quindi grande capacità con piccole dimensioni



Fig. 10

Simbolo dei condensatori elettrolitici (polarizzati)

Poichè l'effetto chimico non può essere prodotto che dalla corrente continua, i condensatori elettrolitici si possono impiegare soltanto in quei casi in cui, oltre alla tensione alternata, c'è anche una tensione continua. Ne consegue che i condensatori elettrolitici si possono inserire soltanto con la polarità indicata su di essi.

Per questa ragione è stato introdotto un simbolo speciale (fig. 10). Con-

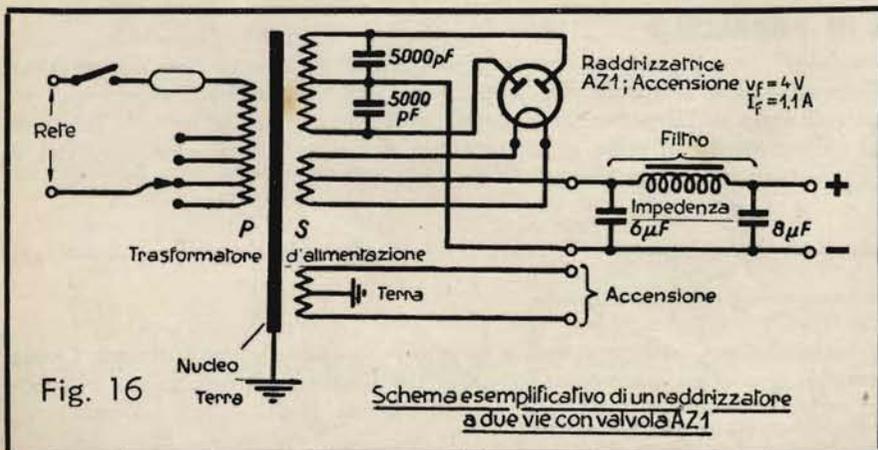
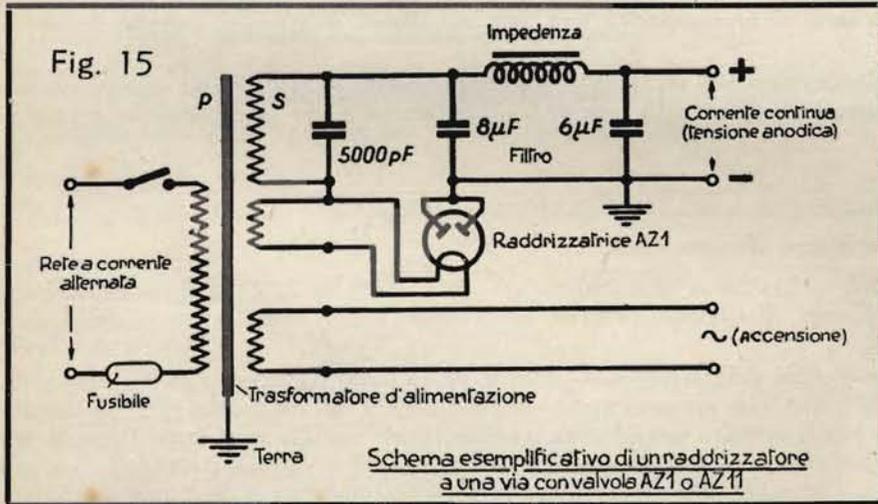
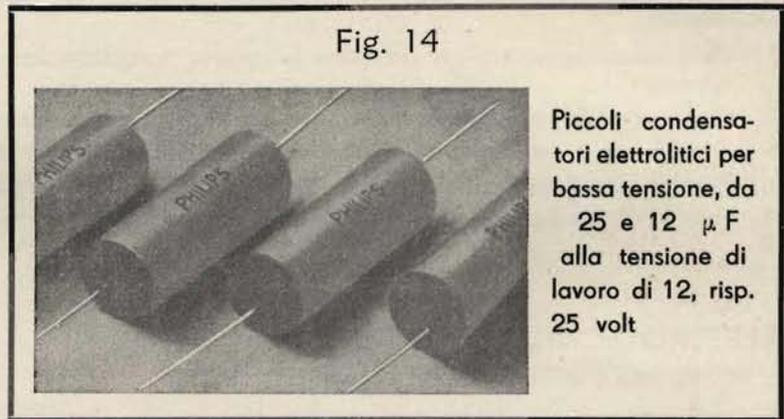
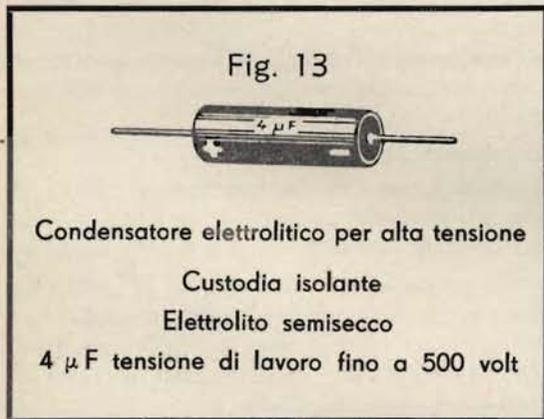
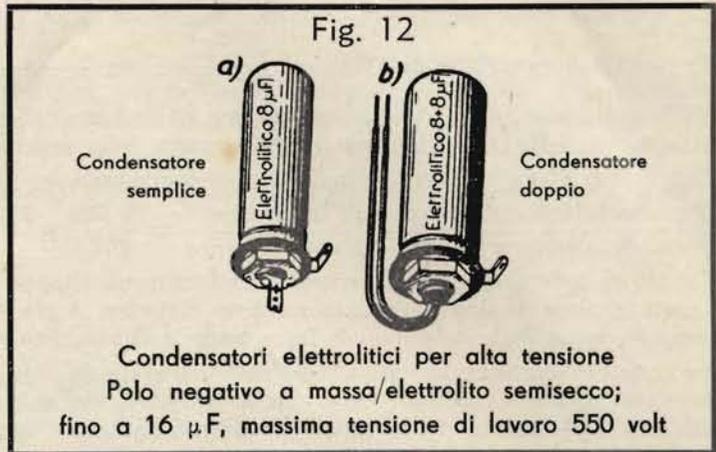
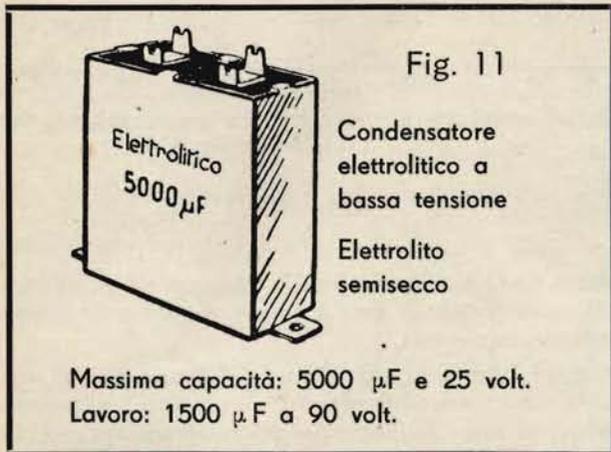
tra ponendo due condensatori elettrolitici, contenuti nella medesima custodia, si può ottenere un condensatore senza polarità, ma, in questo caso, il condensatore di polarità sbagliata rimane cortocircuitato ed è pertanto efficace solo l'altro.

Usando dei condensatori elettrolitici, bisogna badare sempre alla giusta polarità.

Come sapete, la capacità di un condensatore dipende dalla distanza delle armature. In quelli elettrolitici, le armature sono vicinissime, essendo separate unicamente dal sottilissimo strato isolante d'ossido di alluminio. Si possono perciò realizzare delle capacità elevatissime in pochissimo spazio. Per esempio, il condensatore elettrolitico rappresentato nella fig. 11, di dimensioni solo lievemente maggiori di quelle di un normale condensatore parallelepipedo a carta, raggiunge la capacità di ben 5000  $\mu$ F. Se un'improvvisa sovratensione perfora la pellicola d'ossido, il condensatore non diventa inservibile, come i normali condensatori a carta, ma può esser rimesso in esercizio, non appena la tensione normale è stata ripristinata e nel punto di perforazione si è formato nuovamente dell'ossido. Un difetto dei condensatori elettrolitici è sito nell'impossibilità di chiudere ermeticamente il recipiente dell'elettrolito. I condensatori a umido devono esser perciò montati sempre in piedi, poichè altrimenti il liquido, col tempo, uscirebbe.

Il tipo semisecco è costituito in un modo un po' differente. Esso è fatto con due fogli di alluminio, arrotolati con uno strato intermedio di carta assorbente imbevuta di elettrolito. Nel montaggio dei condensatori semiseccchi non si è legati da alcuna prescrizione sulla loro posizione. Le figure 11-14 mostrano diverse forme di tali condensatori elettrolitici. Si distinguono tipi per alta e per bassa tensione. I tipi per alta tensione sono adatti per tensioni d'esercizio fino a un massimo di circa 500 volt. La loro capacità è invece limitata, raggiungendo, al massimo, circa 16  $\mu$ F. I condensatori elettrolitici per bassa tensione possono invece raggiungere dei valori altissimi di capacità.

Abbiamo considerato così tutte le parti occorrenti per fare un raddrizzatore con relativo filtro di livellamento. Lo schema di un raddrizzatore a una via è riportato nella fig. 15. Il condensatore da 5000 pF allacciato all'avvolgimento del trasformatore serve a cortocircuitare eventuali correnti ad AF, disturbatrici, provenienti dalla rete.



Gli stessi elementi costitutivi si ritrovano nello schema a due vie della fig. 16, che osserveremo un po' più attentamente. Il lato primario del trasformatore è allacciato alla rete attraverso l'interruttore e il fusibile. Al secondario, abbiamo un avvolgimento con presa centrale per la tensione anodica. La presa centrale costituisce il polo negativo dell'alimentatore.

La valvola raddrizzatrice a due vie è a riscaldamento diretto; la presa centrale dell'avvolgimento d'accensione costituisce il polo positivo dell'alimentatore. Tra i due poli è inserito un condensatore da 6  $\mu\text{F}$  e poi il filtro di livellamento, il cui funzionamento può essere spiegato molto semplicemente come quello di un partitore di tensione.

L'impedenza ed il condensatore da 8  $\mu\text{F}$  costituiscono infatti un partitore. Calcoliamo, per esempio, come viene ripartita la tensione con un'induttanza di 20 H ed una capacità di 6  $\mu\text{F}$ .

Nel caso del raddrizzamento a due vie, la frequenza della corrente alternata va considerata doppia di quella di rete; quindi, nel caso di una frequenza di rete di 50 Hz, consideriamo una corrente alternata di 100 Hz.

La reattanza induttiva diventa pertanto:  $R_{\text{ind}} = 2\pi \cdot f \cdot L = 2\pi \cdot 100 \cdot 20 = 12\,560 \text{ ohm}$

La reattanza capacitiva è:  $R_{\text{cap}} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 100 \cdot 6 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{1000 \cdot 1,2 \cdot \pi} = \frac{1000}{1,2 \pi} = 265 \text{ ohm}$

Dalle spiegazioni contenute nella Dispensa precedente in merito al partitore di tensione, ci rammentiamo che il rapporto delle tensioni è uguale al rapporto delle resistenze.

Nel nostro filtro abbiamo quindi la seguente relazione:

$$\frac{\text{Tensione alternata ai capi dell'impedenza}}{\text{Tensione alternata ai capi del condensatore}} = \frac{12\,560}{265} = \frac{47,5}{1}$$

Da ciò si vede che, dopo il secondo condensatore, rimane soltanto una piccola parte della tensione alternata, talmente minima da non poter causare alcun disturbo. A rigore, il nostro calcolo non è che approssimativo, non tenendo conto delle relazioni di fase; tuttavia il risultato è praticamente esatto.

La corrente continua fortemente pulsante, erogata dal raddrizzatore, viene così livellata dal filtro, fino a diventare una corrente continua praticamente perfetta, che si può addurre senza difficoltà alle valvole. L'alimentazione data dalla rete ci libera dalle fastidiose batterie e costituisce un altro fondamento dei moderni apparecchi radio.

### Domande

1. Quali parti occorrono per produrre la corrente continua anodica, prelevando l'energia dalla rete a corrente alternata?
2. Quali avvolgimenti si trovano sul trasformatore d'alimentazione?
3. Perché con i condensatori elettrolitici è possibile ottenere delle capacità assai elevate?
4. Perché i condensatori elettrolitici vanno allacciati alla corrente continua con una determinata polarità?
5. Qual è il compito del filtro di livellamento?

## ELETTROTECNICA GENERALE

### L'IMPEDEZZA NEI COLLEGAMENTI IN SERIE

Nella Dispensa N. 13 vi abbiamo spiegato che cosa sia l'impedenza. Come esempio abbiamo considerato il collegamento in serie di una bobina d'impedenza, ossia di un'induttanza, con una resistenza ohmica. Capirete senz'altro facilmente che il collegamento in serie di una capacità con una resistenza ohmica si calcola in modo analogo.

Per esercizio calcoliamo l'impedenza della connessione in serie di un condensatore da  $16 \mu\text{F}$  con una resistenza di  $200 \text{ ohm}$ , supponendo di avere la normale frequenza di rete di  $50 \text{ Hz}$ . Determiniamo dapprima la reattanza capacitiva in base alla formula (29):

$$R_{\text{cap}} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 16 \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{3,14 \cdot 16 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{50,24 \cdot 10^{-1}} = \frac{10^1}{50,24} = 199 \text{ ohm.}$$

Conformemente alla formula (48), l'impedenza diventa allora:

$$\text{Impedenza} = \sqrt{199^2 + 200^2} = \sqrt{39\,601 + 40\,000} = \sqrt{79\,601} = \sqrt{7,9601 \cdot 10^4} = 2,82 \cdot 10^2 = 282 \text{ ohm}$$

L'impedenza complessiva equivale a  $282 \text{ ohm}$ . Il calcolo procede nello stesso modo come nel caso dell'induttanza, considerato nella Dispensa N. 13.

Vi ricorderete che, nella determinazione grafica dell'impedenza, si tiene conto dello sfasamento di  $90^\circ$  provocato dalla reattanza, disegnando i segmenti di retta, che rappresentano le resistenze e le reattanze, con un angolo di  $90^\circ$  tra loro. L'angolo di fase  $\varphi$  valido per il circuito considerato, risulta allora nel disegno come l'angolo tra la resistenza attiva e l'impedenza. L'impedenza è rappresentata dall'ipotenusa del triangolo rettangolo. Da ciò si deduce che, nel collegamento in serie, l'impedenza è sempre maggiore della resistenza o reattanza di ciascun componente.

### L'IMPEDEZZA NEI COLLEGAMENTI IN PARALLELO

Che cosa avviene nel collegamento in parallelo di una resistenza con una reattanza? In questo caso la questione pare già più complicata. Però sappiamo una cosa: che il valore dell'impedenza sarà certamente inferiore al valore della resistenza e della reattanza; consultando le Dispense precedenti, troveremo poi facilmente la giusta strada. Facciamo quindi un paragone col collegamento in serie e in parallelo delle resistenze ohmiche. Per la connessione in serie, per esempio di tre resistenze, abbiamo trovato la formula (12-b):

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

Nella connessione in parallelo di tre resistenze, preferiamo invece usare i valori di conduttanza, per i quali vale la formula (11):

$$G = G_1 + G_2 + G_3$$

Le due formule sono uguali nella forma, solo che nel collegamento in parallelo si usano le conduttanze. Questa constatazione vale anche per le altre formule: per il collegamento in parallelo possiamo infatti usare le medesime formule usate per il collegamento in serie, sostituendo i valori di resistenza con quelli di conduttanza.

## L'AMMETTENZA

Volendo applicare questa gradita possibilità anche al calcolo dell'impedenza, dobbiamo conoscere dapprima le denominazioni giuste dei valori di significato conduttivo. La resistenza ohmica pura è già stata definita in passato « *resistenza attiva* » ( $R_{att}$ ). Il corrispondente valore conduttivo, che non è altro che il valore reciproco della resistenza, si chiama « *conduttanza* », e più precisamente, « *conduttanza attiva* » ( $G_{att}$ ). Abbiamo quindi:

$G_{att} = \frac{1}{R_{att}}$ . Il reciproco della reattanza è la « *conduttanza reattiva* », denominata « *suscettanza* ». La *suscettanza capacitiva* è pertanto:

$$G_{cap} = \frac{1}{R_{cap}} = \frac{1}{\frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}} = 2\pi \cdot f \cdot C \text{ [siemens].}$$

La *suscettanza induttiva* si calcola analogamente come segue:

$$G_{ind} = \frac{1}{R_{ind}} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot L} \text{ [siemens].}$$

Rammentiamo a questo proposito, che il *siemens* è l'unità di misura della conduttanza ed equivale al reciproco dell'ohm.

Qual è ora il *valore conduttivo corrispondente all'impedenza* o resistenza apparente? Esso è chiamato « *conduttanza apparente* » o, meglio, « *ammettenza* ». Abbiamo quindi:

$$\text{Ammettenza} = \frac{1}{\text{Impedenza}}$$

Prima di chiarire meglio, con un esempio, questi concetti, vogliamo continuare ancora il nostro paragone. I nostri ragionamenti portano a concludere che la fig. 19 della Dispensa N. 13 può essere impiegata nello stesso modo anche per i valori conduttivi nel collegamento in parallelo.

Nella fig. 17 il valore dell'ammettenza di un collegamento in parallelo è determinato allo stesso modo, per mezzo di una semplice costruzione geometrica. Come per la formula (48) della Dispensa N. 13, nel caso del *collegamento in parallelo* si può scrivere:

Per l'induttanza:  $\text{Ammettenza} = \sqrt{G_{att}^2 + G_{ind}^2}$  Formula (58-a)

Per la capacità:  $\text{Ammettenza} = \sqrt{G_{att}^2 + G_{cap}^2}$  Formula (58-b)

Calcoliamo subito un esempio con l'aiuto di questa formula.

### Problema:

Qual è l'ammettenza di una combinazione audion composta da 1 MΩ e 100 pF, per  $f = 3$  kHz?

### Soluzione:

La *suscettanza* è:  $G_{cap} = 2\pi \cdot f \cdot C = 2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-12} = 18,84 \cdot 10^{-7} = 1,884 \cdot 10^{-6}$

Analogamente è:  $G_{att} = \frac{1}{R_{att}} = \frac{1}{10^6} = 10^{-6}$ .

Di conseguenza si ottiene:  $\text{Ammettenza} = \sqrt{G_{att}^2 + G_{cap}^2} = \sqrt{(1,884 \cdot 10^{-6})^2 + (10^{-6})^2} = \sqrt{3,55 \cdot 10^{-12} + 1 \cdot 10^{-12}} = \sqrt{10^{-12} (3,55 + 1)} = \sqrt{10^{-12} \cdot 4,55}$ .

$\text{Ammettenza} = 2,13 \cdot 10^{-6}$  [siemens].

Tenendo conto che l'impedenza è il reciproco dell'ammettenza, otteniamo:  $\text{Impedenza} = \frac{1}{10^{-6} \cdot 2,13} = \frac{10^6}{2,13} = 4,69 \cdot 10^5$  [ohm].

Naturalmente i *valori conduttivi* si possono anche esprimere, nella formula (58), per mezzo dei *valori resistivi* ed abbiamo così:

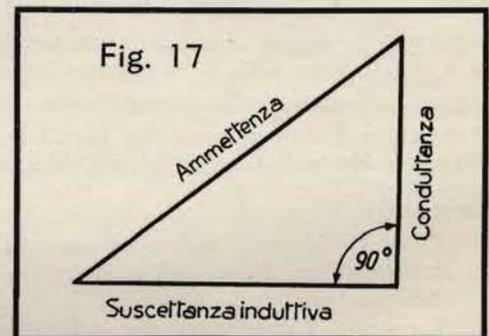
*Ammettenza nel collegamento in parallelo:*  $\frac{1}{\text{Impedenza}} = \sqrt{\frac{1}{R_{att}^2} + \frac{1}{R_{ind}^2}}$ , oppure:

$$\frac{1}{\text{Impedenza}} = \sqrt{\frac{1}{R_{att}^2} + \frac{1}{R_{cap}^2}}$$

*Impedenza nel collegamento in parallelo:*

$$\text{Impedenza} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{R_{att}^2} + \frac{1}{R_{ind}^2}}}$$

Formula (59-a)



Analogamente, avendo una capacità:

$$\text{Impedenza} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{R_{att}^2} + \frac{1}{R_{cap}^2}}}$$

Formula (59-b)

Per determinare graficamente l'impedenza di un collegamento in parallelo, esiste un sistema elegante, rappresentato nella fig. 18.

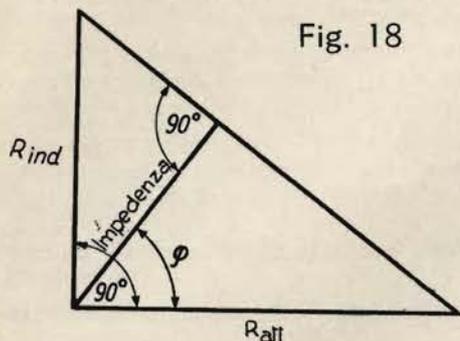


Fig. 18

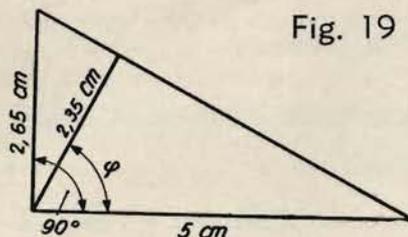


Fig. 19

Si riportano i valori della resistenza e della reattanza con un angolo di  $90^\circ$  tra loro, si traccia l'ipotenusa del triangolo rettangolo e si costruisce la perpendicolare all'ipotenusa, partendo dal vertice dell'angolo retto. Il tratto che ne risulta, costituente l'altezza del

triangolo rettangolo, rappresenta il valore dell'impedenza cercata. Rileverete subito che la lunghezza di questo tratto è

inferiore a quella del lato minore; nel caso considerato, di  $R_{ind}$ . Questo metodo grafico consente di determinare anche l'angolo di fase  $\varphi$ , contenuto tra la resistenza attiva e l'impedenza.

Consideriamo ancora l'esempio di prima.

Dati  $R_{cap} = \frac{1}{G_{cap}} = \frac{1}{1,884 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{1,884} = 5,3 \cdot 10^5$  e  $R_{att} = 10^6$ , fissiamo la scala di 1 cm per  $2 \cdot 10^5$  ohm,

ottenendo 5 cm per  $R_{att}$  e 2,65 cm per  $R_{cap}$ . Costruendo il triangolo come sopra (fig. 19), rileviamo che l'altezza è uguale a cm 2,35. L'impedenza è quindi  $2,35 \cdot 2 \cdot 10^5$  ohm =  $4,7 \cdot 10^5$  ohm.

L'angolo di fase risulta  $\varphi = 62^\circ$ .

Conosciuto il collegamento in parallelo di resistenze e reattanze, abbiamo completato le nostre cognizioni sulla tecnica dei collegamenti e possiamo cavarcela in tutti i casi della pratica.

### Domande

1. Come si chiama il valore reciproco dell'impedenza?
2. L'impedenza di un collegamento in parallelo è maggiore o minore della reattanza e della resistenza che lo compongono?
3. Calcolate l'impedenza del collegamento in parallelo di una bobina da 5 H con una resistenza di 3000 ohm, alla frequenza di 50 Hz.

### Risposte alle domande di pag. 6

1. Per produrre la corrente continua adatta all'alimentazione dei circuiti anodici, prelevandola dalla rete a corrente alternata, occorrono: un trasformatore d'alimentazione, una valvola raddrizzatrice, un primo condensatore di livellamento, un'impedenza di filtraggio e un condensatore di filtraggio.
2. Il trasformatore d'alimentazione possiede un avvolgimento a presa intermedia per la tensione anodica (2 . 250 V), un avvolgimento d'accensione per la valvola raddrizzatrice e un avvolgimento d'accensione per le valvole amplificatrici (4 e 6,3 V).
3. La capacità dipende dalla superficie delle armature, dalla costante dielettrica e dalla distanza delle armature. Nei condensatori elettrolitici, questa distanza è minima, essendo costituita dal sottilissimo strato isolante, che si forma durante il procedimento di formazione del condensatore. Dato il minimo spessore, la capacità risulta di valore elevato.
4. I condensatori elettrolitici si possono usare soltanto, se applicati ad una tensione continua, perchè, per la conservazione del leggero strato dielettrico, è necessario che passi costantemente una piccola corrente continua.
5. La tensione applicata al primo condensatore di livellamento è fortemente pulsante. Le pulsazioni, le quali non sono altro che tensioni alternate sovrapposte alla continua, vengono tratteneute dall'impedenza del filtro, in modo da non poter penetrare nel circuito anodico. Il secondo condensatore del filtro rappresenta inoltre una via molto più facile per le correnti alternate, le quali evitano così di attraversare le valvole. A questo modo nel circuito anodico delle valvole allacciate all'alimentatore si ottiene una corrente continua praticamente pura.

## RADIOTECNICA

### LA DESIGNAZIONE DELLE VALVOLE TERMOIONICHE

Nelle precedenti Dispense avete acquistato delle rispettabili cognizioni sulle valvole termoioniche. Conoscete le

differenti forme e le applicazioni delle valvole. Parlando delle caratteristiche della valvola AC2, vi abbiamo promesso che vi avremmo spiegato meglio il significato di questa sigla. È quello che vogliamo appunto fare ora.

Agli inizi dello sviluppo delle valvole, ogni fabbrica usava delle sigle differenti per designare i propri modelli. Era naturalmente difficile orientarsi tra i vari tipi. Non staremo a indicarvi queste vecchie designazioni e vi spiegheremo invece subito la *chiave*, usata essenzialmente nell'Europa Occidentale per la designazione delle valvole.

Una quindicina d'anni fa, le principali fabbriche di valvole termoioniche del Continente europeo, « Telefunken » e « Philips », rispettivamente « Philips-Valvo », si accordarono per designare le loro valvole secondo uno schema unico. Immaginerete senz'altro che cosa possa essere designato in modo uniforme nelle valvole. Innanzitutto, naturalmente, le *proprietà elettriche*. La *prima specifica* riguarda l'*accensione* della valvola, che viene effettivamente ritenuta quasi più importante di quella del *tipo* vero e proprio. Merita inoltre attenzione la *zoccolatura*, importante soprattutto per il rivenditore. Infine si contraddistinguono i *differenti modelli* del medesimo sistema e anche il *tipo costruttivo*.

Per ottenere una classificazione chiara, sono state introdotte *sigle letterali e numeriche*. Per le *valvole semplici*, cioè con un solo sistema elettronico, si usano due lettere seguite da un numero a una o due cifre. Le *valvole multiple*, ossia quelle che contengono vari sistemi elettronici nel medesimo bulbo, sono contraddistinte con tre lettere.

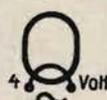
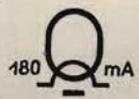
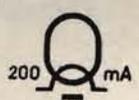
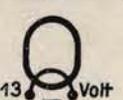
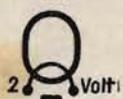
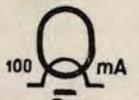
Volendo creare una designazione internazionale, non furono introdotte abbreviazioni di sorta, ma si adottarono le lettere dell'alfabeto, cui furono assegnati differenti significati, seguendo l'ordine alfabetico. Per questa ragione è necessario conoscere la *chiave*, che permetta di interpretare le sigle.

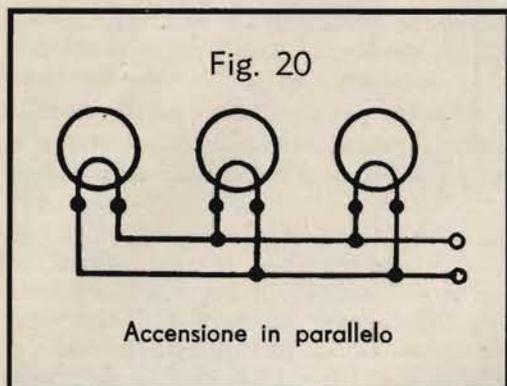
### La prima lettera della sigla **Tabella N. 12**

La prima lettera della sigla indica, come abbiamo già accennato, l'*accensione* della valvola (Tabella N. 12). Ciò serve anche a dare un'importante indicazione sull'uso della valvola in un determinato tipo di ricevitore. Se ne deduce infatti se una valvola è adatta per l'alimentazione in corrente alternata, o continua, oppure se va alimentata preferibilmente con batterie. Contemporaneamente è indicata, in modo inequivocabile, la *tensione d'accensione*, oppure, per le valvole da inserire con i filamenti in serie, la *corrente d'accensione*.

A. La lettera A all'inizio della sigla, come nella valvola AC2, da noi già ripetutamente citata significa che tale valvola va alimentata con *tensione alternata di 4 V*. I filamenti di più valvole di questa serie «A» si possono collegare in *parallelo*, come risulta dalla fig. 20. Questa serie di valvole è prevista esclusivamente per l'uso in ricevitori dotati dell'alimentatore per alimentazione dalla rete.

Appartengono alla serie «A» tanto *valvole a riscaldamento indiretto*

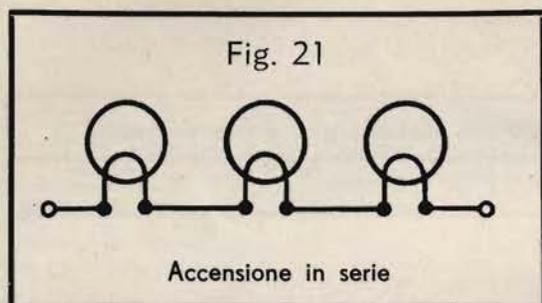
Significato della prima lettera della sigla delle valvole				
Lettera	Accensione		Impiego	Osservazioni
<b>A..</b>	4 volt corr. alt.		Apparecchi alimentati dalla rete a corr. alt.	Filamenti in parallelo.
<b>B..</b>	180 mA corr. cont.		Apparecchi alimentati dalla rete a corr. cont.	Sostituite dalle valvole della serie C.
<b>C..</b>	200 mA. corr. cont. o alt.		Apparecchi universali (rete a c.a. e a c.c.) in parte anche autoradio (alimentate dalla batteria d'avviamento a 13 V).	Filamenti in serie (per autoradio in parallelo).
<b>D..</b>	Batteria 1,4 V		Apparecchi a batteria.	Filamenti in parallelo.
<b>E..</b>	6,3 V c.c. o c.a., anche batteria		Apparecchi universali (rete a c.a. e a c.c.) autoradio (batteria da 6 e da 12 V).	Serie armonica o per auto (valvole d'acciaio, zoccolo a 8 piedini, accensione in parallelo, in parte anche in serie).
<b>F..</b>	Batteria auto 13 V		Autoradio (batteria d'avviamento 13 V).	Esiste una sola valvola raddrizzatrice. Serie superata dalle valvole della serie C.
<b>K..</b>	Batteria 2 V		Ricevitori a batteria.	Filamenti in parallelo.
<b>U..</b>	100 mA c.c. o c.a.		Apparecchi universali soprattutto piccoli ricevitori a basso consumo.	Valvole a basso consumo. Filamenti in serie.
<b>V..</b>	50 mA c.c. o c.a.		Apparecchi universali, ricevitori a basso consumo.	Valvole a basso consumo. Filamenti in serie e in parallelo.



vedere con l'accensione. Le valvole « C », con filamenti allacciati in serie, possono essere impiegate tanto nelle reti a corrente continua quanto in quelle a corrente alternata.

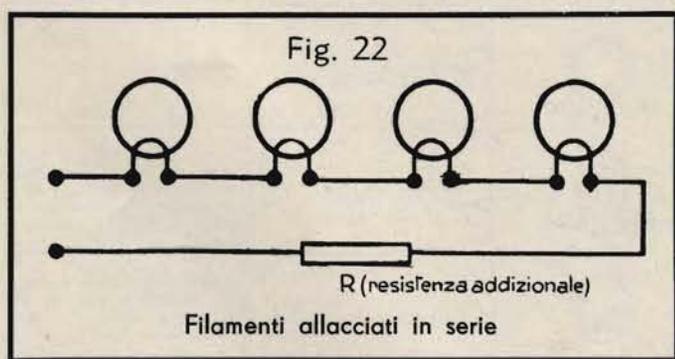
La fig. 21 mostra come vengono inseriti i filamenti.

- D. La lettera D, non usata in un primo tempo, è stata poi scelta per designare una serie di *valvole per batteria con potenza d'accensione particolarmente ridotta*. I filamenti sono previsti per l'alimentazione con *batterie a secco*, e perciò la tensione d'accensione, richiesta dai filamenti da inserire in parallelo, è uguale a 1,4 V.



Principali rappresentanti di questa serie sono le *valvole europee d'acciaio* e le *valvole rosse della Philips*.

- F. Nella serie « F » non c'è più che una valvola, una raddrizzatrice; gli altri tipi sono sorpassati.
- K. Un'altra serie di *valvole per batteria* sono le valvole « K ». A differenza dalle valvole « D », esse sono previste per la tensione d'accensione di 2 V. Come sorgente di corrente d'accensione è previsto pertanto un accumulatore da 2 V. Poichè queste valvole da batteria sono state studiate anch'esse per un consumo ridotto, si possono alimentare anche con *batterie a secco* da 2 V.



fino a 50 mA permise per esempio di allacciare *due soli filamenti collegati in serie* direttamente alla rete da 110 V. Usando parecchie valvole, si possono combinare dei gruppi, in modo da arrivare a una tensione complessiva di 110 oppure 220 V. Questi gruppi si possono, a loro volta, allacciare *in parallelo*.

La Tabella N. 12 riporta in forma riassuntiva tutti questi dati.

### La seconda lettera della sigla

Le lettere che si trovano al secondo posto della sigla designano la *struttura del sistema elettronico* nell'interno della valvola.

- .A La lettera « A » significa qui un *semplice diodo raddrizzatore d'AF*, quindi per la *produzione della tensione di controllo* o per la *demodulazione*. Il diodo semplice viene fabbricato soltanto unito con altri sistemi nella medesima valvola.
- .B *Doppio diodo* (due diodi riuniti in un unico bulbo).

che altre a *riscaldamento diretto*.

- B. Le valvole della serie « B » erano previste per l'esercizio esclusivo nelle reti a corrente continua. Oggi non sono però quasi più usate, perchè la fabbricazione degli apparecchi adatti solo nelle reti a corrente continua è stata abbandonata. Essi sono stati soppiantati dagli apparecchi *universali*, che si possono alimentare tanto dalle reti a corrente continua che da quelle a corrente alternata.

Di conseguenza le valvole della serie « B », che erano adatte per l'inserzione in serie dei filamenti con una corrente d'accensione di 180 mA, sono state sostituite dalle valvole « C ».

- C. Questo C, che contraddistingue le valvole con 200 mA d'accensione, deve però trovarsi *all'inizio della sigla*. Come vedete, il C al secondo posto, come nella sigla AC2, non ha nulla a che

- E. La serie di gran lunga più importante nell'Europa Occidentale è costituita dalle valvole « E ». Sono costruite tutte per una tensione d'accensione di 6,3 V e previste per essere allacciate *in parallelo* alla tensione alternata di 6,3 V, oppure alla *batteria d'automobile* da 6,3 V. Hanno però una particolarità. I *tipi a bassa corrente anodica* si possono usare anche *con collegamento in serie dei filamenti e alimentazione tanto in corrente continua che alternata*. Servono quindi nei *ricevitori universali* e richiedono, come le valvole della serie « C », una corrente d'accensione di 200 mA. È quindi possibile usare le valvole « E » insieme alle valvole « C ». Data questa possibilità e dato il buon accordo dei vari tipi tra loro, la serie « E » viene chiamata « *serie armonica* ».

- U. Ci sono ancora due gruppi, sviluppati per l'uso negli apparecchi universali. Soprattutto nei piccoli ricevitori universali a 3 o 4 valvole, previsti per l'allacciamento alla rete da 220 V, si manifestava la necessità di distruggere una parte rilevante della tensione in una *resistenza addizionale* (fig. 22). Nelle valvole della serie « U » la corrente d'accensione venne pertanto ridotta a 100 mA. Fu possibile così aumentare la tensione d'accensione delle singole valvole, in modo da non dover più abbassare molto la tensione nella resistenza addizionale. Per questa ragione, queste valvole sono dette valvole « *a consumo ridotto* ».

- V. Con la serie « V » si ottenne un'ulteriore diminuzione della corrente d'accensione. La riduzione

Seguono poi in fila le valvole dotate di griglie.

- .C I semplici triodi amplificatori per AF e BF sono designati con .C.
- .D Il triodo di potenza usato come valvola d'altoparlante, occupa un posto speciale ed è contrassegnato dalla lettera .D.
- .E La .E designa un tetrodo, ossia una valvola con griglia schermo, per la semplice amplificazione d'AF e BF. Anche questo sistema si trova sempre con altri, in un unico bulbo.
- .F L'importantissimo pentodo, usato nell'amplificazione d'AF e di BF, è contrassegnato dalla lettera .F, anche nel caso che si tratti di un cosiddetto « pentodo di controllo », di cui parleremo ancora.
- .H La lettera .H viene usata tanto per gli esodi (valvole a 6 elettrodi), che per gli éptodi (valvole a 7 elettrodi). Si tratta di valvole che non conoscete ancora; naturalmente vi daremo tutte le spiegazioni anche su di queste.
- .K La medesima osservazione vale anche per gli óttodi, valvole a 8 elettrodi, cui è assegnata la lettera .K. Nella trattazione del ricevitore a supereteródina, vi spiegheremo che cosa sia la funzione di mescolamento e quale sia lo scopo delle valvole amplificatrici mescolatrici.
- .L Il pentodo finale, la valvola a 5 elettrodi per altoparlante, è contraddistinta dalla .L. Nei sistemi doppi, in luogo di quello a 5 elettrodi, si usa però spesso il sistema a 4 elettrodi, tralasciando la griglia di soppressione (freno), in funzione di valvola finale o di potenza. In questo caso la lettera .L serve anche per designare il tetrodo finale.

**Tabella N. 13**

Significato della seconda e terza lettera della sigla delle valvole			
Lettera	Specificazione	Impiego	Tipi più usati
.A.	Diodo, solo nelle valvole multiple	Demodulazione d'AF, tensione di controllo.	UAF 41
.B.	Doppio diodo	Demodulazione d'AF, tensione di controllo.	AB2 CB2 EB11 KB2
.C.	Triodo (valvola monogriglia)	Amplificazione BF. Demodulazione con amplificazione BF. Generazione d'oscillazioni.	ABC1 CBC1 EBC11 KBC1 AC2 CC2 KC1 KC3 VC1
.D.	Triodo finale	Amplificazione finale (valvola d'altoparlante).	AD1 KDD1 EDD11
.E.	Tetrodo Valvola a griglia-schermo senza soppressore	Amplificazione AF e BF.	VEL 11
.F.	Pentodo AF Pentodo di controllo	Amplificazione AF e BF. Demodulazione con amplificazione BF. Amplificazione AF regolabile (con raddrizzamento a diodo).	AF7 CF7 KF4 EF12 VF7 AF3 CF3 KF3 EF11 EF13 (EBF13)
.H.	Esodo di controllo Esodo mescolatore (valvola a 4 griglie) Éptodo	Amplificazione AF regolabile. Amplificazione e mescolamento regolabili (con generazione d'oscillazioni). Éptodo di controllo e di mescolamento.	AH1 CH1 ACH1 ECH11 (AH1 + AC2) (CH1 + CC2) ECH4 UCH4 ECH21
.K.	Óttodo (valvola a 6 griglie)	Amplificazione e mescolamento regolabili con generazione d'oscillazioni.	AK2 CK1 KK2
.L.	Pentodo finale anche tetrodo finale	Amplificazione finale (valvola d'altoparlante).	AL1 AL4 AL5 CL4 EL11 EL12 KL1 KL2 VL1 VL4 VCL11
.M.	Indicatore di sintonia (sistema indicatore e triodo o pentodo)	Indicazione di sintonia e amplificazione BF.	AM2 C/EM2 EFM11
.Y.	Raddrizzatrice a una via (1 sistema raddrizzatore o 2 sistemi con catodi separati)	Raddrizzamento della tensione alternata di rete (valvola speciale per apparecchi universali).	CY1 CY2 VY1 VY2
.Z.	Raddrizzatrice a due vie (2 sistemi raddrizzatori con catodo comune).	Raddrizzamento della tensione alternata di rete.	AZ1 AZ11 AZ12 EZ11 EZ12

Abbiamo terminato così l'elenco delle valvole amplificatrici propriamente dette; seguono alcune valvole ausiliarie.

.M La lettera .M designa l'occhio magico, ossia la valvola indicatrice di sintonia. Conoscete sicuramente questa valvola, che si trova nei buoni apparecchi radio, la quale con i suoi angoli verdi indica se il ricevitore è messo esattamente a punto sulla stazione scelta.

Le ultime lettere dell'alfabeto sono riservate alle valvole raddrizzatrici d'alimentazione.

.Y La lettera .Y contraddistingue le raddrizzatrici a una via mentre la

.Z designa le raddrizzatrici a due vie.

La Tabella N. 13 riporta di nuovo un riassunto con cenni sull'impiego delle valvole e citazione di esempi. Quando la sigla è composta di tre lettere, vuol dire che ci sono due sistemi nello stesso bulbo. La sigla completa di ogni valvola comprende inoltre un numero a una o due cifre.

### I numeri nelle sigle delle valvole

Per questi numeri non è stato messo in pratica un sistema ben definito, dato che esistono parecchie eccezioni. Tuttavia non vogliamo tralasciare di spiegarvi la base di questa classificazione.

Se le lettere sono seguite da una sola cifra, si tratta di una valvola con zoccolo a contatti laterali, come quello rappresentato nella fig. 15 della Dispensa N. 12.

Una delle poche eccezioni è la valvola ACH1, dotata di uno zoccolo a piedini di vecchio tipo.

Quando le lettere sono seguite da un numero a 2 cifre che incomincia per 1, come 11, 12, 13, ecc., si tratta di valvole dotate di zoccolo a otto poli per valvole d'acciaio (Dispensa N. 12, fig. 16).

Un numero a due cifre, incominciante col 2, denota una valvola di tutto vetro con zoccolo Loctal (Dispensa N. 12, fig. 17).

Particolarmente interessanti sono le valvole della Serie 40, cioè quelle il cui numero a due cifre comincia col 4. Ne fanno parte

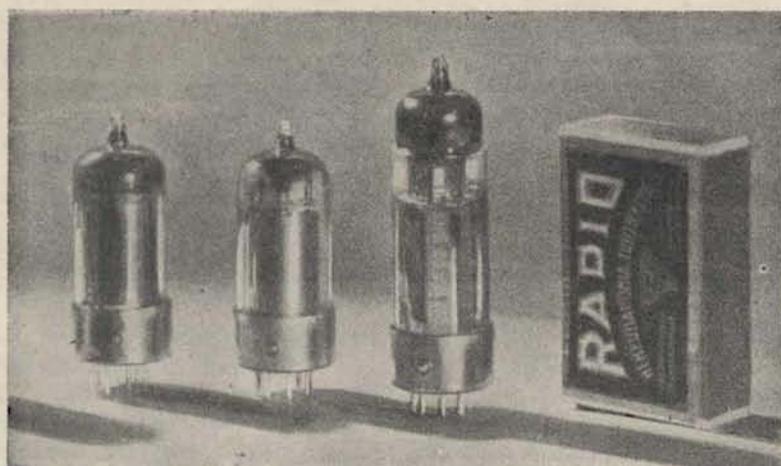


Fig. 23

le valvole miniatura, come quelle della serie Rimlock, sviluppata dalla Philips (figura 23). Si tratta di piccole valvole in tutto vetro con zoccolo speciale.

Pure della Serie 40 sono le valvole Pico della Telefunken, che corrispondono sensibilmente alle Rimlock.

Le valvole della Serie 50 sono previste per l'uso negli apparecchi di televisione e nei cosiddetti « apparecchi radio professionali ». Servono cioè per gli impianti di bordo per marina e per aerei, gli apparecchi radio per la polizia e simili.

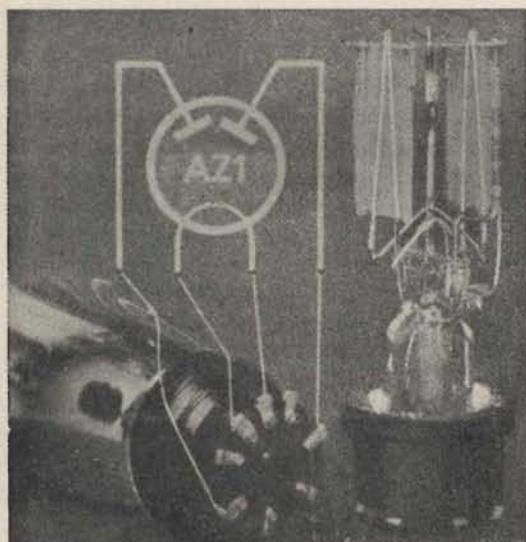
Numeri diversi della stessa serie significano modelli differenti, che possono anche distinguersi in modo essenziale, come per esempio EF11, EF12, EF13, EF14. Spiegheremo in seguito le differenze.

Vedete dunque che questo sistema di designazione delle valvole può essere facilmente ampliato, all'occorrenza, con lo sviluppo di nuovi tipi di valvole. Faremo intanto qualche osservazione sulle nuove cognizioni e su alcuni tipi.

### Alcuni esempi di valvole

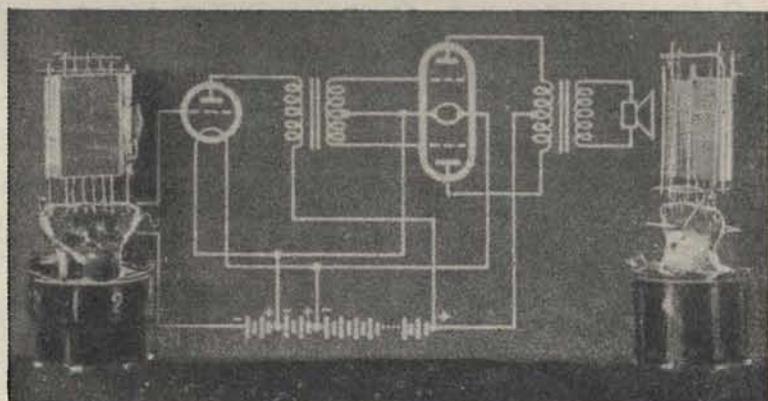
**AZ1** L'AZ1 è una valvola per 4 V di corrente alternata, come è indicato dalla prima lettera. Inoltre è una raddrizzatrice a due vie, come è indicato dalla Z. La cifra 1 denota una differenza di struttura rispetto ad altre valvole analoghe, p. es. rispetto all'AZ11. L'AZ1 ha uno zoccolo a contatti laterali; l'AZ11 uno zoccolo più moderno a otto piedini. La fig. 24 mostra la struttura della valvola AZ1.

Fig. 24



**KC3** La prima lettera K significa che si tratta di una valvola per batteria da 2 volt; la C denota che si tratta di un triodo. Dal numero 3 si deduce anche in questo caso che esso possiede uno zoccolo a contatti laterali.

Fig. 25



**KDD1** Anche questa è una valvola per batteria da 2V (K); il primo D significa che si tratta di un triodo finale, il secondo D, che nella valvola è contenuto un altro sistema elettronico, identico al primo. La fig. 25 mostra uno schema con due valvole. La cifra 1 denota ancora zoccolo a contatti laterali, cosa confermata dalla fig. 25. La KDD1 è una cosiddetta « valvola a controfase » per amplificazione di bassa frequenza, definizione che spiegheremo meglio in seguito. L'impiego della valvola finale doppia è più economico di due valvole finali distinte. Fra l'altro basta, p. es., un solo zoccolo portavalvola.

**CF7** È una valvola per ricevitori universali, potendo essere alimentata sia in corrente continua che in corrente alternata, con 200 mA d'accensione. La seconda lettera indica un pentodo (fig. 26). Il 7 denota lo zoccolo a contatti laterali. Si tratta di una valvola simile alla EF12 (si vedano le caratteristiche, di quest'ultima nella Dispensa N. 14, fig. 25).

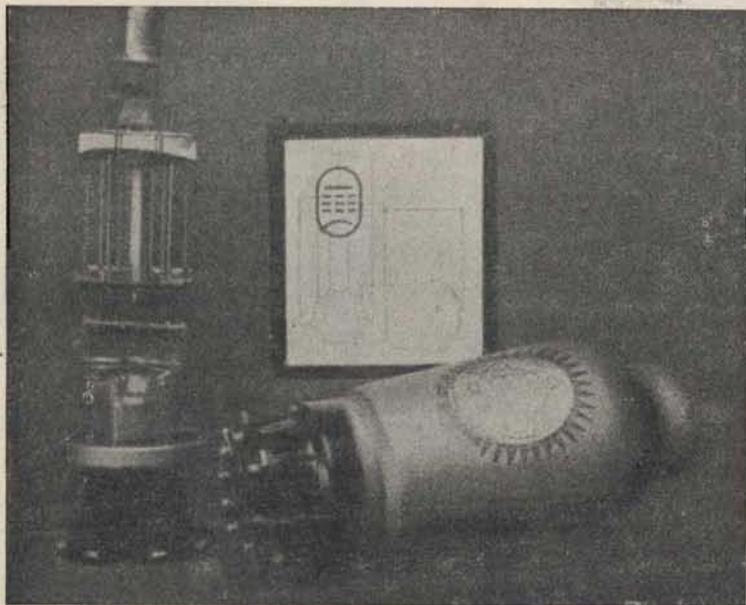
**CC2** Significa: Per C.. accensione con 200 mA, corrente continua o alternata, triodo (fig. 27).

Nella fig. 27 incontrate per la prima volta un metodo di rappresentazione combinato, il cosiddetto « schema dello zoccolo ». In poco spazio, esso mostra con quali elettrodi sono collegati i singoli contatti dello zoccolo. Schemi di questo genere si trovano spesso nei cataloghi delle valvole o addirittura sugli zoccoli stessi.

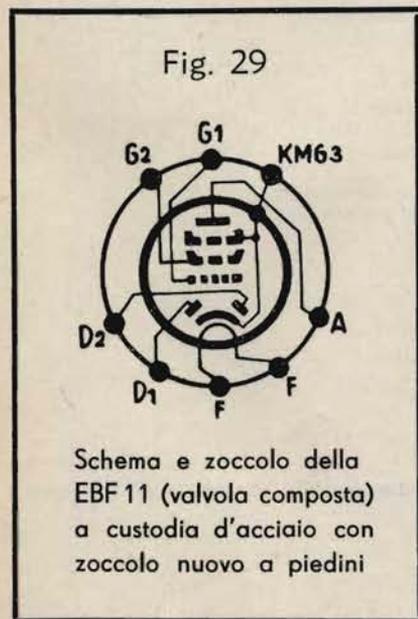
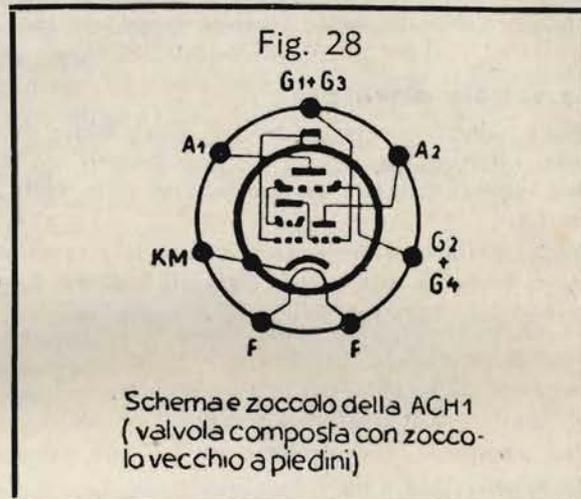
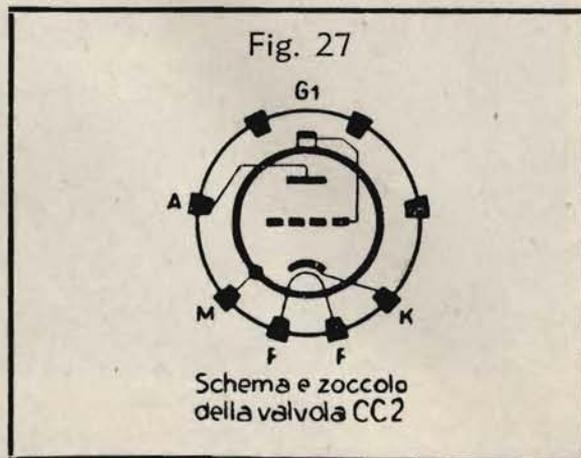
ACHI Vediamo subito che si tratta di una valvola multipla, contenente due sistemi. Viene accesa con 4 V, come denota la lettera A. La .C., significa che il primo sistema è un triodo, l'.H., che il secondo sistema è un esodo (fig. 28). Questa valvola costituisce l'eccezione da noi già menzionata, che non possiede contatti laterali, bensì lo *zoccolo vecchio a 7 piedini*.

EBF11 È accesa con 6,3 V oppure 200 mA, corrente continua o alternata (E). Il primo sistema è un doppio diodo (.B...). Il secondo sistema (.F..) è un pentodo d'AF (fig. 29). Il numero contraddistingue una *valvola di acciaio con zoccolo a 8 piedini*.

Fig. 26



Avrete forse osservato nella fig. 26 che il bulbo di vetro della valvola è ricoperto di uno *strato protettivo*. Il bulbo è infatti *metallizzato* esternamente. La metallizzazione serve a schermare il sistema elettronico interno dagli influssi esterni. Come risulta dalla fig. 30, la metallizzazione è collegata elettricamente con un contatto dello zoccolo. Nell'impiego della valvola bisogna badare che questo contatto sia collegato col telaio metallico dell'apparecchio, altrimenti la schermatura non è efficace. Una carica della metallizzazione potrebbe dar luogo a disturbi, particolarmente a ronzii. La *metallizzazione* è costituita da un *sottile strato di zinco*. Per non essere danneggiato, lo strato di zinco è ricoperto, a sua volta, da un *ulteriore strato di protezione* (vernice).



Lo sviluppo più recente della fabbricazione ha condotto alla produzione delle *valvole d'acciaio*, nelle quali il bulbo di vetro è sostituito da una cappa d'acciaio. Queste valvole hanno il vantaggio di essere piccole e meno sensibili agli influssi esterni che le valvole di vetro. Usando queste valvole negli apparecchi si risparmia spazio.

La fig. 31 mostra una serie di valvole d'acciaio, dalle cui sigle potete ora rilevare molte cose.

Nella fig. 32 si vedono infine nuovamente lo *zoccolo delle valvole d'acciaio*, e il relativo *portavalvola*. Gli *spinotti di contatto* sono distribuiti in due gruppi di 3 e di 5; ciò significa che le valvole d'acciaio sono dotate dello *zoccolo a 8 piedini di nuovo tipo*.

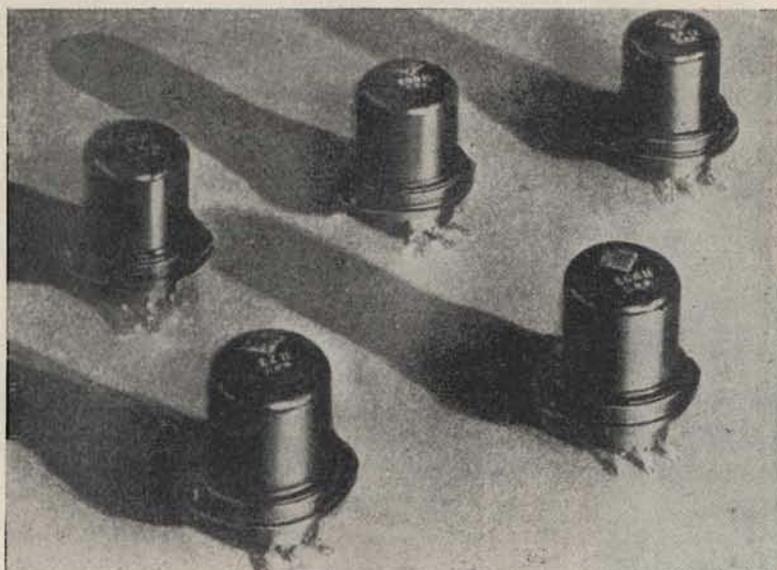


Fig. 31

Nel mezzo dello zoccolo si trova un *cilindro di guida* dotato di un *nasello*, che consente di innestare la valvola con facilità. La fenditura, visibile nel fondo dello zoccolo, serve per una *speciale schermatura*.

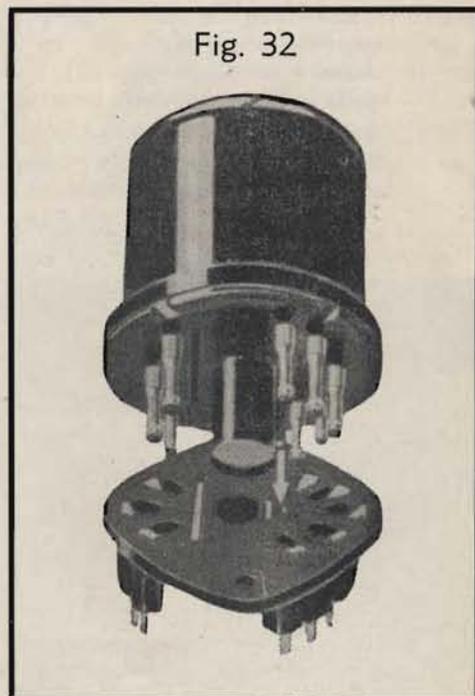


Fig. 32

### Le valvole americane

Per le *valvole americane* non si può parlare di una vera *chiave* di designazione. Si usano anche per esse numeri e lettere, ma non se ne può dedurre un sistema regolare. Per le valvole più semplici si usano alle volte due numeri separati da una lettera, altre volte viene aggiunta un'altra lettera, in modo apparentemente arbitrario.

Anche nella loro designazione vien data la massima importanza al *valore dell'accensione*. L'indicazione di questa si trova all'inizio della sigla; il numero significa il *valore approssimativo della tensione d'accensione*.

1	significa	1,0 - 1,4 V e 2 V d'accensione	7	significa	6,3 - 7 V d'accensione
2	»	2,5 V	12	»	12,6 V
5	»	5 V	25	»	25 V
6	»	6,3 V - 7 V			

Per terminare, consideriamo un po' più attentamente tre valvole americane e la loro designazione.

La valvola *2A3* è un *triode* finale con 2,5 V d'accensione, per inserzione dei filamenti *in parallelo*. Come conformazione e impiego corrisponde, all'incirca, all'*AD1*.

Un *pentodo finale* è la *2A5*, anch'essa per 2,5 V d'accensione e con una corrente anodica di 34 mA. Assomiglia pertanto alla *AL1*, valvola europea, che però è accesa con 4 V.

La *valvola multipla 6K8* è una *combinazione triodo-esodo*. Essa costituisce un *elemento essenziale della supereteródina* ed è accesa con 6,3 V.

### Domande

1. Che significa la prima lettera nella sigla delle valvole europee?
2. Che significa la seconda lettera?
3. Che cosa potete dire sulle valvole la cui sigla è costituita da tre lettere?
4. Che cosa potete dire della valvola denominata *AD1*?
5. Che cos'è una valvola multipla?
6. Quali particolarità presenta la valvola *EDD11*?

### Risposte alle domande di pag. 8

1. Il valore reciproco dell'impedenza si chiama « *ammettenza* ».
2. L'impedenza di un collegamento in parallelo è sempre minore della resistenza e della reattanza che lo compongono.
3. Calcoliamo dapprima:  

$$R_{ind} = 2\pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 5 = 1570 \text{ ohm}$$
 Inseriamo questi valori nella formula (59-a) e abbiamo:

$$\begin{aligned} \text{Impedenza} &= \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{R_{att}^2} + \frac{1}{R_{ind}^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{(3 \cdot 10^3)^2} + \frac{1}{(1,57 \cdot 10^3)^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{9 \cdot 10^6} + \frac{1}{2,47 \cdot 10^6}}} = \\ &= \sqrt{\frac{1}{0,11 \cdot 10^{-6} + 0,405 \cdot 10^{-6}}} = \sqrt{\frac{1}{10^{-6} (0,11 + 0,405)}} = \sqrt{\frac{10^6}{0,515}} = \sqrt{1,942 \cdot 10^6} = 1,394 \cdot 10^3 \end{aligned}$$

L'impedenza del collegamento in parallelo equivale a 1394 ohm.

## TELEGRAFIA LA TELESKRIVENTE

La descrizione del primo sistema pratico di telescrivente, il telegrafo di Hughes, ormai vecchio di quasi cento anni, ha suscitato senza dubbio il vostro interesse per i sistemi attualmente in uso. A questo proposito vi chiederete certamente in che modo le moderne telescriventi risolvano il difficile problema del sincronismo. Vogliamo ribadire pertanto alcuni concetti essenziali, considerando il telescrittore di Hughes da un punto di vista critico. Quando si richiede che ogni lettera venga trasmessa attraverso una linea a due fili, mediante un solo impulso di corrente, è indispensabile mantenere in continuità un sincronismo perfetto. Volendo evitare questa esigenza del sincronismo, non rimane altro che assegnare ad ogni lettera una determinata combinazione di impulsi di corrente. Vi immaginerete quindi che, in tal modo, si debba tornare ad una specie di alfabeto Morse. Purtroppo l'alfabeto Morse non è adatto per essere usato in un'apparecchiatura automatica, data la differente lunghezza dei vari segni. Si è dovuto quindi escogitare un nuovo sistema di segni alfabetici, che fosse di applicazione internazionale e nel quale ciascun segnale avesse la medesima durata. Un importante progresso consiste nel fatto che, nella formazione del segnale, vengono impiegati, con valore equivalente, tanto periodi in cui passa la corrente, quanto altri periodi, di uguale durata, in cui la corrente è interrotta, detti perciò pause. Per la riproduzione automatica è indispensabile che l'inizio del segnale sia contraddistinto in modo sicuro e inequivocabile. È necessario pertanto, come vedrete, che ogni segno sia preceduto da un identico impulso iniziale. Si dimostrò conveniente adottare 5 passi o impulsi dopo l'impulso di partenza. In questo caso si parla di impulsi anche quando questi sono costituiti da una pausa, la quale può, d'altronde, essere interpretata come un impulso negativo. I vari impulsi, che hanno tutti la medesima durata, si distinguono unicamente dalla presenza oppure dall'assenza di corrente.

Lettere Cifre	Impulsi					
	1	2	3	4	5	
A	-	■	■	■	■	□ „pausa“, contatto aperto
B	2	■	■	■	■	■ „corrente“, contatto chiuso
C	:	■	■	■	■	■ campanello
D	◆	■	■	■	■	■ lettere comando lettere
E	3	■	■	■	■	■ cifre comando cifre e segni
F	0	■	■	■	■	■ spazio spazio
G	%	■	■	■	■	■ ritorno ritorno carrello
H	.	■	■	■	■	■ interl. interlinea
I	B	■	■	■	■	□ disponibile per uso interno di ciascun paese
J	5	■	■	■	■	◆ chi e'?
K	C	■	■	■	■	
L	7	■	■	■	■	
M	.	■	■	■	■	
N	,	■	■	■	■	
O	9	■	■	■	■	
P	0	■	■	■	■	
Q	1	■	■	■	■	
R	4	■	■	■	■	
S	?	■	■	■	■	
T	5	■	■	■	■	
U	7	■	■	■	■	
V	=	■	■	■	■	
W	2	■	■	■	■	
X	/	■	■	■	■	
Y	8	■	■	■	■	
Z	+	■	■	■	■	
Lettere						
Cifre						
Spazio						
Ritorno						
Interl.						

Fig. 33

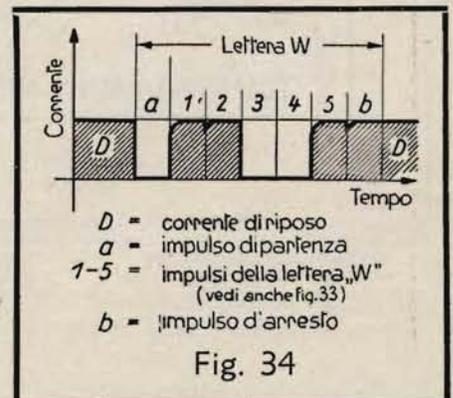
### L'alfabeto telegrafico

Il C.C.I.T. (Comitato Consultivo Internazionale Telegrafico) adottò l'alfabeto telegrafico internazionale N. 2, il cosiddetto « alfabeto Murray » (fig. 33). La lettera W, per esempio, risulta da un impulso di partenza e da un successivo andamento della corrente conforme a quello indicato nella fig. 34.

Poichè il funzionamento avviene, generalmente, a corrente di riposo, l'impulso di partenza è caratterizzato da un'interruzione della corrente.

I cinque impulsi del segnale, o codice, sono seguiti poi dal cosiddetto « impulso d'arresto », necessario per riportare l'apparecchiatura nella posizione iniziale e per sganciare la parte trasmittente e ricevente dal meccanismo propulsore. Con un insieme di 5 impulsi di due qualità (riposo o corrente e lavoro o interruzione) si possono formare 32 differenti combinazioni, come potete controllare nella fig. 33. Come avviene con la macchina da scrivere, che offre la possibilità di passare dalle minuscole alle maiuscole, si possono sfruttare anche qui due volte i tasti. Limitandosi quindi all'uso delle lettere maiuscole, rimangono possibilità bastanti per trasmettere tutte le lettere, i numeri ed i segni d'interpunzione.

È importante il fatto che tutte le telescriventi attualmente usate funzionino esclusivamente col sistema dell'alfabeto a cinque impulsi.



## Sincronizzazione di partenza e d'arresto

Ogni segnale trasmesso si distingue dagli altri soltanto dopo l'impulso di partenza. Con ciò abbiamo espresso un concetto essenziale della telescrivente moderna. Il meccanismo parte ad ogni lettera da una posizione di riposo; l'impulso iniziale rappresenta il segnale di partenza. Dato l'elevato numero di giri del motore, necessario per ottenere una buona velocità di scrittura, non è possibile avviare il motore ad ogni lettera. Si fa quindi ruotare il motore senza interruzione e lo si accoppia al meccanismo telescrivente soltanto per un breve istante, in seguito ad ogni impulso di partenza. Prima ancora che il meccanismo di scrittura sia entrato in funzione, interviene l'impulso d'arresto, provocando lo sgancio del trasmettitore e del ricevitore dal motore. Dopo l'impressione del segno trasmesso, si disinnesta anche il meccanismo di scrittura, e tutti gli organi si ritrovano nella posizione iniziale, fino al momento in cui viene trasmesso un nuovo segno. Poiché l'istante, in cui viene effettuato l'accoppiamento del meccanismo telescrivente al motore, è determinato dall'apparecchio trasmittente, il sincronismo in questa posizione iniziale risulta automaticamente realizzato. Non occorre quindi la lunga e laboriosa messa in passo, necessaria nel telegrafo di Hughes poichè il sistema di funzionamento garantisce per sé medesimo una certa sincronizzazione. L'operatore è liberato così dall'obbligo, che aveva col vecchio telegrafo di Hughes, di osservare un dato ritmo di trasmissione. Per questa ragione, il sistema di telescrivente oggi universalmente in uso è denominato « sistema aritmico ». Più comunemente, però, è chiamato sistema « start-stop », dal fatto che i cinque impulsi di codice sono sempre preceduti e seguiti da due impulsi di uguale durata, detti rispettivamente « di partenza » (in inglese « start ») e « di arresto » (in inglese « stop »).

Tutti questi concetti, tuttavia, sono senza dubbio ancora un po' vaghi per voi. Passeremo quindi a descrivere il funzionamento di alcune macchine telescriventi, e ciò servirà a chiarire le idee.

## La telescrivente Siemens

La telescrivente di fabbricazione Siemens e Halske lavora secondo il principio ora descritto. Le telescriventi si presentano in generale, soprattutto per quanto riguarda la tastiera, in modo molto simile alle comuni macchine da scrivere. A differenza di queste, i martelletti scriventi non sono azionati direttamente dai tasti. La pressione sui tasti viene esercitata in modo assai più dolce, che nella macchina da scrivere. I tasti servono solo per provocare la trasmissione degli impulsi elettrici, i quali, a loro volta, faranno funzionare i martelletti scriventi dell'apparecchio ricevente. È possibile però disporre il circuito elettrico in modo, da far registrare il testo trasmesso anche all'apparecchio trasmittente stesso.

Le parti essenziali della telescrivente sono: la tastiera; il trasmettitore, che invia in linea un treno d'impulsi corrispondente al codice del tasto premuto; il ricevitore, che utilizza gli impulsi di corrente, trasformandoli in una disposizione meccanica atta alla selezione del segnale trasmesso; il dispositivo di scrittura e, infine, il motore col relativo regolatore di velocità.

## Le barre di codice di trasmissione

Il trasmettitore è, naturalmente, azionato per tramite della tastiera. Il sistema escogitato per far sì che la pressione esercitata su un tasto provochi la formazione dei cinque impulsi di codice, è assai interessante. Contrariamente a ciò che si verifica nelle macchine da scrivere, i tasti non agiscono sui tiranti e sui martelletti dei caratteri, bensì su cinque barre orizzontali. Queste cosiddette « barre di codice » si spostano verso destra o verso

sinistra, a seconda del codice corrispondente alla lettera trasmessa (fig. 35). La loro posizione significa: riposo, cioè corrente: barra a destra; lavoro, cioè assenza di corrente: barra a sinistra.

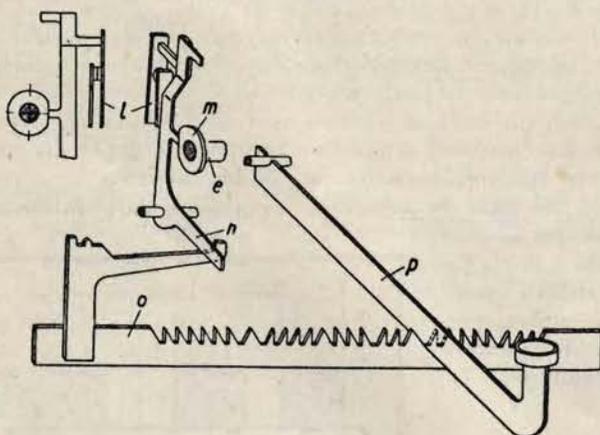
Lo spostamento delle barre di codice è reso possibile dagli intagli a mo' di denti di sega, inclinati verso destra o verso sinistra, sui cui fianchi si appoggiano le leve dei tasti, facendo scivolare le barre nell'uno o nell'altro senso, secondo il codice della lettera in questione. Osserviamo per esempio la fig. 35: il tasto *p*, che non può spostarsi lateralmente, premendo sul fianco del dente tratteggiato costringe la barra *o* a spostarsi verso destra.

Nella fig. 35 è disegnata, per semplificare, una sola barra di codice. Le altre quattro barre vanno immaginate dietro alla prima.

Quando viene premuto un tasto esso fa spostare le 5 barre parte verso sinistra, parte verso destra, secondo la qualità degli impulsi ad esso assegnati.

Per esempio, alla lettera *A* corrisponde, come risulta dalla fig. 33, lo spostamento verso destra delle due prime barre (corrente) e verso sinistra delle altre tre (assenza di corrente). Le barre vengono trattenute in questa posizione fino a trasmissione avvenuta degli impulsi.

Fig. 35



Emissione di un impulso.

e = Albero del trasmettitore      n = Leva di contatto  
l = Lamina di contatto            o = Barra di codice  
m = Camma                            p = Tasto

Premendo il tasto, la barra di codice si sposta verso destra.

## Il trasmettitore

La lettera registrata con la posizione delle barre di codice va ora trasformata in un treno d'impulsi. Dalla posizione delle barre di codice, messe a punto *simultaneamente*, si devono ora ricavare *cinque impulsi successivi*. Servono a questo scopo dei contatti, comandati per mezzo di camme rotanti, i quali costituiscono il trasmettitore vero e proprio. Ed ecco ora attuata l'idea della *sincronizzazione start-stop*. Nel momento in cui si preme il tasto *p*, l'asse *e* viene accoppiato al motore. Nella fig. 35 sono visibili la *camma m*, il *contatto l* e la relativa barra di codice *o*. Spostandosi verso destra, la *squadretta* fissata all'estremità della barra di codice libera la *leva n*. Nell'istante in cui viene a trovarsi in corrispondenza dell'incavo della camma, questa leva cade in avanti e il contatto si chiude. A questo modo viene inviato nella linea un impulso di *corrente*. Se invece la barra di codice fosse stata spostata *verso sinistra*, la leva *n* sarebbe rimasta appoggiata alla squadra e non avrebbe potuto cadere in avanti al passaggio dell'incavo della camma. Il contatto non si sarebbe chiuso e si avrebbe avuto quindi un impulso di *assenza di corrente*.

Cinque camme ruotanti esplorano successivamente, nel modo ora descritto, la posizione delle barre di codice, provocando l'emissione dei corrispondenti impulsi. Al termine del segnale, l'albero a camme ha eseguito una rotazione completa; si sgancia allora l'innesto che lo collegava al motore, ed esso si ferma nella posizione iniziale, finchè non venga nuovamente premuto un tasto.

Alla fine della rotazione dell'albero di trasmissione viene emesso anche il *segnale d'arresto (stop)*, cui segue la *corrente di riposo* nella linea.

Abbiamo descritto in tal modo i principi elettrici essenziali della trasmissione, che consentono di inviare in linea una combinazione d'impulsi come è indicato nella fig. 33.

## Il ricevitore

Nella parte ricevente si hanno delle funzioni un po' più complesse, poichè si vuole che l'apparecchio scriva. All'estremità della linea sono allacciate semplicemente le bobine del relè ricevente. Tale relè o elettromagnete possiede, nel sistema Siemens, cinque ancorette mobili, corrispondenti ai cinque impulsi di codice.

Nella fig. 36 si scorgono le cinque ancorette sotto le bobine del relè; la forma delle ancorette è meglio visibile nella fig. 37, ove ne è disegnata una sola.

L'impulso di partenza (*start*) fa cadere tutte le ancorette; a seguito di ciò, il meccanismo di ricezione viene accoppiato al motore e si mette quindi in rotazione, un attimo dopo il trasmettitore.

Fig. 36

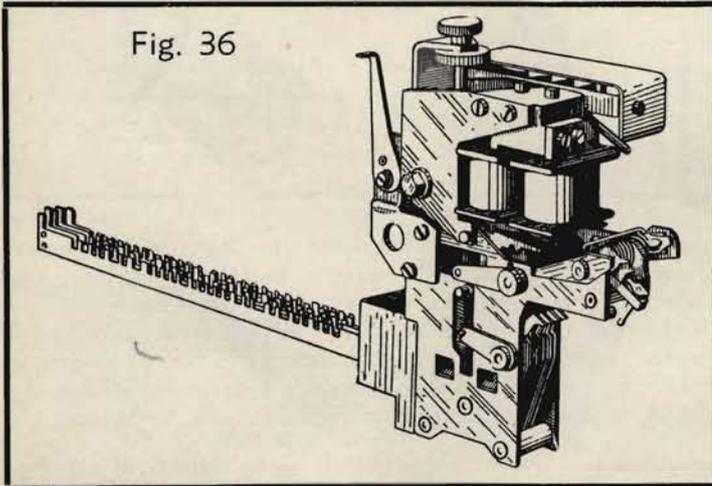
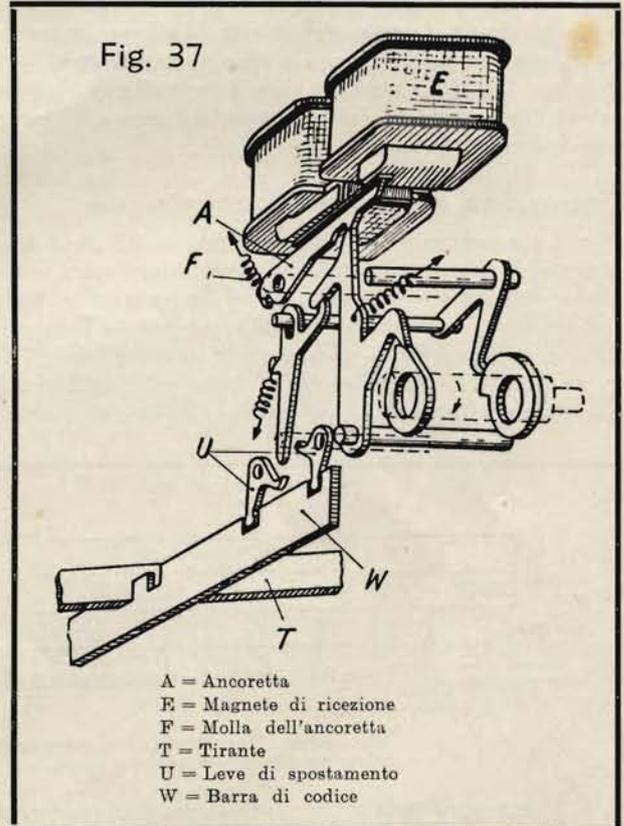


Fig. 37



La corrente di linea, fissata in 40 mA, è d'intensità talmente ridotta, che il relè non può attrarre le ancorette mobili. Invece la forza dell'elettromagnete è sufficiente per trattenere le ancorette. E ora si fa ricorso a un artificio.

Per mezzo dell'albero a camme di ricezione le cinque ancorette vengono sollevate, una dopo l'altra, nel ritmo degli impulsi telegrafici. Ecco pertanto la necessità del sincronismo tra l'apparecchio ricevente e quello trasmittente.

Al primo impulso viene sollevata la prima ancoretta, al secondo impulso la seconda, e così via. Se il primo impulso è di corrente, l'ancoretta rimane trattenuta dal relè e lascia la propria leva tastatrice libera di tornare indietro.

Se invece, nell'istante del sollevamento dell'ancoretta, si ha un'interruzione di corrente, l'ancoretta ricade immediatamente, agganciando l'appendice della leva. Dopo la ricezione dei cinque impulsi di un segnale, le cinque ancorette del relè ricevute si trovano disposte nella posizione corrispondente al codice.

La disposizione delle ancorette viene allora trasportata sulle barre di codice di ricezione, molto simili a quelle di trasmissione, solo che invece di avere dei denti triangolari, sono dotate di fenditure rettangolari. Le barre di

codice sono spostate verso destra o verso sinistra, secondo la posizione della corrispondente ancorotta, in modo del tutto analogo alle *barre di codice di trasmissione*. Nella fig. 37 è rappresentato il complicato meccanismo che, per mezzo di apposite *leve*, provoca lo spostamento delle barre di codice secondo la posizione delle ancorette. (Dato che a noi interessa, in prima linea, soltanto la parte elettrica dell'impianto, non possiamo descrivere che assai brevemente la parte di meccanica fine che lo riguarda, per non perderci troppo in dettagli). Come vedete, le funzioni del ricevitore si svolgono nella successione inversa di quelle del trasmettitore; siamo così arrivati alla posizione delle barre di codice.

### Il meccanismo di scrittura

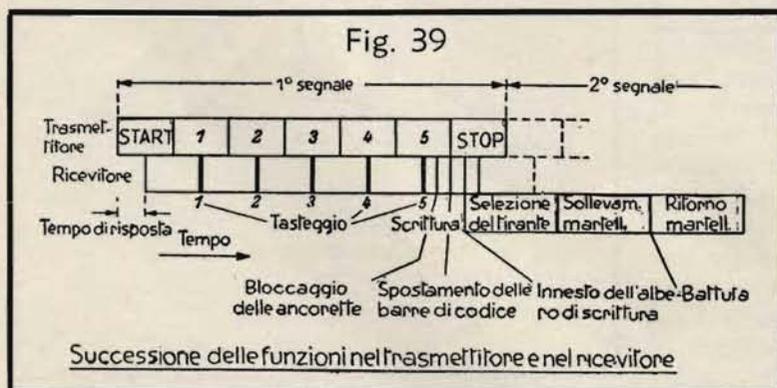
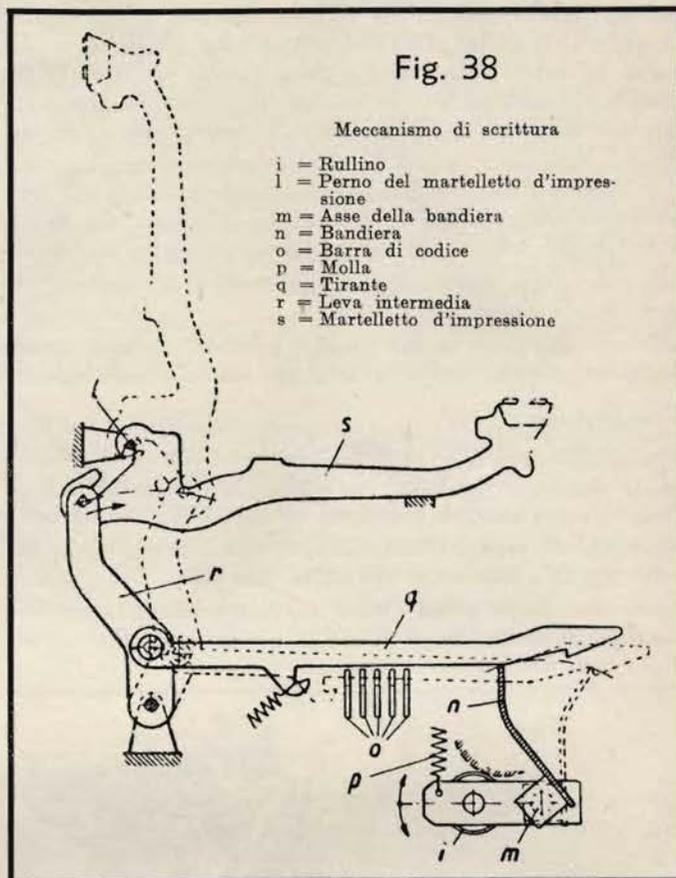
L'ultima funzione è costituita dalla scrittura. Non appena le cinque barre di codice hanno assunto la loro posizione, viene messo in moto il *dispositivo di scrittura* (fig. 38). Anche qui è necessario che il motore fornisca la forza occorrente per l'impressione dei caratteri; avviene perciò, nel momento giusto l'accoppiamento.

Sopra le barre di codice *o* giacciono i *tiranti q*, collegati ai *martelletti d'impressione s*. I *tiranti* si appoggiano dapprima sulla cosiddetta « *bandiera* » *n*, la quale, messi in moto il dispositivo di scrittura, si sposta successivamente verso destra, nella posizione tratteggiata nella fig. 38. I tiranti vengono allora premuti sulle barre di codice dalla *molla a trazione* visibile a sinistra.

Come si vede nelle figure 36 e 37, le *barre di codice di ricezione* sono dotate di numerose *feritoie rettangolari*. Per ogni lettera si hanno, in un determinato posto, *cinque feritoie* allineate. Ad ogni combinazione delle barre corrisponde però un solo posto, nel quale tutte e cinque le feritoie vengono a trovarsi allineate. Il *tirante orizzontale* della lettera trasmessa, che si trova proprio sopra le feritoie allineate, cade entro le stesse, agganciandosi alla *bandiera*; quest'ultima, continuando il proprio moto verso destra, se lo trascina dietro, azionando così il *martelletto* e provocando l'impressione del carattere trasmesso, come in una comune macchina da scrivere.

### Sincronismo e velocità di trasmissione

Per il sincronismo del trasmettitore e del ricevitore non occorre alcun provvedimento speciale. Se il trasmettitore e il ricevitore sono entrambi allacciati a reti di corrente alternata, di frequenza uguale e regolata, per l'azionamento di entrambe le apparecchiature basta, per esempio, l'impiego di un *motore sincrono trifase*. In Italia, dove, secondo le località, si hanno frequenze differenti, tale tipo di motore non può essere impiegato, poichè non potrebbe assicurare il sincronismo. Per questa ragione le *telescriventi usate in Italia*, per esempio le « *Olivetti* », sono dotate di *motore a collettore*, tipo che può essere alimentato sia a corrente continua che a corrente alternata, e nel quale la velocità viene regolata molto semplicemente variando una resistenza.



Queste telescriventi sono dotate di un *frequenzimetro a lamelle*, incorporato nell'apparecchiatura, in base all'indicazione del quale viene messa a punto la velocità del motore. Tuttavia, dato il principio di funzionamento del sistema *start-stop*, non si richiede una grande precisione della velocità, come occorre invece nel vecchio telegrafo di Hughes. Infatti ogni lettera viene trasmessa partendo da una posizione di riposo, per la qual cosa le eventuali differenze di velocità non possono sommarsi da una lettera all'altra. La sola *condizione essenziale* è che i *cinque impulsi di codice* pervengano al ricevitore mediante gli istanti in cui sono sollevate le corrispondenti ancorette mobili del relè. Un apposito rapporto d'ingranaggi serve appunto a far sì che la velocità di rotazione del meccanismo di ricezione sia lievemente maggiore di quella del trasmettitore. Nell'apparecchio ricevente occorre infatti che, dopo la ricezione dei segnali, venga effettuata anche la scrittura. Ciò può avvenire tuttavia mentre gli impulsi del segnale successivo stanno già influenzando il relè ricevente. La fig. 39 rappresenta la *successione cronologica delle varie funzio-*

ni. Naturalmente il tempo occorrente per la scrittura deve essere più breve della durata di un segnale, poichè altrimenti le lettere si accavallerebbero nel dispositivo di scrittura.

Per quanto riguarda la *velocità di trasmissione*, è stato stabilito dal C.C.I.T. che ogni impulso debba avere la durata di 1/50 di secondo. Poichè ogni segnale è costituito da sette impulsi (*partenza, cinque impulsi di codice e arresto*), si ha una durata di ciascun segnale pari a 7/50 di secondo. Ciò equivale a una *velocità massima di trasmissione* pari a 428,57 segnali al minuto, e tale è appunto il *numero di giri dell'albero a camme trasmittente*. A titolo di paragone valga il fatto che una valente dattilografa riesce a scrivere fino a circa 400 battute al minuto.

### Servizi speciali

Alcune *funzioni speciali* vengono svolte dalla telescrivente come nella comune macchina da scrivere. Così si ha l'*avanzamento della carta* a passo a passo, per la larghezza di una lettera, ad ogni segno stampato; parimenti si ha uno *spostamento del nastro inchiostro*. Come potete però rilevare dall'*alfabeto Murray* (fig. 33), esistono, oltre alle lettere, alle cifre ed ai segni d'interpunzione, anche dei *segnali speciali*, detti « *servizi* », come il *trasporto di lettere e cifre*, l'*interlinea*, lo *spazio*, il *ritorno del carrello*, ecc.

Il servizio più semplice da realizzare è lo *spazio*. Basta infatti disporre a questo scopo un *martelletto privo di caratteri di scrittura*. Comunque, anche il comando di tutti gli altri servizi deve avvenire attraverso la selezione delle barre di codice. Per esempio, il *ritorno del carrello* (il *carrello* è, com'è noto, il *dispositivo con rullo di gomma* che porta il foglio di carta) viene realizzato facendo agire il relativo *tirante*, anzichè su un martelletto, sul *nottolino* che trattiene il carrello, in modo che questo si sganci e ritorni a capo sotto l'azione di una *molla*. Il *tirante* per le *lettere*, invece, solleva il rullo e lo trattiene in alto, finchè non pervenga il segnale *cifre*. Quando il rullo è sollevato, vengono impresse le lettere, che sui martelletti si trovano in alto, mentre le cifre ed i segni d'interpunzione sono in basso. È chiaro che tutte queste complicate funzioni sono rese possibili soltanto da una macchina fine di grande precisione, mentre la parte elettrica dell'impianto è, in fondo, molto semplice.

Si possono inoltre facilmente aggiungere dei *dispositivi supplementari* per la messa in marcia dell'apparecchio ricevente da parte di quello trasmittente, in modo da poter trasmettere dei telegrammi senza che occorra la presenza dell'operatore nella stazione ricevente. Poichè si richiede che il motore sia in marcia solo quando ciò è necessario per effettuare una trasmissione, si fa in modo che esso venga avviato per mezzo di un impulso di partenza, mettendo così l'apparecchiatura in grado di ricevere i segnali.

Un altro *dispositivo* interessante è quello che serve per la *risposta automatica*. Per accertarsi che si è collegati con l'utente desiderato, come in una comunicazione telefonica, si preme il tasto « *Chi è?* ». Ogni telescrivente è contraddistinta infatti da un suo *nominativo*, come ogni apparecchio telefonico ha il suo numero. Anche se presso la stazione chiamata non c'è nessuno, il tasto « *Chi è?* » provoca l'emissione automatica di una determinata *successione di segnali*, costituente appunto il *nominativo della stazione*. Il mittente del telegramma è quindi sicuro di essere collegato con l'apparecchio giusto.

Ora quindi conoscete il principio di funzionamento di una delle moderne e molto usate telescriventi. Tutta la parte elettrica vi è riuscita sicuramente chiara, mentre per la comprensione dell'intera apparecchiatura vi occorrerebbero delle più profonde conoscenze di meccanica fine. Queste servono però solo agli specialisti, mentre voi, per ora, non volete altro che istruirvi in generale su tutto il vasto campo delle telecomunicazioni.

### Domande

1. Quali sono le caratteristiche essenziali del sistema *start-stop*?
2. Di che specie sono gli impulsi impiegati nella telescrivente Siemens?
3. Perché le ancorette mobili devono essere sollevate da un meccanismo azionato dal motore?
4. Qual è lo spostamento delle barre di codice di trasmissione per la lettera *D*?
5. Che avviene quando si preme il tasto « *Chi è?* »?

## RADIOTECNICA

### TRASMETTITORI E CIRCUITI DI TRASMISSIONE

Dopo aver conosciuto il funzionamento dei ricevitori, dovete anche imparare come si producono le onde di trasmissione e come sono costruiti i *trasmettitori*. Un modo di generare delle onde elettromagnetiche, e precisamente quelle di disturbo, vi è già noto. Avete imparato che, ovunque si abbiano delle scariche, si producono delle oscillazioni elettriche; queste oscillazioni si propagano lungo le linee allacciate o anche attraverso l'etere.

#### Trasmettitori a scariche

Agli inizi della trasmissione senza fili si utilizzavano dei veri e propri *trasmettitori a scariche* o a *scintille*, nei quali delle potenti scariche provocavano le oscillazioni dell'etere. I dispositivi erano fatti in modo che le scariche si ripetessero senza interruzione, affinché si mantenessero costantemente le oscillazioni elettriche, che venivano irradiate attraverso l'antenna e raccolte dagli apparecchi riceventi. Interrompendo brevemente le scariche oppure la linea d'antenna, si provocavano delle interruzioni delle oscillazioni. Facendo avvenire queste interruzioni nel ritmo dei segnali Morse, era possibile trasmettere delle segnalazioni.

Solo molto più tardi i *trasmettitori a scariche*, sulla costruzione dei quali non occorre dilungarci, furono sostituiti dai *trasmettitori a valvole termoioniche*. Un breve cenno storico servirà a ricordare i primi esperimenti.

Slaby, un pioniere della radio, fece, circa 50 anni fa, il primo, timido esperimento con le *onde radio*, che poco più tardi avrebbero rivoluzionato le telecomunicazioni. Quante cose furono realizzate da allora, prima di raggiungere l'attuale perfezione dello sviluppo tecnico. Le invenzioni si susseguirono sempre più rapidamente; ogni migliorata aprì la strada a nuovi perfezionamenti; la radiotecnica non è però frutto di un solo inventore. Molti sono gli indagatori, ingegnosi o geniali, che hanno collaborato allo sviluppo della radio; molti hanno fatto per tale sviluppo dei grandi sacrifici e vi hanno partecipato, acquistando, chi più chi meno, le loro benemeritenze. Sarebbe un menomarle, se si volessero elencare tutte dettagliatamente. Ricordiamo solo che all'invenzione della radio sono strettamente legati i nomi di due grandi italiani, il *Righi* ed il *Marconi*.

Gli esperimenti di Slaby e di Marconi si fondarono sulla scoperta del professore di fisica *Enrico Hertz*. Questi aveva impiegato nelle sue esperienze un cosiddetto « *rocchetto d'induzione di Ruhmkorff* », ossia un dispositivo elettrico capace di generare potenti scintille (in che modo, non ha che relativa importanza). I morsetti di questo rocchetto erano allacciati ad un cosiddetto « *spinterometro* », dispositivo costituito da due sfere metalliche isolate e contrapposte a breve distanza e collegate con due piastre metalliche. Durante il funzionamento di questo cosiddetto « *eccitatore di Hertz* » tra le due sferette scoccavano scintille, generando invisibili onde elettriche propagantisi nello spazio. Quest'ultimo fatto è il fenomeno essenziale che Hertz intuì, dimostrando quindi, in modo assai semplice, che queste onde, in seguito denominate « *onde hertziane* », si propagavano attraverso lo spazio. Noi diciamo che dimostrò tale fatto in modo semplice, ma l'idea sulla quale era basato il primo *ricevitore di scariche* non era facile da concepire, considerando le conoscenze di allora, benchè fosse semplice e geniale come la soluzione del problema dell'uovo di Colombo. Il *ricevitore* era costituito da un *pezzo di filo metallico piegato ad anello*. L'anello presentava un'interruzione larga soltanto 1/5 di mm, compresa tra due sferette.

Con soddisfazione d'inventore Hertz scoprì che quando il *trasmettitore*, cioè il *rocchetto d'induzione*, era in funzione e tra le due sfere scoccavano potenti scintille, anche tra le sferette del *ricevitore* si formavano delle scintilline. Egli denominò l'anello di filo « *risonatore* », Doveva dunque esistere una *trasmissione d'energia da un posto all'altro*, se pure nell'attraversare lo spazio libero, l'etere, si manifestava una forte perdita di energia. Questa scoperta segnò la *nascita della telegrafia e telefonia senza fili*. Lo scienziato poté anche dimostrare che la *propagazione dell'elettricità attraverso lo spazio libero* avviene per mezzo di *onde dell'etere*, la cui velocità di propagazione è identica a quella della luce.

Gli studi e le esperienze scientifiche, che seguirono gli esperimenti di Marconi e di Slaby, dimostrarono che le scariche relativamente deboli, realizzate fino allora, non possedevano un'energia sufficiente per far superare alle onde dell'etere, così generate, delle distanze abbastanza considerevoli.

### La bottiglia di Leida

Già prima era stato scoperto che si potevano accumulare notevoli cariche elettriche per mezzo di *bottiglie piene d'acqua*. L'olandese *Muschenbroek*, abitante nella città di Leida, trovò che la *capacità* delle bottiglie aumentava considerevolmente quando venivano ricoperte esternamente di *stagnola*. Queste bottiglie, usate per raccogliere le cariche elettriche, vennero quindi denominate in fisica « *bottiglie di Leida* ». In seguito esse ven-

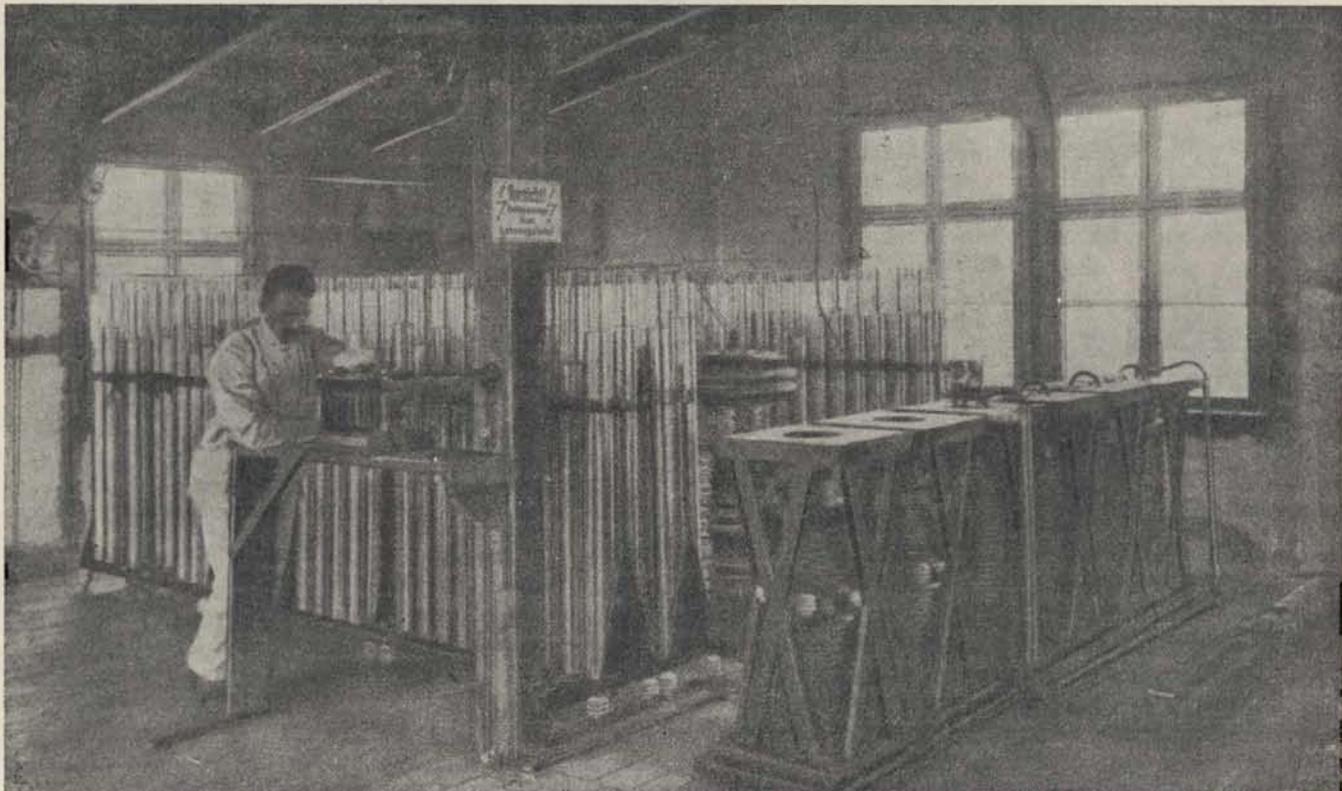


Fig. 40

nero perfezionate, sostituendo dapprima l'acqua con un riempimento di *stagnola*, poi con una *ricopertura delle pareti interne con stagnola*; comparvero così i primi *condensatori*. Aumentando il numero dei recipienti di *elettricità* collegati assieme, aumentava anche la loro *capacità* (inserzione in parallelo dei condensatori). Era quindi possibile costituire un'intera *batteria*, che si poteva caricare per mezzo di una *macchina elettrostatica* oppure di un *rocchetto d'induzione* e, successivamente, scaricare con una scintilla. Più la batteria era grande e più intensa era la scintilla. Questo sistema permetteva di produrre delle belle, grosse e scoppiettanti scintille, capaci di irradiare onde elettriche molto più potenti che non le piccole scintille della macchina elettrostatica o dell'induttore senza batteria di bottiglie di Leida.

Le batterie di bottiglie di Leida furono realmente impiegate, in principio, nella telegrafia senza fili. Nella figura 40 si vede una colossale batteria composta da 360 di queste bottiglie, la quale permetteva di produrre delle scintille così forti, da potersi vedere e udire (direttamente) anche a grande distanza. L'impianto rappresentato nella figura fu il *primo dispositivo radiotelegrafico*, installato a Nauen nell'anno 1906. Le male lingue dicevano che le scintille si vedevano e udivano a distanze maggiori di quelle a cui giungevano le vere e proprie onde elettriche.

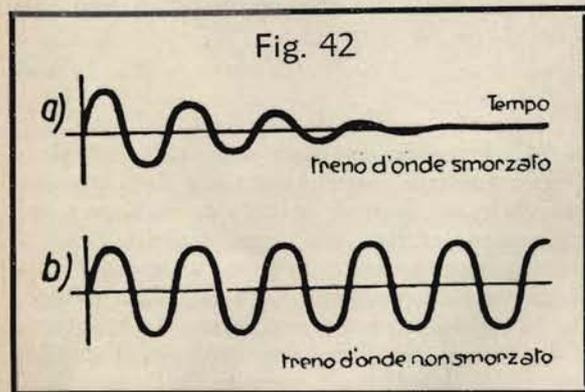
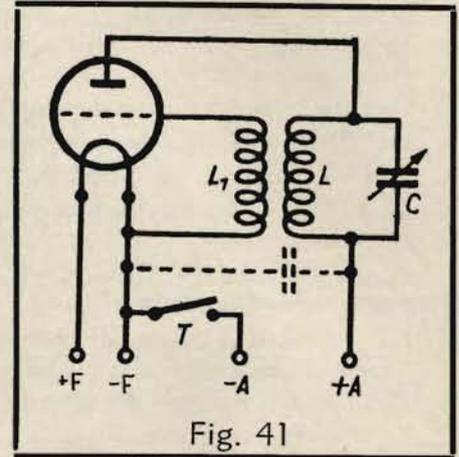
### Circuiti trasmettenti a valvole

Passiamo ora alla tecnica moderna della trasmissione. Da parecchio tempo si producono le onde elettromagnetiche con l'aiuto di *valvole termoioniche* e si parla pertanto di « *trasmettitori a valvole* ».

Nella fig. 41 è rappresentato lo *schema di un semplice trasmettitore a valvole*; si tratta del cosiddetto « *schema di Meissner* ».

Un *circuito oscillante*, costituito dalla *bobina d'autoinduzione L* e dal *condensatore C*, è inserito nel *circuito anodico della valvola* ed accoppiato induttivamente con la *bobina L<sub>1</sub>* della griglia. Applicando la tensione anodica, il che avviene, p. es., premendo il *tasto T*, vengono eccitate delle leggere oscillazioni del circuito oscillante. Abbiamo in precedenza già detto che, aprendo o chiudendo dei contatti elettrici, si producono delle scariche oscillatorie.

La *leggera oscillazione* manifestatasi nel circuito oscillante anodico viene trasmessa induttivamente al *circuito di griglia*. Le variazioni della tensione di griglia provocano variazioni amplificate della corrente anodica, le quali rinforzano le oscillazioni originarie. La *reazione* (così viene denominata) *del circuito anodico sul circuito di griglia* provoca un ulteriore rinforzo delle oscillazioni in *L* e *C*. Questo fenomeno di autoeccitazione si ripete, finché le oscillazioni non raggiungono un'ampiezza costante.

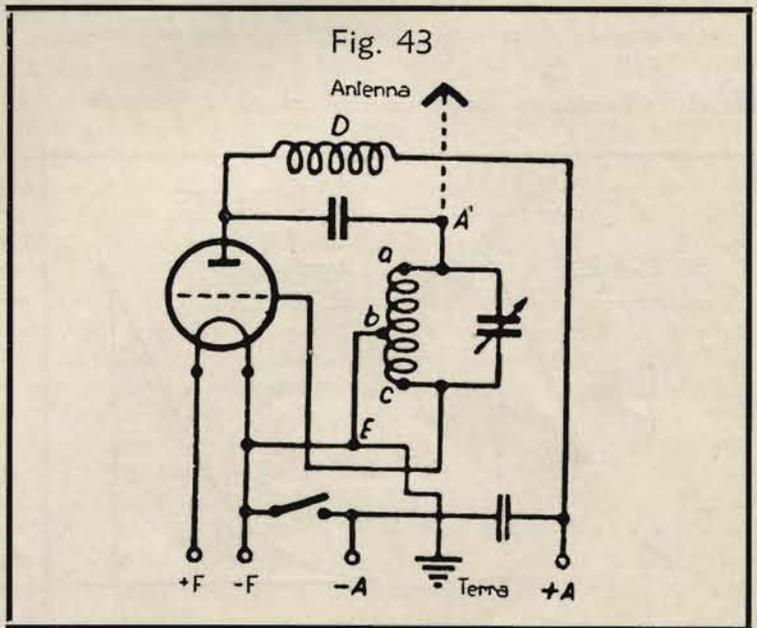


Nella fig. 42 è riportato in a) il *diagramma del fenomeno oscillatorio che si manifesta in un circuito senza reazione autoeccitante* (« *feedback* »). L'oscillazione risulta smorzata e va lentamente annullandosi. Se invece al sistema oscillatorio viene continuamente addotta nuova energia, come nello schema di Meissner (*circuito a reazione*), l'oscillazione *permane invariata* (non smorzata), corrispondentemente al *diagramma* della fig. 42-b.

Il dispositivo presenta una certa analogia col pendolo di un orologio, che eseguisce oscillazioni uniformi, ossia di ampiezza costante, finché continua a ricevere nuovi impulsi d'energia.

La frequenza delle oscillazioni nel circuito oscillante della fig. 41 è determinata dai valori di *L* e *C*. *L*, la bobina d'induttanza, è fissa, mentre *C* è un condensatore variabile. È quindi possibile variare la frequenza delle oscillazioni; in altre parole, il trasmettitore può essere messo a punto su una lunghezza d'onda ben determinata e scelta a piacere, manovrando il condensatore variabile.

Il *sistema di reazione*, induttivo nello schema di Meissner, può essere scelto a piacimento. Può essere anche *capacitivo*, oppure *galvanico*, oppure *misto*. La fig. 43, per esempio, mostra lo *schema di un trasmettitore in*



cui la reazione avviene *per via capacitiva*. È il cosiddetto *schema a tre punti*, detto così perchè la bobina è allacciata nei tre punti *a*, *b* e *c*. La *tensione di reazione* viene ricavata tra i punti *b* e *c*.

Abbiamo conosciuto così un importante impiego delle valvole. La valvola termoionica, nella qualità di *generatrice di oscillazioni d'AF*, ha aperto addirittura una nuova era nel campo della radio.

In una Dispensa successiva ci occuperemo di nuovo di questi problemi.

### Domande

1. Che cos'era un *trasmettitore a scintille*?
2. Qual è il principio fondamentale degli schemi di trasmissione?

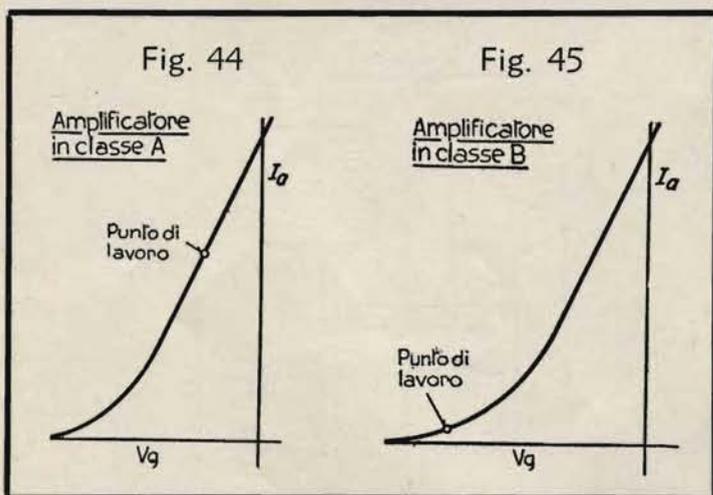
### Risposte alle domande di pag. 14

1. La prima lettera contraddistingue il genere dell'accensione e quindi la possibilità d'impiego della valvola in un determinato tipo di apparecchio.
2. La seconda lettera contraddistingue la costituzione interna della valvola e quindi la sua funzione entro l'apparecchio.
3. Le valvole designate con una sigla composta di tre lettere contengono due sistemi elettronici.
4. La AD1 è un triodo finale alimentato con 4 V c.a.
5. Una valvola multipla è costituita da due sistemi elettronici.
6. La EDD11 è una valvola d'acciaio per 6,3 V d'accensione, in corrente continua oppure alternata, o per esercizio da batteria. È una valvola multipla contenente due triodi finali.

### Risposte alle domande di pag. 19

1. La caratteristica essenziale della sincronizzazione *start-stop* è costituita dal fatto che ogni lettera viene trasmessa partendo dalla medesima posizione iniziale del meccanismo trasmittente e di quello ricevente. Dopo la trasmissione del segnale, il meccanismo si ferma di nuovo nella posizione iniziale.
2. La telescrivente Siemens usa impulsi di *corrente* e di *assenza di corrente*.
3. Le ancorette mobili del relè ricevente devono essere sollevate per azione del motore, poichè la debole corrente di linea di 40 mA è sufficiente soltanto per trattenere le ancorette, non per attrarle.
4. Trasmettendo la lettera D, vengono spostate verso destra la prima e la quarta barra di codice (*corrente*), mentre la seconda, la terza e la quinta sono spostate verso sinistra (*assenza di corrente*).
5. Quando si preme il tasto « *Chi è?* », si provoca l'emissione, da parte della stazione chiamata, di una successione di segnali corrispondente al suo nominativo.

### La classificazione degli amplificatori



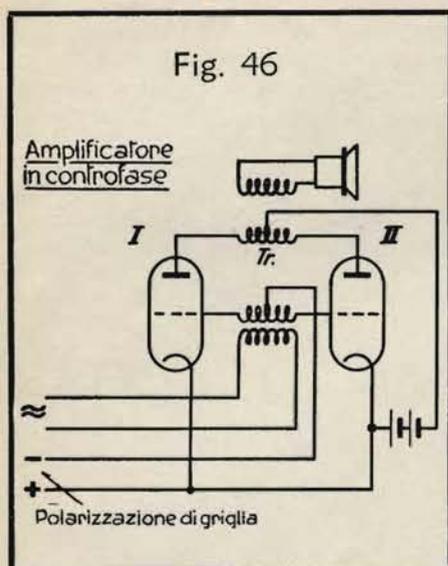
Dopo la trattazione completa delle valvole e delle loro caratteristiche, sapete ormai in quali maniere sia possibile, in linea di principio, realizzare una amplificazione. Oltre alle *qualità della valvola*, vanno considerate essenzialmente due cose: il *punto di lavoro* e la *resistenza anodica*. Nella Dispensa N. 12 avete imparato che, senza la resistenza anodica, non è possibile, per esempio, l'amplificazione delle deboli onde raccolte dall'antenna. Il punto di lavoro è fissato, generalmente, nel mezzo del tratto rettilineo della caratteristica  $I_a - V_g$ .

Esistono però delle eccezioni, come abbiamo già visto nell'*audion* e nel *rivelatore anodico*. Ne vedremo anche presto delle altre. Voi penserete senza dubbio al paragone della *caratteristica incurvata* con lo specchio deformante e sarete curiosi di sapere come sia ugualmente possibile un'amplificazione fedele.

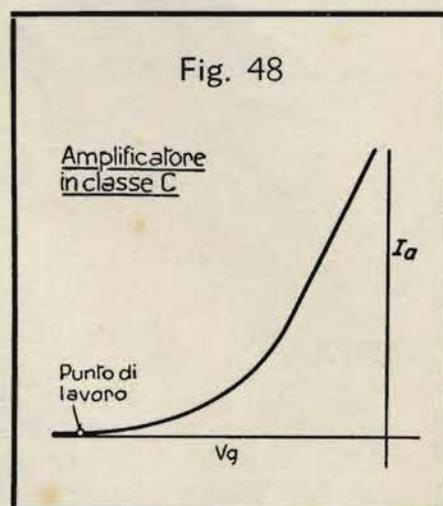
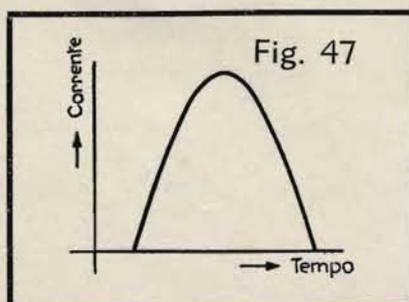
Abbiamo parlato pure della grandezza della *resistenza anodica* e della possibilità di impiegare al suo posto dei *circuiti oscillanti*. In passato gli amplificatori si dividevano in quelli *per bassa* e quelli *per alta frequenza*. Tale classificazione ha, senza dubbio, la sua utilità; oggi però si segue il *criterio del punto di lavoro e della resistenza anodica*.

### Classificazione in base al punto di lavoro

Il normale *amplificatore* da noi considerato finora, nel quale il punto di lavoro si trova nel mezzo del tratto rettilineo della caratteristica, si chiama « *amplificatore in classe A* » (fig. 44).



Come vedete, per distinguere i tipi di amplificatori si prendono le varie lettere nell'ordine alfabetico. Bisogna quindi star bene attenti al significato della lettera *A*. Quando si dice, per esempio, che la valvola AC2 viene impiegata come amplificatrice in *classe A*, la lettera *A*, nella sigla della valvola, significa, com'è noto, l'accensione a 4 V c.a., con inserzione in parallelo dei filamenti. Il significato dell'indicazione *classe A* è stato spiegato or ora. E per quanto riguarda la *C*, ricordiamo che essa contraddistingue un *triolo*.



Nell'amplificatore in *classe B* il punto di lavoro è spostato verso il basso e viene a trovarsi nel *ginocchio* (fig. 45). Evidentemente si dovrebbe avere, in questo caso, un effetto di raddrizzamento, esattamente come nella demodulazione anodica (Dispensa N. 15). Se infatti la griglia diventa più negativa di quanto lo sia nel punto di lavoro, fig. 45, non passa praticamente più alcuna corrente anodica.

Nell'altra semionda, nella quale la tensione di griglia si sposta verso destra, passa invece una corrente anodica rilevante.

### L'amplificatore in controfase

L'applicazione principale dell'amplificatore in *classe B* è lo schema in *controfase* (detto anche « *push-pull* », pronuncia *puscpull*, che in inglese significa: « *spingi-tira* »). Questo genere di collegamento richiede *due valvole identiche e inserite nel medesimo modo*. La cosa più semplice, per illustrare lo *schema in controfase*, consisterà nel presentarvi uno schema completo (fig. 46), spiegandovene il funzionamento.

Vedete subito che lo schema è completamente *simmetrico*. A questo riguardo è assai importante che i trasformatori disegnati nel lato della *griglia* e in quello della *placca* abbiano la presa centrale esattamente *a metà dell'avvolgimento*. Le tensioni continue sono allacciate a queste prese centrali. Dato che qui la corrente anodica non può passare, se non è applicata alla griglia una tensione alternata, non è possibile far uso, in questo caso, della *polarizzazione automatica di griglia* (Dispensa N. 15).

Comunque, ciò che ci interessa in modo particolare è il *fenomeno in corrente alternata*. Il *trasformatore con presa centrale* ci ricorda il *raddrizzatore a due vie* descritto nella Dispensa N. 13. Rileggiamo quanto è stato spiegato a tale proposito. In ciascuna semionda della corrente alternata funziona un solo circuito anodico; l'altro è interdetto, ossia *la placca è negativa rispetto al catodo*. Una cosa simile avviene nello *schema della figura 46*. Le polarizzazioni di griglia sono scelte in modo, che il punto di lavoro venga a trovarsi nel *ginocchio inferiore*. La *corrente anodica* passa soltanto, quando alla griglia della valvola considerata si presenta la *semionda positiva* della tensione alternata di griglia. In tal modo, ad ogni semionda, lavora una sola valvola. *Nella prima semionda* la corrente passa, per esempio, attraverso il *trasformatore Tr* e la *valvola I*; *nella seconda semionda*, attraverso il *trasformatore Tr* e la *valvola II*. L'andamento della corrente corrisponde, ad ogni semionda, al diagramma della fig. 47. Il *secondario del trasformatore anodico*, al quale è allacciato l'altoparlante, *non si accorge* che le valvole lavorano ora l'una, ora l'altra. Nel *secondario* si manifesta infatti una normale tensione alternata, capace di eccitare l'altoparlante. Il *trasformatore di griglia* distribuisce, per così dire, le semionde fra le due valvole; il *trasformatore anodico* le riunisce di nuovo, a formare la corrente alternata. Comanderete dunque che, anche in questo modo, è possibile un'amplificazione fedele; possiamo anzi dirvi che, *negli amplificatori di potenza*, per esempio per l'alimentazione dell'altoparlante, questo sistema, in rapporto alle distorsioni, funziona meglio ancora dell'*amplificatore in classe A*.

Si hanno però ancor meno distorsioni, quando la polarizzazione non viene fatta così fortemente negativa. Le due valvole lavorano allora di nuovo in *classe A*. Ricordiamo quindi in modo particolare:

*L'amplificatore in controfase di classe A* è quello che presenta le minime distorsioni e quindi la migliore *je-deltà*.

Per la completezza, citiamo inoltre gli *amplificatori di classe A-B*. Se avete seguito bene quanto vi abbiamo esposto, capirete subito di che si tratta. L'*amplificatore in classe A* lavora nel *mezzo della caratteristica*. Quello in *classe B* nel *ginocchio inferiore*. Nella *classe A-B* il punto di lavoro può essere scelto entro i limiti determinati dalle *classi A e B*. Vogliamo infine trattare brevemente anche dell'*amplificatore in classe C*. In esso il punto di lavoro è spostato ancora molto di più verso sinistra (fig. 48), tanto che, in assenza della tensione alter-

nata di griglia, non passa assolutamente alcuna corrente anodica. La corrente anodica si ha soltanto durante le punte maggiormente spostate verso destra della tensione alternata di griglia. Con questa disposizione la corrente continua, consumata senza rendimento, è ridotta in modo particolare; questo sistema è impiegato perciò soprattutto nelle grandi stazioni radiotrasmittenti. Per diminuire le distorsioni, che altrimenti sarebbero intollerabili, si impiega la classe C esclusivamente con collegamento in controfase.

Abbiamo visto così la classificazione degli amplificatori in base al punto di lavoro. In tale occasione avete conosciuto anche lo schema in controfase, importantissimo, soprattutto nei trasmettitori e negli amplificatori finali. Nella prossima Dispensa vedremo altri esempi di schemi, trattando della classificazione degli amplificatori secondo il genere della resistenza anodica.

### Risposte alle domande di pag. 22

1. I trasmettitori a scintille erano usati agli inizi della telegrafia senza fili e producevano le onde di trasmissione mediante scariche elettriche.
2. Gli schemi di trasmissione sono basati sul principio della reazione.

### COMPITI

1. Disegnate lo schema completo dell'alimentatore di un apparecchio radio per corrente alternata, con valvole della serie A, dotato di filtro (raddrizzamento a due vie).
2. Calcolate l'effetto filtrante di un'impedenza da 25 H e di un condensatore da 11  $\mu\text{F}$  per un raddrizzatore a una via (frequenza della rete = 50 Hz).
3. Calcolate l'impedenza
  - a) del collegamento in serie,
  - b) del collegamento in parallelo, di un condensatore da 200 pF e di una resistenza da 200 k $\Omega$ , alla frequenza di 6000 Hz.
4. Calcolate l'ammettenza del collegamento in parallelo di un'induttanza da 2 H con una resistenza da 2000  $\Omega$ , a 50 Hz.
5. Qual è la differenza tra le valvole della serie E, U e V?
6. Che significa la sigla DDD11?
7. Quali sono le sigle che contraddistinguono le valvole finali?
8. Perché nell'alfabeto Murray si richiede che la durata di ogni segnale sia uguale?
9. Come sono disposte le barre di codice di trasmissione per le lettere E e U?
10. Perché nelle telescriventi la scrittura non deve richiedere maggior tempo della trasmissione?
11. Quali sono i compiti del motore nell'apparecchio telescrivente-ricevente?
12. Spiegate per quale funzione delle telescriventi è necessario avere il sincronismo.
13. Spiegate come mai l'impiego di batterie di bottiglie di Leida permise di ottenere delle maggiori portate dei trasmettitori a scintille.
14. Schizzate lo schema di un trasmettitore a valvole e spiegate brevemente il funzionamento.

## FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 16

Formula N.

(58-a)	Ammettenza nel collegamento in parallelo (circuito induttivo) = $\sqrt{G_{att}^2 + G_{ind}^2}$ . . . . .	pag. 7
(58-b)	Ammettenza nel collegamento in parallelo (circuito capacitivo) = $\sqrt{G_{att}^2 + G_{cap}^2}$ . . . . .	„ 7
(59-a)	Impedenza nel collegamento in parallelo (circuito induttivo) = $\sqrt{\frac{1}{\frac{1}{R_{att}^2} + \frac{1}{R_{ind}^2}}}$ . . . . .	„ 7
(59-b)	Impedenza nel collegamento in parallelo (circuito capacitivo) = $\sqrt{\frac{1}{\frac{1}{R_{att}^2} + \frac{1}{R_{cap}^2}}}$ . . . . .	„ 8

## TABELLE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 16

Tabella N.

12	Significato della prima lettera della sigla delle valvole . . . . .	„ 9
13	Significato della seconda e terza lettera della sigla delle valvole . . . . .	„ 11

---

Stampato come manoscritto

Ogni alienazione, prestito o diffusione in genere di questa Dispensa, anche in riassunto, è proibita.

Tutti i diritti, in particolare la traduzione in lingue straniere, sono riservati.

---

**TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI**

---

**OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO, 9  
V A R E S E**

---

DISPENSA N°. 17

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

# INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 17

	<i>pag.</i>
<b>Riassunto della materia trattata nella dispensa precedente</b>	1
<b>Radiotecnica</b>	1
La classificazione degli amplificatori	1
Classificazione in base all'impedenza anodica	2
1) L'amplificatore a resistenza	2
2) L'amplificatore a trasformatore	3
3) L'amplificatore a bobina d'impedenza	6
4) L'amplificatore a risonanza	6
L'amplificatore a filtro di banda	9
Domande	9
<b>Telegrafia</b>	9
La telescrivente	9
La telescrivente Lorenz	10
Il trasmettitore	10
Il ricevitore	10
Il meccanismo di scrittura	11
Domande	11
Risposte	11
<b>Radiotecnica</b>	12
Il ricevitore ad amplificazione diretta	12
Il ricevitore a conversione di frequenza	12
I ragionamenti che conducono alla supereterodina	12
L'oscillatore	13
La media frequenza	14
La selettività della supereterodina	14
L'allineamento	14
Domande	15
<b>Telegrafia, Telefonia</b>	15
Linee aeree e cavi	15
La linea aerea	15
Le proprietà delle linee	17
L'impedenza caratteristica	17
Domande	19
Risposte	19
<b>Elettrotecnica generale</b>	20
Circuiti con induttanza e capacità	20
Collegamento in serie di induttanze e capacità	20
Il circuito di risonanza in serie con perdite	21
Collegamento in parallelo di induttanze e capacità	21
Il circuito di risonanza in parallelo con perdite	23
La resistenza di risonanza	23
Domande	24
<b>Radiotecnica</b>	24
Disturbi e protezione contro gli stessi	24
Le cause dei disturbi	24
La propagazione dei disturbi	25
I mezzi di protezione contro i disturbi	26
Risposte	27
Domande	27
Risposte	28
<b>Compiti</b>	28

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 17

## RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Affinchè la nuova materia di studio vi riesca più facile, riassumiamo, come al solito, i concetti più importanti della Dispensa precedente.

Nella Dispensa N. 16 ci siamo occupati dapprima dei mezzi adottati per sostituire la fastidiosa batteria negli apparecchi radio. Conoscete le parti più importanti dell'alimentatore applicato alla rete, che sono il *trasformatore d'alimentazione* e la *valvola raddrizzatrice*. La necessità di eliminare i disturbi, e quindi di *livellare* la corrente continua ricavata dalla corrente alternata, ha richiesto la nostra particolare attenzione. Facendo seguito alle spiegazioni sui *filtri di livellamento*, abbiamo descritto in un interessante Capitolo i *condensatori elettrolitici* ed il loro funzionamento.

È venuta poi, nel campo dell'*Elettrotecnica generale*, l'importante trattazione sul *collegamento in parallelo di resistenze e reattanze*. Ricorderete i triangoli, nei quali l'angolo retto esprime lo sfasamento di  $90^\circ$  esistente in una reattanza tra la tensione e la corrente. Le formule ivi citate permettono di calcolare senz'altro l'*ammettanza* e l'*impedenza*.

Per voi il Capitolo più importante era forse quello in cui si spiegava la *chiave* della designazione delle valvole europee. Ora infatti conoscete il significato delle misteriose lettere e dei numeri riportati sulle valvole.

Ripetiamo brevemente: La prima lettera contraddistingue l'*accensione* ed esprime quindi la tensione oppure la corrente di filamento. La seconda ed eventualmente, nelle valvole multiple, la terza lettera, denotano la *disposizione interna* del sistema elettronico. Il numero posto al termine della sigla indica il *tipo costruttivo*, particolarmente sullo zoccolo delle valvole. Nello stesso tempo, serve a distinguere tra loro i vari *modelli*. La serie Rimlock e la serie Pico sono ormai vostre conoscenze e sapete anche che cosa siano le *valvole per corrente alternata* e le *valvole universali*.

ABL1 significa, per esempio: *Valvola per corrente alternata con 4V d'accensione, sistema multiplo costituito da un doppio diodo e da un pentodo finale, modello 1 con zoccolo a contatti laterali*.

Dopo la descrizione del *telescrittore Hughes* attendevate sicuramente con grande curiosità la descrizione di una telescrivente moderna. La *sincronizzazione start-stop* consente di ottenere un buon sincronismo, senza che occorra una difficile messa in passo, prima dell'uso dell'apparecchio.

In relazione ai *cinque impulsi di codice* costituenti l'*alfabeto Murray*, occorrono altrettante *barre di codice* di trasmissione e di ricezione. Per non caricarci eccessivamente di nozioni estranee all'elettrotecnica, abbiamo accennato solo molto brevemente agli interessanti *organi meccanici di trasmissione* ed al *dispositivo di scrittura*.

Un Capitolo dapprima piuttosto divertente era quello sui *trasmettitori a scariche*. La successiva descrizione di alcuni schemi di *trasmettitori a valvole* richiedeva invece una maggiore attenzione.

Nell'ultimo Capitolo ci siamo basati sulla posizione del punto di lavoro della valvola per stabilire una *classificazione degli amplificatori*.

La nuova Dispensa vi svelerà altri segreti, per cui presto potrete annoverarvi tra i conoscitori della tecnica delle telecomunicazioni.

## RADIOTECNICA

### LA CLASSIFICAZIONE DEGLI AMPLIFICATORI

Nella Dispensa precedente abbiamo assunto la posizione del punto di lavoro della valvola termoionica come criterio per la classificazione degli amplificatori. A questo proposito ricordiamo nuovamente l'*amplificatore in controfase*, col quale si evitano le distorsioni, senza che sia necessario portare il punto di lavoro nel mezzo del tratto rettilineo della caratteristica dinamica.

Consideriamo ora la *classificazione basata sulla resistenza anodica*. Naturalmente anche in questo caso non possiamo citare altro che le possibilità di principio, senza pretendere di considerare, anche solo approssimativamente, tutte le varietà che si possono presentare negli schemi realizzati in pratica.

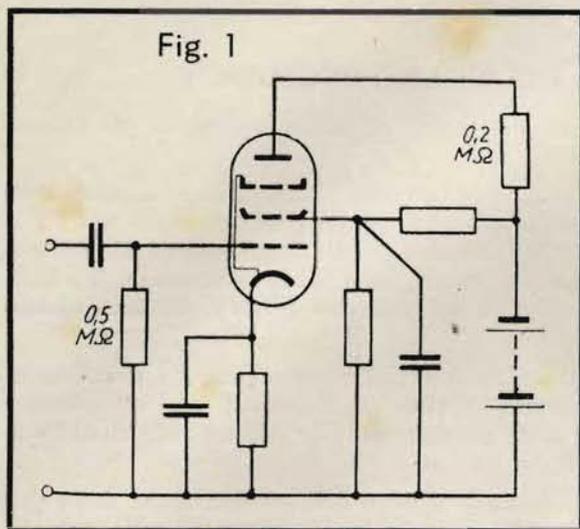
Comunque osserviamo subito che, contrariamente a quanto abbiamo visto finora, nei circuiti anodici si possono avere non solo delle *resistenze*, ma anche delle *reattanze* di varia specie, cosicchè, in via generale, è più

esatto parlare di *impedenza anodica*. Poichè ormai voi conoscete bene le impedenze ed il loro comportamento in corrente alternata, possiamo iniziare senz'altro le nostre spiegazioni.

## Classificazione in base all'impedenza anodica

### 1) L'amplificatore a resistenza

Torniamo a una vecchia conoscenza. È stata soltanto la resistenza anodica che ci ha permesso di definire che cosa sia l'*amplificazione di una valvola*. Sapete in qual modo la pura amplificazione di tensione dipenda dal valore della resistenza anodica. Nella fig. 1 è rappresentato uno schema simile a quello della fig. 4 nella Dispensa N. 14. Solamente abbiamo modificato ora alcuni particolari, giovandoci delle maggiori cognizioni acquisite nel frattempo. Così abbiamo inserito un *pentodo* in luogo del triodo disegnato nella Dispensa N. 14; ciò consente un'amplificazione di tensione assai superiore. Non vi stupirete, inoltre, di trovare nello schema *una sola batteria*, in luogo della quale, verrà naturalmente, inserito in pratica un *alimentatore dalla rete*. Fin qui lo schema con la resistenza catodica e quella di griglia-schermo, in parallelo alle quali sono inseriti altrettanti condensatori, non presenta nulla di nuovo.



La tensione alternata, che si manifesta ai capi della resistenza anodica, deve essere però utilizzata ulteriormente, dovendosi applicare alla griglia della valvola successiva, per ottenere una seconda amplificazione. È ovvio che la tensione continua, pure applicata alla resistenza, non deve poter giungere alla griglia della valvola seguente. Si presenta così nuovamente il problema di *separare la tensione continua da quella alternata*.

Il problema è risolto, anche in questo caso, mediante l'impiego di un *condensatore*, col quale si blocca la corrente continua, lasciando passare praticamente indisturbata la corrente alternata.

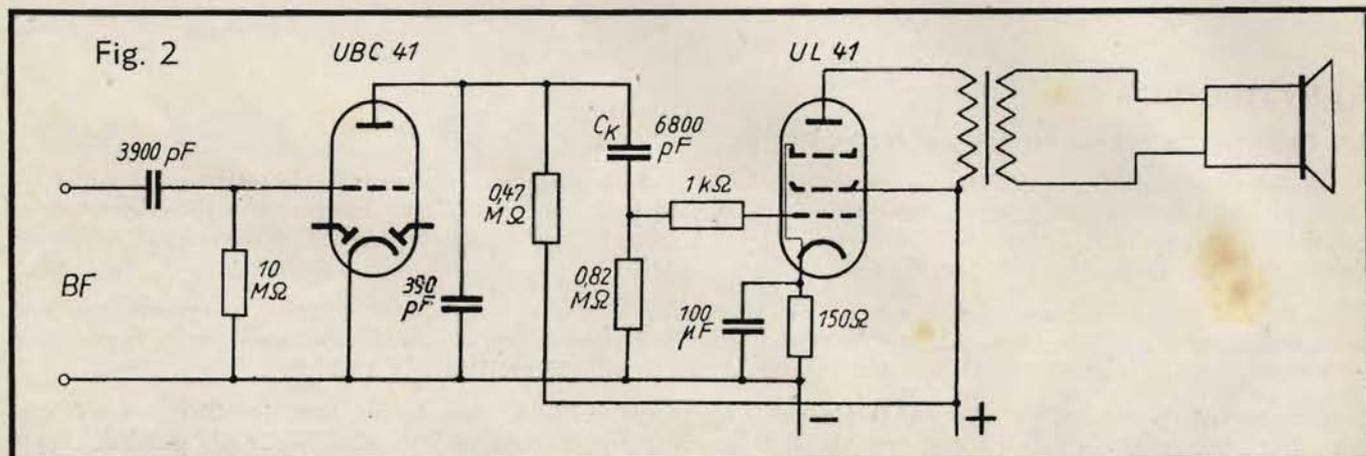
Esso è denominato « *condensatore d'accoppiamento* » (contrassegnato con  $C_k$  nella fig. 2), perchè accoppia le due valvole, trasmettendo la tensione alternata dalla placca della prima alla griglia della seconda.

La fig. 2 mostra uno *stadio d'amplificatore a resistenza con accoppiamento a condensatore*. (Si chiama « *stadio d'amplificatore* » la *valvola con la resistenza anodica e con gli elementi necessari per fissare il punto di lavoro*). Questo schema appartiene a un moderno apparecchio radio, il modello BX 290 U della nota ditta Philips.

Le valvole usate appartengono alla *serie Rimlock* della Philips. Il collegamento del doppio diodo nella UBC41 per il momento non ci interessa ed è quindi omesso nello schema.

La BF raggiunge la griglia del triodo attraverso il *condensatore d'accoppiamento* da 3900 pF. Dato che manca una resistenza catodica e non viene nemmeno introdotta alcuna tensione continua, la griglia non ha alcuna polarizzazione; ciò nonostante non può manifestarsi alcuna sgradita *corrente di griglia*, essendo quest'ultima collegata attraverso una resistenza da 10 MΩ.

L'uscita del triodo è cortocircuitata da un condensatore da 390 pF, avente il compito di ridurre l'amplificazione dell'AF che riuscisse eventualmente a passare, eliminandola così dalla successiva parte di BF. Segue l'importante *condensatore d'accoppiamento*  $C_k$  da 6800 pF, che, attraverso alla combinazione di resistenze, trasmette la tensione anodica alternata, separata dalla tensione continua, alla griglia della valvola finale. La



resistenza da 1 k $\Omega$  in collegamento diretto con la griglia, benchè provochi una leggera caduta della tensione applicata alla griglia stessa, è importante per evitare disturbi. Infatti, se essa non ci fosse, la *valvola finale* potrebbe trasformarsi con facilità in una *trasmittente* e produrre delle oscillazioni disturbatrici. Ma di ciò riparleremo quando discuteremo lo schema completo di un apparecchio radio. La tensione alternata, che contiene il programma musicale o parlato della radiotrasmissione, è pervenuta così, attraverso l'importante condensatore da 6800 pF, alla griglia della valvola finale. Nel circuito anodico di questo pentodo finale è inserito un *trasformatore*, al secondario del quale è allacciato l'*altoparlante dinamico*, come abbiamo già spiegato nella Dispensa N. 8. Parleremo ancora dell'accoppiamento con trasformatore. Vi abbiamo mostrato un amplificatore per *BF* con accoppiamento a resistenza, perchè è molto usato negli apparecchi radio costruiti attualmente. Naturalmente, l'*amplificatore a resistenza* si impiega negli apparecchi di classe, e nei *ricevitori televisivi* anche nella parte d'*AF*. In tal caso, la differenza più evidente, rispetto all'amplificatore ora descritto, è costituita dai *condensatori d'accoppiamento*, che sono sensibilmente *più piccoli* (poche centinaia di pF).

## 2) L'amplificatore a trasformatore

Durante le nostre precedenti spiegazioni, in cui abbiamo accennato alla separazione della tensione anodica alternata da quella continua, avrete certamente pensato che, a questo scopo, potrebbe rendere utili servizi anche un *trasformatore*. Questo non trasferisce infatti che le *tensioni alternate*, trattenendo la tensione anodica continua e agendo quindi proprio come si richiede per attuare l'accoppiamento alla griglia della valvola successiva. Forse vi verranno ora dei dubbi, poichè nelle Dispense NN. 12 e 13 avete appreso che, per ottenere un'amplificazione elevata, è indispensabile la presenza di una *resistenza inserita nel circuito anodico*. Come stiamo a questo riguardo col trasformatore? Se non una resistenza degna di nota, abbiamo pur sempre una *reattanza induttiva*, e poichè ci interessano soltanto le tensioni alternate, essa può svolgere la medesima funzione. È necessario, però, che il valore dell'induttanza sia scelto in modo da ottenere una *reattanza sufficiente per le frequenze da amplificare*. Rammentando la formula  $R_{ind} = 2\pi \cdot f \cdot L$ , risulta che, per i trasformatori d'accoppiamento per *BF*, ci vogliono molte spire e un nucleo di ferro tutto chiuso.

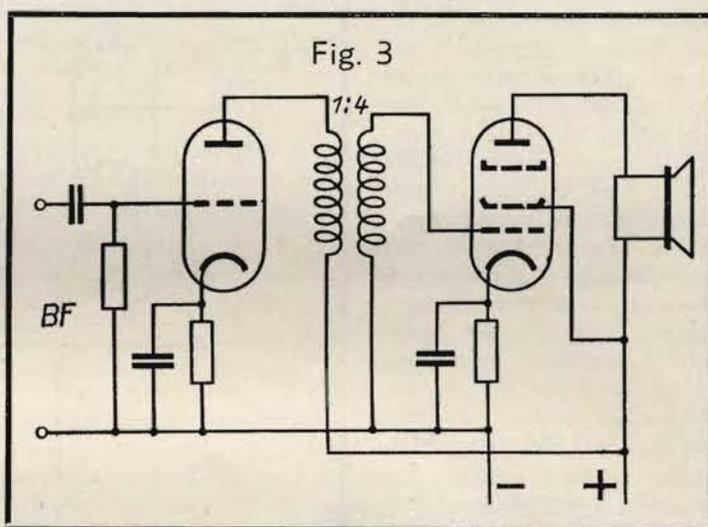
Nei trasformatori da impiegare per l'accoppiamento dell'*AF* bastano invece, relativamente, poche spire, secondo la frequenza.

Dopo questi ragionamenti, osserviamo uno stadio amplificatore per *BF* con accoppiamento a trasformatore (fig. 3). L'entrata corrisponde alla fig. 2.

Nel circuito anodico del triodo è inserito il *primario di un trasformatore*, il quale costituisce, per così dire, l'*impedenza anodica*. La tensione anodica amplificata si manifesta ai capi di questo avvolgimento. Consideriamo subito alcuni vantaggi particolari di questo schema. Per il nostro *amplificatore a resistenza* (Dispensa N. 12, fig. 46) abbiamo trovato che la corrente anodica continua produce nella resistenza anodica una caduta di tensione continua; caduta assolutamente superflua, dato che a noi occorre soltanto la *caduta di tensione alternata*. Lavorando con elevate resistenze anodiche si è pertanto costretti a impiegare delle *tensioni continue molto alte*, affinché la tensione anodica residua non risulti troppo bassa e il punto di lavoro non vada a finire nel tratto curvo della caratteristica.

L'effetto esercitato dal trasformatore sulla corrente continua è evidentemente diverso. Infatti la sola resistenza agente sulla corrente continua è la piccola *resistenza ohmica dell'avvolgimento primario*. L'*impedenza per la corrente alternata*, così importante per ottenere l'amplificazione, è costituita invece dall'*induttanza del trasformatore*. Di conseguenza la *tensione anodica* è solo di poco inferiore alla *tensione continua applicata* (che abbiamo sempre chiamato « *tensione della batteria* »).

A parità di amplificazione l'*amplificatore a trasformatore* consente quindi di ottenere un punto di lavoro conveniente, con una tensione di batteria notevolmente più bassa che non nel caso dell'amplificatore a resistenza. Finora abbiamo esaminato il lato primario del trasformatore. Consideriamo quindi anche il *secondario* e la *tensione alla griglia della valvola successiva*. Abbiamo già accennato al fatto che l'impiego del trasformatore consente di trattenere la tensione continua. Voi vi aspettate però sicuramente un altro effetto, che si può ottenere con un trasformatore. Alla griglia della valvola successiva occorre una *tensione alternata particolarmente elevata*; la *potenza in corrente alternata*, invece, non interessa. Sorge evidente l'idea di usare un *trasformatore con differente numero di spire al primario e al secondario*. Poichè il circuito di griglia non costituisce praticamente alcun carico, col trasformatore si può ottenere una *moltiplicazione della tensione, rispetto al primario*, in un rapporto che va da 3:1 fino a 10:1. Nel nostro esempio (fig. 3) è stato scelto 4:1. Un limite per il rapporto di trasformazione è dato dalla più favorevole impedenza anodica per la valvola e dalle perdite che si hanno nel trasformatore. In pratica l'*amplificatore a trasformatore per BF* viene impiegato soltanto *dopo*



un triodo. Coi pentodi infatti l'aumento di tensione ottenibile non è tale da ripagare il maggior costo del trasformatore.

Se voi ora esaminaste una serie di schemi di apparecchi radio costruiti dall'industria, sareste sorpreso di constatare come siano rari gli *amplificatori con accoppiamento a trasformatore*. Nella parte in *AF* il puro accoppiamento a trasformatore non è usato; vi si trovano generalmente dei *circuiti accordati*, dei quali tratteremo più esattamente. D'altra parte possiamo tuttavia notare che gli *amplificatori con accoppiamento a trasformatore* sono usati molto frequentemente nei *ricevitori televisivi*. Maggiori particolari in proposito seguiranno in un apposito Capitolo.

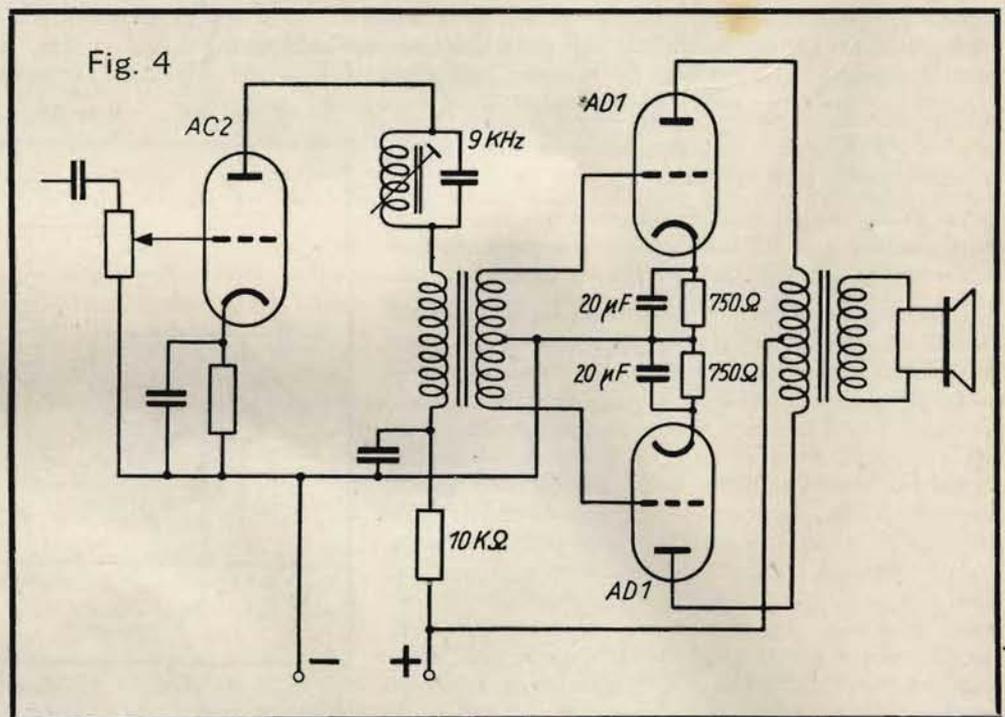
Una breve riflessione sul costo dell'*amplificatore a trasformatore*, in confronto a quello dell'*amplificatore con accoppiamento a resistenza* spiega la rarità del primo. Un trasformatore per *BF* viene infatti a costare molto di più di una resistenza e di un condensatore d'accoppiamento. Come abbiamo accennato, i pentodi consentono oggi di rinunciare con facilità al guadagno di tensione ottenibile col trasformatore.

Il fatto che la caduta della tensione continua nella resistenza anodica non abbia maggior peso per sconsigliare l'uso dell'*amplificatore a resistenza*, dipende dalla circostanza che esiste già una tensione continua superiore, occorrente per lo stadio finale, dimodochè la caduta di tensione nella resistenza anodica è addirittura necessaria.

Vediamo ora tuttavia due campi nei quali l'*amplificatore a trasformatore* è ancora usatissimo.

### a) L'amplificatore in controfase

Nella Dispensa precedente abbiamo insistito sul fatto che il trasformatore costituisce addirittura una parte indispensabile dell'*amplificatore in controfase* nella sua forma originale. Abbiamo già esaminato questo tipo di amplificatore con particolare riguardo al punto di lavoro delle valvole usate. Ora vogliamo invece soffermarci maggiormente sui *trasformatori usati nei circuiti di griglia e di placca* e sui particolari schematici. Nella fig. 4 è riportato nuovamente lo schema di un *amplificatore in controfase di classe A*, con triodi finali del tipo AD1, usato sovente per questo scopo. Per trasmettere all'altoparlante la necessaria potenza, questa valvola richiede una *tensione di griglia* relativamente assai elevata (circa 25 V), per la qual cosa occorre che la valvola precedente possa erogare una forte tensione alternata anodica.



Un'altra cosa richiamerà subito la vostra attenzione: il *circuito oscillante accordato su 9 kHz*. Questo dispositivo, che si ritrova nello stadio *BF* dei migliori apparecchi, è chiamato « *blocco dei 9 kHz* ». I 9 kHz vi sono noti dalla Dispensa N. 15, fig. 3, come intervallo di frequenza delle radiotrasmittenti nella gamma delle onde medie. Disgraziatamente la *differenza di due frequenze di trasmissione adiacenti* si manifesta nell'apparecchio ricevente sotto forma di *disturbo*, e precisamente di un *fischio molto acuto*. L'effetto del blocco è facilmente spiegato. Nella Dispensa N. 11 trovate che il collegamento in parallelo di una bobina e di un condensatore consente di ottenere una resistenza molto elevata per una determinata frequenza. Ciò significa, nel nostro caso, che una corrente dalla frequenza di 9 kHz non può praticamente più attraversare il trasformatore d'accoppiamento, e che quindi il disturbo dei 9 kHz non è più percepibile alle valvole finali.

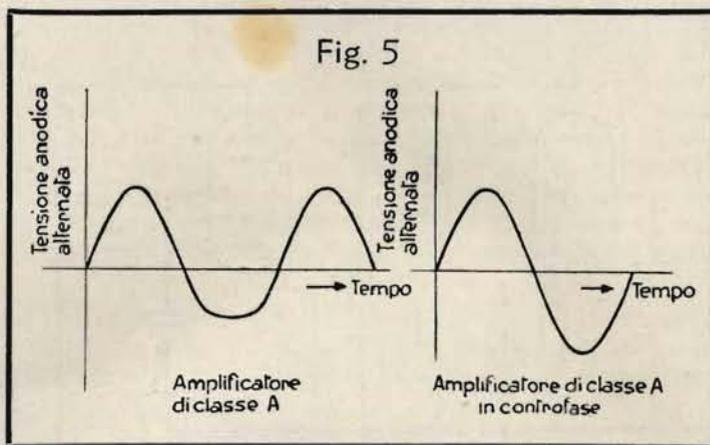
La *bobina del circuito di blocco dei 9 kHz* è dotata di qualcosa di nuovo. Il tratto che rappresenta il nucleo di ferro vi è già noto. La riga inclinata, che attraversa l'avvolgimento e termina con un breve tratto trasversale, sta a indicare la *possibilità della messa a punto*. Il circuito deve infatti poter essere accordato sui 9 kHz; questa possibilità di regolazione si esprime col simbolo citato.

Fatte queste osservazioni preliminari, esaminiamo brevemente l'effettivo circuito in controfase. Con l'aiuto

del trasformatore si producono, in modo molto semplice, *due tensioni alternate di griglia* sfasate tra loro di  $180^\circ$ , necessarie per il comando delle valvole finali. Il trasformatore deve essere fondamentalmente identico, come schema, a quello usato nel *raddrizzatore a due vie*, poichè anche in quel caso si richiede che gli anodi delle due raddrizzatrici siano alternativamente positivi o negativi. Ciò significa, in altre parole, che i due terminali del secondario devono presentare, verso la presa intermedia, *tensioni di fase opposte*. Per avere un buon *amplificatore in controfase* è quindi *indispensabile che il secondario abbia la presa intermedia esattamente nel centro e che le due metà dell'avvolgimento siano effettivamente eseguite nel modo più uguale possibile*; è quindi da evitare, ad esempio, di avvolgere una metà direttamente sopra l'avvolgimento primario e la seconda metà sopra la prima.

Le tensioni di fase opposta applicate alle griglie producono correnti di fase opposta nelle valvole. Osserviamo qui che il trasformatore d'entrata degli stadi in controfase è oggi sostituito assai spesso da una cosiddetta « *valvola invertitrice di fase* ». Ma di ciò tratteremo in altra occasione.

Come il *trasformatore di griglia* produce le *tensioni di griglia di fase opposta*, così il *trasformatore di placca* combina nuovamente le *correnti anodiche di fase opposta*, in modo da ottenere al suo secondario una *normale tensione alternata*. Quindi, mentre il *trasformatore di griglia* possiede la *presa centrale nel secondario*, il *trasformatore anodico* la possiede nel *primario*. Inoltre lo schema in controfase presenta sempre il vantaggio di trattare la *semionda positiva e quella negativa nell'identica maniera*, a condizione che il circuito sia veramente simmetrico. La fig. 5 mostra come in un normale *amplificatore di classe A* le semionde inferiori siano appiattite, a causa della curvatura della caratteristica. Uno schema *simmetrico in controfase* consente invece di ottenere, in qualsiasi caso, *due semionde identiche*. Con ciò si garantisce una riproduzione praticamente esente da distorsioni.



b) **L'adattamento dell'altoparlante alla valvola finale**

Se si usa un *altoparlante dinamico*, il che avviene in tutti gli apparecchi di migliore qualità, non è possibile allacciare l'altoparlante *direttamente* alla valvola finale. Queste riflessioni non valgono soltanto per lo *stadio finale in controfase*, ma per tutti i sistemi finali. Tratteremo quindi i problemi che si pongono a questo proposito in modo assolutamente generale.

### b) L'adattamento dell'altoparlante alla valvola finale

Se si usa un *altoparlante dinamico*, il che avviene in tutti gli apparecchi di migliore qualità, non è possibile allacciare l'altoparlante *direttamente* alla valvola finale. Queste riflessioni non valgono soltanto per lo *stadio finale in controfase*, ma per tutti i sistemi finali. Tratteremo quindi i problemi che si pongono a questo proposito in modo assolutamente generale.

Posto che la *tensione anodica alternata* ammonti a 150 V e la *corrente anodica alternata* a 20 mA, la *potenza* resa dalla valvola finale ammonterà a  $150 \cdot 0,02 = 3$  watt.

Una *corrente di 20 mA* rappresenta all'incirca il massimo che si può richiedere da una valvola. Il rapporto dei valori indicati della tensione e della corrente significa, secondo la legge di Ohm:

$$\frac{V}{I} = \frac{150}{0,02} = 7500 = R$$

Abbiamo calcolato in tal modo la *resistenza* o l'*impedenza* che il primario del trasformatore deve presentare e della quale va tenuto conto come della *resistenza anodica di lavoro della valvola*, necessaria per poter prelevare la potenza del valore favorevole di 3 watt.

Ma che cosa consuma l'altoparlante dinamico e che resistenza possiede? Le poche spire della bobina mobile raggiungono una resistenza di circa 5 ohm. Se i 3 watt, che la valvola può erogare, devono essere assorbiti dall'altoparlante, la *corrente circolante* si calcola come segue:

$$I^2 \cdot R = 3; \quad I^2 \cdot 5 = 3.$$

$$I^2 = \frac{3}{5} = 0,6, \quad \text{ossia } I \approx 0,775 \text{ ampère.}$$

Come vedete, si tratta di una corrente molto superiore ai 20 mA, che può dare la valvola. Poichè le due potenze sono uguali, il rimedio è facile. Basta introdurre tra la valvola e l'altoparlante un trasformatore, il quale trasformi i 20 mA in 0,775 ampère. Nella Dispensa N. 5 avete appreso che le correnti, negli avvolgimenti dei trasformatori, si comportano in modo contrario a quello delle tensioni. Il *rapporto delle correnti* è  $\frac{0,02}{0,775} = 0,0258 = 1 : 39$ .

Il *rapporto del trasformatore* dev'essere quindi 39 : 1.

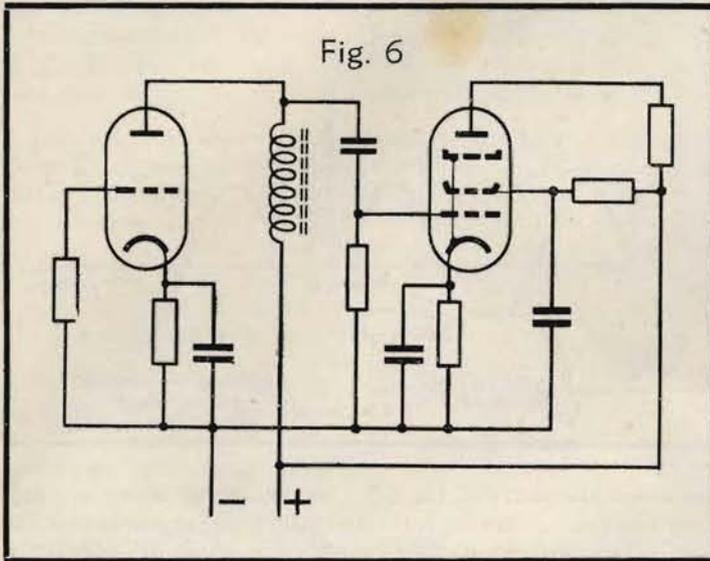
Nei trasformatori di questo genere, usati negli stadi finali, non si indica però il rapporto di trasformazione, bensì il *rapporto delle resistenze*. Nel nostro esempio il rapporto sarebbe quindi di 7500 ohm a 5 ohm. L'indicazione della resistenza corrisponde meglio alle specifiche delle valvole, dato che queste precisano la resistenza anodica più favorevole. In un certo senso, si può dire che il trasformatore trasformi, per la valvola finale, la resistenza di 5 ohm dell'altoparlante nella resistenza anodica più favorevole. Per questa ragione esso

si chiama « *trasformatore di adattamento* ».

Nel caso dello *schema in controfase* il trasformatore anodico ha quindi un doppio compito: in primo luogo deve ricombinare le correnti di fase inversa che attraversano le valvole; in secondo luogo serve per adattare l'altoparlante, che è di basso valore ohmico, all'uscita delle valvole.

### 3) L'amplificatore a bobina d'impedenza

Per completare la nostra descrizione citiamo anche l'*amplificatore a bobina d'impedenza*. Osserviamo però subito che si tratta di un tipo quasi non usato nei circuiti radio. Si trova invece abbastanza frequentemente nei circuiti di televisione. Come dice il nome, la resistenza anodica è sostituita in questo caso da una bobina di impedenza, che funziona come impedenza anodica in virtù della propria induttanza, come il trasformatore nel tipo esaminato precedentemente.



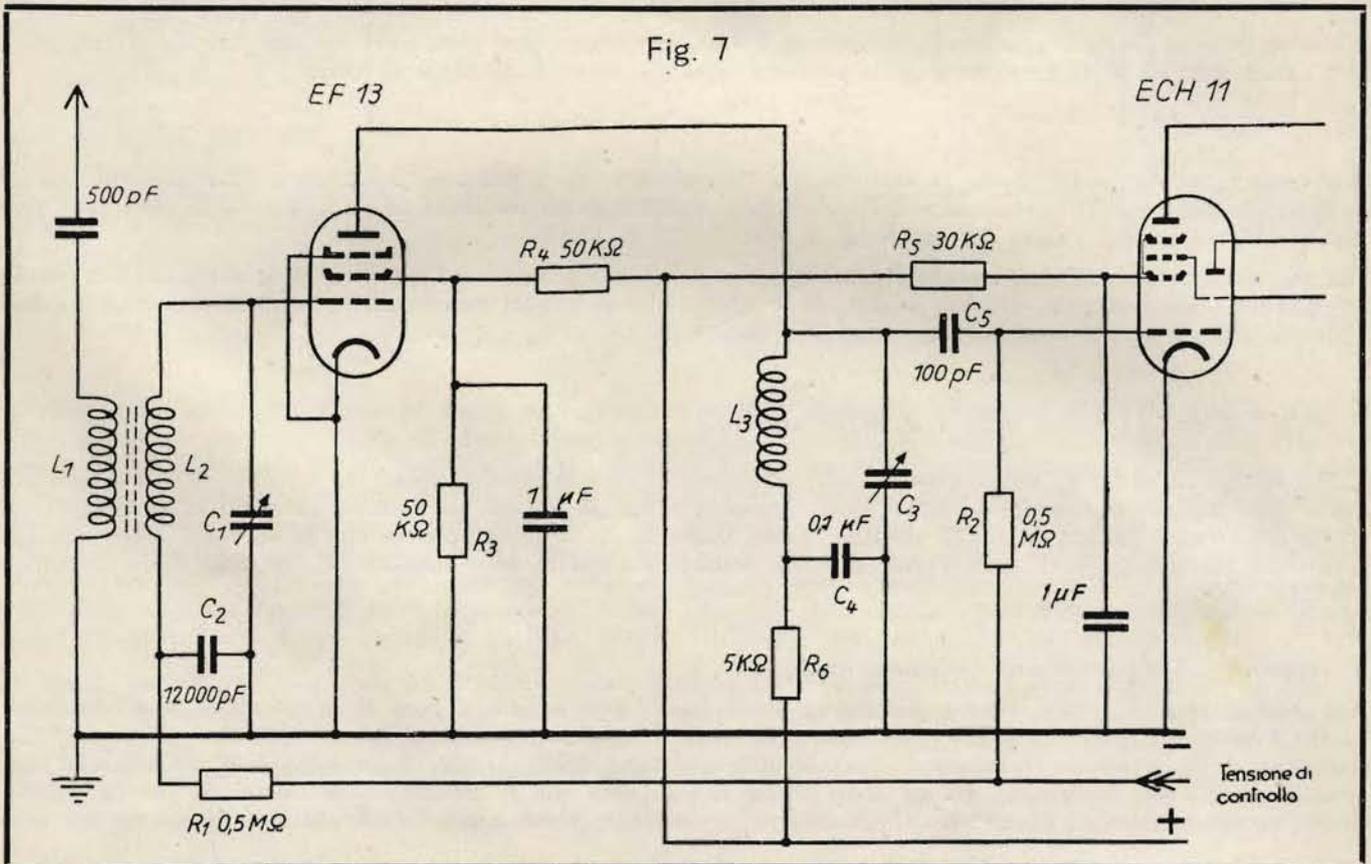
Lo schema della fig. 6 riporta le caratteristiche essenziali del dispositivo. Come nel caso dell'amplificatore a trasformatore, anche qui la resistenza che la bobina d'impedenza oppone alla corrente continua è minima, cosicché quasi tutta la tensione di batteria viene a trovarsi sulla placca della valvola. Vedete però subito anche il difetto di questa disposizione.

La bobina d'impedenza non può servire, come il trasformatore, a separare la corrente continua dall'alternata. Bisogna usare, a questo scopo, un condensatore d'accoppiamento, come per l'amplificatore a resistenza. Tutto il resto è chiaro e facilmente comprensibile per voi. L'uso della bobina d'impedenza in luogo della resistenza è raccomandabile nei casi in cui si vogliono esaltare le frequenze alte in confronto di quelle basse. Sapete infatti che la impedenza induttiva della bobina aumenta col crescere della frequenza. Nello stesso tempo l'amplificazione dipende dal valore dell'impedenza anodica.

Consideriamo infine il tipo più importante di amplificatore per la radiricezione.

### 4) L'amplificatore a risonanza

Nella Dispensa N. 13 abbiamo accennato al fatto che il circuito oscillante, usato come resistenza anodica di



un amplificatore, dovrebbe dare dei risultati particolarmente favorevoli. La frequenza sulla quale il circuito è accordato, viene amplificata, assieme alle frequenze adiacenti, in misura molto maggiore che tutte le altre frequenze. Nel circuito oscillante si manifesta una *risonanza elettrica*, simile alla risonanza del pendolo, di cui abbiamo parlato nella Dispensa N. 6. È vero che non vediamo oscillare nulla, ma nell'altoparlante della nostra radio sentiamo che quella data frequenza è realmente privilegiata. Per queste ragioni il *circuito oscillante* è chiamato anche « *circuito di risonanza in parallelo* », dato che la bobina e il condensatore sono collegati in parallelo.

La parte principale dell'*amplificatore a risonanza*, costituito dal *circuito oscillante accordato* e anche dal *filtro di banda*, vi è già nota. L'esame di uno schema servirà per dare delle ulteriori spiegazioni. La fig. 7 mostra l'*entrata di un ricevitore d'alta classe* dotato di valvole d'acciaio e di due circuiti di risonanza d'*AF*. Nel conduttore d'antenna è inserito un *condensatore da 500 pF*, come protezione contro le tensioni a *BF*, che potrebbero esser raccolte dall'antenna. Lo schema riportato questa volta è perfettamente autentico. I *tratti orizzontali* nella parte inferiore dello schema rappresentano *linee d'alimentazione comuni a più stadi*. Il tratto più spesso rappresenta la cosiddetta « *massa* »: è il *collegamento col telaio metallico dell'apparecchio* (generalmente in lamiera d'alluminio). Nei ricevitori alimentati in corrente alternata, la *massa* viene posta direttamente a terra (nello schema, a sinistra in basso). Questo punto costituisce, nello stesso tempo, il *polo negativo dell'alimentatore*. Il *polo positivo*, dal quale vengono derivate le tensioni anodiche e di griglia-schermo, è rappresentato dalla *linea orizzontale più bassa*. Frammezzo è tracciata la *linea che rappresenta l'entrata della tensione di controllo*.

Nella Dispensa N. 15 avete appreso come questa venga prodotta. Ora ne vedete l'applicazione: la *tensione di controllo*, che è una tensione continua, fornisce la *polarizzazione negativa di griglia*. Quale sia lo scopo di questa tensione di controllo, ve lo spiegheremo fra breve; per ora sapete come si produce e come si applica.

La *bobina d'antenna*  $L_1$ , accoppiata con la  $L_2$ , trasmette l'alta frequenza al *primo circuito oscillante*  $L_2-C_1$ . Sarete dapprima un po' sorpreso, perchè questo circuito oscillante è un po' diverso da quelli soliti.

Nella fig. 8 è disegnato perciò un'altra volta il *primo circuito oscillante*, da solo. La *capacità* di questo circuito è costituita dal collegamento in serie dei condensatori  $C_1$  e  $C_2$ . Applicando la formula (18), riportata nella Dispensa N. 7, o meglio detta formula modificata, otteniamo:

$$C_{\text{tot}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

Poichè il condensatore variabile  $C_1$  può variare da 50 a 500 pF, si calcola per la posizione iniziale:

$$C_1 = \frac{50 \cdot 12\,000}{50 + 12\,000} = \frac{60 \cdot 10^4}{1,205 \cdot 10^4} = 49,8 \text{ pF}, \text{ e per quella finale: } C_1 = \frac{500 \cdot 12\,000}{500 + 12\,000} = \frac{60 \cdot 10^5}{1,25 \cdot 10^4} = 480 \text{ pF}.$$

Come risulta dal calcolo, l'effetto del condensatore in serie  $C_2$  è tanto minore, quanto più elevato è il suo valore. Nel nostro caso, il suo effetto è pressochè trascurabile all'inizio ed è ancora piccolo alla fine. Considerando solo l'*AF*, non occorre tener conto del condensatore  $C_2$ , almeno in un primo esame. È invece necessario che ci rendiamo ben conto dei rapporti di grandezza dei vari elementi. Lo scopo del condensatore  $C_2$  risulta dallo schema.

Lo statore del condensatore  $C_1$  è collegato, infatti, con la *massa*. L'estremità inferiore della *bobina*  $L_2$  non deve invece essere collegata con la *massa*, per non cortocircuitare la tensione di controllo. Per poter collegare la bobina  $L_2$  a entrambe le estremità col condensatore  $C_1$ , senza cortocircuitare la tensione di controllo, si inserisce un condensatore  $C_2$  di valore sufficientemente grande. Questo artificio viene usato assai spesso e lo ritroverete, per esempio, anche nel *secondo circuito oscillante* della fig. 7.

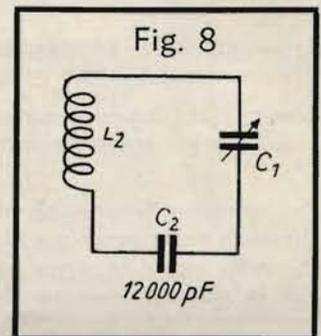
Nel circuito oscillante  $L_2-C_1$  si ottiene così, grazie alla risonanza, una tensione d'*AF* della frequenza desiderata, la quale può essere utilizzata ulteriormente. Attraverso alla *resistenza*  $R_1$  viene addotta la tensione di controllo che serve da polarizzazione di griglia.

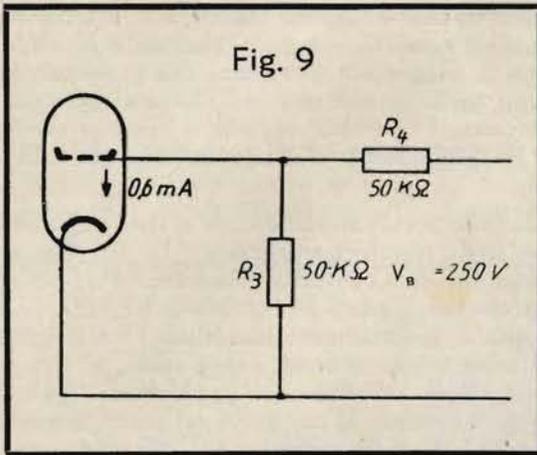
Prima di occuparci del circuito anodico, osserviamo rapidamente la provenienza della tensione delle due griglie-schermo. La griglia-schermo è allacciata attraverso al *partitore di tensione*  $R_4-R_3$  al polo positivo della tensione anodica. Va tenuto presente che attraverso  $R_4$  passa anche la *corrente della griglia-schermo*, provocandovi una caduta di tensione. Sfruttando le nostre cognizioni, calcoliamo la tensione della griglia per il caso che la tensione continua, erogata dall'alimentatore, sia uguale a 250 V e la corrente di griglia-schermo a 0,6 mA (fig. 9).

Per risolvere il problema dobbiamo tener presente che la tensione di griglia-schermo  $V_{g2}$  è uguale alla tensione  $V_B$  diminuita della caduta di tensione nella resistenza  $R_4$ . Questa è attraversata dalla corrente che passa nella valvola e da quella che passa nella resistenza  $R_3$ . La corrente complessiva in  $R_4$  è quindi  $\frac{V_{g2}}{R_3} + 0,6 \text{ mA}$ .

Dopo questo ragionamento siamo in grado di stabilire un'equazione per  $V_{g2}$ .

Abbiamo detto che la *tensione di griglia-schermo* = *tensione di batteria*  $V_S$  — *caduta di tensione in*  $R_4$ ;





$$V_{g2} = V_B - \left( \frac{V_{g2}}{R_3} + I_{g2} \right) \cdot R_4;$$

e risolvendo per  $V_B$ :

$$V_B = V_{g2} + \left( \frac{V_{g2}}{R_3} + I_{g2} \right) \cdot R_4$$

Inserendo i valori dati:

$$250 = \left( \frac{V_{g2}}{50 \cdot 10^3} + 0,6 \cdot 10^{-3} \right) \cdot 50 \cdot 10^3 + V_{g2}$$

$$250 = V_{g2} + 50 \cdot 0,6 + V_{g2}$$

Con l'aiuto delle regole apprese nella Dispensa N. 8 potete risolvere l'equazione e trovare l'incognita  $V_{g2}$ .

$$250 = 2 V_{g2} + 30$$

$$2 V_{g2} = 250 - 30$$

$$2 V_{g2} = 220$$

$$V_{g2} = 110 \text{ V}$$

La tensione della griglia-schermo equivale quindi a 110 V. Per controllo calcoliamo anche le correnti. La tensione ai capi di  $R_4$  è  $250 - 110 = 140 \text{ V}$ , e quindi la corrente che attraversa tale resistenza è:  $I = \frac{140}{50 \cdot 10^3} = \frac{14}{5} \cdot 10^{-3} = \frac{28}{10} \cdot 10^{-3} = 2,8 \text{ mA}$ .

La corrente fluente in  $R_3$  è invece:  $V_{g2} = \frac{110}{50 \cdot 10^3} = \frac{11}{5} \cdot 10^{-3} = \frac{22}{10} \cdot 10^{-3} = 2,2 \text{ mA}$ .

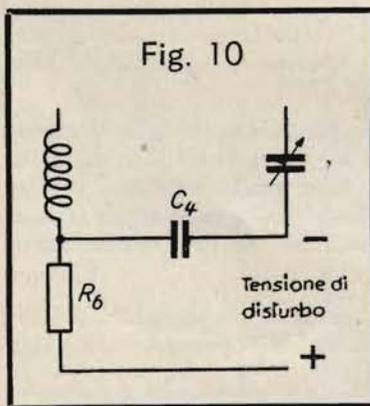
Aggiungendo a questa corrente la corrente di griglia-schermo di 0,6 mA, si deve ottenere la corrente in  $R_4$ . Vedete che  $2,2 + 0,6 = 2,8$ ; quindi il conto torna.

Come vi abbiamo spiegato nella Dispensa N. 15, trattando della produzione della tensione di griglia-schermo, è necessario, anche in questo caso, che la griglia-schermo sia collegata a massa attraverso un condensatore da 1  $\mu\text{F}$ .

Per ottenere la tensione di griglia-schermo della valvola seguente (si tratta di una *mescolatrice*, di cui spiegheremo nella prossima Dispensa i particolari ed il funzionamento), è prevista una sola *resistenza addizionale*  $R_5$ , nella quale la stessa corrente di griglia-schermo provoca la *caduta* di tensione occorrente. Naturalmente, anche in questo caso non deve mancare il condensatore da 1  $\mu\text{F}$ .

Nel circuito anodico del pentodo EF 13 si ritrova il caratteristico *circuito di risonanza*, funzionante da *resistenza anodica*, costituito da  $L_3$ - $C_3$ - $C_4$ . Poichè la tensione anodica viene addotta alla placca attraverso alla bobina  $L_3$ , mentre il condensatore variabile  $C_3$  è collegato da un lato alla massa, bisogna frapporre qui un *condensatore di grandezza conveniente*, cioè  $C_4 = 0,1 \mu\text{F}$ .

Nel *collegamento di placca* è inserito poi un altro elemento interessante. Si tratta della *resistenza*  $R_6$ , che voi riterrete certamente costituisca un *partitore di tensione*, per ottenere una tensione anodica più bassa. Questo però non è che un effetto secondario; d'altronde la caduta di tensione continua è molto piccola, dal momento che la corrente anodica ammonta soltanto a pochi milliampère. Invece  $R_6$  costituisce, assieme al condensatore  $C_4$ , un *filtro d'AF*. Supponiamo che, attraverso all'alimentatore, arrivi un'alta tensione di disturbo, non importa se proveniente dalla rete o da un altro stadio amplificatore. Il complesso  $R_6$ - $C_4$  costituisce un *partitore di tensione* per tale AF (fig. 10). Come sapete, in questo caso, la tensione più elevata si trova sempre ai capi della resistenza maggiore. Per un calcolo approssimativo possiamo trascurare gli elementi inseriti in parallelo a  $C_4$ . Supponiamo che la frequenza del disturbo sia 600 kHz. La reattanza di  $C_4$  a questa frequenza è:



$$R_{\text{cap}} = \frac{1}{2 \pi \cdot f \cdot C_4} = \frac{1}{2 \pi \cdot 600 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{12 \pi \cdot 10^{-2}} = \frac{100}{12 \pi} \approx 2,65 \text{ ohm}$$

Vedete subito che questa resistenza di 2,65 ohm non sopporta che un'infima parte della tensione di disturbo, agente tra il più ed il meno. La parte di gran lunga preponderante della tensione di disturbo si consuma nella resistenza  $R_6$  da 5 k $\Omega$ . Se la tensione del disturbo fosse, per esempio, 1 volt, rimarrebbero ai capi di  $C_4$  soltanto  $\frac{2,65}{5 \cdot 10^3} = 0,53 \cdot 10^{-3} = 0,53 \text{ mV}$ .

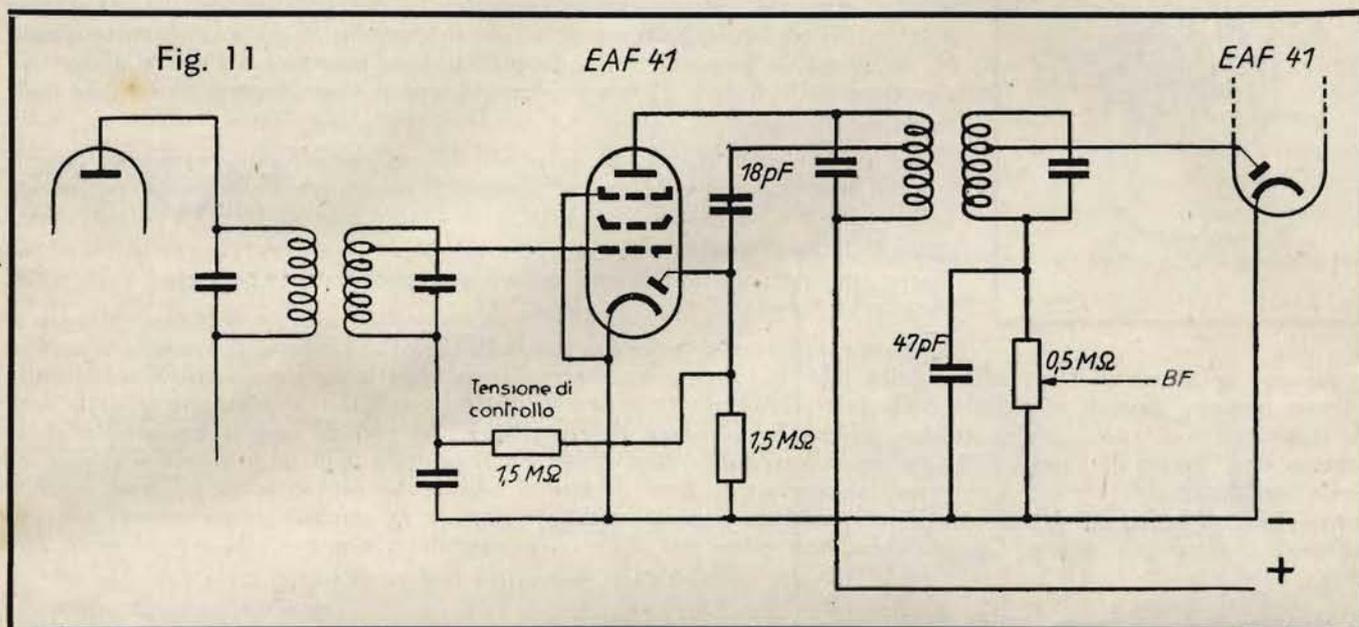
Queste spiegazioni bastano per far comprendere la straordinaria importanza di questi filtri, ai quali soli si deve, in molti casi, la possibilità di alimentare parecchi stadi amplificatori attraverso la medesima sorgente di corrente continua, senza reciproci disturbi e accoppiamenti.

Avete potuto constatare così quanto sia interessante l'esame dei particolari di uno schema e quante cose nuove si imparino in tal modo.

Dopo le nostre spiegazioni sull'amplificazione delle valvole, sapete che la tensione anodica alternata amplificata si manifesta alle estremità del *circuito di risonanza*  $L_3-C_3$ . Ora si presenta il problema: « Come portare la tensione alla griglia della valvola successiva? ». Comprendete senz'altro che, anche in questo caso, ci vuole un *condensatore d'accoppiamento* ( $C_5$ ). Basta un piccolo valore di capacità, dovendo passare soltanto l'AF.  $C_5$  è perciò uguale a 100 pF. La *seconda valvola*, la cosiddetta « *mescolatrice* », verrà discussa in seguito; per ora vi diciamo soltanto che è la *valvola più importante della supereterodina*.

### L'amplificatore a filtro di banda

Nella Dispensa N. 15 vi abbiamo illustrato il *filtro di banda* e ne abbiamo dimostrato la superiorità sul semplice circuito di risonanza. Ripetiamo che il *filtro di banda* è costituito da *due circuiti accordati, accoppiati in modo assai leggero*, a differenza degli avvolgimenti di un trasformatore. Lo schema della fig. 11 non presenta grandi novità.



L'essenziale da osservare è il modo in cui viene effettuato l'accoppiamento dei *filtri di banda* nei circuiti di griglia e di placca. Per quanto riguarda l'accoppiamento, l'ottenimento della *sintonia* e la *riduzione della tensione continua* si riuniscono i vantaggi del *trasformatore* e del *circuito di risonanza*. Vi si trova anche lo *schema completo della produzione e dell'applicazione della tensione di controllo*. Per comprenderne l'effetto, dobbiamo spiegare prima il concetto del *controllo di volume* e della *valvola di controllo*. Le ultime spiegazioni vi hanno intanto fatto fare un bel progresso e presto sarete in grado di comprendere lo schema di un apparecchio radio a supereterodina.

### Domande

1. Da che cosa deriva il nome di « *amplificatore a resistenza* »?
2. Quali sono le particolarità del trasformatore per la controfase?
3. Quali tipi di amplificatori richiedono l'uso di un condensatore d'accoppiamento?
4. Qual è il compito del trasformatore anodico nello schema di controfase?
5. Che differenza c'è tra la resistenza in corrente continua e quella in corrente alternata di un circuito di risonanza?
6. Che cos'è il collegamento a massa?

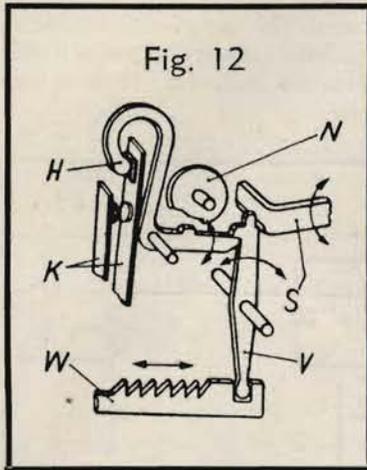
## TELEGRAFIA

### LA TELESCRIVENTE

L'ultima volta vi abbiamo spiegato, in linea di massima, il funzionamento della *telescrivente Siemens e Halske*. Desiderate però certamente sapere come il problema del *sincronismo parziale* sia risolto dalle telescriventi delle altre principali marche. Abbiamo già accennato al fatto che le moderne telescriventi devono tutte poter funzionare, il più possibile, in collegamento tra loro. Pensate un po' cosa accadrebbe se, nei collegamenti internazionali, le apparecchiature della stazione trasmittente e quelle della ricevente funzionassero con dei sistemi completamente differenti. Questa esigenza comporta necessariamente una *notevole somiglianza delle telescriventi*, anche se costruite da ditte diverse. Tuttavia, nell'ambito ammesso, molti particolari costruttivi sono differenti.

## La telescrivente Lorenz

La telescrivente Lorenz è forse la più antica tra i tipi in uso. Il *principio start-stop* fu inventato, indipendentemente, da Kleinschmidt e da Krum, i quali fondarono poi insieme una società e svilupparono la telescrivente. Nel 1926 la ditta germanica Lorenz assunse in licenza la costruzione di questa telescrivente, che diffuse al punto, che essa è oggi conosciuta semplicemente come *telescrivente Lorenz*. Vi mostriamo ora, in ordine, le differenze che essa presenta nei confronti del *sistema Siemens*.



### Il trasmettitore

Dovendo partire anche qui dall'*alfabeto Murray*, nel trasmettitore non ci sono quasi differenze. Come nell'*apparecchio Siemens*, la pressione sui tasti provoca lo spostamento delle cinque barre di codice di trasmissione. Esse si portano verso destra o verso sinistra, a seconda che si debbano emettere degli impulsi di *corrente* o di *assenza di corrente*. La *barra di codice di trasmissione W* (fig. 12) comanda, attraverso la *leva intermedia V*, la *leva di trasmissione H*. Se quindi la barra di codice è spostata, per esempio, a sinistra, il braccio superiore della leva *V* si muove verso destra e viene trattenuto in tale posizione dalla *staffa S*.

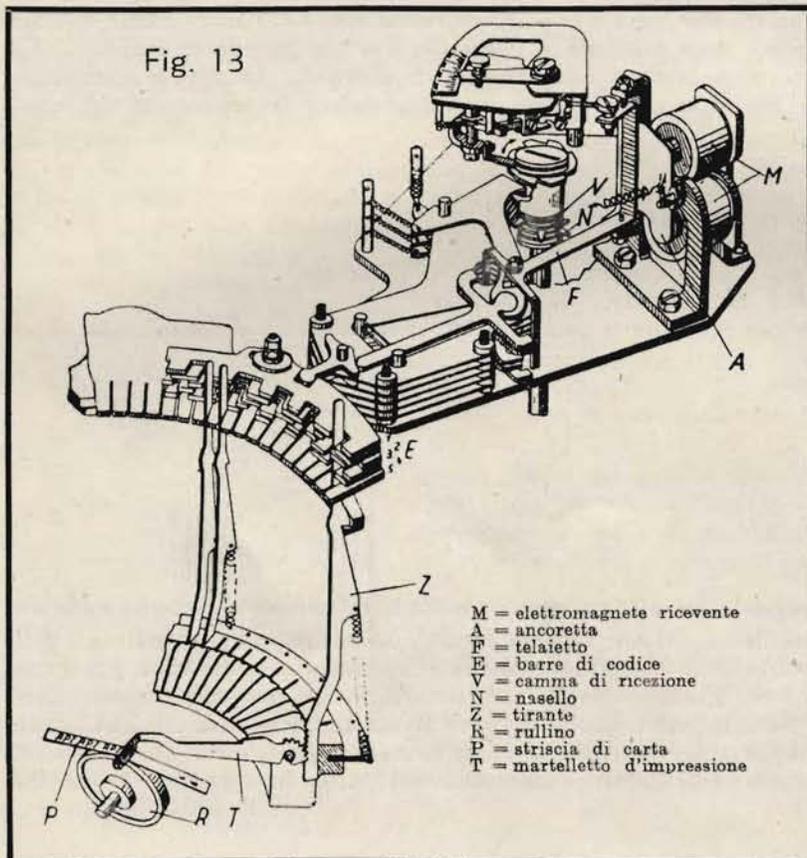
Come vedete nella figura, le barre di codice possiedono i medesimi intagli a dente di sega, come nel sistema Siemens. Il bloccaggio delle leve *V* per mezzo della staffa *S* è necessario, per assicurare l'emissione di tutti gli impulsi assegnati al tasto premuto.

Anche qui tutti gli impulsi di codice vengono trasmessi mentre l'albero di trasmissione compie una rotazione.

Seguiamo ancora il funzionamento nella fig. 12. La leva di trasmissione *H* si è dunque sganciata dall'appendice della leva *V*, spostandosi verso destra. Nel momento in cui l'incavo della *camma N* passa davanti al nasello della leva di trasmissione, questa cade in avanti. La parte curva della leva di trasmissione si sposta verso sinistra, liberando la *molla di contatto K*; si chiude così il contatto e viene emesso un impulso di *corrente*. Se invece la barra di codice fosse stata spostata nell'altro senso. L'appendice della leva intermedia *V* avrebbe tenuto agganciata la leva di trasmissione *H* e pertanto questa non avrebbe potuto cadere in avanti. Il contatto di trasmissione non si sarebbe chiuso e si sarebbe avuto quindi un impulso di *assenza di corrente*. Come vedete, non esiste una differenza essenziale, rispetto alla telescrivente Siemens.

### Il ricevitore

Nella parte ricevente (fig. 13) si riscontrano maggiori differenze, rispetto al sistema precedentemente considerato. Naturalmente ci vuole sempre un *elettromagnete*; qui si nota però la *principale differenza*: l'*elettromagnete non possiede infatti cinque ancorette*, corrispondenti ai cinque impulsi di codice, *ma una sola ancoretta*. Nel sistema Siemens, per realizzare il comando delle ancorette, esse venivano sollevate una dopo l'altra, nel ritmo degli impulsi, a toccare il magnete. E da ciò dipendeva appunto la necessità del sincronismo. Nel sistema Lorenz, il problema è risolto in un altro modo.



- M = elettromagnete ricevente
- A = ancoretta
- F = telaio
- E = barre di codice
- V = camma di ricezione
- N = nasello
- Z = tirante
- K = rullino
- P = striscia di carta
- T = martelletto d'impressione

Cinque leve tastatrici, comandate dalla camma *V*, esplorano successivamente la posizione del *telaio F*, solidale con l'*ancoretta A* del relé ricevente. È questo l'organo che richiede il sincronismo, nella telescrivente Lorenz; infatti il tastaggio della posizione dell'ancoretta deve avvenire nel giusto ritmo, poichè ogni impulso dura soltanto  $1/50$  di secondo. E se si mescolassero gli impulsi di diverse lettere, risulterebbe subito la più grande confusione.

Come per il ricevitore Siemens, non vogliamo entrare nemmeno qui nei particolari di meccanica di precisione. Con l'aiuto delle leve tastatrici e di altri organi intermedi, la posizione dell'ancoretta viene riportata sulle cinque barre di codice di ricezione *E*. La successione dei cinque impulsi è riprodotta, in tal modo, in una

combinazione meccanica simultanea, che serve per l'ulteriore funzionamento dell'apparecchiatura. Come vedete nella fig. 13, le *barre di codice* qui sono disposte *orizzontalmente* e sono lievemente *incurvate*. Anche queste barre di codice sono dotate di intagli rettangolari; osservando attentamente la figura e ricordandovi delle spiegazioni datevi nella Dispensa precedente, comprenderete senza difficoltà il successivo funzionamento del dispositivo.

### Il meccanismo di scrittura

Compito del meccanismo di scrittura è di tramutare il segnale registrato dalle barre di codice in caratteri di stampa.

Per qualsiasi combinazione delle barre di codice, c'è un solo posto ove gli intagli si trovano tutti allineati. Come nel *sistema Siemens*, il tirante di stampa, che può cadere entro la cava formata dalle barre di codice, è quindi uno solo. Come già sapete, l'energia occorrente per la scrittura viene fornita dal motore.

La fig. 14 mostra in qual modo, durante la rotazione dell'*albero di ricezione EN*, l'*eccentrico DE* trasmetta la forza alle *leve di scrittura*. La *leva di pressione DH* sposta verso l'alto il *cilindro DK* e, con esso, la *staffa DB*. Come nell'*apparecchio Siemens* la cosiddetta « *bandiera* », così qui la *staffa DB*, che si trova dietro ai tiranti, aggancia soltanto quel tirante che è caduto nell'intaglio delle barre di codice. Vedete inoltre dalla figura che i *tiranti* sono *accoppiati ai martelletti d'impressione* mediante una *trasmissione a settore dentato*. Quando l'*appendice del tirante* viene trascinato dalla *staffa* verso l'alto, il *martelletto* si sposta verso sinistra (fig. 13) e determina l'impressione del carattere. Finisce così la trasmissione del segnale.

Le osservazioni di carattere generale, fatte per la *telescrivente Siemens*, valgono naturalmente anche per la *Lorenz*.

Il riporto dalle lettere alle cifre consente l'utilizzazione multipla dei segnali. È possibile anche l'aggiunta del *dispositivo di risposta automatica* (« Chi è? »).

Avete conosciuto così un altro importante tipo di telescrivente moderna e trovate confermato che si tratta più di meccanica di precisione che di elettrotecnica.

### Domande

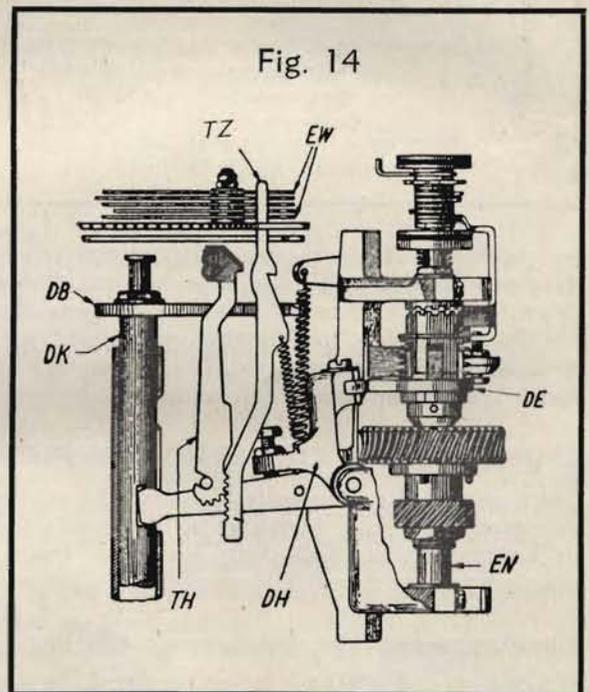
1. Perché non sono possibili grandi differenze nella costruzione delle telescriventi?
2. Qual è il compito della staffa S (fig. 12)?
3. Qual è la differenza principale fra la telescrivente Siemens e la telescrivente Lorenz?

### Risposte alle domande di pag. 9

1. L'amplificatore a resistenza è così chiamato dalla resistenza ohmica inserita nel circuito anodico.
2. Il trasformatore per la controfase è caratterizzato dalla presa centrale e dalla conformazione simmetrica delle due metà dell'avvolgimento.
3. Il condensatore d'accoppiamento è necessario nell'amplificatore a resistenza e in quello a bobina d'impedenza, come pure nel circuito di risonanza semplice.
4. Il trasformatore anodico, nello schema in controfase, serve in primo luogo a ricomporre le correnti di fasi opposte fornite dalle valvole. Inoltre effettua l'adattamento della bassa resistenza dell'altoparlante dinamico alle valvole finali.
5. La resistenza di un circuito di risonanza ammonta, per la corrente continua, a pochi ohm (circa 10), dovuti al filo della bobina. La resistenza per la corrente alternata raggiunge invece circa 100 kΩ.
6. Si chiama « *collegamento a massa* » il collegamento al telaio metallico dell'apparecchio.

### Risposte alle domande di questa pagina

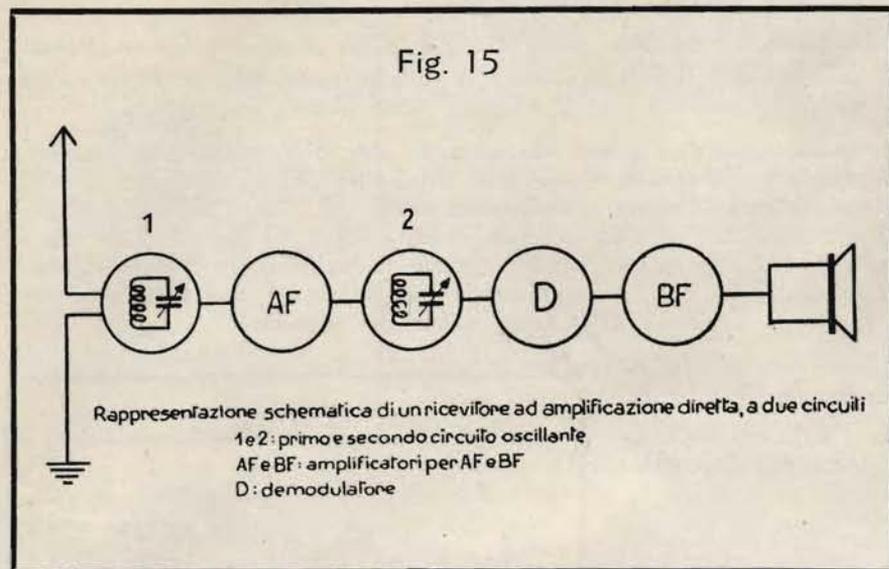
1. Non sono ammesse differenze essenziali di costruzione, poiché si richiede che le telescriventi di diverse marche possano funzionare in reciproco collegamento, senza difficoltà.
2. La staffa S blocca la leva intermedia V durante il periodo della trasmissione del segnale, per impedire uno spostamento casuale. Le barre di codice di trasmissione devono potersi spostare facilmente; nello stesso tempo si richiede la massima sicurezza di trasmissione. Il bloccaggio garantisce che gli impulsi di corrente vengano ben distinti da quelli di assenza di corrente.
3. Il ricevitore Siemens ha cinque ancorette, l'apparecchio Lorenz ne ha invece una sola.



## RADIOTECNICA

### IL RICEVITORE AD AMPLIFICAZIONE DIRETTA

Nella Dispensa N. 15 vi abbiamo mostrato i primi semplici schemi di *radioricevitori a valvole*. In questi schemi il *circuito accordato* e lo *stadio rivelatore d'alta frequenza* svolgono un compito assai importante. Dopo le nostre spiegazioni sugli amplificatori vi è perfettamente noto come sia possibile aumentare l'amplificazione aggiungendo degli stadi ulteriori.



La fig. 15 mostra la rappresentazione schematica di un cosiddetto « *ricevitore ad amplificazione diretta* ».

L'onda elettrica proveniente dall'antenna passa attraverso un *circuito oscillante accordato*, giungendo allo *stadio d'amplificazione in alta frequenza* dotato di un *secondo circuito oscillante accordato*. Segue la *demodulazione dell'alta frequenza* e una *valvola amplificatrice di bassa frequenza*. In ultimo c'è l'*altoparlante*, nel quale le oscillazioni elettriche in *BF* vengono nuovamente trasformate in parole o musica. A caratterizzare la *selettività dell'apparecchio*, si suole indicare il *numero dei circuiti oscillanti accordati*. Lo schema della fig. 15 rappresenta quindi un *apparecchio a due circuiti*.

Un apparecchio ricevente costruito nel modo ora descritto viene denominato « *ad amplificazione diretta* », indipendentemente dal numero di stadi d'amplificazione d'*AF* che si trovano prima del demodulatore, e dal numero di stadi di *BF* che vengono dopo lo stesso. Le onde elettriche vengono dunque raccolte, amplificate nella loro originale alta frequenza, poi demodulate e, nuovamente amplificate, addotte all'altoparlante. Questa è la via più breve, più *diretta* per le onde ricevute. Comunque, il concetto del *ricevitore ad amplificazione diretta* vi diverrà ben chiaro solamente quando ne avrete conosciuto il contrario, che è il *ricevitore a battimenti* o *supereterodina*.

### IL RICEVITORE A CONVERSIONE DI FREQUENZA

Spiegando il *filtro di banda* abbiamo già accennato al fatto che la *supereterodina* è il *tipo più importante di apparecchio radio*. Non importa, a questo riguardo, che si tratti di un'autoradio o di un ricevitore alimentato da batterie oppure dalla rete. La stessa denominazione di « *ricevitore a conversione di frequenza* » denota che questo tipo, nel suo principio costruttivo, deve essere più complicato.

#### I ragionamenti che conducono alla supereterodina

Ritorniamo col pensiero un po' indietro. Il microfono produce oscillazioni elettriche corrispondenti alle parole o alla musica da trasmettere. Per poter essere radiodiffuse, queste oscillazioni devono esser convogliate su un'onda ad alta frequenza. Questo procedimento è chiamato « *modulazione* ». Ricordate che si ottiene una *banda laterale in AF*, estendentesi per 4,5 kHz da entrambi i lati dell'*AF* primitiva. Tutte le parole e la musica trasmesse sono contenute in questa banda laterale.

Per ottenere una ricezione sufficientemente selettiva con un apparecchio ad amplificazione diretta, bisognerebbe avere *numerosi circuiti accordati*. Durante la scelta della stazione, sarebbe necessario accordare contemporaneamente tutti questi circuiti; ciò è però assai difficile, non appena si abbiano tre o quattro circuiti oscillanti.

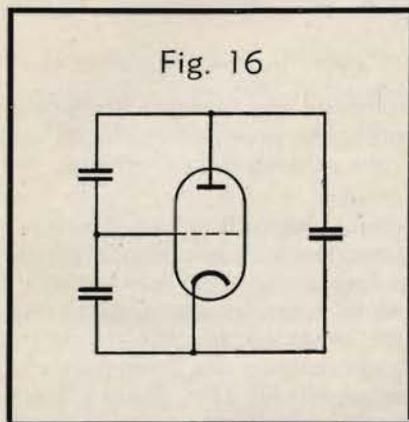
Nella Dispensa N. 13 abbiamo accennato all'importanza del fatto che la resistenza del *circuito oscillante in risonanza* sia la più elevata possibile. L'amplificazione dipende infatti, in modo rilevante, dal valore di questa resistenza. Ma ora viene la seconda obiezione che facciamo al *ricevitore ad amplificazione diretta*. Infatti, con differenti stazioni non è possibile mantenere costante questa cosiddetta « *resistenza di risonanza* ». Varia così anche la misura dell'amplificazione.

C'è poi un'altra cosa di grande importanza. Nella Dispensa N. 15 abbiamo visto che, nella modulazione ad ampiezza, ad ogni trasmettente, viene assegnata una banda di frequenza di 9 kHz. Per ottenere una buona riproduzione, bisogna che i *circuiti oscillanti*, o meglio, i *filtri di banda* lascino passare esattamente questa banda di 9 kHz, nè più nè meno. Supponiamo di ricevere una stazione delle *onde lunghe*, per esempio 250 kHz;

allora i 9 kHz occorrenti sono:  $\frac{9 \cdot 100\%}{250} = 3,6\%$ .

L'intera banda di frequenza necessaria per la trasmissione costituisce dunque, con una frequenza portante di

250 kHz, una discreta percentuale di quest'ultima. Ma come stanno le cose, quando si consideri una frequenza delle *onde medie*, che è notevolmente più elevata, per esempio 1250 kHz? Quale percentuale rappresentano in questo caso i 9 kHz?  $\frac{9 \cdot 100 \%}{1250} = 0,72 \%$ , quindi molto di meno.



Naturalmente questo rapporto, nella gamma delle onde corte, diminuisce fino a valori ancora molto più bassi. Aumenta così la difficoltà di costruire un circuito oscillante o un filtro di banda di sufficiente selettività.

Come vedete, sempre nuovi ostacoli. Ma non è tutto. Le *valvole* stesse non lavorano più bene alle frequenze molto alte. Gli elettrodi delle valvole costituiscono dei piccoli condensatori. Possiamo tenerne conto, immaginando delle *piccole capacità* inserite in parallelo ai terminali degli elettrodi (figura 16). Ora sapete che la *reattanza capacitiva*  $\frac{1}{\omega C}$  diventa tanto piccola, quanto più la frequenza è elevata. Per le *onde corte* si manifestano pertanto dei *corti circuiti capacitivi* che diminuiscono fortemente l'amplificazione.

Particolarmente critica è la capacità fra griglia e placca, che disturba il funzionamento di questi importanti elettrodi. In determinate circostanze si ottengono, in luogo dell'amplificazione, delle *oscillazioni parassite*, per

cui la valvola diventa un'emittente di disturbi.

Malgrado tutte queste difficoltà è necessario effettuare l'amplificazione dell'alta frequenza, per ottenere la selettività richiesta. Se ben riflettete, vedete però che il *valore dell'alta frequenza*, in sè, non ha nessuna importanza per la bontà della riproduzione. E sorge allora l'idea di *convertire l'AF raccolta dall'antenna, assieme al suo contenuto di modulazione, in un'altra AF*. Come è possibile far ciò?

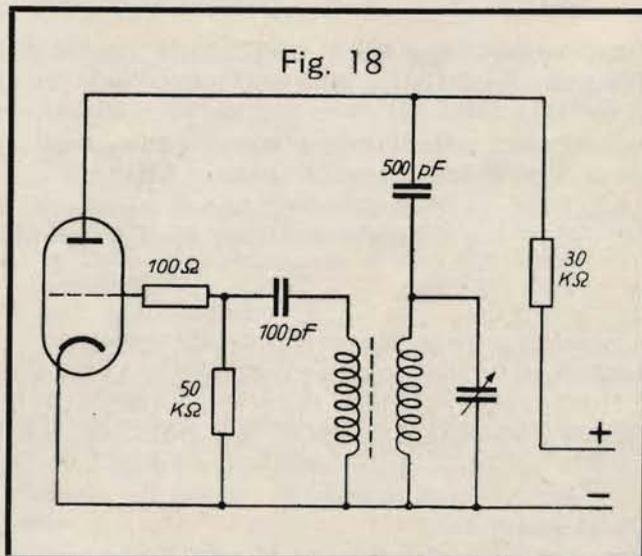
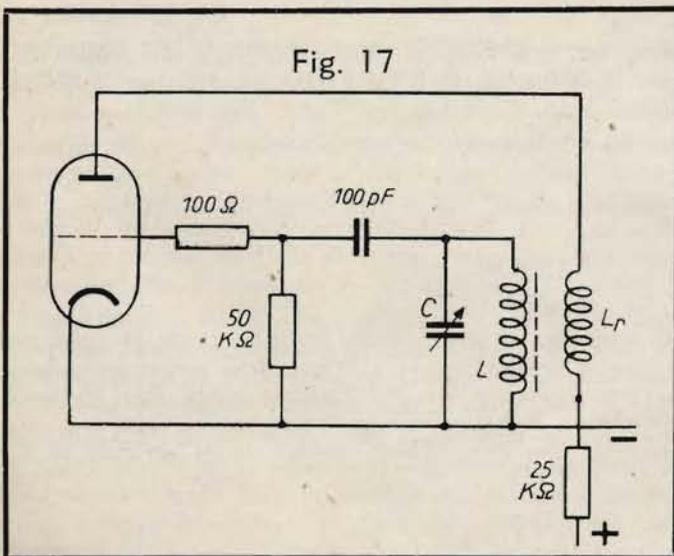
Ricordiamo a questo proposito la *modulazione dell'AF con la BF*. Con tale procedimento si ottengono *tre AF*, di cui due differiscono, l'una in più e l'altra in meno, per il valore della *BF*, dall'*AF* primitiva. Qualcosa di simile si ottiene nella *modulazione di due alte frequenze*.

In qual modo essa venga realizzata, rimane per il momento senza importanza. L'essenziale è che *si ottengono altre alte frequenze, di cui una costituisce la somma, l'altra la differenza delle due frequenze primitive*. Se, per esempio, si modula la frequenza di 1200 kHz con 800 kHz, si ottengono, oltre alle due frequenze primitive, anche  $1200 - 800 = 400$  kHz e  $1200 + 800 = 2000$  kHz.

Da ciò riconoscete l'analogia con la modulazione dell'*AF* mediante la *BF*, descritta nella Dispensa N. 15.

### L'oscillatore

Abbiamo parlato ora di *due alte frequenze*, che occorrono per formare una *nuova frequenza*. L'una di queste frequenze è, naturalmente, l'*onda raccolta dall'antenna*, che porta una determinata modulazione, impressale nella trasmittente. L'*altra frequenza deve invece esser creata appositamente*. Ciò significa semplicemente che, *nella supereterodina, dev'essere contenuta una piccola emittente*. Essa è costituita da un *circuito oscillante a valvola*, chiamato « oscillatore ». Nelle figure 17 e 18 si vedono gli schemi di due *oscillatori ausiliari* molto comuni. Nella fig. 17 il *circuito oscillante LC* è collegato alla griglia del triodo attraverso il condensatore da 100 pF. La *bobina di reazione*  $L_r$  è inserita nel circuito anodico. Nella fig. 18, invece, il *circuito oscillante* è collegato all'anodo attraverso il condensatore da 500 pF. La resistenza da 100  $\Omega$ , prima della griglia-pilota, serve, in entrambi i casi, ad evitare eventuali oscillazioni incontrollate, a onde cortissime. La resistenza



da 50 kΩ, tra la griglia ed il catodo, serve ad ottenere una giusta tensione di griglia, non appena si producono le oscillazioni. Nei due schemi il condensatore da 100 pF serve unicamente a impedire il corto circuito della tensione continua, attraverso la bobina del circuito oscillante. Forse vi chiederete pure lo scopo della *resistenza da 30 kΩ*, nello schema della fig. 18. Se credete, potete anche sostituirla con una *bobina d'impedenza*; ma sarebbe una soluzione molto più costosa. Essa serve a portare alla placca la tensione anodica continua, senza costituire un corto circuito per l'alta frequenza, attraverso all'alimentatore (+, —).

### La media frequenza

Vediamo un po' meglio il risultato della modulazione. Dai nostri ragionamenti risulta che la nuova frequenza dovrebbe corrispondere preferibilmente a un'onda lunga. La frequenza dell'oscillatore va quindi scelta in relazione a questa esigenza. Poichè la frequenza desiderata è maggiore della *BF*, ma minore delle frequenze generalmente impiegate in trasmissione, essa è chiamata « *media frequenza* ».

Non ci si accontenta, però, di trasportare la frequenza in una gamma, nella quale l'amplificazione è più facile. Visto che, per ottenere questo risultato, occorre variare la frequenza dell'oscillatore a seconda delle differenti lunghezze d'onda ricevute, si fa addirittura in modo di ottenere sempre una *media frequenza costante*. Chiariremo le cose con un esempio, ma prima dobbiamo farvi conoscere i valori generalmente usati per la *media frequenza (MF)*. In linea di principio andrebbe bene qualsiasi frequenza compresa nel campo contenuto tra le *onde lunghe* e quelle *medie*, ossia da 375 a 500 kHz, dato che si deve scegliere una frequenza che non appartenga a nessuna stazione. *In pratica si usano oggi frequenze intorno ai 470-490 kHz*. Ed ora il nostro esempio:

La *MF* del nostro ricevitore sia 468 kHz. Qual è la frequenza dell'oscillatore occorrente per ricevere la stazione di Milano I (814 kHz)?

La differenza tra la *frequenza dell'oscillatore (FO)* e la *frequenza ricevuta (frequenza d'entrata FE)* deve equivalere alla *MF*.

$$\text{Quindi } FO - FE = MF$$

Risolviendo questa equazione troviamo:

$$FO = 468 + 814 = 1282 \text{ kHz.}$$

Per ricevere la stazione di Milano I bisogna quindi che la *frequenza dell'oscillatore* sia regolata sul valore di 1282 kHz.

Volendo invece ricevere Roma I (713 kHz), la *frequenza dell'oscillatore* dovrebbe essere  $468 + 713 = 1181 \text{ kHz}$ .

### La selettività della supereterodina

Vi mostreremo ora come la supereterodina presenti, per quanto riguarda la *selettività*, delle *qualità molto superiori a quelle del ricevitore ad amplificazione diretta*.

Supponiamo di voler ricevere due stazioni nella *banda dei 29 metri*, per esempio m 28,8 e 28,85. Dalla formula (5-a) della Dispensa N. 4 calcoliamo le corrispondenti frequenze:

$$\text{A m } 28,8 \text{ corrisponde } \frac{300\,000\,000}{28,8} = 10416,5 \text{ kHz}$$

$$\text{A m } 28,85 \text{ corrisponde } \frac{300\,000\,000}{28,85} = 10398,6 \text{ kHz.}$$

Volendo ricevere con un apparecchio *ad amplificazione diretta* la frequenza di 10416,5 kHz, si incontra la difficoltà che la frequenza adiacente differisce soltanto di una percentuale minima, e precisamente

$$\frac{10416,5 - 10398,6}{10416,5} \cdot 100 \% = \frac{17,9 \cdot 100}{10416,5} = \frac{1790}{10416,5} = 0,172 \%$$

È assolutamente impossibile costituire dei circuiti di risonanza così selettivi da poter separare le due frequenze. Che cosa succede invece nella supereterodina? Per ricevere la frequenza di 10416,5 kHz occorre, per la *MF* = 468 kHz, che l'oscillatore emetta  $468 + 10416,5 = 10884,5 \text{ kHz}$ .

Naturalmente anche l'onda adiacente forma una *frequenza di modulazione*, e precisamente

$$10884,5 - 10398,6 = 485,9 \text{ kHz.}$$

Questa frequenza può essere facilmente separata da un *filtro di banda* accordato sulla *media frequenza di 468 kHz*. La differenza percentuale equivale infatti a:

$$\frac{485,9 - 468}{468} \cdot 100 \% = \frac{17,9}{468} \cdot 100 = \frac{1790}{468} = 3,84 \%$$

Il calcolo conferma dunque quanto abbiamo affermato in principio. È poi evidente in quale modo si possa aumentare la selettività della supereterodina. Dato che il *filtro di banda per la MF* non deve essere accordato, esso può essere senz'altro *multiplo*. Nel nostro paragone con la modulazione effettuata dalla *BF*, abbiamo fatto osservare che si forma anche la *somma delle alte frequenze*. Tuttavia questa *frequenza risultante* è così elevata e talmente lontana dalla banda passante del filtro, che *non esiste assolutamente alcun pericolo di disturbo*.

### L'allineamento

Per mettere *in sintonia* una supereterodina bisogna *accordare il circuito d'entrata sulla frequenza che si vuole ricevere; inoltre va messa a punto anche la frequenza dell'oscillatore*.

Consideriamo la gamma delle *onde medie* e supponiamo che il nostro ricevitore abbia una *media frequenza* di 468 kHz. La risonanza del *circuito d'entrata* deve potersi spostare per mezzo di un *condensatore variabile*, da 500 fino a 1500 kHz. In ossequio alla *formula della frequenza di risonanza* (Dispensa N. 11, formula 40), il rotore del condensatore sarà ruotato *in fuori* alla *frequenza più alta*, e *in dentro* a *quella più bassa*. È poi da osservare che la variazione della frequenza del circuito di risonanza deve avvenire nel rapporto di  $\frac{500}{1500} = 1:3$ .

Per ricevere l'onda di 500 kHz, con una *MF* di 468 kHz, occorre una  $FO = FE + MF = 500 + 468 = 968$  kHz. Dovendo invece ricevere la *frequenza più elevata* della gamma considerata, occorre una  $FO = 1500 + 468 = 1968$  kHz. Il rapporto tra la minima e la massima frequenza dell'oscillatore è quindi:  $\frac{968}{1968} = 1 : 2,03$ .

Come vedete esso è assai differente dal rapporto delle *frequenze d'entrata*.

Si vorrebbe ora poter azionare i *due dispositivi di sin'onia* con un'unica *manopola*, utilizzando nel contempo *due condensatori variabili* possibilmente uguali. Usando un *condensatore variabile doppio* di costruzione solita, si può ottenere un *allineamento* se non perfetto, almeno approssimato. Si chiama « *allineamento* » del circuito di risonanza la *messa in passo dei condensatori variabili*, allo scopo di produrre nell'oscillatore una frequenza adatta al valore della frequenza raccolta; tale cioè da ottenere un valore costante della *media frequenza*. Per realizzare l'allineamento, bisogna collegare un *piccolo condensatore regolabile* o *compensatore (padding)* in serie col *variabile dell'oscillatore*, e un *altro in parallelo*; regolando il valore di questi *compensatori*, si riesce ad ottenere l'effetto voluto.

Vi abbiamo spiegato così i principali fondamenti della supereterodina. Nella prossima Dispensa vi orienteremo sul conto dell'importante *valvola mescolatrice o convertitrice di frequenza*; passeremo quindi a esaminare gli *schemi di alcuni moderni apparecchi* di fabbricazione industriale.

### Domande

1. Quali sono le parti principali del ricevitore ad amplificazione diretta?
2. Che cos'è un apparecchio a due circuiti?
3. Come si chiama l'emittente ausiliaria contenuta nella supereterodina?
4. Qual è la frequenza esterna che si può ricevere con una *MF* di 473 kHz ed una *FO* di 1002 kHz?
5. Come si spiega la denominazione di « *media frequenza* »?
6. Che cos'è un « *padding* »?

## TELEGRAFIA, TELEFONIA

### LINEE AEREE E CAVI

Nei tempi attuali, nelle telecomunicazioni si tende ad impiegare in grado sempre crescente la *radio*. Il vantaggio più evidente di questo sistema sta nel fatto di poter fare a meno di *linee e cavi*. Si ottiene così, oltre all'economia di materiale, anche il vantaggio di dover ricercare le cause di eventuali guasti soltanto nei posti di trasmissione e di ricezione.

Tuttavia molti rami della tecnica delle telecomunicazioni abbisogneranno certamente ancora per molto tempo del collegamento per mezzo di *fili*. Per questa ragione esamineremo ora la *linea aerea* ed il *cavo* dal punto di vista della tecnica delle telecomunicazioni.

### LA LINEA AEREA

Conoscete senza dubbio le *linee telefoniche* o *telegrafiche*, che spesso seguono il tracciato delle strade o delle ferrovie. Conoscete anche le bianche campane degli *isolatori*, ai quali sono appesi i *fili* della linea. Vi interesseranno perciò alcune notizie sul *materiale* usato per fare questi *fili*.

Generalmente si usa *filo di rame* o di *bronzo* da 3 mm di diametro. Si incontra anche qualche linea in *filo d'acciaio*, ma questo, data la sua scarsa conduttività, ha lo spessore di 4 o 5 mm. Piuttosto raro è l'*alluminio con le sue leghe*. Ciò dipende dalla circostanza che *solo da poco tempo si è in grado di fabbricare fili di alluminio di sufficiente resistenza meccanica*. La principale ragione risiede però nel fatto che oggi, nelle telecomunicazioni, predomina l'uso dei *cavi*, malgrado i numerosi svantaggi che essi presentano. È raro che si stendano delle nuove linee aeree.

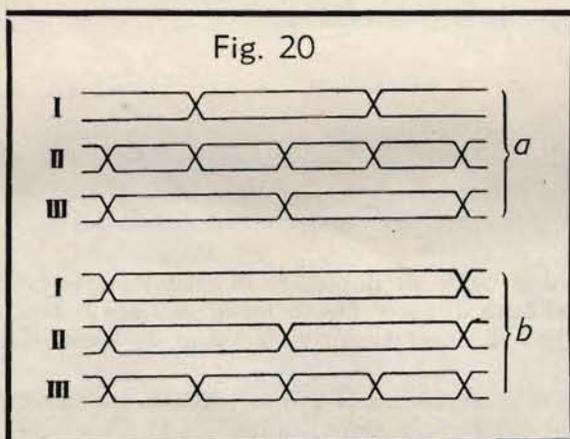
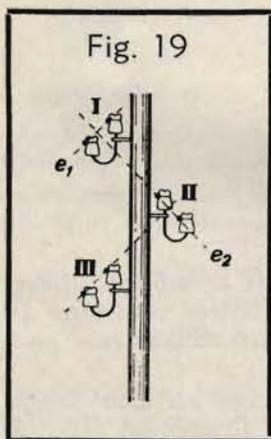
Faremo tuttavia rilevare le particolari esigenze cui devono corrispondere le *linee aeree*. Mostreremo anche le differenze che si presentano rispetto alle *linee per il trasporto dell'energia elettrica*. I compiti di queste linee sono più facili da comprendere e, facendo i debiti confronti, si giunge più facilmente a capire le particolarità delle *linee di telecomunicazione*.

Dovendo allacciare diversi utenti a una *linea di energia*, si deriva semplicemente una *linea secondaria* dal tronco principale. È pressochè impossibile che gli utenti si possano disturbare a vicenda, poichè, per ogni utente, sono previste delle *valvole fusibili*, che separano la parte difettosa nel caso di un corto circuito. Ciò che importa è semplicemente che l'energia, proveniente dalla centrale o dalla sorgente, possa raggiungere ciascun utente.

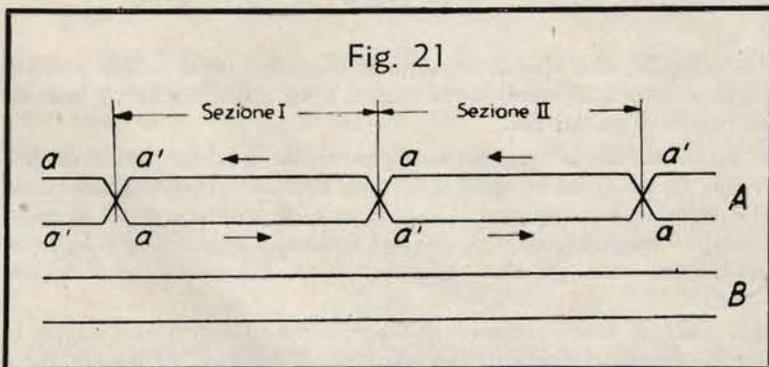
Le linee di telecomunicazione servono invece sempre a collegare due soli utenti, che vogliono scambiarsi una comunicazione. Si cerca, a bella posta, di evitare che degli estranei si intromettano nel collegamento. Di conseguenza, se consideriamo, per esempio, una rete telefonica locale, bisogna che ogni utente sia collegato con la centrale per mezzo di una propria linea a due fili. Queste differenti linee si possono poi collegare tra loro a due a due, nella centrale. Analogamente nelle comunicazioni interurbane. Se si vuole, per esempio, che tra due luoghi si possano avere 50 comunicazioni contemporanee, bisogna predisporre 50 linee a due fili. Tralasciamo per ora il fatto che, con i moderni sistemi della cosiddetta « telefonia a frequenze vettrici », le linee possono essere sfruttate per comunicazioni multiple. Tornando al nostro esempio, vediamo che le 50 linee seguono il medesimo percorso e si trovano pertanto l'una accanto all'altra. Nella tecnica delle correnti forti ciò non implicherebbe alcun problema, poichè non verrebbe nemmeno in mente l'idea che le varie linee si possano influenzare a vicenda. Le 50 linee telefoniche servono invece per trasportare 50 conversazioni, una per ogni linea a due fili. Ogni linea bipolare rappresenta però, in un certo senso, una lunghissima bobina, che possiede una certa induttanza. Le bobine costituite dalle linee presentano anche un'induttanza mutua e possono quindi influenzarsi a vicenda. Quando una linea è percorsa da correnti foniche, essa induce analoghe correnti nelle linee adiacenti, cosicchè la conversazione trasmessa può pervenire anche all'utente cui non è destinata. Ciò è da evitare, non soltanto per ragioni di segretezza, ma anche perchè la sovrapposizione estranea sarebbe assai fastidiosa.

Le linee presentano inoltre anche una certa reciproca capacità; esse si comportano quindi come se fossero accoppiate per mezzo di condensatori. Comprimerete che, per queste ragioni, sono sempre possibili i reciproci disturbi delle linee condotte parallelamente. Il termine tecnico per questi disturbi è « diafonia ». Se udirete questa parola, saprete che si tratta di disturbi telefonici. Nella telefonia, a causa di questi disturbi, è stato abbandonato completamente il sistema di usare un solo filo con ritorno nella terra. Infatti, utilizzando la terra come ritorno per numerose comunicazioni, risulterebbero inevitabilmente dei disturbi. Basta considerare, infatti, che uno dei due conduttori, la terra, è comune per due circuiti di telecomunicazione; è evidente che ne risulta un accoppiamento piuttosto rigido dei due sistemi.

Dopo queste osservazioni comprenderete senz'altro le misure che vengono adottate per evitare o diminuire la diafonia. Nelle linee aeree si mantengono, a questo scopo, tra le coppie le opportune distanze; inoltre si prevede ad incrociare regolarmente i fili.



La fig. 19 mostra, per esempio, in che modo si devono disporre tre coppie telefoniche sulla medesima palificata; dalla fig. 20 risulta come si debbano incrociare i conduttori. Supponiamo, per esempio, che un conduttore della linea I sia fissato nei primi cinque pali all'isolatore superiore; lo stesso conduttore della linea I verrà fissato nei pali da 6 a 10 all'isolatore inferiore; e così via, alternativamente. Se alla medesima palificata sono fissate varie linee, bisogna che gli incroci dei singoli fili di ciascuna coppia siano effettuati a distanze differenti o sfalsati tra loro, come risulta dalla fig. 20.



Spiegheremo brevemente la ragione di questa misura, che troverete pure applicata in modo simile nei cavi. A questo scopo consideriamo nuovamente la sezione di linea compresa tra due incroci successivi, come se fosse una bobina allungata ed aperta (fig. 21).

Per i nostri ragionamenti supponiamo che la linea inferiore B prosegua uniformemente, senza incroci. Non appena la linea B è percorsa da una corrente alternata, a causa dell'induttanza mutua, viene indotta una tensione nella linea A, cosicchè ne risultano delle correnti parassite, rivolte nella direzione indicata dalle frecce. Come risulta chiara-

mente dalla figura, le correnti indotte fluiscono in senso opposto nelle varie sezioni della linea, tanto nel filo a che nel filo a'.

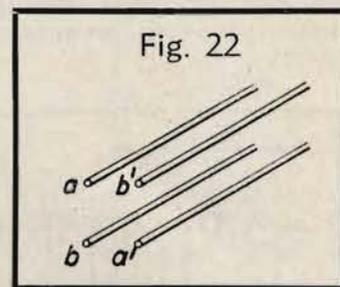
L'incrocio dei fili ha quindi il risultato di sopprimere gli effetti d'induzione, poichè le tensioni indotte nelle successive sezioni della linea si annullano a vicenda.

L'incrocio costituisce però un rimedio anche contro i disturbi capacitivi. Ciò risulta pure dalla fig. 21. Nella

sezione I il filo *a* è accoppiato capacitivamente, in modo piuttosto rigido, col filo superiore della linea B. I fili distesi parallelamente nelle linee posseggono infatti delle capacità abbastanza rilevanti (5000 - 10 000 pF al km). Nella sezione II è invece il filo *a'* che è accoppiato col filo superiore di B. Si ottengono così, anche in questo caso, delle correnti opposte nelle singole sezioni e i disturbi di diafonia ne risultano soppressi.

Per ridurre fortemente l'effetto induttivo, le coppie vengono disposte in piani perpendicolari tra loro (fig. 22). Come per le bobine di fig. 27 della Dispensa N. 11, l'effetto induttivo è ridotto così al minimo.

Quando si vuole garantire l'assenza pressochè assoluta di diafonia si adottano entrambe le misure (linee disposte in piani perpendicolari, come in fig. 22, e ripetuto incrocio dei fili). Queste spiegazioni vi hanno già fornito senza dubbio un'idea delle difficoltà che si incontrano nel collocamento delle linee di telecomunicazione.



### Le proprietà delle linee

Ci occuperemo ora delle proprietà della linea, ossia della coppia di conduttori. Ci aiutiamo di nuovo rifacendoci al paragone della linea di energia. Questa è caratterizzata da due grandezze importanti: resistenza della linea e isolamento. Anche per le linee di telecomunicazione si cerca di fare in modo che queste due grandezze abbiano valori favorevoli, ma ciò non basta. Nel paragrafo precedente abbiamo spiegato che le linee presentano una mutua induttanza e capacità. È evidente che la nostra linea, essendo una bobina allungata, è dotata anche di induttanza propria. Inoltre è chiaro che, come i fili di coppie differenti presentano una capacità reciproca, così anche i fili della medesima coppia devono possedere una certa capacità. Per esempio, nel caso di una linea aerea costituita da fili di bronzo da 3 mm, disposta nel modo consueto, si hanno i seguenti valori:

induttanza per km	2 mH
capacità per km	6000 pF.

Dovendo inoltrare nella linea delle correnti alternate, l'induttanza è particolarmente importante. Viene ora però un'osservazione fondamentale. La resistenza del filo e l'isolamento possono essere variati l'uno indipendentemente dall'altra, in modo da ottenere dei valori favorevoli: quindi piccola resistenza ed elevato isolamento. Con l'induttanza, che, in un certo senso, aumenta la resistenza del filo, per la corrente alternata, e con la capacità, che sta in parallelo all'isolamento e lo peggiora, ciò purtroppo non si può fare. È sì possibile aumentare a piacimento tanto l'induttanza che la capacità, ma non è invece possibile diminuire entrambe queste grandezze sotto un certo limite. Se infatti si riduce l'induttanza sotto un determinato valore, aumenta la capacità, e viceversa.

Per giudicare le proprietà delle linee dobbiamo quindi tener conto di questi valori.

### L'impedenza caratteristica

Le linee si caratterizzano, generalmente, non per mezzo di valori d'induttanza e di capacità, bensì mediante una nuova grandezza dedotta da queste due, la cosiddetta « impedenza caratteristica ». Supponendo di avere dei buoni valori di resistenza del filo e di isolamento, l'impedenza caratteristica si esprime con la formula seguente, valida nel campo di frequenza attorno ai 1000 Hz, particolarmente importante per la trasmissione della parola:

$$\text{Impedenza caratteristica} = \sqrt{\frac{\text{Induttanza/km}}{\text{Capacità/km}}} \quad \text{Formula (60)}$$

L'impedenza caratteristica della linea sopra menzionata, che possiede 2 mH/km e 6000 pF/km è quindi:

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-3}}{6000 \cdot 10^{-12}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^{-12} \cdot 10^3}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^{-9}}} = \sqrt{\frac{2}{6}} \cdot 10^6 = 10^3 \cdot \sqrt{\frac{1}{3}} = 576 \text{ ohm.}$$

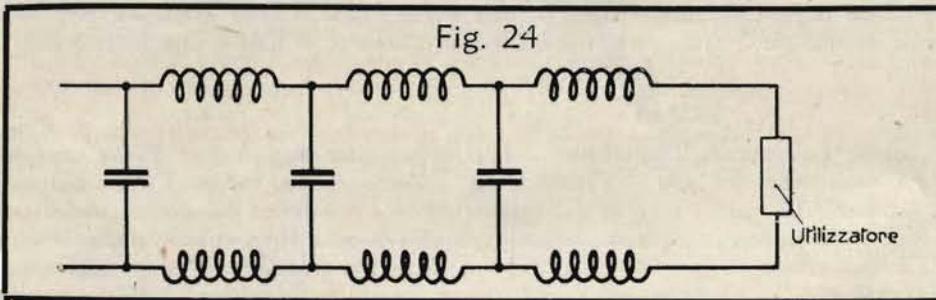
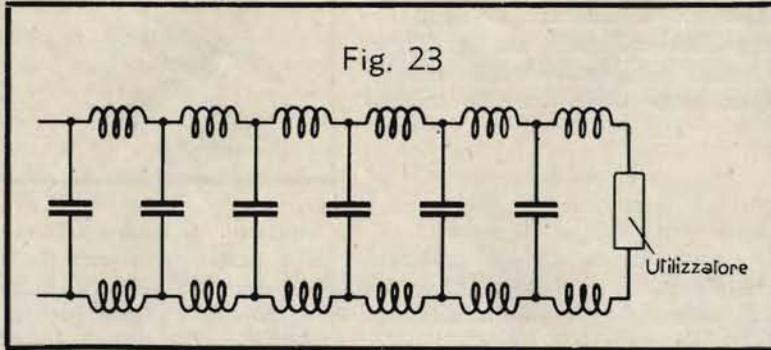
Come vedete, l'impedenza caratteristica si misura in ohm. Notate e ricordate un fatto importante:

■ L'impedenza caratteristica di una linea è indipendente dalla sua lunghezza. ■

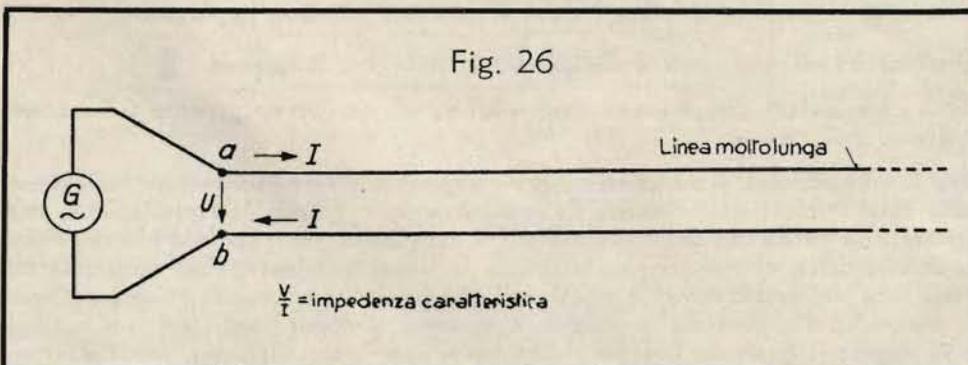
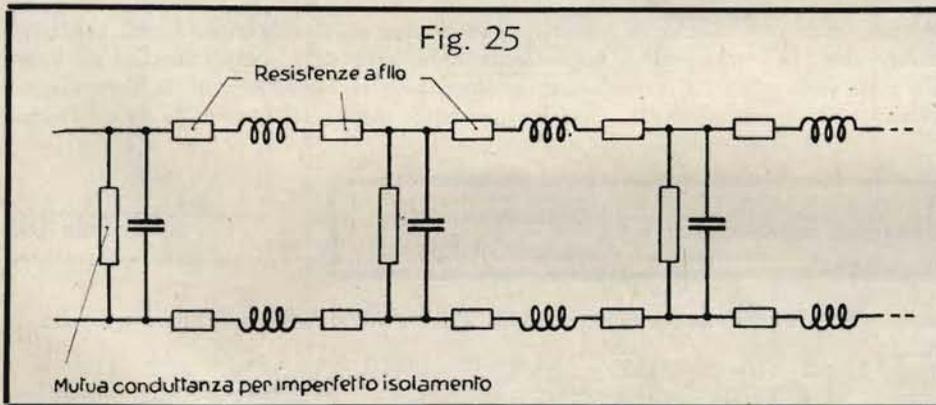
La formula (60) vi dà la possibilità di calcolare l'impedenza caratteristica, ma non ve ne procura un concetto preciso. Vedremo di fornirvelo presto noi stessi.

Se all'estremità di una lunga linea si allacciano dei consumatori, come apparecchi telefonici oppure relè, dotati di differenti resistenze, si farà una constatazione interessante. La trasmissione, e quindi la riproduzione, raggiungono la massima intensità, quando la resistenza del consumatore si avvicina il più possibile al valore dell'impedenza caratteristica. Le onde elettriche, che si propagano lungo la linea, vengono quindi utilizzate nel migliore dei modi, quando la resistenza del consumatore è uguale all'impedenza caratteristica. Comprenderete così perchè sia tanto importante conoscere l'impedenza caratteristica quando si vuole realizzare un collegamento con una lunga linea. Non vi stupirà il fatto che la linea debba avere una certa lunghezza, per dimostrare gli effetti che si manifestano quando la resistenza del consumatore differisce dall'impedenza caratteristica.

Abbiamo già insistito sul fatto che, essenzialmente, si manifestano soltanto l'impedenza e la capacità. Queste raggiungono d'altronde dei valori notevoli soltanto nelle linee di sufficiente lunghezza. Nelle comunicazioni a distanza, in telefonia e telegrafia, queste lunghezze sono sempre superate. È poi chiaro che l'influenza della capacità e dell'impedenza dev'essere maggiore alle frequenze più elevate. Si sa infatti che la reattanza induttiva e la suscettanza capacitiva crescono proporzionalmente alla frequenza. Se avete seguito con attenzione le nostre spiegazioni, comprenderete senza difficoltà lo schema equivalente della linea di telecomunicazione (figura 23).



nea, tanto facile da rappresentare in un modo ben più semplice. Eppure c'è un solo metodo per farvi comprendere completamente le proprietà di una linea di telecomunicazione; ed è quello di mettervi chiaramente sotto gli occhi, negli schemi equivalenti, le capacità e le induttanze cui abbiamo dianzi accennato.



La capacità tra i fili viene rappresentata con dei condensatori; l'induttanza dei fili con delle bobine. Dobbiamo considerare però che ogni pezzettino di filo contribuisce, nel suo posto, alla formazione della capacità e dell'induttanza, per la qual cosa le bobine e i condensatori vanno immaginati suddivisi finemente o distribuiti lungo la linea.

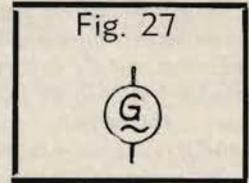
Accontentandoci semplicemente di una stima approssimativa del comportamento della linea, basta una suddivisione relativamente grossolana (fig. 24).

Vi vogliamo pure mostrare come si rappresenta la resistenza del filo nello schema equivalente e in qual modo si manifesti il cattivo isolamento della linea (fig. 25).

La resistenza ohmica del filo compare in serie all'induttanza delle bobine, mentre la conduttanza d'isolamento si trova in parallelo ai condensatori. Sarete forse un po' turbato alla vista del complicatissimo schema della fig. 25, che dovrebbe sostituire una linea, tanto facile da rappresentare in un modo ben più semplice. Eppure c'è un solo metodo per farvi comprendere completamente le proprietà di una linea di telecomunicazione; ed è quello di mettervi chiaramente sotto gli occhi, negli schemi equivalenti, le capacità e le induttanze cui abbiamo dianzi accennato.

Possiamo fornirvi ora un'altra interpretazione dell'impedenza caratteristica. Questa risulta infatti come quoziente tra la tensione e la corrente misurate all'entrata di una linea molto lunga (fig. 26); equivale, in altre parole, all'impedenza d'entrata di questa linea. In conformità ai ragionamenti teorici che portano alla definizione dell'impedenza caratteristica, la lunghezza della linea dovrebbe essere infinita; in pratica basta però un valore finito, più o meno grande, a seconda della resistenza dei fili. La lunghezza sufficiente, perchè la resistenza d'entrata equivalga all'impedenza caratteristica, è quella per cui il quoziente  $\frac{V}{I}$ , misurato all'inizio della linea, non varia più, indipendentemente dal valore della resistenza allacciata in fondo alla linea, grande o piccola che sia. Dapprima troverete

ciò assai strano, poichè l'intensità di corrente dovrebbe logicamente dipendere dal valore della resistenza di consumo. Osservando però la fig. 25 comprenderete che la corrente  $I$  non attraversa la linea in tutta la sua lunghezza, ma ritorna, a poco per volta, alla sorgente, passando attraverso ai condensatori. Ricordiamo in proposito che il simbolo della fig. 27 rappresenta un *generatore di corrente alternata*. Le frecce segnate nella fig. 26 sono giustificate anche trattandosi di corrente alternata, in quanto si considera un determinato istante, nel quale il punto  $a$  è positivo rispetto al punto  $b$ , e quindi la corrente scorre nel senso indicato.



C'è poi un'altra proprietà importante. Quando all'estremità di una linea è allacciata una resistenza uguale all'impedenza caratteristica della linea, l'*impedenza d'entrata*, che ci interessa conoscere, perchè determina l'intensità della corrente prelevata dalla sorgente, è di nuovo uguale all'*impedenza caratteristica*. Ciò significa, in altre parole, che chiudendo una linea con la sua *impedenza caratteristica*, l'*impedenza d'entrata* diventa *indipendente dalla lunghezza della linea*. Questo risultato è sorprendente. La sorgente eroga sempre la medesima corrente, senza riguardo alla lunghezza della linea che la collega al consumatore.

Non dovete però attendervi che, in fondo ad una linea molto lunga, si abbia ancora la medesima intensità di corrente, come dopo una linea breve. Il valore della *tensione agente sul consumatore*, riferita al valore della *tensione all'inizio della linea*, diminuisce quanto più la linea è lunga, a causa dell'*induttanza* e delle *resistenze* che si trovano in serie (fig. 25). Analogamente, l'*intensità di corrente* diminuisce, man mano che ci si avvicina alla fine della linea, a causa della *capacità* e delle *resistenze d'isolamento*, che si trovano in parallelo. L'importanza della *chiusura della linea con l'impedenza caratteristica* consiste, in primo luogo, *nel rendere la corrente e la tensione all'inizio indipendenti dalla lunghezza della linea e*, come conseguenza più importante ancora, *indipendenti anche dalla frequenza*.

Un esempio rinsalderà le cognizioni ora acquisite. Consideriamo ancora la nostra *linea aerea* con 576 ohm di *impedenza caratteristica*. Se poniamo in fondo alla linea un utilizzatore, p. es. un relè, con un'*impedenza* di 576 ohm, la sorgente (che supponiamo dotata di una *resistenza interna* di 200 ohm e di una *tensione a vuoto* di 15 volt erogherà una corrente pari a  $I = \frac{15}{576 + 200} = \frac{15}{776} \approx 0,01935 \text{ A} = 19,35 \text{ mA}$

Siamo quindi in grado di calcolare, per un importante caso della pratica, la *corrente di entrata della linea*. Si parla, in questo caso speciale, di « *adattamento della linea* ».

Ripetiamo, comunque, che non possiamo per ora dir nulla in merito alla *corrente* ed alla *tensione al termine della linea*, lunga o breve che sia. Questo argomento verrà affrontato in un Capitolo successivo. Ad ogni modo, il concetto dell'*impedenza caratteristica* e quello strettamente connesso dell'*adattamento della linea* hanno allargato fundamentalmente le nostre conoscenze sulle trasmissioni a distanza. Constatereete con soddisfazione che siete ormai in grado di seguire molto meglio i discorsi, apparentemente misteriosi, dei tecnici delle telecomunicazioni.

### Domande

1. Che cos'è la diafonia?
2. Qual è il materiale più usato per la costruzione delle linee aeree di telecomunicazione?
3. Perchè si procede al continuo incrocio delle linee aeree?
4. Che significa « *adattamento di una linea* »?

### Risposte alle domande di pag. 15

1. Le parti principali del ricevitore ad amplificazione diretta sono: il circuito oscillante di sintonia, l'amplificatore d'*AF*, il rivelatore, l'amplificatore di *BF* e l'altoparlante.
2. Un ricevitore a due circuiti è un apparecchio radio con due circuiti di sintonia.
3. Il trasmettitore ausiliario della supereterodina si chiama « *oscillatore* ».
4. Dato che  $FO - FE = MF$ , si ottiene:  $FE = FO - MF = 1002 - 473 = 529 \text{ kHz}$ .
5. La media frequenza della supereterodina è situata nel mezzo, tra la *BF* e l'*AF* delle onde medie e corte; da ciò deriva il suo nome.
6. Si chiama « *padding* » un condensatore inserito in serie al variabile per la sintonia dell'oscillatore. Esso consente di ottenere l'allineamento dei circuiti, approssimato ma sufficiente.

### Risposte alle domande di questa pagina

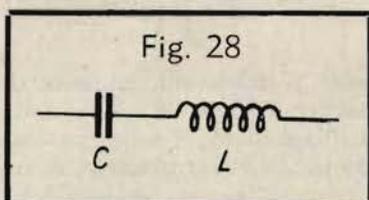
1. La diafonia è un disturbo che si manifesta in telefonia. Consiste in un'influenza reciproca tra linee telegrafiche distese parallelamente, per cui la conversazione in corso attraverso una linea può essere intesa anche nell'altra linea.
2. Le linee aeree sono costituite generalmente da filo di rame o di bronzo da 3 mm.
3. L'incrocio dei fili delle linee aeree serve a mantenere la diafonia entro limiti ristretti.
4. Si chiama « *adattamento ad una linea* » l'allacciamento di un consumatore che abbia un'impedenza pari all'impedenza caratteristica della linea.

## ELETTROTECNICA GENERALE

### CIRCUITI CON INDUTTANZA E CAPACITÀ

Dopo il collegamento in serie e in parallelo, nonché quello misto, avete conosciuto anche il collegamento di resistenze ohmiche, assieme ad induttanze o a condensatori. Ricordiamo, a questo proposito, i triangoli che permettono di determinare l'impedenza e l'ammettanza (Dispense NN. 13 e 16). Dai triangoli si può ricavare anche l'angolo di fase tra la tensione e la corrente, in un dato complesso di resistenze e reattanze. Il particolare caratteristico di questi triangoli era l'angolo retto incluso tra i segmenti rappresentanti le resistenze e quelli rappresentanti le reattanze, a immagine dello sfasamento di  $90^\circ$  esistente nelle reattanze tra la tensione e la corrente.

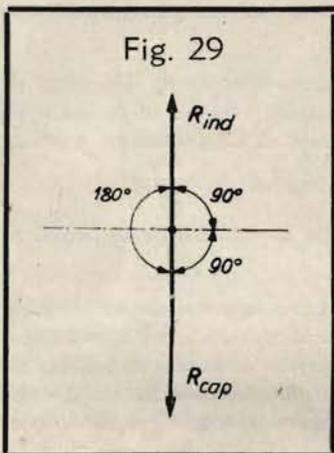
#### Collegamento in serie di induttanze e capacità



Benchè soprattutto le induttanze non siano mai completamente esenti da resistenza ohmica, supporremo che il collegamento in serie di induttanze e di capacità sia possibile, per poter svolgere dei ragionamenti di principio. Prendiamo dunque un'induttanza pura  $L$  e colleghiamola in serie con una capacità pura  $C$ , come si vede nella fig. 28. Calcoliamo dapprima le reattanze delle singole componenti, nel modo che abbiamo già appreso. Troviamo dunque:

$$R_{ind} = \omega L \quad \text{e} \quad R_{cap} = \frac{1}{\omega C}$$

Nel collegamento in serie delle resistenze attive, i valori ohmici vanno semplicemente sommati tra loro. Anche nel collegamento in serie di due induttanze o di due capacità, il procedimento è identico.



Resistenze (o reattanze) del medesimo genere vanno semplicemente addizionate.

Nel collegamento in serie delle resistenze attive e di quelle reattive (reattanze) bisogna badare invece all'angolo di fase di  $90^\circ$ . Ed ecco che abbiamo la soluzione del problema. Nelle reattanze capacitive la corrente precede la tensione di  $90^\circ$ , in quelle induttive, invece, la segue di  $90^\circ$ . Nell'incontro dell'induttanza con la capacità abbiamo quindi due volte l'angolo di  $90^\circ$ .

Dalla fig. 29, nella quale le frecce distinguono la direzione dei segmenti rappresentanti le due reattanze, risulta che due volte l'angolo di  $90^\circ$  dà  $180^\circ$ , quindi la direzione opposta. Abbiamo così questo risultato singolare: Nel collegamento in serie di induttanze e di capacità, si ottiene la reattanza complessiva (fig. 30) facendo la differenza delle singole reattanze. Sotto forma di equazione, abbiamo:

$$R_{tot} = R_{ind} - R_{cap}, \quad \text{oppure:} \quad R_{tot} = R_{cap} - R_{ind}.$$

Secondo che sia maggiore la reattanza capacitiva oppure quella induttiva, la reattanza risultante sarà capacitiva o induttiva. Nell'esempio della fig. 30,  $R_{cap}$  è più grande di  $R_{ind}$ ; di conseguenza la reattanza complessiva  $R_{tot}$  risulta capacitiva.

In questo caso l'effetto dell'induttanza consiste nel diminuire la reattanza capacitiva  $R_{tot}$  nei confronti di  $R_{cap}$ . Si ha così una reciproca compensazione delle due reattanze.

Vedete subito dalle figure 29 e 30 che quando  $R_{ind}$  e  $R_{cap}$  sono uguali si ha una compensazione completa, ottenendo quindi  $R_{tot} = 0$ . Come risultato del collegamento in serie di una reattanza induttiva con un'uguale reattanza capacitiva, si ottiene dunque una reattanza nulla. Vogliamo notare questo risultato sotto forma di equazione:

$$R_{ind} - R_{cap} = 0 \quad R_{ind} = R_{cap}$$

Inseriamo i valori di  $R_{ind}$  e  $R_{cap}$  e otteniamo:  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$

Supponiamo di avere il collegamento della fig. 28, chiamato, per la ragione che vedremo subito, « circuito di risonanza in serie ». È chiaro che si può sempre ottenere  $R_{cap}$  maggiore di  $R_{ind}$ ; basta infatti scegliere una frequenza sufficientemente bassa. Aumentando la

frequenza,  $R_{cap}$ , com'è noto, diminuisce, mentre  $R_{ind}$  aumenta. Le due reattanze si avvicinano sempre più, finchè, a una determinata frequenza, sono uguali.

Questa frequenza si ricava dall'equazione  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ . Risolvendo l'equazione rispetto all'incognita  $\omega$  (Dispensa N. 8), si ottiene:

$$\omega^2 L = \frac{1}{C}; \quad \omega^2 = \frac{1}{LC}; \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}};$$

e poichè  $\omega = 2\pi f$ , abbiamo l'interessante frequenza:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Questa non è altro che la formula (40), riportata nella Dispensa N. 11. Ritroveremo questo singolare risultato an-

che nel collegamento in parallelo dell'induttanza e della capacità; si tratta della cosiddetta « formula oscillatoria di Thomson ».

### Esempio:

Calcoliamo, a titolo d'esempio, la *reattanza complessiva* del collegamento in serie di una capacità da 200 pF con un'induttanza da 0,2 mH, a differenti frequenze.

Calcoliamo dapprima la *frequenza per la quale la reattanza induttiva e quella capacitiva si compensano*. Questa frequenza è chiamata « *frequenza di risonanza* ». Nel nostro caso abbiamo:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 10^{-12}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{2 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{-10}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{4 \cdot 10^{-14}}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot 2 \cdot 10^{-7}} = \frac{10^7}{4\pi} = \frac{10^7}{12,56} = 796 \text{ kHz.}$$

È dunque una *frequenza della gamma delle onde medie*, per la quale la reattanza del nostro circuito di risonanza diviene nulla.

Calcoliamo ora i valori per una *frequenza più bassa*, per esempio 100 kHz. Si ottiene

$$R_{\text{ind}} = 2\pi \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} = 2\pi \cdot 20 = 40\pi = 125,6 \text{ ohm.}$$

$$R_{\text{cap}} = \frac{1}{2\pi \cdot 10^5 \cdot 200 \cdot 10^{-12}} = \frac{1}{2\pi \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-10}} = \frac{1}{4\pi \cdot 10^{-5}} = \frac{10^5}{4\pi} ; R_{\text{cap}} = 7960 \text{ ohm.}$$

Come vedete, l'effetto dell'induttanza alla frequenza di 100 kHz è minimo, per la qual cosa la reattanza complessiva  $R_{\text{tot}} = 7960 - 125,6 = 7834,4$  ohm differisce solo di poco da  $R_{\text{cap}}$ . A sufficiente distanza dalla frequenza di risonanza, la compensazione non è quindi più efficace. Consideriamo ora una frequenza più elevata di quella di risonanza, p. es. 2 MHz.

$$R_{\text{ind}} = 2\pi \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} = 8\pi \cdot 10^6 \cdot 10^{-4} = 800\pi = 2512 \text{ ohm.}$$

$$R_{\text{cap}} = \frac{1}{2\pi \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{-10}} = \frac{1}{8\pi \cdot 10^{-4}} = \frac{10^4}{8\pi} = 398 \text{ ohm.}$$

Al di sopra della *frequenza di risonanza* è quindi preponderante la *componente induttiva*; la reattanza complessiva diventa nel nostro esempio:

$$R_{\text{tot}} = 2512 - 398 = 2114 \text{ ohm.}$$

I nostri risultati vanno interpretati nel seguente modo:

*Alle frequenze basse il circuito in serie si comporta come una reattanza capacitiva e la corrente precede la tensione. Alle frequenze alte, invece, rimane una reattanza induttiva e la corrente segue la tensione.*

### Il circuito di risonanza in serie con perdite

Se consideriamo il *condensatore* privo di perdite, ma teniamo conto della resistenza ohmica della *bobina*, ci avviciniamo abbastanza bene ai casi pratici.

La fig. 31 rappresenta lo schema equivalente della *bobina L*, con la *resistenza  $R_L$*  in serie. La *capacità* inserita in serie (fig. 32) permette di compensare la reattanza induttiva, ma non la resistenza attiva. Alla frequenza di risonanza, che si calcola sempre secondo la formula di Thomson, la reattanza capacitiva e induttiva si eliminano, ma rimane la *resistenza di perdita  $R_L$*  della bobina, che costituisce l'*impedenza minima* di tutto il complesso.

Ricordiamo quindi: *Il collegamento in serie di un'induttanza e di una capacità possiede, quando le reattanze si compensano, una piccola resistenza, pari alla resistenza ohmica della bobina.*

Il *circuito di risonanza in serie* assorbe, per così dire, tutte le correnti che abbiano una frequenza uguale a quella di risonanza, impedendo così che esse si manifestino nelle parti situate in parallelo.

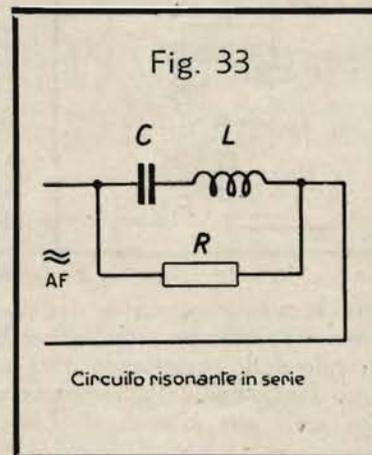
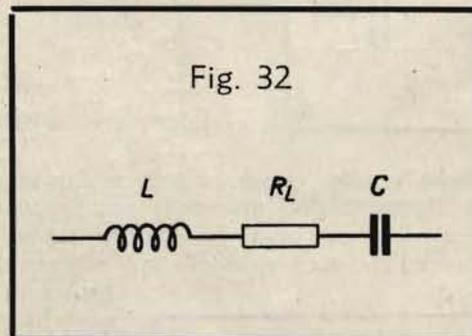
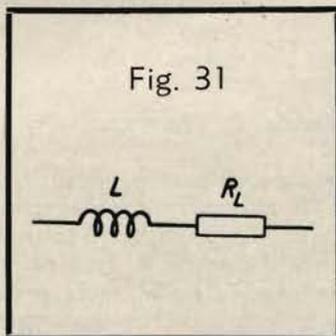
Con la disposizione di fig. 33, quando la frequenza corrisponde alla risonanza:

$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ , attraverso alla resistenza in parallelo R, non passa praticamente alcuna corrente.

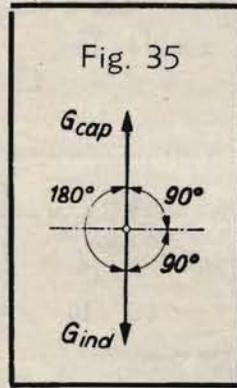
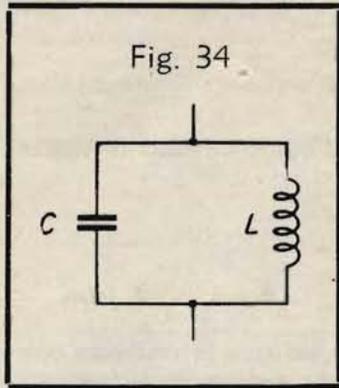
Tutta la corrente passa allora attraverso il *circuito di risonanza in serie*. Quest'effetto viene sfruttato a volte nei ricevitori radio di fabbricazione industriale e ne ripareremo al momento opportuno.

### Collegamento in parallelo di induttanze e capacità

Consideriamo finalmente da vicino il *circuito oscillante in parallelo*, di cui



abbiamo già sovente fatto uso. Trascuriamo dapprima anche qui le perdite provocate dalle resistenze ohmiche. Abbiamo quindi lo schema della fig. 34. Ricordiamo subito che, nei collegamenti in parallelo, è sempre conveniente basarsi sulle *conduttanze* anzichè sulle resistenze. Come nei calcoli eseguiti per il collegamento in serie, anche qui possiamo semplicemente *sommare le conduttanze*, attive o reattive che siano, di *elementi del medesimo genere (resistenze ohmiche, induttanze o capacità) collegati in parallelo*. L'unione di conduttanze attive e reattive (susceptanze) ci conduce di nuovo al *triangolo rettangolo*, che, col suo angolo retto, misura lo sfasamento di  $90^\circ$  esistente tra la corrente e la tensione nella susceptanza.



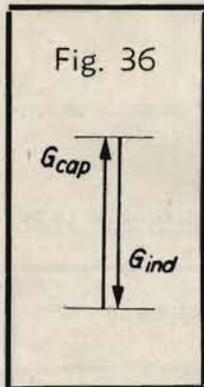
Dopo le nostre riflessioni sul collegamento in serie, siamo ormai pratici di queste considerazioni e sappiamo quindi che, per le *susceptanze*, come prima per le *reattanze*, abbiamo un *angolo di fase capacitivo di  $90^\circ$*  ed un *angolo induttivo pure di  $90^\circ$* , quindi complessivamente ancora  $180^\circ$ , come si vede nella fig. 35. Ciò significa che, nel *collegamento in parallelo di induttanze e capacità, le susceptanze si sottraggono l'una dall'altra*.

La *susceptanza complessiva* è quindi:

$$G_{tot} = G_{cap} - G_{ind}; \text{ oppure: } G_{tot} = G_{ind} - G_{cap}, \text{ a seconda della susceptanza che era maggiore.}$$

Come nel collegamento in serie avviene la compensazione delle *reattanze*, così nel collegamento in parallelo si ottiene la compensazione delle *susceptanze* o *conduttanze reattive*.

Nel caso che le due susceptanze si annullino completamente, deve essere  $G_{cap} - G_{ind} = 0$ . Se quindi la *susceptanza* diventa zero, bisogna che il suo reciproco, che è la *reattanza*, divenga *assai grande*, nel caso limite teorico addirittura infinita. Voi indovinate già che questo crescere a dismisura della reattanza dipende dalla frequenza, poichè questa era infatti la particolarità del *circuito oscillante in parallelo*. Il calcolo confermerà infatti anche questo risultato. A questo scopo introduciamo nuovamente le relazioni che esprimono le susceptanze e svolgiamo gli stessi ragionamenti, come nel caso del *circuito in serie*, ma per le *susceptanze*, invece che per le *reattanze*. Come sapete:



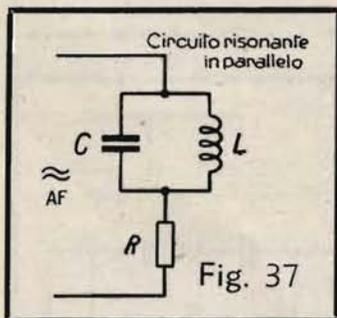
$$G_{cap} = \frac{1}{R_{cap}} = \omega C ; G_{ind} = \frac{1}{R_{ind}} = \frac{1}{\omega L}$$

Cominciamo col caso di una frequenza bassa; la corrente passa quasi completamente attraverso l'induttanza e la compensazione dovuta alla capacità è ancora quasi impercettibile. La *susceptanza capacitiva* aumenta con la frequenza, mentre quella *induttiva* diminuisce, finchè, a una determinata frequenza, che possiamo senz'altro chiamare « *frequenza di risonanza* », si ha la compensazione completa (fig. 36). Le due frecce sono uguali e contrarie; ciò che significa che la *susceptanza complessiva* si annulla. Col calcolo si ricava:

$$\omega C - \frac{1}{\omega L} = 0; \quad \omega C = \frac{1}{\omega L}; \quad \omega^2 C = \frac{1}{L}; \quad \omega^2 = \frac{1}{LC}$$

$$\text{e quindi ancora la formula di Thomson: } \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \text{ ossia: } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Come vedete, questi calcoli confermano quanto abbiamo esposto nella Dispensa N. 11 in merito al circuito oscillante. Siamo pervenuti alla *frequenza di risonanza* dopo aver seguito fino in fondo l'esigenza della compensazione completa. La compensazione completa fa scomparire tutte le susceptanze o conduttanze reattive, il che spiega l'elevata resistenza che si ottiene, quando il circuito è accordato sulla *frequenza di risonanza*. A questo proposito non cambia nulla, se la risonanza viene ottenuta variando la frequenza in un circuito con  $L$  e  $C$  costanti, oppure se si procede come nella radio, variando il valore del condensatore (*variabile*), a frequenza costante.



Il *circuito di risonanza in parallelo* può servire per *bloccare* le correnti di una determinata frequenza. Nella fig. 37, la resistenza del circuito in parallelo alla fre-

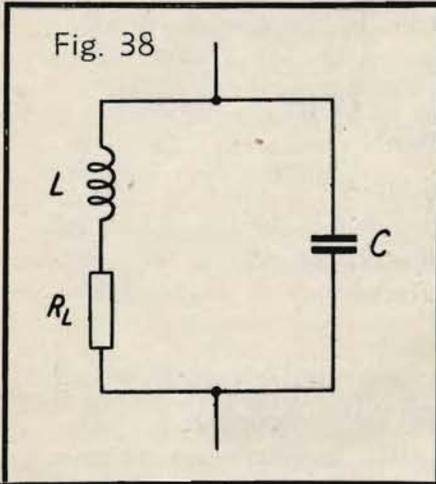
quenza  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  è tanto elevata, che il passaggio della corrente attraverso

alla resistenza  $R$  viene impedito; abbiamo così un risultato analogo a quello ottenuto col *circuito di risonanza in serie* della fig. 33. A tutta prima è sorprendente che circuiti di risonanza in serie ed in parallelo, costituiti dai medesimi elementi  $L$  e  $C$ , presentino la risonanza alla medesima frequenza, benchè la resistenza del primo sia piccolissima, quella del secondo elevatissima.

Analizzando le premesse dei due circuiti di risonanza, la cosa si spiega. In ciascun caso abbiamo supposto l'esistenza di *reattanze pure*, prive di perdite. Nel primo caso abbiamo postulato l'eguaglianza delle reattanze, nel secondo delle susceptanze. Ora è ovvio che, se sono uguali le reattanze, sono pure uguali le susceptanze. Pertanto l'esigenza della compensazione, sia delle reattanze che delle susceptanze, porta sempre al medesimo risultato, ossia alla *formula di Thomson*.

### Il circuito di risonanza in parallelo con perdite

In tale circuito le condizioni non sono, purtroppo, così semplici come nel *circuito di risonanza in serie*. Il *condensatore* può essere considerato anche qui *privo di resistenza ohmica* e si perviene così allo *schema equivalente* della fig. 38.

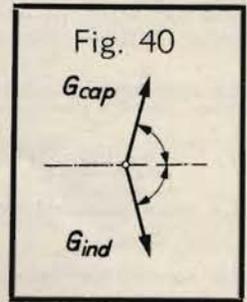
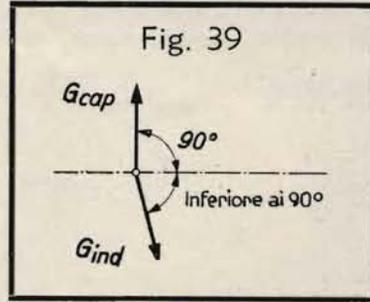


La resistenza del filo della bobina è rappresentata dalla *resistenza*  $R_L$ , in serie all'induttanza  $L$ .

Prima di procedere facciamo un'importante osservazione:

« Non è possibile compensare le resistenze ohmiche ».

L'angolo di fase tra la corrente e la tensione nel ramo della bobina (figura 38) è minore di  $90^\circ$ , a causa della resistenza ohmica contenuta in questo ramo. Il *condensatore* presenta invece uno sfasamento che corrisponde con sufficiente precisione a  $90^\circ$ . L'angolo complessivo è però inferiore a  $180^\circ$ , per la qual cosa la *compensazione completa* non è più rea-



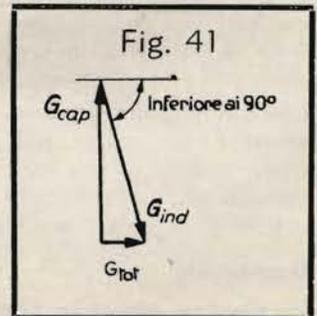
lizzabile, come risulta dalla fig. 39. Non essendoci una direzione opposta, la *conduttanza apparente* (*ammettanza*) *complessiva* non può annullarsi completamente.

Badate poi di non cadere in un facile ragionamento sbagliato. A tutta prima può infatti sembrare che, per avere la *compensazione totale*, il *condensatore* debba contenere tanta resistenza, da ottenere lo stesso *angolo di fase*, come nel ramo della bobina. Ma la fig. 40 dimostra che nemmeno in questo caso si avrebbe la direzione opposta necessaria per la *compensazione*.

### La resistenza di risonanza

Se l'*ammettanza complessiva*, ottenuta col triangolo della fig. 41, non è esattamente zero, anche l'*impedenza* non è, naturalmente, infinita. Dato che le *resistenze di perdita* non si possono mai evitare completamente, abbiamo sempre parlato prudentemente di *resistenze elevate*, oppure di *conduttanze basse*, che si ottengono alla risonanza del circuito in parallelo.

Aumentando la resistenza  $R_L$  in rapporto all'induttanza  $L$ , l'*ammettanza complessiva*  $G_{tot}$  aumenta, perchè l'angolo di fase, nel ramo della bobina, diventa sempre più piccolo (fig. 39). Nel caso della *risonanza*, cioè quando le suscettanze capacitiva e induttiva sono uguali, l'*ammettanza complessiva* è *attiva* (fig. 41) ed è quindi una *conduttanza*. Si parla perciò di *resistenza* (e non di *impedenza*) di *risonanza*. Per avere un'elevata *resistenza di risonanza*, bisogna dunque (sembra un paradosso) avere una *piccola resistenza*  $R_L$ , soprattutto se confrontata con l'induttanza  $L$ . Bisogna avere quindi una *forte induttanza*  $L$ , ossia una *piccola suscettanza induttiva* e, di conseguenza, per compensare quest'ultima, anche una *piccola suscettanza capacitiva*. Come risulta dalla formula  $G_{cap} = \omega C$ , facendo  $C$  più piccolo, la suscettanza capacitiva diminuisce. Per avere un'elevata *resistenza di risonanza*, bisogna quindi che anche la capacità  $C$  sia *piccola*. La formula (61), assai semplice da scrivere, esprime il valore della *resistenza di risonanza*  $R_{ris}$ , che tiene conto delle relazioni sopra espresse:



$$R_{ris} = \frac{L}{C \cdot R_L} \quad \dots \dots \dots \text{Formula (61)}$$

Questa semplice formula vale solo, in quanto le perdite (e quindi  $R_L$ ) siano *relativamente piccole*. Fortunatamente, questa esigenza è sempre soddisfatta nella tecnica delle *AF*. Si noti il fatto importante che la *formula di Thomson per la determinazione della frequenza di risonanza vale anche in questo caso*. Il semplice esempio riportato qui di seguito contiene dei valori, che vanno considerati normali per la gamma delle onde medie, che è quella che più interessa.

### Esempio:

Calcoliamo la frequenza e la resistenza di risonanza per un condensatore da 200 pF ed una bobina da 0,2 mH con 10 ohm di resistenza ohmica. Per la *frequenza di risonanza* otteniamo il medesimo valore del nostro esem-

pio del *circuito in serie*, ossia:  $f = \frac{1}{2\pi \sqrt{0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 10^{-12}}} = 796 \text{ kHz}$ . La *resistenza di risonanza*, calcolata con la formula (61), diventa:  $R_{ris} = \frac{L}{R_L \cdot C} = \frac{0,2 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 200 \cdot 10^{-12}} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-9}} = \frac{1}{10^{-5}} = 10^5 \text{ Ohm}$

Da questo esempio vedete che la resistenza di risonanza dei circuiti oscillanti usati negli apparecchi radio si aggira generalmente sul valore di 100 kΩ. Poichè, come sapete, l'amplificazione dipende in misura elevata dal valore della resistenza anodica, vogliamo esaminare come varia l'ammettenza o, ciò che fa lo stesso, l'impedenza complessiva, quando il circuito non è accordato.

Quando la frequenza si allontana sensibilmente dalla risonanza, possiamo fortunatamente fare a meno di tener conto della resistenza di perdita. Consideriamo, come nell'esempio precedente, la frequenza di 100 kHz.

La suscettanza induttiva è allora:

$$G_{\text{ind}} = \frac{1}{R_{\text{ind}}} = \frac{1}{2 \pi \cdot 10^5 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3}}$$

$$G_{\text{ind}} = \frac{1}{125,6} = 7,96 \text{ mS}$$

La suscettanza capacitiva è:

$$G_{\text{cap}} = 2 \pi \cdot 10^5 \cdot 200 \cdot 10^{-12}$$

$$G_{\text{cap}} = 4 \pi \cdot 10^5 \cdot 10^{-10} = 4 \pi \cdot 10^{-5} = 0,1256 \text{ mS}$$

La suscettanza complessiva è:

$$G_{\text{tot}} = 7,96 - 0,1256 = 7,8344 \text{ mS}$$

Il valore reciproco ci dà la reattanza del complesso alla frequenza di 100 kHz:

$$R_{\text{tot}} = \frac{1}{G_{\text{tot}}} = \frac{1}{7,8344 \cdot 10^{-3}} = \frac{10^3}{7,8344} = 127,5 \text{ ohm}$$

Come vedete, questo valore è talmente piccolo in confronto a 100 kΩ, che a questa frequenza, usando il circuito di risonanza come impedenza anodica, l'amplificazione risulterebbe del tutto trascurabile.

Analoghe circostanze si hanno alle frequenze più elevate, per esempio a 2 MHz. In questo caso abbiamo:

$$G_{\text{ind}} = \frac{1}{R_{\text{ind}}} = \frac{1}{2512} = 0,398 \text{ mS} \quad G_{\text{cap}} = 2 \pi \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 200 \cdot 10^{-12} = 8 \pi \cdot 10^{-4} = 2,512 \text{ mS}$$

$G_{\text{tot}}$  è la differenza dei due valori:

$$G_{\text{tot}} = 2,512 - 0,398 = 2,114 \text{ mS, e quindi:}$$

$$R_{\text{tot}} = \frac{1}{G_{\text{tot}}} = \frac{1}{2,114 \cdot 10^{-3}} = 473 \text{ ohm}$$

Anche questo valore è molto piccolo rispetto a 100 kΩ.

Faremo infine un'osservazione interessante. Mentre nel circuito in serie, a frequenze inferiori a quella di risonanza, predomina la reattanza capacitiva, nel circuito in parallelo è invece maggiore la suscettanza induttiva. Pertanto nel circuito in serie la corrente precede la tensione, alle frequenze inferiori alla risonanza. Nel circuito in parallelo, invece, alle frequenze inferiori alla risonanza, la corrente segue la tensione. Alle frequenze superiori alla risonanza, tutte le condizioni si invertono.

Con queste considerazioni abbiamo dato, in un certo senso, delle basi teoriche ai nostri precedenti ragionamenti. Come vedete, nella tecnica dell'AF, per comprendere bene i fenomeni servono anche i calcoli. Il principale vantaggio per voi consiste però nel prendere familiarità con i valori che i vari elementi costitutivi del circuito oscillante presentano in pratica. Sarete così in grado di comprendere presto il funzionamento di un apparecchio radio, osservandone lo schema.

### Domande

1. Come è costituita l'impedenza complessiva del collegamento in serie di un'induttanza con una capacità?
2. Che cosa si ottiene con l'azione contraria delle reattanze capacitive e induttive?
3. Qual è il valore dell'impedenza complessiva di un circuito di risonanza in serie con perdite, in condizione di risonanza?
4. Come si calcola la frequenza di risonanza di un circuito di risonanza in parallelo a scarse perdite?
5. Da che dipende la resistenza di risonanza del circuito oscillante in parallelo a scarse perdite?
6. Calcolate la resistenza di risonanza di un circuito di risonanza in parallelo, con  $L = 0,15 \text{ mH}$ ,  $C = 400 \text{ pF}$  ed  $R_L = 8 \text{ ohm}$ .

## RADIOTECNICA

### DISTURBI E PROTEZIONE CONTRO GLI STESSI

Soprattutto agli inizi della radio, l'ascolto delle stazioni piuttosto distanti era, più o meno, questione di fortuna. Quando si riusciva ad ottenere una ricezione chiara, cominciarono improvvisamente nella cuffia o nell'altoparlante tali crepitii, da togliere completamente il gusto di ascoltare. Ben presto si studiarono scientificamente le cause dei disturbi e, una volta riconosciute, si poterono combattere. La tecnica dell'eliminazione dei disturbi è oggi un ramo importante e indipendente dalla radiotecnica, senza il quale tutto lo sviluppo della radio sarebbe stato impossibile.

### Le cause dei disturbi

Nella Dispensa N. 13, parlando della schermatura del cavo di discesa d'antenna, abbiamo accennato al fatto che

i disturbi partono da qualsiasi posto ove si formino delle *scintille*. Come si vede nella fig. 42, le più disparate apparecchiature elettriche possono divenire dei generatori di onde disturbatrici. Voi tutti conoscete inoltre, per esperienza, quella che è la più potente sorgente di disturbi.

I *fulmini*, che scoccano durante i temporali, non sono infatti altro che *scintille* particolarmente lunghe e potenti, i cui effetti si fanno percepire in una vasta cerchia. Mentre le altre cause di disturbi si possono combattere con relativa facilità, siamo purtroppo impotenti di fronte al fulmine. In questo caso è infatti impossibile l'applicazione di adeguate protezioni contro i disturbi, nel punto di formazione della scintilla.

Una perfida causa di disturbi è costituita dai cosiddetti « *contatti vacillanti* ». Dato il gran numero di *saldature* esistenti in un apparecchio radio, non si possono evitare completamente le cosiddette « *saldature fredde* ». Ogni *cattiva saldatura* costituisce infatti un *contatto*, che si apre o si chiude al più lieve scuotimento. Avrete certamente già osservato che certe radio, quando subiscono qualche lieve urto, producono degli orribili crepitii nell'altoparlante. La causa di questo fenomeno è costituita dai cattivi contatti nei quali, ad ogni urto, si formano delle *minuscole scintille* che provocano i fastidiosi disturbi.

Poichè le correnti che fluiscono all'interno dell'apparecchio sono tutte minuscole, anche le scintille sono piccolissime e non disturbano che il proprio apparecchio.

Non occorre che ci dilunghiamo a descrivere il modo di evitare i disturbi dovuti ai *cattivi contatti*; comunque il problema più difficile è sempre quello di trovare la *saldatura fredda*, causa del guaio.

### La propagazione dei disturbi

Come abbiamo spiegato nella Dispensa N. 13, i disturbi sono provocati da *onde delle più disparate lunghezze*. Per la propagazione di un'onda non basta, però, che ci sia un generatore o trasmettitore: occorre anche un'antenna.

Naturalmente nessuno penserà a dotare le sorgenti di disturbi di un'apposita antenna! L'onda si irradia infatti dal punto ove si forma il disturbo. La portata delle onde di disturbo rimane perciò relativamente limitata. Le onde di disturbo diminuiscono inoltre d'ampiezza man mano che si allontanano dall'origine (fig. 43). La diminuzione dell'ampiezza di un'onda, sia un'onda acustica, d'acqua, di luce o elettrica, si chiama « *smorzamento* », « *decremen-*

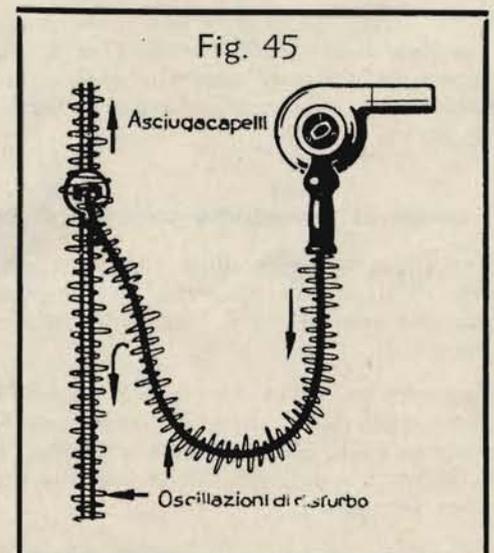
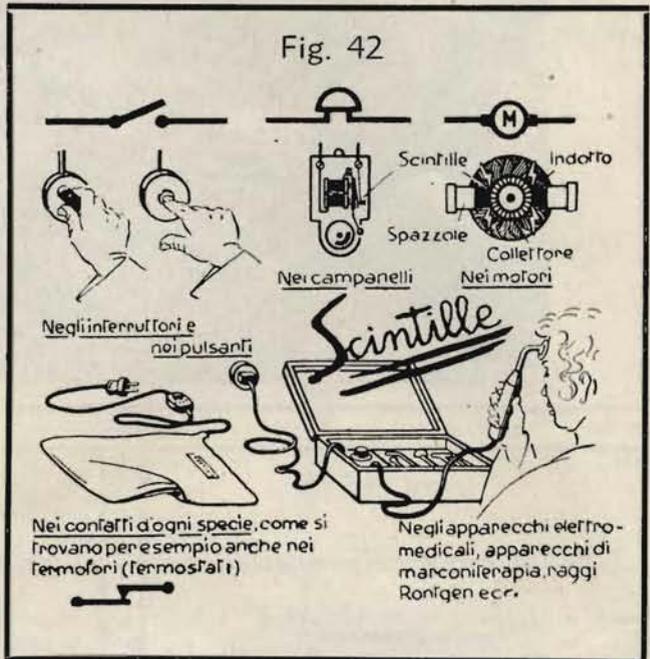
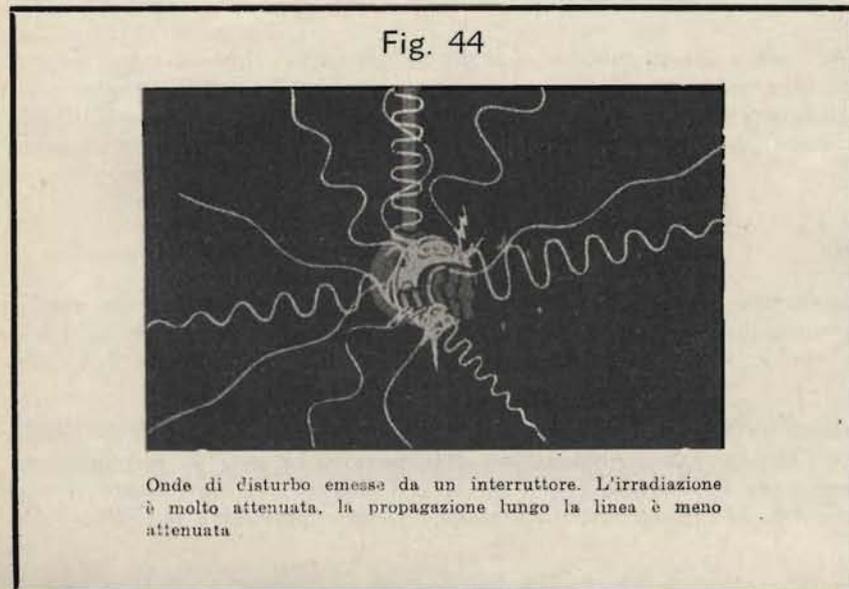
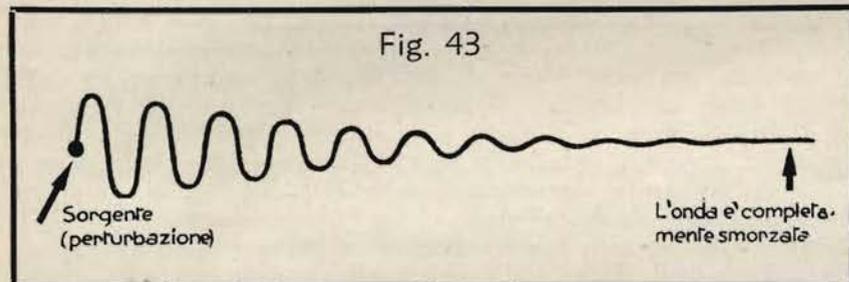


Fig. 46

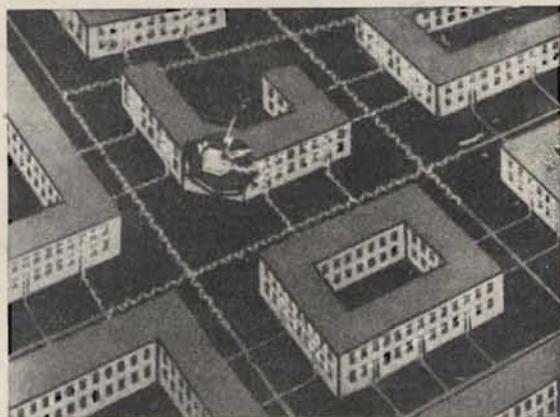


Fig. 47

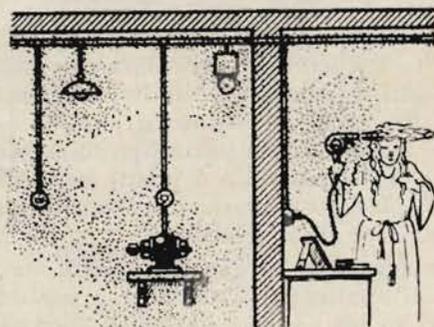
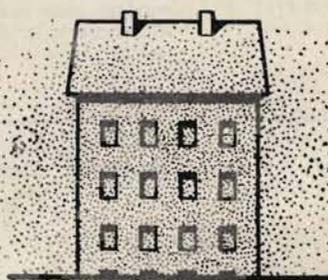


Fig. 48



Una casa dotata di impianti elettrici è circondata da una "nebbia di disturbi".

Fig. 49



L'antenna esterna si trova sopra la nebbia di disturbi

to » o anche « *attenuazione* ». Le onde di disturbo vengono quindi smorzate o attenuate abbastanza fortemente. Pensate un po' quanti ostacoli esse devono superare: case, tetti, muri, ecc. Nella fig. 44 si vede un comunissimo *interruttore della luce*. Ogni volta che esso viene azionato, diventa per

un istante un trasmettitore di disturbi. Delle onde smorzate delle più differenti lunghezze se ne dipartono per tutte le direzioni.

Notiamo però una particolarità. Le *onde di disturbo* si propagano infatti non solo nello spazio, ma, in modo speciale, e molto bene, *lungo i conduttori elettrici*. Come si vede nella fig. 44, l'attenuazione delle onde è molto minore nella linea che nello spazio libero. Ciò risulta chiaramente anche dalla fig. 45. Il cosiddetto « *asciugacapelli* » contiene un motorino universale, dotato di un collettore, ove si formano continuamente delle scintille. Soprattutto se le spazzole sono difettose, si ha un vero *fuoco* continuato e l'apparecchio si comporta come un fastidiosissimo trasmettitore di disturbi. Le *onde di disturbo* si propagano *lungo le linee elettriche d'illuminazione* e possono infestare così intere zone. La fig. 46 mostra come un solo disturbatore può danneggiare le radioaudizioni di tutto un quartiere.

Dopo queste spiegazioni non vi stupirete alla nostra affermazione che *le case e gli edifici sono immersi in una « nebbia di disturbi »* (figure 47 e 48). La città stessa (fig. 49) è coperta di questa nebbia, dalla quale sporgono solo le sommità più alte degli edifici ed è perciò che conviene usare le *antenne esterne*. Le *linee d'illuminazione* fungono anch'esse come *antenne emittenti di disturbi* ed influenzano così le antenne riceventi, specie se interne.

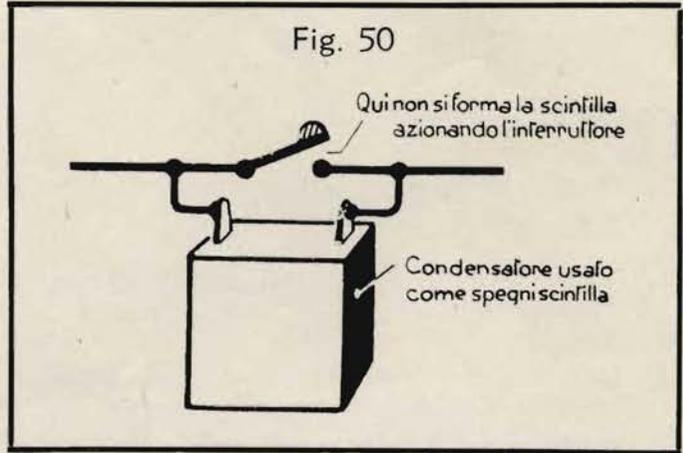
### I mezzi di protezione contro i disturbi

Purtroppo non è possibile eliminare completamente la *nebbia di disturbi*. Esistono però dei mezzi che, applicati all'origine dei disturbi, ne riducono l'intensità, al punto da eliminare la sensazione fastidiosa. È assai importante combattere i disturbi all'origine, perchè nell'apparecchio ricevente non è più possibile separarli dalle onde utili.

Pensiamo un po' in che modo si possano combattere le onde di disturbo. Intanto è ovvio che i mezzi di protezione applicati alle linee elettriche non devono impedire la propagazione dell'energia. Le reti di distribuzione portano quasi esclusivamente corrente di frequenza industriale (42 o 50 Hz). I disturbi si rinvencono invece nella gamma dell'*AF*. *L'eliminazione dei disturbi si riduce così al problema della separazione dell'alta dalla bassa frequenza.*

Conoscete ormai i mezzi adatti a questo scopo: *condensatori* e *bobine d'impedenza*. Il *condensatore* conduce tanto meglio, quanto più la frequenza diventa elevata. Inserito tra i due conduttori di una linea, *cortocircuita soprattutto le alte frequenze*. La *bobina d'impedenza* si comporta invece nel modo opposto. La sua reattanza cresce con la frequenza; *le frequenze elevate non riescono praticamente più a passare*. Una bobina d'impedenza, che costituisce un ostacolo trascurabile per le correnti a frequenza industriale, inserita in serie nella linea, può formare una barriera insormontabile per le *onde di disturbo ad AF*. Naturalmente la *massima efficacia* nella lotta contro i disturbi si avrà con la *combinazione dei due mezzi*. Nei casi difficili si inseriscono quindi dei *condensatori in parallelo* e delle *bobine in serie*.

C'è poi un'altra ragione per cui il *condensatore* ha la parte primaria nella tecnica della protezione contro i disturbi. La sorgente delle onde disturbatrici è sempre una scintilla o un arco, che può formarsi, per esempio, in un interruttore, nell'istante in cui le molle di contatto si allontanano. Collegando un condensatore ai contatti, esso rimane inserito in parallelo all'interruttore, dopo l'apertura di quest'ultimo (figura 50). Prima di aprire il contatto, il condensatore è scarico; dopo l'apertura, esso deve caricarsi e assorbe perciò una certa corrente, che incomincia relativamente intensa e ricade in breve tempo a zero. Potendo attraversare il condensatore, la corrente non si sogna nemmeno di formare un arco per passare da un contatto all'altro. D'altra parte, quando il condensatore è caricato e la corrente non lo può più attraversare, l'interruttore si è già aperto a una distanza sufficiente per rendere del tutto impossibile la formazione dell'arco. Il compito del cosiddetto « *condensatore spegniscintilla* », il quale però non spegne le scintille, ma ne impedisce semplicemente la formazione, consiste quindi nel *guadagnare il tempo occorrente ai contatti*, per allontanarsi fino a una distanza sufficiente perchè la tensione esistente non la possa superare. Questo tempo è d'altronde generalmente *inferiore al millesimo di secondo*.



Continueremo questo Capitolo nella prossima Dispensa, esponendo alcuni esempi pratici di protezione contro i disturbi.

### Risposte alle domande di pag. 24

1. L'impedenza complessiva di un collegamento in serie di induttanze e capacità è uguale alla differenza delle reattanze singole.
2. L'azione contrastante delle reattanze induttive e capacitive consente la loro compensazione.
3. L'impedenza complessiva di un circuito in serie con perdite, nella condizione di risonanza, è uguale alla resistenza ohmica della bobina.
4. La frequenza di risonanza di un circuito oscillante in parallelo a scarse perdite si calcola secondo la formula di Thomson:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

5. Quando le perdite sono relativamente basse, la resistenza di risonanza di un circuito oscillante in parallelo cresce col valore dell'induttanza  $L$  e diminuisce col crescere della resistenza di perdita  $R_L$  e della capacità  $C$ .

$$6. \text{ Si trova: } R_{\text{ris}} = \frac{L}{R_L \cdot C} = \frac{0,15 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 400 \cdot 10^{-12}} = \frac{0,15 \cdot 10^{-3}}{32 \cdot 10^{-10}} = \frac{0,15}{32 \cdot 10^{-7}} = \frac{0,15}{32} \cdot 10^7 = \frac{150 \cdot 10^4}{32} = 46\,875 \text{ ohm} = 46,875 \text{ k}\Omega.$$

### Domande per il capitolo «Disturbi e protezione contro gli stessi»

1. Qual è la causa della formazione di oscillazioni di disturbo?
2. Quali sono i mezzi usati per combattere i disturbi?

## Risposte alle domande di pag. 27

2. Per combattere i disturbi della radio si impiegano bobine e condensatori.
1. La formazione delle oscillazioni di disturbo è dovuta alle scintille provocate da apparecchi e macchine elettriche.

## COMPITI

1. Quali sono i vantaggi dell'amplificatore a filtro di banda nei confronti dell'amplificatore a semplice circuito oscillante a risonanza?
2. In quale relazione stanno tra loro le tensioni ai capi degli elementi di un filtro d'AF, composto da  $R = 6,5 \text{ k}\Omega$  e  $C = 0,05 \text{ }\mu\text{F}$ , alla frequenza di 250 kHz?
3. Quale dev'essere il rapporto di un trasformatore d'adattamento per altoparlante, se in quest'ultimo, che ha una resistenza di 5 ohm, si deve consumare una potenza di 2 watt, e se la massima corrente anodica alternata erogabile dalla valvola finale ammonta a 20 mA? Qual è il valore della tensione anodica alternata, trascurando le perdite del trasformatore?
4. Perché nei circuiti a controfase bisogna usare due valvole uguali?
5. Perché nel sistema Lorenz l'ancoretta non viene agganciata come nel sistema Siemens?
6. Perché un apparecchio a un solo circuito oscillante non può essere che un ricevitore ad amplificazione diretta?
7. Quali sono le alte frequenze in gioco nelle supereterodine, e quale relazione le lega?
8. Che cos'è l'impedenza caratteristica di una linea, e come si calcola con buona approssimazione?
9. In che modo si può mantenere entro limiti ristretti la diafonia?
10. Quale dev'essere la capacità di un circuito di risonanza in serie, per compensare un'induttanza di 0,25 mH alla frequenza di 400 kHz?
11. Calcolate la frequenza e la resistenza di risonanza di un circuito di risonanza in parallelo, con  $R_L = 8 \text{ ohm}$ ,  $L = 0,18 \text{ mH}$  e  $C = 250 \text{ pF}$ .
12. Perché il circuito di risonanza in parallelo, sopra la frequenza di risonanza, si comporta praticamente come un condensatore?
13. In che modo agisce il condensatore spagniscintilla?
14. Perché le bobine di protezione contro i disturbi devono essere inserite in serie nella linea?
15. Il condensatore in serie (padding) a un condensatore variabile da 50 a 500 pF misura 300 pF. Quali sono i valori iniziale e finale della capacità risultante, e qual è il rapporto esistente tra questi due valori?

## FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 17

Formula N.°

(60) Impedenza caratteristica =  $\sqrt{\frac{\text{Induttanza/km}}{\text{Capacità/km}}}$  . . . . . „ 17

(61) Resistenza di risonanza  $R_{rla}$  =  $\frac{L}{C \cdot R_L}$  . . . . . „ 23

---

Stampato come manoscritto

Ogni alienazione, prestito o diffusione in genere di questa Dispensa,  
anche per estratto, è proibita.

Tutti i diritti, in particolare il diritto di traduzione, sono riservati.

---

**TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI**

---

**OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO, 9  
VARESE**

---

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

## INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 18

	<i>pag.</i>
<b>Riassunto della materia trattata nella dispensa precedente</b>	1
<b>Radiotecnica</b>	1
Disturbi e protezione contro gli stessi	1
1. Protezione antiparassita in un termostato	1
2. Protezione antiparassita in un campanello	2
3. Protezione antiparassita nei motori elettrici	3
4. Protezione antiparassita nei raddrizzatori a catodo caldo	5
5. Protezione antiparassita nelle automobili - L'autoradio	6
6. Il survoltore e la sua protezione antiparassita	8
Domande	9
<b>Telegrafia, Telefonia</b>	10
Linee aeree e cavi	10
L'attenuazione	10
Il livello	12
Domande	14
Risposte	14
<b>Radiotecnica</b>	14
Le valvole termoioniche	14
L'esodo convertitore di frequenza	15
La valvola convertitrice-oscillatrice	16
L'epotodo convertitore con triodo incorporato	16
L'ottodo	17
L'amplificazione di conversione	19
Domande	19
Le valvole ad amplificazione variabile	19
A che serve la tensione di controllo?	19
L'esodo ad amplificazione variabile	20
Il pentodo ad amplificazione variabile	21
Controllo in avanti e controllo indietro	22
Tensione mobile di griglia-schermo	23
Domande	24
Risposte	24
<b>Telegrafia</b>	24
La telescrivente	24
La telescrivente Creed	24
La corrente doppia	24
Trasmissione	25
Ricezione e scrittura	25
Cenno sulla telescrivente Olivetti	27
<b>Radiotecnica</b>	27
La controeazione	27
Risposte	28
<b>Compiti</b>	29

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 18

## RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Uno sguardo all'indice della presente Dispensa, nella pagina a fianco, vi farà tornare in mente tutti i problemi esaminati nella Dispensa N. 17. Il primo Capitolo era dedicato agli *amplificatori*; abbiamo considerato con particolare attenzione il genere d'impedenza anodica e le varie possibilità che ne derivano per l'accoppiamento della tensione amplificata alla griglia della valvola successiva. L'*amplificatore a resistenza*, a voi noto già da tempo, rientra in questa nostra classifica, alla stessa stregua degli *amplificatori a trasformatore*, a *impedenza ed a risonanza*. Trattando dell'*amplificatore a trasformatore* avete conosciuto anche la ragion d'essere del *trasformatore d'adattamento* per l'altoparlante. La descrizione dettagliata dello *schema dell'amplificatore a risonanza* è stata per voi, senza dubbio, assai interessante. Abbiamo poi discusso per la seconda volta l'*amplificatore in controfase*. Dopo le spiegazioni datevi, avrete senza dubbio compreso con facilità anche lo *schema dell'amplificatore a filtro di banda*.

Come secondo, importante sistema di *telescrivente*, vi abbiamo descritto l'apparecchio della ditta *Lorenz*. Sapete ora che la principale differenza di questo apparecchio, rispetto a quello del sistema *Siemens*, risiede nel *ricevitore*. Il relè ricevente possiede una unica ancorotta, la cui posizione viene rilevata da apposite leve ad ogni impulso di codice; di conseguenza le cinque barre di codice vengono spostate in un senso o nell'altro. L'impressione dei caratteri avviene in modo analogo a quello della telescrivente *Siemens*.

Il paragrafo successivo vi ha fatto conoscere il *ricevitore ad amplificazione*, e vi abbiamo spiegato che cosa sia un *apparecchio ad uno o più circuiti*. Abbiamo poi trattato della *supereterodina*. Ricordate la relazione sussistente tra la frequenza dell'onda ricevuta (*FE*) e le due frequenze agenti entro la supereterodina, ossia quella dell'oscillatore (*FO*) e la media frequenza (*MF*), che è invariabile. Avete così compreso in qual modo si possa migliorare sensibilmente la selettività: basta introdurre nella supereterodina degli altri stadi d'*AF*, con filtri di banda fissi. Infine vi è stato illustrato il concetto dell'*allineamento*; si intende con ciò l'accordamento simultaneo del circuito oscillante d'entrata e di quello dell'oscillatore.

Un altro paragrafo era dedicato alle *linee di telecomunicazione* ed alle loro proprietà. L'*impedenza caratteristica* equivale, come ora sapete, all'impedenza d'entrata di una linea molto lunga.

Di particolare importanza erano anche i nostri ragionamenti teorici sui *circuiti di risonanza in serie e in parallelo*. Vedete ora chiaramente in che modo il fenomeno della risonanza elettrica si presenti, dal punto di vista teorico. Il calcolo della *resistenza di risonanza* vi fornisce un mezzo importante per giudicare le qualità degli *amplificatori a circuito di risonanza*. Potete determinare così, col puro calcolo, le dimensioni degli elementi occorrenti per la costituzione dei circuiti oscillanti.

Al termine della Dispensa c'era poi il Capitolo sui *disturbi* e sulla *protezione contro di essi*. Avete conosciuto così le cause e i modi di propagazione dei disturbi, nonché i mezzi per combatterli. Continueremo questo argomento nella presente Dispensa e cercheremo di facilitarvene la comprensione, presentandovi degli esempi pratici.

## RADIOTECNICA

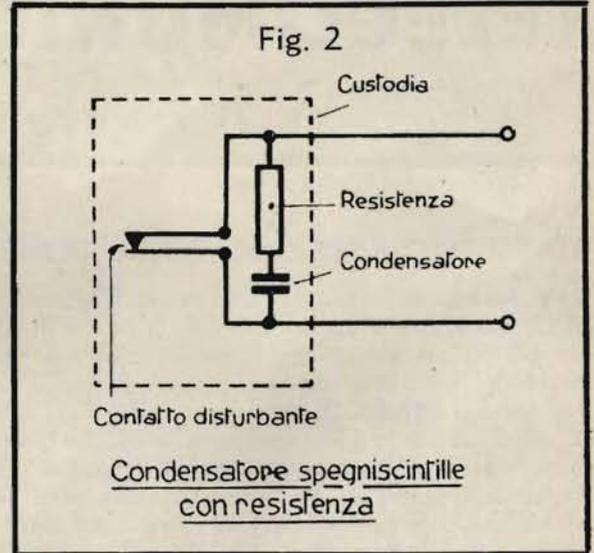
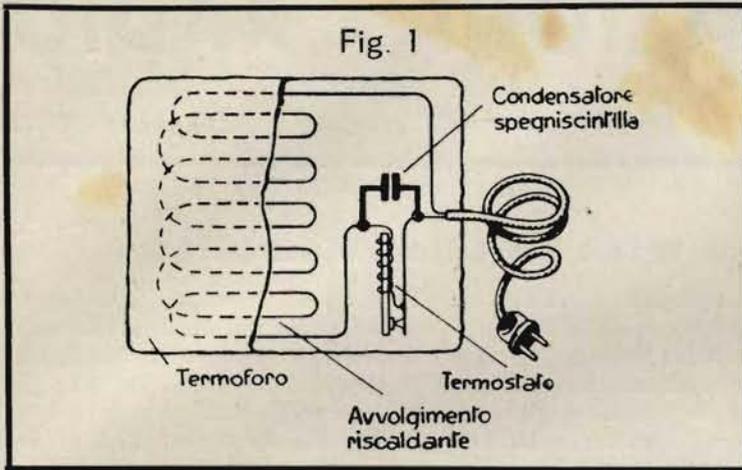
### DISTURBI E PROTEZIONE CONTRO GLI STESSI

Abbiamo iniziato questo Capitolo nella precedente Dispensa, discutendo le cause dei disturbi, la loro diffusione ed i mezzi più adatti per combatterli, costituiti dai condensatori e dalle bobine. Ora invece considereremo alcuni esempi pratici.

#### 1) Protezione antiparassita in un termostato

Prendiamo, per cominciare, un caso semplice. Com'è noto, i *termofori* sono sovente dotati di un *termostato*, il quale non è altro che un *interruttore*, che apre il circuito quando la temperatura è troppo elevata e lo richiude quando essa si è nuovamente abbassata. Nella maggioranza dei casi un *condensatore*, inserito in derivazione al contatto ed al termostato, è sufficiente per eliminare i disturbi (fig. 1). Come abbiamo spiegato nella

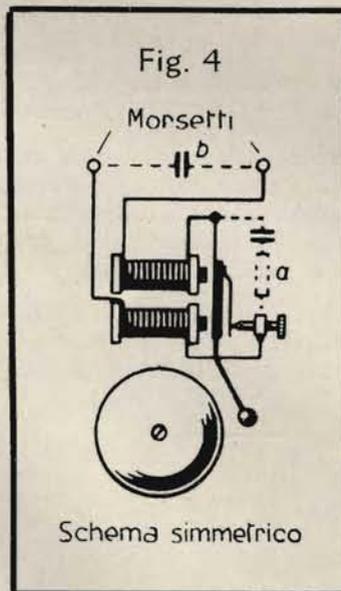
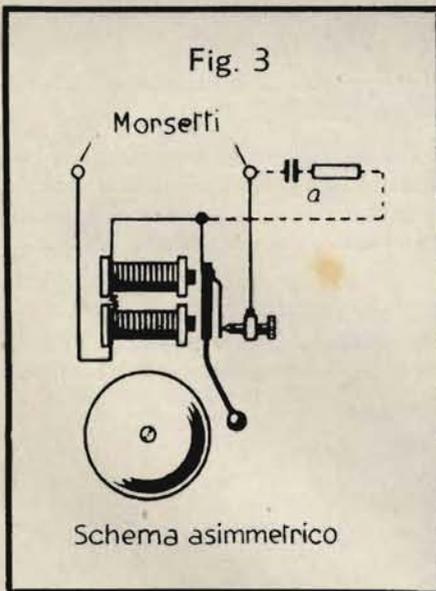
precedente Dispensa, il condensatore impedisce la formazione della scintilla. Nello stesso tempo costituisce, ovviamente, un *corto circuito* per le *alte frequenze parassite* che si possono formare nel punto di interruzione.



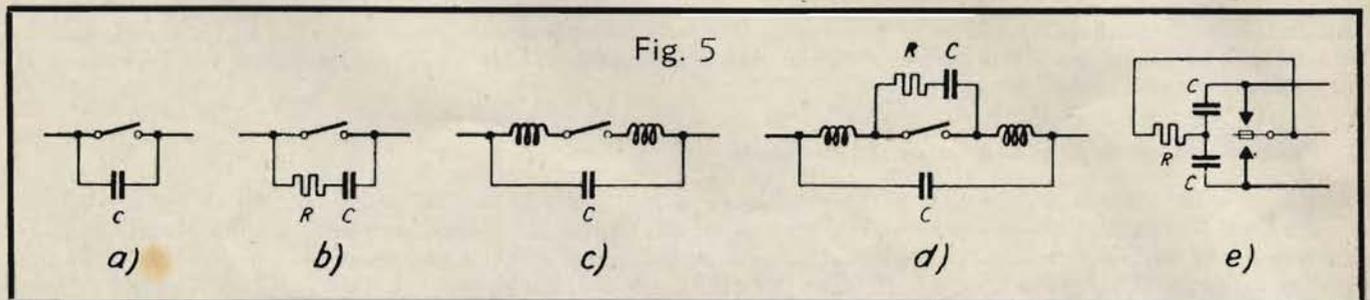
Forse chiederete come mai il condensatore non sia allacciato direttamente ai contatti. Risponderemo a questa domanda con l'aiuto della fig. 2, che rappresenta un caso analogo. Come

già sapete, quando il contatto si apre, il condensatore viene caricato, impedendo così la formazione della scintilla, purchè naturalmente la sua capacità sia sufficiente. Quando il condensatore è carico, presenta una notevole tensione tra le due armature. Chiudendo in seguito il contatto, il condensatore si scarica improvvisamente, magari formando una *scintilla*. Come vedete, il rimedio è peggiore del difetto! La fig. 2 mostra invece la *soluzione giusta*: una *resistenza da 50 o 100 ohm in serie al condensatore*. Essa ha il compito di *limitare la corrente di scarica del condensatore*. In tal modo, quando il contatto si chiude, il condensatore non viene più cortocircuitato e la temuta scintilla è pertanto soppressa. È però sempre importante di scegliere un valore adeguato del condensatore e di determinare, se necessario per mezzo di prove, la resistenza più adatta.

## 2) Protezione antiparassita in un campanello



Si procede in modo analogo per eliminare i disturbi causati da un semplice *campanello elettrico*. La suoneria contiene infatti un contatto, le cui scintille provocano disturbi negli apparecchi radio. Nella fig. 3 abbiamo un'adatta combinazione di un *condensatore con una resistenza*, messa in derivazione al contatto. Osservando lo schema simmetrico della fig. 4 comprenderete perchè quello della fig. 3 si chiami asimmetrico. Seguendo il circuito della figura 4 potete notare che l'avvolgimento dell'elettromagnete è suddiviso in *due metà*, di cui una inserita a valle, l'altra a monte del contatto d'autointerruzione. Gli *avvolgimenti* vengono così sfruttati come *bobine d'impedenza* e si ottiene, in tal modo, un'ulteriore riduzione dei disturbi. Come vedete, si tratta a volte di piccole cose che, a saperne trar frutto in modo conveniente, possono sortire degli effetti sorprendenti.



La fig. 5 mostra gli schemi corrispondenti alle prescrizioni sull'eliminazione dei disturbi, emesse in Italia dall'Associazione Elettrotecnica Italiana, e in Svizzera dall'Associazione Svizzera degli Elettrotecnici. Detta figura si riferisce alla *protezione antiparassita di un relè vibratore*, di cui parleremo in relazione ai disturbi radio nelle automobili.

Conoscete ormai bene l'effetto degli elementi (*condensatori, bobine e resistenze*) usati nei diversi casi. Vi daremo tuttavia alcune indicazioni sui *valori più usati*. Per *condensatori* si scelgono delle capacità comprese tra 0,02 e 0,5  $\mu\text{F}$ . Aumentando le correnti in gioco, occorrono capacità maggiori.

*Negli apparecchi a corrente continua* si possono usare dei *condensatori* anche più grandi, poichè tanto non possono essere attraversati dalla corrente continua. La fig. 6 mostra alcuni *condensatori antiparassiti*. Le *induttanze* di protezione hanno valori di qualche mH (fig. 7). Non dobbiamo infatti dimenticare che i disturbi sono, per loro natura, *oscillazioni d'alta frequenza* e che *bastano pertanto valori relativamente esigui d'induttanza e di capacità per ottenere degli effetti sufficienti*. I valori delle resistenze vi sono già stati indicati. C'è poi un'altra cosa molto importante: i *condensatori antiparassiti* devono avere un isolamento tale da sopportare, in ogni caso, l'intera tensione nominale della rete cui sono allacciati. Le *bobine d'impedenza* d'altro lato, devono essere avvolte *con un filo abbastanza grosso*, da non provocare una caduta di tensione sensibile e da non riscaldarsi troppo per l'intensità massima di corrente che si presenta in esercizio.

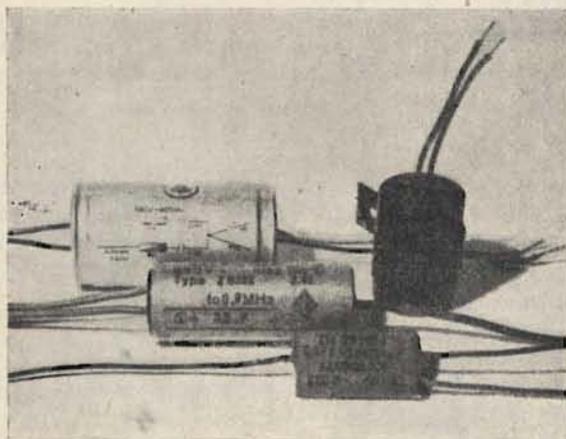


Fig. 6

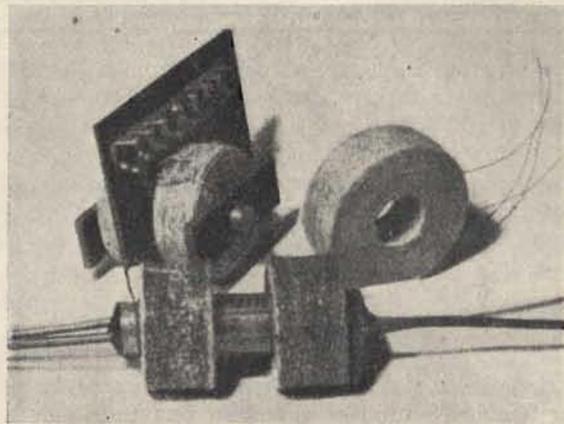


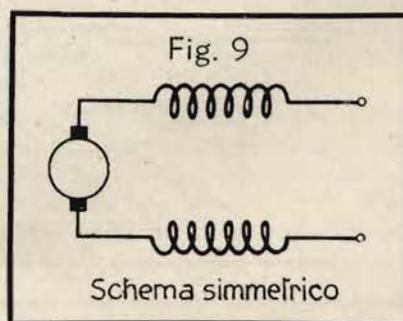
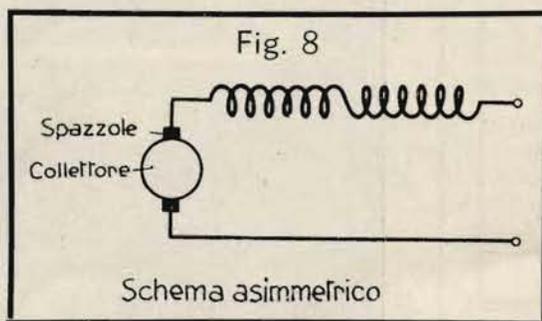
Fig. 7

### 3) Protezione antiparassita nei motori elettrici

Per l'eliminazione dei disturbi provocati da *motori elettrici*, bisogna osservare dapprima se si tratta di una *macchina a collettore, ad anelli*, oppure *priva totalmente di spazzole*.

*Le macchine di quest'ultimo genere non richiedono alcuna protezione, perchè non provocano disturbi; quelle del secondo tipo non danno disturbi, purchè gli anelli siano puliti ed in buono stato. Soltanto il motore a collettore, che è poi il motore universale usato negli apparecchi elettrodomestici, dev'essere munito, in ogni caso, di protezione antiparassita.* La protezione può però servire soltanto a condizione che la macchina sia in perfetto ordine. Se, per esempio, il collettore è sporco, se gira eccentricamente, se le spazzole sono consumate, abbiamo degli inconvenienti contro i quali le comuni misure di protezione antiparassita sono perfettamente impotenti. Le prescrizioni per la difesa contro i disturbi causati dalle *macchine con collettore* stabiliscono pertanto, come prima cosa, che le macchine siano mantenute *in buono stato*, in modo da evitare o, per lo meno, da limitare al massimo la formazione di scintille. In secondo luogo si deve cercare di rendere difficile la propagazione delle onde di disturbo generate dalle scintille.

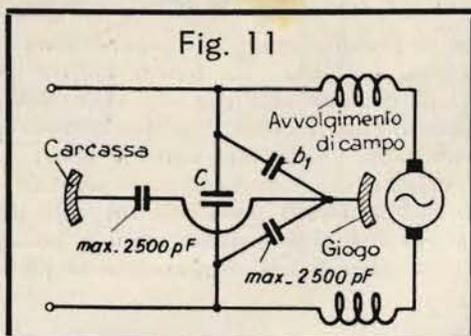
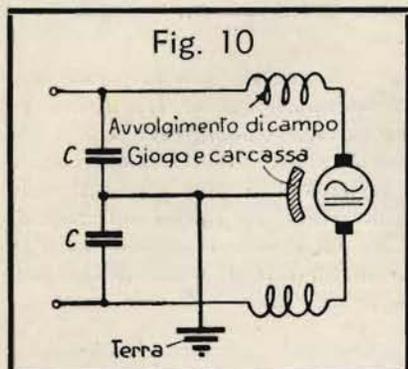
Una misura molto raccomandabile consiste nel *rendere simmetrici gli avvolgimenti del motore*. Dopo le nostre spiegazioni sull'eliminazione dei disturbi nei campanelli, comprenderete facilmente le figure 8 e 9. Bisogna però che la macchina ne abbia la possibilità. Il cosiddetto « *avvolgimento di campo* » del motore, o per lo meno una parte di esso, deve essere *collegato in serie all'indotto*; si ha così il vantaggio di non dover applicare il condensatore antiparassita direttamente alle spazzole, per cui si evita la scintilla di scarica del condensatore.



La ragione per cui la protezione antiparassita delle *macchine a corrente alternata* va fatta in modo differente

da quella delle macchine a corrente continua, è facile da comprendere. Nella lotta contro i disturbi i condensatori hanno un'importanza fondamentale. Essi lasciano però passare la corrente alternata, in misura maggiore o minore, secondo la loro capacità e secondo la frequenza della corrente; costituiscono invece sempre un blocco per la corrente continua. La fig. 10 mostra lo schema della protezione antiparassita in un motore a corrente continua. Esso è talmente semplice che lo comprenderete senza alcuna ulteriore spiegazione.

La cosa è più difficile nei motori a corrente alternata, poichè anche la corrente a frequenza industriale può attraversare i condensatori. Ne consegue la necessità di limitare i valori di capacità, soprattutto di quei condensatori che sono collegati con la carcassa della macchina. Supponete che, nello schema della fig. 11, il condensatore  $b_1$  abbia un valore di  $1 \mu\text{F}$ . La massima corrente ammissibile nel condensatore, se non si vuole esporre a pericolo le persone che potrebbero toccare la carcassa del motore, ammonta a 5 mA. In un



condensatore da  $1 \mu\text{F}$  ed alla frequenza di 50 Hz, questi 5 mA causerebbero una caduta di tensione pari a:

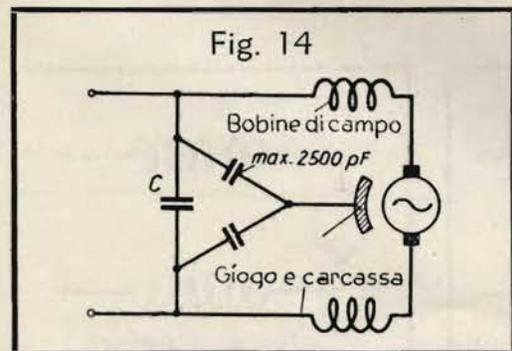
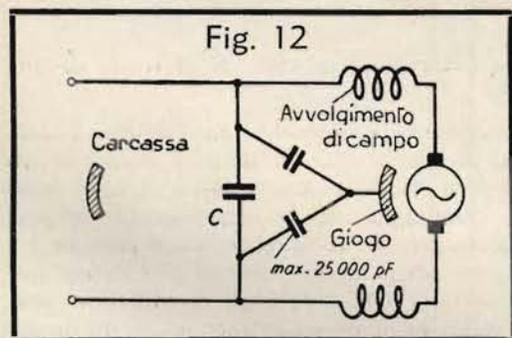
$$V_o = R_{\text{cap}} \cdot I = \frac{1}{\omega C} \cdot I = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{2 \pi \cdot 50 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^2}{2 \pi} = 15,9 \text{ V.}$$

Posto che il motore funzioni con una tensione di 220 V, la persona che tocca la carcassa dovrebbe sopportare oltre 200 V, il che è senza dubbio un po' eccessivo! Se però teniamo conto del valore di  $b_1$ , effettivamente usato, cioè 2500 pF, vediamo che non c'è più pericolo. Tollerando sempre una corrente di 5 mA, troviamo che la caduta di tensione nel condensatore sarebbe:

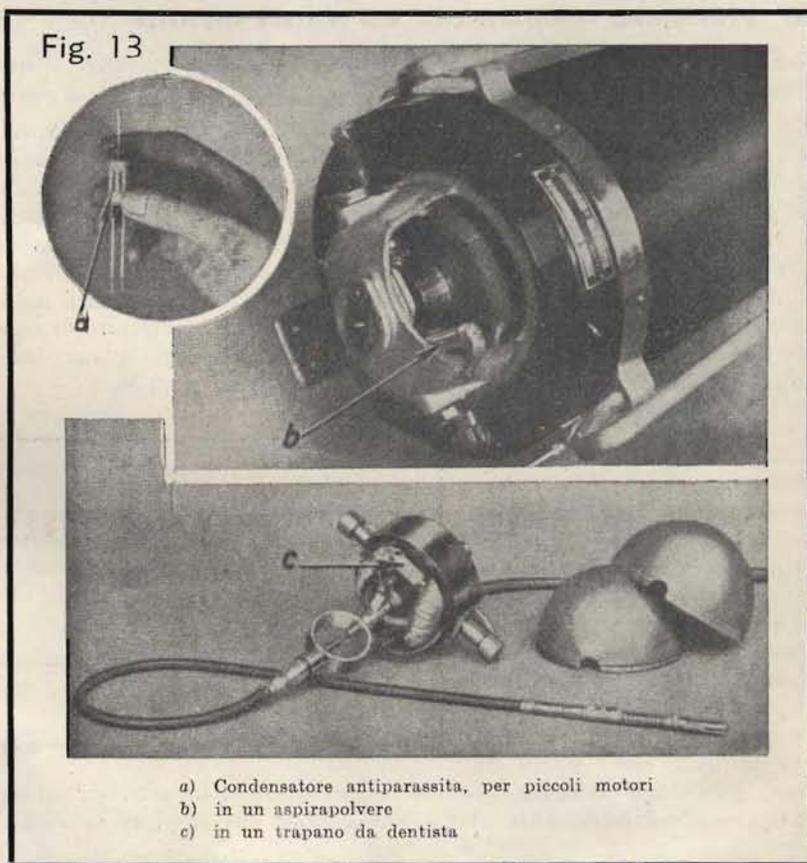
$$V_c = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{2 \pi \cdot 50 \cdot 2500 \cdot 10^{-12}} = \frac{5 \cdot 10^6}{2 \pi \cdot 50 \cdot 2,5} = \frac{2 \cdot 10^4}{\pi} = 6360 \text{ V.}$$

Come vedete, la capacità piccola corrisponde ad un reattanza elevata e provoca forte caduta di tensione. Per far passare 5 mA, ci vorrebbe una tensione di 6360 volt.

Naturalmente, il condensatore da 2500 pF è però perfettamente sufficiente per far passare, praticamente senza ostacolo, le correnti ad alta frequenza.

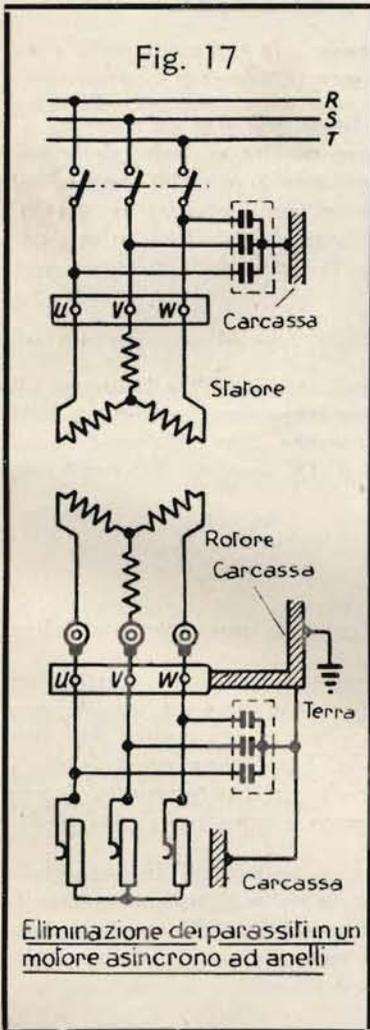
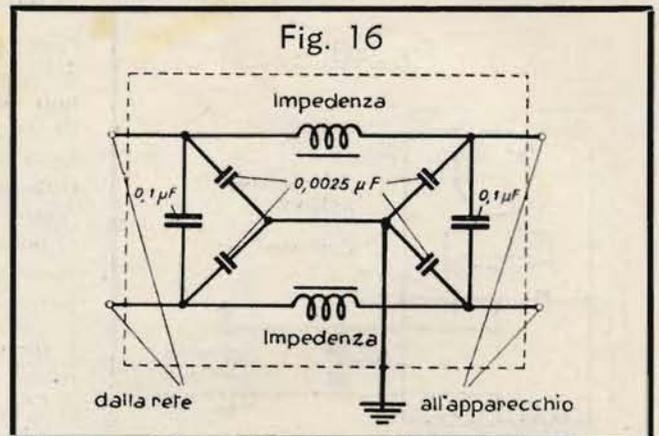
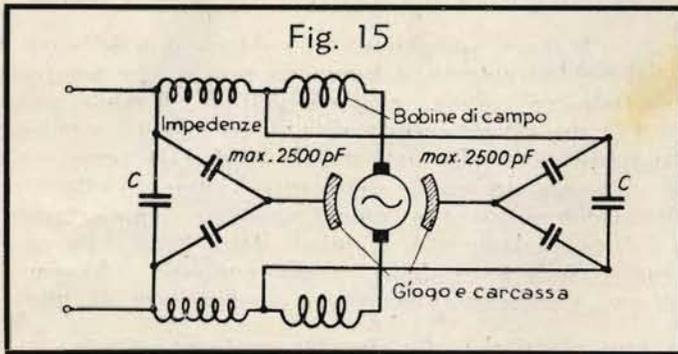


La capacità del condensatore  $b_1$  (fig. 11) va scelta anche in relazione alla più o meno buona messa a terra della carcassa. Quando si può fare affidamento su una



- a) Condensatore antiparassita, per piccoli motori
- b) in un aspirapolvere
- c) in un trapano da dentista

messa a terra sicura, la carcassa non può assumere alcuna tensione pericolosa e allora sono ammessi dei valori di capacità notevolmente maggiori, uguali anche a 10 volte quella indicata, come si nota nella fig. 12.



La capacità dei condensatori, indicati con C nelle figure 10, 11

e 12, viene determinata sperimentalmente. La fig. 13 mostra come vengano inseriti in pratica i condensatori antiparassiti, con l'esempio di un aspirapolvere e di un trapano da dentista. Il relativo schema elettrico è riportato nella fig. 14.

Dovendo dotare di protezione antiparassita un grosso motore a collettore, non si potrà rinunciare, nei casi più difficili, all'impiego di bobine d'impedenza. Nella fig. 15 trovate, a tutta prima, gli stessi condensatori indicati nella fig. 14. A questi si aggiungono delle impedenze e, all'occorrenza, come si vede nella figura, degli altri condensatori. In tal caso le impedenze, assieme ai condensatori, costituiscono un filtro, analogo a quello che abbiamo conosciuto nel raddrizzatore alimentato dalla rete. In entrambi i casi si tratta infatti di eliminare delle correnti alternate indesiderate; nell'alimentatore si tratta di correnti di bassa frequenza, qui di alta frequenza.

Naturalmente il filtro della fig. 15 può essere facilmente ampliato aggiungendo degli altri condensatori. La fig. 16 mostra un filtro antiparassita di questo genere, che viene usato nei casi più gravi. Esso contiene dei condensatori inseriti prima e dopo le impedenze; inoltre dei piccoli condensatori aggiuntivi, che servono per mettere a terra i terminali delle impedenze, in modo da eliminare possibilmente qualsiasi disturbo.

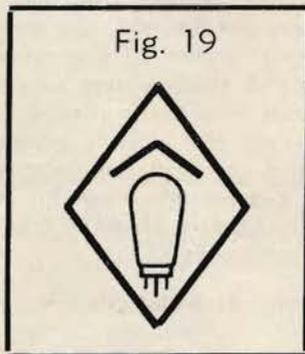
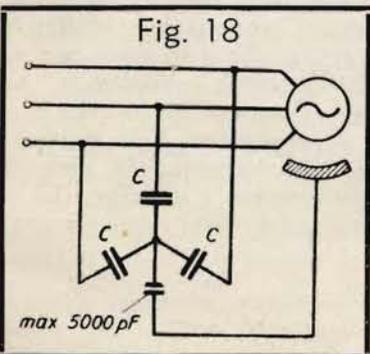
La fig. 17 dimostra come si debba effettuare la protezione di un motore asincrono trifase ad anelli. I simboli del motore vi sono già noti, almeno quanto basti per non dovercene occupare più dettagliatamente nell'ambito di questo Corso. Particolarmente importanti sono i condensatori che collegano i morsetti degli anelli alla terra. È indispensabile avere una buona messa a terra, altrimenti lo schema dovrebbe essere completato mediante condensatori di protezione, come indicato nella fig. 18, contro il pericolo che ci sarebbe nel toccare la carcassa.

Gli altri condensatori, inseriti nei conduttori di alimentazione, servono ad impedire che i disturbi, trasmessi come in un trasformatore dall'avvolgimento rotorico a quello statorico, possano propagarsi nella rete. Trattandosi di corrente trifase, occorre un condensatore per ciascuna fase. Dopo gli esempi che vi abbiamo mostrati siete sicuramente in grado di immaginare, in qualsiasi caso, come si debba procedere per eliminare i disturbi nei motori elettrici.

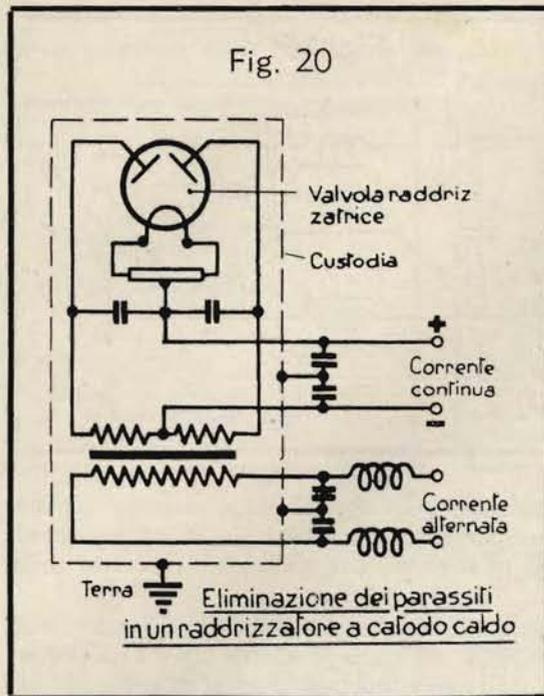
L'Associazione Svizzera degli Elettrotecnici (ASE) considera sufficientemente protetti contro i disturbi radio-parassiti gli apparecchi, nei quali la tensione residua di disturbo non supera 1 mV. Questi apparecchi hanno il diritto di essere contraddistinti dal segno speciale riprodotto nella fig. 19.

#### 4) Protezione antiparassita nei raddrizzatori a catodo caldo

Consideriamo ora la protezione antiparassita per un raddrizzatore a catodo caldo, del tipo usato per trasformare la corrente alternata di rete in



corrente continua (fig. 20). Qui il filtro è meno necessario nel lato della corrente continua che in quello dell'alternata. Lo schema riportato rappresenta un raddrizzatore a due vie. Come in altri schemi precedenti, non è disegnata la sorgente della corrente d'accensione, che si trova in parallelo al filamento ed alla resistenza con la presa centrale.



Come sapete dalle nostre spiegazioni sui raddrizzatori dalla rete, a seguito del raddrizzamento si forma un *ronzio*, che contiene non soltanto frequenze sonore, ma anche dell'*AF*. Si rende quindi necessaria la protezione antiparassita. Ecco perchè i condensatori antiparassiti sono allacciati tra gli anodi e la presa centrale della resistenza. In questa circostanza l'impiego della corrente continua non ci interessa, poichè vogliamo semplicemente eliminare i disturbi dalla rete, e quindi dalla *linea della corrente alternata*. Nella parte della *corrente continua* è disegnato perciò soltanto l'indispensabile *primo condensatore* di filtro.

I disturbi provenienti dal *lato corrente continua* vengono trasmessi al lato primario del trasformatore di controfase e, se non ci fosse la protezione antiparassita, si diffonderebbero nella rete.

La protezione viene attuata, collegando alla terra entrambi i terminali del primario del trasformatore, attraverso condensatori.

Trattandosi nel nostro caso di una linea percorsa da *corrente alternata*, bisogna evitare di far assumere alla custodia delle tensioni pericolose. Se la messa a terra non è più che sicura, non si possono impiegare, in questo posto, condensatori di capacità superiore a 5000 pF. La caduta di tensione è allora in essi così elevata da escludere che si possano formare delle tensioni pericolose per le persone.

Le bobine d'impedenza inserite in serie riducono il disturbo propagantesi nella linea, fino ad un resto minimo.

In questa occasione osserviamo ancora una volta le figure 15 e 16 della Dispensa N. 16. In detta Dispensa abbiamo spiegato che i condensatori da 5000 pF, allacciati agli avvolgimenti del trasformatore, servono a limitare i disturbi in *AF* provenienti dalla rete. Possiamo aggiungere ora che il *compito più importante degli stessi condensatori* consiste nell'impedire che si propaghino nella rete i disturbi d'*AF* prodotti dal raddrizzatore stesso.

## 5) Protezione antiparassita nelle automobili - L'autoradio

Comprenderete tra breve la ragione per la quale abbiamo menzionato questi due concetti uno accanto all'altro.

Le automobili moderne abbisognano di un gran numero di strumenti elettrici, posseggono una propria *centrale elettrica* autonoma e hanno così numerosi fonti di radio-disturbi. Esamineremo ad una ad una le peggiori sorgenti di tali disturbi. La cosa essenziale, che vogliamo notare subito, è però la seguente: che *tutti questi radioparassiti sono praticamente impercettibili a breve distanza dal veicolo. Essi vanno presi in considerazione e combattuti soltanto nel caso che si voglia installare un apparecchio radio nell'automobile.* I problemi che si sono presentati a questo riguardo non sono molto semplici, ma a poco a poco sono stati risolti.

La maggiore difficoltà risiede nel non poter disporre l'apparecchio ricevente a una sufficiente distanza dalle sorgenti di disturbo. Sia l'uno che le altre sono collocati nello stesso spazio ristretto; a volte si trovano entrambi sotto il cofano della macchina. Nella Dispensa N. 14, descrivendo l'antenna da automobile, abbiamo già fatto osservare che *il cavo di discesa deve essere schermato nell'interno della vettura*; è questa una piccola ma indispensabile misura di protezione contro i disturbi provenienti da varie fonti.

La maggior parte degli autoveicoli oggi circolanti funzionano a benzina. Com'è noto, l'esplosione della miscela di carburante e d'aria, nell'interno del cilindro, viene provocata mediante una *scintilla elettrica*. A questo punto voi penserete a quanto vi abbiamo esposto finora sui disturbi, che sono sempre generati da scintille. In questo caso poi, le scintille che scoccano dalle cosiddette « *candele d'accensione* » (fig. 21) sono provocate da una tensione di alcune migliaia di volt! *L'applicazione di condensatori spegniscintilla non è consigliabile*, dal momento che qui la scintilla è proprio necessaria per il funzionamento del motore. Pensiamo un po' che cosa si può fare. Per provocare i loro fastidiosi effetti, bisogna che le onde parassite si *propaghino*. Ecco dunque: noi dobbiamo impedirne la propagazione. Come impediamo con uno schermo la penetrazione delle onde di disturbo nella *discesa d'aereo*, così possiamo ottenere, schermando i conduttori che portano i disturbi, che le onde parassite irradiate risultino fortemente indebolite. Effettivamente *la schermatura dei conduttori è un aiuto importantissimo per la protezione antiparassita nelle automobili.*

Fortunatamente lo stesso *blocco dei cilindri* è interamente di metallo e costituisce pertanto un *ottimo schermo per le candele*.

Fig. 21

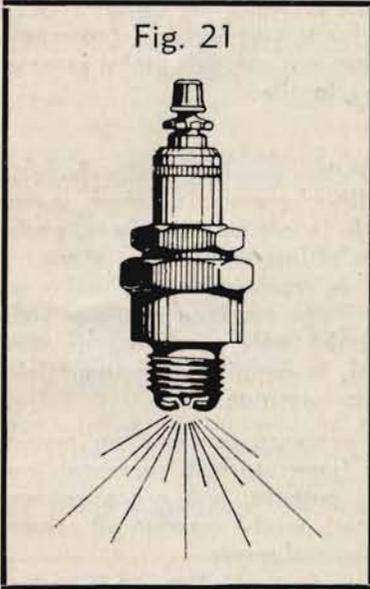
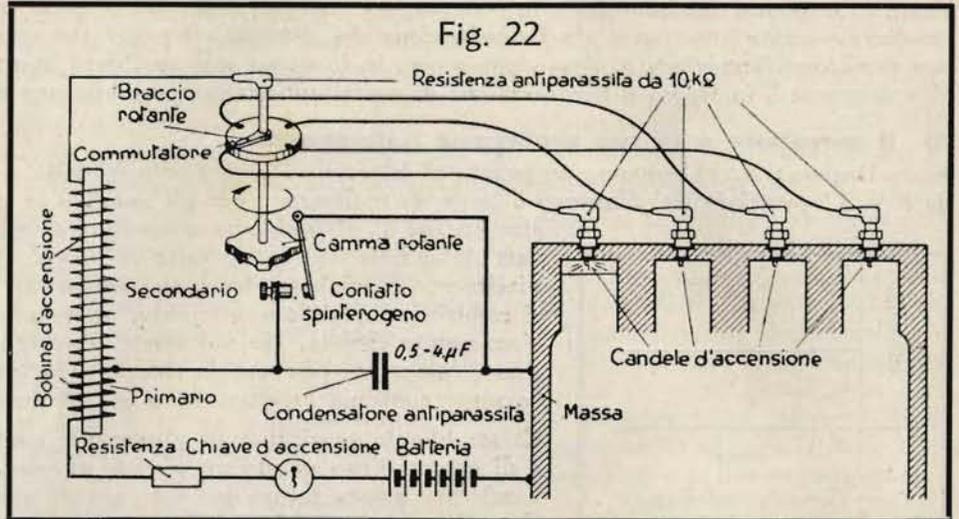


Fig. 22



Per comprendere le misure di protezione dobbiamo conoscere almeno sommariamente l'impianto elettrico d'accensione, di cui la fig. 22 rappresenta lo schema. Abbiamo un circuito che si diparte dalla batteria, attraverso l'avvolgimento primario della bobina d'accensione, nonché il contatto dello spinterogeno, e torna alla batteria attraverso la massa. Ad ogni interruzione della corrente, nel secondario della bobina d'accensione viene indotta una punta di tensione (Dispensa N. 5). (I trasformatori nei quali gli avvolgimenti primario e secondario sono collegati tra loro si chiamano « autotrasformatori »). Poiché il numero di spire nel secondario è molto grande, per effetto dell'interruzione si forma in esso una tensione molto elevata.

Il commutatore d'accensione applica quest'impulso di tensione successivamente alle candele dei vari cilindri. Ci sono quindi due circuiti: il circuito di batteria e il circuito d'alta tensione, nel quale sono inserite le candele. Le misure di protezione sono differenti; nel circuito di bassa tensione si utilizza il condensatore, mentre nella parte d'alta tensione sono inserite, in luogo delle bobine d'impedenza, delle resistenze di valore elevato.

I condensatori non entrano in considerazione nel circuito d'alta tensione, poiché sarebbero troppo costosi, dovendo sopportare delle tensioni così alte ed inoltre impedirebbero la formazione della scintilla.

L'effetto del condensatore è chiaro. Esso riduce le scintille nel contatto e rappresenta contemporaneamente un buon corto circuito per le oscillazioni parassite ad alta frequenza. Il valore del condensatore, che conduce a massa anche i disturbi provenienti dal lato secondario, si aggira tra 0,5 e 4  $\mu$ F. Fortunatamente non occorre, per l'accensione, che la corrente delle scintille sia forte. Occorre invece un'alta tensione, per avere la sicurezza che la scintilla scocchi effettivamente, provocando l'accensione. Voi però sapete, da quanto abbiamo spiegato in precedenza, che l'effetto di disturbo è causato soprattutto dalla corrente delle scintille. Ecco dunque la prima utilità delle resistenze di protezione da 10 k $\Omega$ , contenute, come risulta dalla fig. 22, nei cappucci delle candele. In secondo luogo, queste resistenze, inserite tra la linea e la punta della candela, ove si forma la scintilla, hanno la medesima funzione delle impedenze di protezione: ostacolano il passaggio delle onde parassite. Se si vuole fare qualcosa di più, si possono schermare i cavetti d'accensione; allora però bisogna badare che, al massimo ad ogni mezzo metro, ci sia un buon collegamento tra lo schermo ed il telaio dell'automobile.

È ovvio in qual modo si possa stabilire, nei casi dubbi, se l'origine dei disturbi risiede effettivamente nell'impianto d'accensione. Si fa funzionare la radio nell'automobile, col motore acceso, e si osserva se si producono dei disturbi. Inoltre si possono distaccare le candele a una a una, per trovare quella che produce i maggiori disturbi. Altri parassiti continuati possono provenire dalla dinamo per l'illuminazione. Trattandosi però di una macchina per corrente continua di bassa tensione (generalmente 6,3 volt), bastano, di solito, dei condensatori di uguale capacità, come quello per la bobina d'accensione; ciò benché la dinamo sia dotata di un apposito regolatore per mantenere costante la tensione alle differenti velocità. La fig. 23 mostra il modo più pratico per l'applicazione di questi condensatori di protezione.

Fig. 23

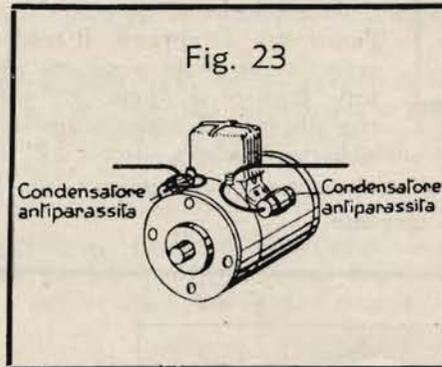


Fig. 24

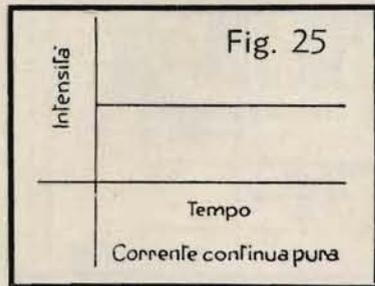


Anche il motorino del tergi-cristalli può dare adito a qualche disturbo. Basta qui un semplice condensatore (figura 24). Diverse ditte si sono specializzate nella fabbricazione di mezzi di protezione antiparassiti, facilmente applicabili nelle automobili, e dispongono di una particolare esperienza in questo campo. Anche nel-

l'auto vale quanto abbiamo detto in generale nei riguardi delle spazzole: *la pulizia accurata del collettore è la condizione « sine qua non » per l'eliminazione dei disturbi.* È ovvio che *non occorre una speciale protezione per il motore d'avviamento.* Esso viene messo in funzione solo per brevi istanti, ma con correnti molto intense. Generalmente è in riposo e l'applicazione di mezzi antiparassiti sarebbe una spesa inutile.

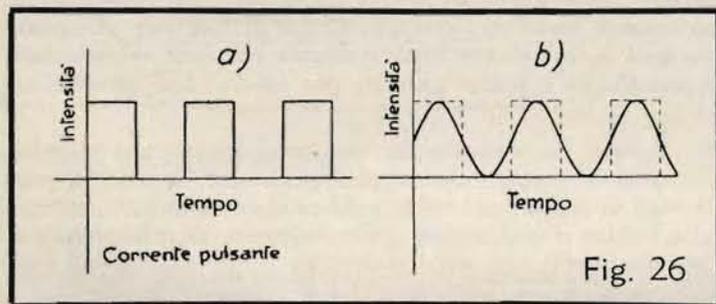
### 6) Il survoltore e la sua protezione antiparassita

Nella Dispensa N. 14 abbiamo accennato al fatto che l'alimentazione delle autoradio proviene dalla batteria da 6 V. L'accensione dei filamenti è facile da realizzare; per gli anodi e le griglie-schermo ci vogliono invece almeno 100 V. Il problema si risolve convertendo la corrente continua, prelevata dalla batteria, in corrente alternata. Quest'ultima può essere elevata a piacimento a qualsiasi tensione, per mezzo di un *trasformatore*. Finalmente si raddrizza la tensione alternata, ottenendo così una tensione continua sufficientemente elevata. Ma voi sarete piuttosto scettici sulla possibilità di effettuare, con mezzi non troppo complicati e costosi, la doppia conversione della corrente continua in alternata e poi di nuovo in continua.



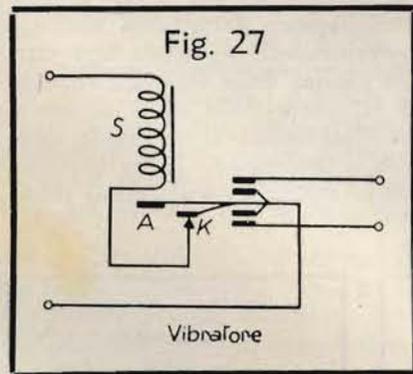
Ci sarebbe la possibilità di alimentare con la corrente continua un *motore* e di azionare con questo un *piccolo alternatore* (generatore di corrente alternata). Ma questa soluzione, nel caso di piccole potenze, non è conveniente. Tuttavia, nei moderni *survoltori* (si chiamano così perchè servono ad elevare il voltaggio) il problema è stato risolto in maniera elegante.

Il fatto che noi trattiamo tale problema in questo Capitolo dimostra già per se stesso che la difficoltà maggiore che si incontra nell'uso dei survoltori è dovuta ai radio-disturbi. La conversione della corrente continua in alternata avviene infatti mediante una successione ripetuta di *interruzioni*, le quali sono ovviamente fonte di disturbi. Senza occuparci, per ora, del modo in cui viene prodotta, osserviamo nelle figure 25 e 26-a l'andamento di una *corrente continua pura* e quello di una *corrente continua interrotta o pulsante*. Se smussiamo gli spigoli di questa *corrente pulsante*, in modo da avere una curva arrotondata, otteniamo il diagramma della fig. 26-b, che ci risulta piuttosto familiare. Ciò, non soltanto perchè si tratta di una curva sinusoidale, ma anche per il fatto che si trova tutta nel *lato positivo*; la corrente mantiene quindi sempre la stessa direzione.



zione, pur variando d'intensità. Ora vi ricorderete che, nella Dispensa N. 11, abbiamo visto il risultato della sovrapposizione di corrente continua e alternata. Concludiamo quindi osservando che la *corrente pulsante* può essere sempre considerata come la sovrapposizione di una *corrente continua pura* e di una *corrente alternata sinusoidale*. (Effettivamente, quando il diagramma non è arrotondato come nella fig. 26-b, ma rettangolare come nella fig. 26-a, le *correnti alternate sinusoidali* sono molte e anche di frequenze elevate; in ciò risiede appunto una causa di disturbi).

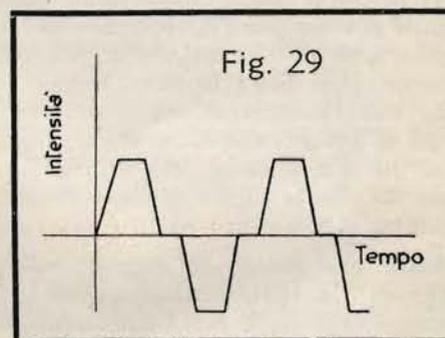
Per creare la corrente pulsante è necessario interrompere periodicamente la corrente continua. Fin dalla prima Dispensa avete conosciuto il meccanismo d'autointerruzione, applicato al campanello elettrico. Nella fig. 27 avete lo schema del *relè vibratore* usato per la conversione della corrente continua in alternata; come vedete, lo schema è pressochè identico a quello della *suoneria ad autointerruzione*. Quando è eccitata, la *bobina S* attrae l'*ancoretta A*, aprendo il contatto *K*. Allora la bobina *S* si diseccita. L'ancora ritorna nella posizione di prima, il circuito si chiude nuovamente e tutto il gioco si ripete. A destra si vedono nello schema *due altri contatti*, che durante il funzionamento del dispositivo vengono chiusi alternativamente.



mente. La corrente pulsante, di cui abbiamo parlato, circola nel circuito allacciato a questi contatti. Evidentemente occorre anche un *trasformatore*, dal momento che vogliamo ottenere una tensione più elevata. Facciamo passare quindi la corrente pulsante attraverso al primario di un *trasformatore*, e preleviamo dal secondario la *tensione alternata*. Il risultato migliora, se si impiega un *trasformatore da controfase con presa centrale*, come si vede nella fig. 28. Se la

Fig. 28: Schematic diagram of a transformer with a central tap. A battery is connected to the primary winding. The secondary winding has a central tap connected to a vibrator relay. The output terminals are labeled 1 and 2.

Fig. 29: A graph showing a square wave alternating above and below the zero line, representing an alternating current. The vertical axis is labeled 'Intensità' and the horizontal axis is labeled 'Tempo'.



polarità della batteria è quella indicata nella figura, quando il contatto 1 è chiuso, la corrente passa dal polo positivo attraverso la presa centrale e la metà inferiore dell'avvolgimento. Quando invece è chiuso il contatto 2, entrando sempre dalla presa centrale, la corrente attraversa la metà superiore. Le correnti, fluenti con alterna direzione nel primario, inducono nel secondario una corrente il cui comportamento corrisponde approssimativamente al diagramma della fig. 29. Come vedete, il risultato si avvicina molto meglio a quello della normale corrente alternata che non la corrente pulsante della fig. 26. Tuttavia le deviazioni dalla forma sinusoidale costituiscono sempre dei disturbi e torniamo così al nostro problema principale.

Nella fig. 30 è rappresentato lo schema completo di un *survoltore in controfase* con le relative *protezioni anti-parassite*. Riconoscerete che il maggior dispendio è costituito proprio da queste ultime. Osservate dapprima le combinazioni di *resistenze* e *condensatori* ai contatti. Il *contatto K*, che aziona il dispositivo, è protetto dalla *resistenza*  $R_2$  e dal *condensatore*  $C_6$ . La *resistenza*  $R_3$  serve a limitare la corrente di scarica di entrambi i *condensatori*  $C_7$  e  $C_8$  relativi ai due *contatti di lavoro* 1 e 2. Interessanti sono i *filtri* all'entrata del *survoltore* e prima del *trasformatore in controfase*. Essi servono, da un lato, ad impedire che i disturbi si possano propagare alla batteria ed alle linee allacciate a questa, dato che ogni linea infestata da onde parassite si comporta come un'antenna, che emette disturbi e che influenza quindi in modo nocivo l'antenna ricevente. Il *filtro d'entrata* è completato, dalla parte del vibratore, con la *bobina*  $L_3$  ed il *condensatore*  $C_5$ . Il *secondo filtro* ( $C_7, L_4, C_9; C_8, L_5, C_{10}$ ) impedisce alle oscillazioni parassite di passare nel trasformatore. I *condensatori*  $C_{11}, C_{12}$  e  $C_{13}$  sopprimono gli ultimi resti di oscillazioni parassite.

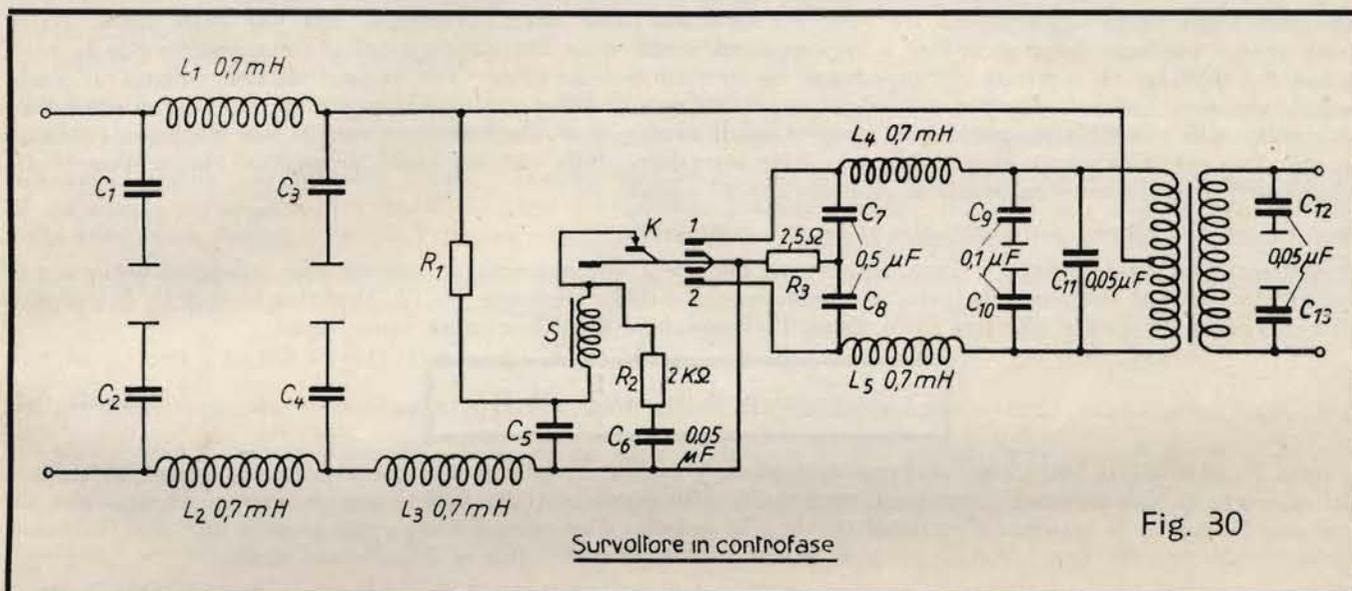


Fig. 30

La *resistenza*  $R_1$  va dimensionata in relazione alla *resistenza* ohmica della bobina eccitatrice  $S$ . Bisogna infatti avere la possibilità di adattare la bobina  $S$  alla tensione della batteria. Il *trasformatore* possiede un avvolgimento primario con un numero di spire superiore a quello che si usa normalmente; ciò è necessario, date le particolari condizioni di funzionamento del convertitore.

Il *survoltore* così costituito consente di ricavare da una batteria una corrente alternata a 220 V, a condizione, naturalmente, che il rapporto del *trasformatore* sia stato scelto di valore adeguato. La protezione antiparassita è così efficace, che l'apparecchio *radioricevente* può essere collocato direttamente a fianco del *survoltore*, senza averne alcun disturbo.

Si può anche completare il dispositivo, aggiungendo una *seconda coppia di contatti vibranti*, azionati sempre dalla medesima bobina eccitatrice  $S$ . Questi secondi contatti funzionano in modo contrario a quello dei primi, riconvertendo la corrente alternata *survoltata* in corrente continua. Come in un *raddrizzatore a due vie*, le due semionde vengono fatte circolare nella medesima direzione.

Non è il caso che ci dilunghiamo qui a descrivere questo cosiddetto « *raddrizzatore meccanico* ».

Questi esempi sulle protezioni antiparassite vi hanno insegnato tante cose, da rendervi capace di svolgere, all'occorrenza, da solo i ragionamenti necessari per afferrare le misure del caso. Comunque, l'esperienza indispensabile a un tecnico della difesa contro i radio-disturbi può essere acquisita soltanto con una lunga pratica.

### Domande

1. In che modo le bobine d'impedenza fungono da protezione contro i disturbi?
2. In che modo i condensatori fungono da protezione contro i disturbi?
3. Per quale ragione, usando i condensatori per la protezione contro i disturbi, si allaccia spesso, in serie al condensatore, una resistenza?
4. Come si chiama l'intero dispositivo convertitore?
5. In che modo si ricava la tensione anodica dalle batterie d'automobile?

# TELEGRAFIA, TELEFONIA

## LINEE AEREE E CAVI

Nella Dispensa precedente vi abbiamo fatto conoscere il concetto dell'*impedenza caratteristica*. Ci occuperemo ora di un'altra grandezza, non meno importante per giudicare il comportamento delle linee o di interi collegamenti di telecomunicazioni: la cosiddetta « *attenuazione* ».

### L'attenuazione

Nella Dispensa N. 17, parlando dei radio-disturbi, abbiamo accennato al concetto generale dello *smorzamento* ossia dell'*attenuazione delle oscillazioni*. Oggi vi insegneremo le formule che si usano, in modo particolare, per calcolare l'*attenuazione delle onde elettriche* nelle linee di telecomunicazioni. Voi sapete che, per esempio, una *forte attenuazione* significa che *le ampiezze delle onde elettriche diminuiscono rapidamente, allontanandosi dalla loro sorgente*. Nel caso delle linee ciò vuol dire che *l'energia delle onde risulta molto ridotta all'estremità della linea*.

Pensiamo ora alle esigenze che si pongono per avere una trasmissione efficiente. Si richiede, per esempio, che, all'estremità della linea, le parole riprodotte da un telefono siano bene intelligibili. Detto in termini tecnici, ciò significa che, in fondo alla linea, deve giungere una quantità di *energia* sufficiente per far funzionare il telefono. (Ricordatevi delle molte diramazioni nello schema equivalente della linea aerea, fig. 25 della Dispensa N. 17). Con ciò diventa chiaro quello che il concetto dell'attenuazione deve esprimere. In qualche modo esso deve tener conto del *rapporto tra l'energia all'inizio della linea e l'energia alla fine della linea*. Nello stesso tempo vogliamo però ricordare i ragionamenti svolti nella Dispensa precedente e supporre che la resistenza del telefono sia *adattata* all'impedenza caratteristica della linea. Per ragioni di convenienza si suole considerare non il semplice *rapporto delle due energie*, ma il *logaritmo di tale rapporto*. Con ciò si ottengono dei numeri più piccoli, che, per di più, presentano il vantaggio di corrispondere meglio alle percezioni uditive umane. Per questi rapporti logaritmici sono state introdotte delle *speciali unità di misura*, che servono a distinguere il procedimento col quale si ricavano questi valori.

Sono in uso *due sistemi differenti*, che vi faremo conoscere.

Proveniente dall'America, si è diffuso, soprattutto nei paesi anglosassoni, il *sistema che introduce nel calcolo dell'attenuazione il logaritmo volgare*, che conoscete fin dalla Dispensa N. 12. Designando con  $P_1$  la *potenza all'inizio* e con  $P_2$  quella *alla fine della linea*, l'attenuazione  $b'$  si determina come segue:

$$\text{Attenuazione } b' = \lg \frac{P_1}{P_2} \text{ [bel]} \quad \dots \dots \dots \text{ Formula (62)}$$

L'*unità di misura* è il *bel*. Come abbiamo detto, esso significa semplicemente che abbiamo il *logaritmo volgare del rapporto di due potenze*, formato in conformità alla formula (62). Vedete ora la ragion d'essere del logaritmo. Se infatti la *potenza d'uscita* è uguale alla *potenza d'entrata*, il buon senso pratico dice che l'*attenuazione è nulla*, poichè non è stato esercitato nessuno smorzamento e non si è attenuato niente.

Vediamo un po' che cosa dice la nostra formula in questo caso. Secondo la nostra ipotesi risulta  $P_1 = P_2$  e quindi  $\frac{P_1}{P_2} = 1$ .

L'*attenuazione* sarebbe quindi  $b' = \lg 1 \text{ bel}$ . Voi però sapete fin dalla Dispensa N. 12 che  $\lg 1 = 0$ . Abbiamo quindi  $0 \text{ bel}$  e vediamo che questo caso particolare è descritto in modo corretto dal rapporto logaritmico.

Spesso si usa l'*unità più piccola*, chiamata « *decibel* ». Vale la relazione:

$$10 \text{ decibel} = 1 \text{ bel.}$$

La formula (62) si può quindi scrivere così:

$$b = 10 \lg \frac{P_1}{P_2} \text{ [db = decibel].}$$

Se, per esempio, la *potenza all'inizio della linea* è doppia di quella alla fine, cioè  $P_1 = 2 P_2$ , l'attenuazione è  $b' = \lg 2 \text{ [bel]} = 0,301 \text{ [bel]}$ , oppure  $3,01 \text{ db}$ .

Viceversa, quando si dice che una linea presenta un'attenuazione di  $3,01 \text{ db}$ , ciò significa che, tra la *potenza all'entrata* e quella *all'uscita della linea*, sussiste un rapporto di  $2 : 1$ , ossia che la *potenza delle onde elettriche*, attraversando la linea, si riduce alla metà.

Un *altro sistema*, molto usato in Europa, si fonda sui cosiddetti « *logaritmi naturali* » (abbreviati *log nat*, oppure *ln*). Mentre i *logaritmi volgari*, dai quali deriva l'unità di misura *bel*, hanno come base il numero 10, la base dei *logaritmi naturali* è il numero  $e = 2,71828$ .

Nella Dispensa N. 12 abbiamo accennato al fatto che esistono anche logaritmi con base diversa da 10. Bisogna però conoscere, in ogni caso, qual è la base dei logaritmi. Un esempio chiarirà meglio le idee. L'espressione  $\lg 2 = 0,301$  significa che  $10^{0,301} = 2$ . Anche col *logaritmo naturale* si procede in questo modo:

$$\ln 2 = 0,6932 \text{ significa che } e^{0,6932} = 2,71828^{0,6932} = 2.$$

È importante sapere che i *logaritmi naturali* sono legati a quelli *vulgari* da una relazione molto semplice. Il *logaritmo naturale* è  $2,3026$  volte maggiore di quello *volgare*. Con ciò è facile, all'occorrenza, calcolare i *loga-*

*ritmi naturali* usando la tavola dei *logaritmi volgari*, riportata a tergo sulla copertina della Dispensa N. 12. Volendo determinare per esempio  $\ln 3$ , ricaviamo dapprima dalla tavola:  $\lg 3 = 0,477$ . Eseguendo quindi la moltiplicazione, troviamo:  $\ln 3 = 2,3026 \cdot 0,477 = 1,099$ .

La formula per calcolare l'attenuazione col sistema derivato dai *logaritmi naturali*:

$$b = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_2} \text{ [neper]} \quad \dots \dots \dots \text{Formula (63)}$$

Calcolando coi *logaritmi volgari*, possiamo anche scrivere:

$$b = \frac{1}{2} \cdot 2,3026 \cdot \lg \frac{P_1}{P_2} \text{ [neper]}.$$

L'unità di misura *neper* significa, anche in questo caso, semplicemente che si tratta di un *rapporto espresso in forma logaritmica* e derivato dai *logaritmi naturali*. Le spiegazioni che seguiranno vi faranno comprendere la ragion d'essere del fattore  $\frac{1}{2}$ . Per ora diremo semplicemente che è usato per ravvicinare l'unità di misura del *neper* a quella del *bel*, chè altrimenti sarebbe stata maggiore di oltre il doppio. Comunque vedete che le indicazioni di *bel* o *neper* sono importanti soltanto per stabilire, senza possibilità di equivoci, in quale modo si debba calcolare il rapporto logaritmico. Ed ora un esempio, per aiutarvi a capire meglio la cosa.

**Esempio:**

Una linea lunga 100 km venga alimentata all'inizio con una potenza di 16 mW. La potenza si riduce a metà ogni 20 km. Qual è l'attenuazione fino alla metà della linea, e quale fino al termine?

Nel porre la domanda abbiamo voluto esprimere un interessante dato di fatto. La *potenza diminuisce sempre di un'uguale percentuale per tratti di linea di uguale lunghezza, supposto naturalmente che le caratteristiche della linea siano ovunque uguali*. Vedremo subito in che modo ciò si manifesti nel valore dell'attenuazione.

Dopo 20 km la potenza si è dunque ridotta a 8 mW. Gli altri 8 mW sono stati consumati nella linea stessa. Il valore dell'attenuazione è quindi il seguente:

$$b' = \lg \frac{16}{8} = \lg 2 = 0,301 \text{ [bel]}, \text{ oppure } b = \frac{1}{2} \cdot 2,3026 \lg 2 = \frac{1}{2} \cdot 2,3026 \cdot 0,301 = 0,35 \text{ [neper]}$$

Nel secondo tratto, dal ventesimo al quarantesimo chilometro, la potenza si riduce un'altra volta a metà, da 8 a 4 mW; quindi l'attenuazione di questo tratto è:  $b' = \lg \frac{8}{4} = \lg 2 = 0,301 \text{ [bel]}$ .

Ne consegue il risultato convincente che *tratti uguali di linea producono uguali attenuazioni*. Qual è ora l'attenuazione dei primi 40 km di linea? Poniamo nuovamente  $b' = \lg \frac{16}{4} = \lg 4 = 0,602 \text{ [bel]}$ , trovando che è il doppio dell'attenuazione calcolata per il tratto di 20 km.

Prendiamo il tratto di 60 km, al termine del quale la potenza è diminuita a 2 mW; troviamo l'attenuazione:  $b' = \lg \frac{16}{2} = \lg 8 = 0,903 \text{ [bel]}$ .

Facciamo così un'importante, benchè non sorprendente constatazione:

■ *L'attenuazione di una linea è proporzionale alla sua lunghezza.* ■

In altre parole: *L'attenuazione di una linea lunga è uguale alla somma delle attenuazioni dei singoli tratti*. Dopo queste considerazioni è facile rispondere alle domande poste inizialmente.

L'attenuazione della linea lunga 100 km è uguale a cinque volte quella del tratto lungo 20 km. Quindi:

$$b' = 5 \cdot 0,301 = 1,505 \text{ bel}, \text{ oppure: } b = 1,505 \cdot 2,3026 \cdot \frac{1}{2} = 1,73 \text{ neper}.$$

A metà della linea l'attenuazione è, ovviamente, uguale alla metà, quindi

$$\frac{1,505}{2} = 0,7525 \text{ bel}, \text{ oppure } \frac{1,73}{2} = 0,865 \text{ neper}.$$

Come vedete, abbiamo trovato un sistema pratico per esprimere in modo convincente l'attenuazione delle linee.

Finora ci siamo occupati soltanto delle *potenze*. Esaminiamo ora come si comportano le *tensioni*, poichè spesso queste presentano un interesse particolare. La soluzione è facile nel caso che la linea sia *adattata*; si tratta, del resto, dell'unico caso importante in pratica. Dalla Dispensa precedente sapete che, quando una linea è chiusa con un'impedenza uguale alla propria impedenza caratteristica, anche l'impedenza d'entrata è uguale all'impedenza caratteristica. Designando con  $Z$  l'impedenza caratteristica, con  $V_1$  la tensione all'inizio e con  $V_2$  quella alla fine della linea, abbiamo allora per la corrente d'entrata:  $I_1 = \frac{V_1}{Z}$ , e per quella d'uscita:  $I_2 = \frac{V_2}{Z}$ .

Le potenze all'inizio ed alla fine della linea sono, rispettivamente:  $P_1 = V_1 \cdot I_1 = \frac{V_1}{Z} \cdot V_1 = \frac{V_1^2}{Z}$ , ed analogamente:  $P_2 = \frac{V_2^2}{Z}$ .

Introducendo le tensioni nell'espressione per il calcolo dell'attenuazione, abbiamo:  $b' = \lg \frac{P_1}{P_2} = \lg \frac{\frac{V_1^2}{Z}}{\frac{V_2^2}{Z}} = \lg \frac{V_1^2}{V_2^2} = \lg \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^2$

Se ripetiamo la regola esposta nella Dispensa N. 12 sull'elevamento a potenza dei logaritmi, comprendiamo subito il risultato:

$$b' = 2 \lg \frac{V_1}{V_2} \text{ [bel].}$$

Applicando analogamente la formula (63) alle tensioni, troviamo:  $b = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{2} \cdot 2 \ln \frac{V_1}{V_2} = \ln \frac{V_1}{V_2}$  [neper]

$$b = \ln \frac{V_1}{V_2} \text{ [neper]}$$

Formula (64)

Come vedete, l'unità *neper* è stata introdotta per esprimere il rapporto delle tensioni nel caso di una linea chiusa con l'impedenza caratteristica.

Per finire vi diamo i valori dell'attenuazione per 1 km di lunghezza della linea aerea in filo di bronzo da 3 mm, menzionata nella precedente Dispensa. L'attenuazione per unità di lunghezza viene indicata con la lettera greca  $\beta$  (beta), che voi già conoscete. Per questa linea,  $\beta = 0,005$  neper/km; ciò significa che una linea lunga 100 km ha soltanto 0,5 neper di attenuazione.

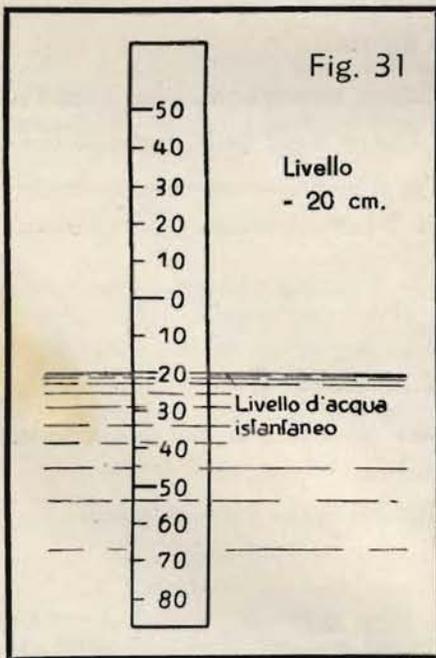
Il rapporto delle potenze tra l'inizio e la fine della linea si calcola allora come segue:

$$0,5 = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_2} ; 1 = \ln \frac{P_1}{P_2} ; \frac{P_1}{P_2} = e^1 = 2,71828.$$

Vi abbiamo fatto conoscere a bella posta questo valore, affinché possiate rilevare in seguito la differenza che si riscontra rispetto ai cavi.

### Il livello

Un'altra grandezza, che viene espressa nell'identica maniera dell'attenuazione, è il *livello*. Questo termine vi è noto finora solo in relazione agli specchi d'acqua. Per esempio, il *livello* è molto importante nella navigazione fluviale e lacustre, tanto che viene reso noto quotidianamente dalla radio. Nei punti ove il *livello* viene misurato c'è un regolo di misura immerso nell'acqua e murato nella sponda. Esso presenta una numerazione positiva verso l'alto, negativa verso il basso, come si vede nella fig. 31. Lo zero viene posto in corrispondenza a quello che si considera come *livello normale*. Conoscendo il livello, i piloti dei battelli sanno come regolarsi nei singoli posti.

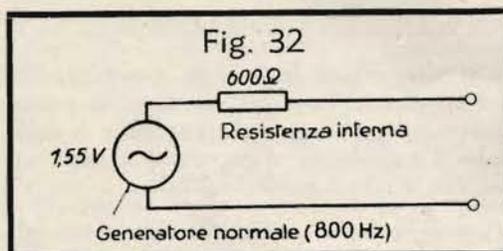


In modo analogo, l'indicazione del *livello di una linea* deve far sapere quali siano le condizioni elettriche in qualsiasi punto della linea. Anche qui dobbiamo stabilire per prima cosa il *livello normale*, in modo da descrivere correttamente le suddette condizioni, indipendentemente dalle potenze casualmente inviate in linea.

In un collegamento a distanza si debbano utilizzare, per esempio, diversi tratti di linea, i quali, complessivamente, non devono però superare, tra l'inizio e la fine, un determinato valore di attenuazione, per esempio 3 neper. Si controlla allora il *livello* nei punti intermedi; nel caso che questo subisca delle deviazioni, se ne deduce l'esistenza di difetti nella linea.

È stato convenuto di chiamare « *livello normale di potenza* » (livello 0) il valore  $P_0 = 1 \text{ mW}$ .

Questa potenza viene ceduta dal cosiddetto « *generatore normale* » (figura 32) ad una resistenza da 600 ohm. Naturalmente, questa resistenza può anche essere costituita dall'impedenza d'entrata di una linea.



Calcoliamo infatti la potenza consumata nella resistenza di carico della fig. 33. Il *generatore normale*, servendo a giudicare il comportamento delle linee telefoniche, ha una frequenza di 800 Hz, situata circa a metà della gamma vocale.

La corrente circolante nel circuito della fig. 33 è:

$$I = \frac{1,55}{600 + 600} = \frac{1,55}{1200} = 0,00129 \text{ A} = 1,29 \text{ mA.}$$

Con una resistenza da 600 ohm ne risulta una potenza di:

$$P_0 = I^2 \cdot R = (1,29 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 600 = 1,667 \cdot 10^{-6} \cdot 600 =$$

$= 0,1667 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 = 1 \cdot 10^{-3} = 1 \text{ mW}$ , ossia il *livello normale* richiesto.

Il *livello di potenza* in un punto qualsiasi della linea, ove agisce la potenza  $P_2$ , è determinato dalla formula seguente:

$$\text{Livello di potenza } p = \frac{1}{2} \ln \frac{P_2}{P_0} \quad [\text{neper}]$$

Formula (65)

Noterete che qui la *potenza d'uscita*  $P_2$  si trova nel numeratore della frazione, mentre nella formula (63) era nel denominatore. È questa infatti la differenza che passa tra l'*attenuazione* e il *livello*.

Posto per esempio che il *livello* sia  $p = 0,3$  neper, la potenza  $P_2$  si calcola come segue:

$$p = 0,3 = \frac{1}{2} \ln \frac{P_2}{P_0} ; \quad 0,6 = \ln \frac{P_2}{P_0}$$

Giovandoci delle nostre conoscenze sui logaritmi (e qui vi conviene rileggere il relativo Capitolo), trasformiamo l'equazione come segue:  $e^{0,6} = \frac{P_2}{P_0} = 2,71828^{0,6}$

Ora dobbiamo calcolare l'espressione  $e^{0,6}$ . Poichè incontrerete probabilmente spesso espressioni di questo genere, vi diamo il valore  $\lg e = \lg 2,71828 = 0,4343$ .

Secondo la Dispensa N. 12 dobbiamo moltiplicare 0,6 per questo valore:  $0,4343 \cdot 0,6 = 0,26058$ . Cerchiamo questo valore nella Tabella N. 9 (sulla copertina della Dispensa N. 12): troviamo che alla mantissa 260 corrisponde il numero 1,82. Abbiamo quindi  $\frac{P_2}{P_0} = 1,82$ , e quindi  $P_2 = 1,82 \cdot P_0 = 1,82 \cdot 1 = 1,82 \text{ mW}$ .

Un *livello positivo* significa quindi una *potenza superiore al livello normale di 1 mW*; un *livello negativo* significa invece, come vedrete tra breve, una *potenza inferiore ad 1 mW*.

Riferendoci al *generatore normale*, otteniamo pure dei *valori normali* per l'*intensità di corrente* e per la *tensione*. Il *valore normale di corrente* è già stato calcolato sopra: esso è  $I_0 = 0,00129 \text{ A} = 1,29 \text{ mA}$ . Quello per la *tensione* si trova facilmente da  $V_0 = I_0 \cdot R = 0,00129 \cdot 600 = 0,775 \text{ V}$ .

Le indicazioni dei livelli di corrente o di tensione, in qualsiasi punto di controllo, sono sempre riferite a questi due valori.

La *tensione normale*  $V_0 = 0,775 \text{ V}$  si ricava d'altronde subito, se si riflette che, nella fig. 33, la tensione di 1,55 V è applicata a due resistenze uguali allacciate in serie, cosicchè si ripartisce per metà su ciascuna di esse: quindi  $\frac{1,55}{2} = 0,775 \text{ V}$ .

È importante, per la definizione dei livelli normali di corrente e di tensione, che la resistenza del carico sia di 600 ohm, altrimenti bisognerebbe tener conto anche del rapporto delle impedenze. Non entreremo oltre in merito a tali questioni, che ci porterebbero fuori dai limiti di questo Corso.

Riferiti ad un consumatore da 600 ohm, i livelli di tensione e di corrente sono determinati dalle seguenti formule:

$$p = \ln \frac{V_2}{V_0} \quad [\text{neper}]; \quad \text{rispettivamente: } p = \ln \frac{I_2}{I_0} \quad [\text{neper}];$$

$$p' = 2 \lg \frac{V_2}{V_0} \quad [\text{bel}]; \quad \text{rispettivamente: } p' = 2 \lg \frac{I_2}{I_0} \quad [\text{bel}].$$

#### Esempio:

In un punto di controllo esiste un livello  $p' = -0,5$  bel. Quali sono i valori della corrente, della tensione e della potenza in quel punto?

$-0,5 = 2 \lg \frac{V_2}{V_0}$ ;  $-0,25 = \lg \frac{V_2}{V_0} = \lg V_2 - \lg V_0$  (vedasi anche Dispensa N. 12), oppure, invertendo il segno:  $0,25 = -\lg V_2 + \lg V_0 = \lg \frac{V_0}{V_2}$ .

Con l'aiuto della Tabella N. 9 (Dispensa N. 12) troviamo per 0,25 il numero 1,78, quindi  $\frac{V_0}{V_2} = 1,78$ .

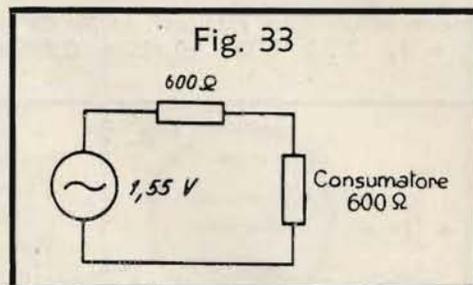
La *tensione* cercata è quindi:  $V_2 = \frac{V_0}{1,78} = \frac{0,775}{1,78} = 0,435 \text{ V}$ .

Come risultava dal segno *negativo* del livello, la tensione deve essere inferiore al valore normale di 0,775 V. Analogo risultato si ottiene per l'*intensità di corrente*, per la quale va però inserito come *livello normale*  $I_0 = 1,29 \text{ mA}$ .

$$I_2 = \frac{1,29}{1,78} \text{ mA} = 0,725 \text{ mA}.$$

Calcoliamo ora la *potenza* e controlliamo il valore così ricavato, confrontandolo coi valori della corrente e della tensione.

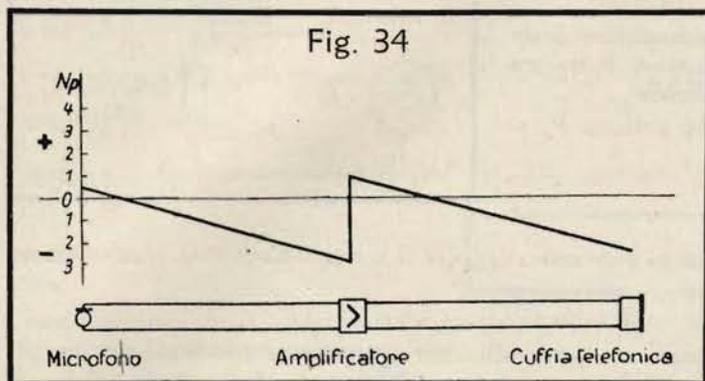
Abbiamo:  $p' = \lg \frac{P_2}{P_0} = -0,5$ ;  $0,5 = \lg \frac{P_0}{P_2}$ ;



Il numero di 0,5 è 3,16.

$$3,16 = \frac{1}{P_2} : P_2 = \frac{1}{3,16} = 0,316 \text{ mW}.$$

Questo valore deve risultare anche da quelli precedentemente calcolati della *corrente* e della *tensione*; infatti:  $P_2 = I_2 \cdot V_2 = 0,725 \cdot 0,435 = 0,316 \text{ mW}$ . Il conto torna.



Per terminare osserviamo il diagramma dei livelli riportato in fig. 34. All'inizio della prima linea, presso il microfono, c'è un livello positivo di +0,5 neper. La potenza è quindi superiore a 1 mW.

Lungo il primo tratto della linea il livello scende uniformemente fino a -3 neper. A questo punto è inserito un amplificatore che rialza il livello di 4 neper, fino a +1 neper. Questo amplificatore deve quindi realizzare un'amplificazione di potenza di 4 neper. (Come vedete, anche l'amplificazione viene espressa in unità logaritmiche).

Nel secondo tratto di linea il livello scende di nuovo fino a -2,5 neper. La potenza residua, alla fine della linea, è appena sufficiente per eccitare la cuffia telefonica.

I sistemi logaritmici per la misura dell'*attenuazione* e del *livello* sono molto importanti per caratterizzare il comportamento delle linee e di interi collegamenti, compresi i relativi amplificatori. La loro conoscenza vi consentirà, nella prossima Dispensa, di seguire bene le spiegazioni sui cavi di telecomunicazione.

### Domande

1. Quali sono le unità di misura dell'attenuazione a voi note?
2. A quale valore si riduce la potenza di 2 mW dopo un'attenuazione di 0,6 bel?
3. Quale livello corrisponde alla potenza di 3 mW?
4. Qual è la tensione agente su una resistenza da 600 ohm, col livello di cui alla domanda 3?

### Risposte alle domande di pag. 9

1. Le oscillazioni di disturbo sono ad alta frequenza. Le bobine d'impedenza vengono dimensionate in modo da lasciar passare le oscillazioni di bassa frequenza e bloccare quelle d'alta frequenza. In serie, nella linea che trasporta le oscillazioni parassite ad alta frequenza, esse ne impediscono il passaggio, mentre lasciano passare la corrente d'esercizio a bassa frequenza.
2. I condensatori lasciano facilmente passare le correnti ad alta frequenza, mentre possono essere praticamente insormontabili per le correnti a bassa frequenza. La corrente continua non può passare affatto attraverso ai condensatori.  
Più grande è la capacità dei condensatori e più facile è il passaggio delle correnti alternate attraverso ad essi. Da ciò deriva la possibilità di applicare i condensatori per gli scopi della protezione antiparassita: essi vengono inseriti in modo da condurre a massa le oscillazioni di disturbo, mentre non lasciano passare la corrente di esercizio. I condensatori servono anche per lo spegnimento delle scintille, se allacciati in parallelo al tratto di scarica.
3. La resistenza in serie al condensatore spegniscintille serve ad impedire la formazione della scintilla di scarica del condensatore. Mancando la resistenza, quando il contatto si chiude, il condensatore verrebbe cortocircuitato e potrebbe formarsi una scintilla.
4. Il convertitore, che produce la tensione anodica utilizzando la corrente continua prelevata dalla batteria, si chiama « *survolto* ».
5. La tensione anodica viene derivata dalla batteria per mezzo del relé vibratore, di un trasformatore e del successivo raddrizzamento.

## RADIOTECNICA

### LE VALVOLE TERMOIONICHE

Ripeteremo brevemente i ragionamenti su cui si fonda la *supereterodina*. La frequenza d'entrata (*FE*), differente secondo la stazione che si vuole ricevere, con l'aiuto di una frequenza ausiliaria, la frequenza dell'oscillatore *FO*, viene convertita in una media frequenza (*MF*) costante, per mezzo di una speciale modulazione, detta « *mescolazione* ». La modulazione in *BF* della *FE* viene attribuita in tal modo alla *MF*, più facile da amplificare. Nelle prime supereterodine la *MF* veniva ottenuta applicando al rivelatore la *FE* unitamente alla *FO*, prodotta in un oscillatore corrispondente ad uno degli schemi riportati nella Dispensa precedente. Generalmente si impiegava lo *schema ad audion*, applicando *FE* e *FO* alla griglia della valvola. La *MF* veniva ricavata in un *circuito oscillante* o in un *filtro di banda* accordato sulla *MF*, inserito nel circuito anodico della valvola audion. Non occorre che ci occupiamo maggiormente di questo sistema per la produzione della *MF*, poichè oggi è completamente scomparso. Esso soffriva delle inevitabili malattie dell'infanzia, che qualsiasi nuova invenzione deve superare prima di svilupparsi.

## L'esodo convertitore di frequenza

Il tipo oggi più usato di *valvola convertitrice di frequenza* o *mescolatrice* è l'*ésodo*, ossia la *valvola a 6 elettrodi*.

Questo tipo è stato realizzato appositamente per gli *apparecchi a conversione di frequenza*. Dato che la modulazione della *FE* con la *FO*, mediante applicazione alla medesima griglia, non aveva dato risultati soddisfacenti, si tentò di comandare il flusso elettronico agendo su *due griglie differenti*. Che in questo modo si sia pervenuti alla *valvola a 6 elettrodi*, anziché a quella a 4 elettrodi, non vi meraviglierà eccessivamente. Sapete infatti che anche la normale amplificatrice è stata perfezionata, passando dal triodo al pentodo. Per capir bene il funzionamento dell'*ésodo* bisogna supporre di suddividere i suoi compiti tra due valvole separate: abbiamo così il *collegamento in serie di un triodo e di un tetrodo* (fig. 35). L'*anodo 3-a* del sistema inferiore è, nello stesso tempo, il *catodo 3-b* del sistema superiore. Il flusso elettronico, emesso dal reale catodo 1, attraversa dapprima il sistema triodico. L'intensità di corrente dipende quindi, in modo essenziale, dalla tensione della *griglia-pilota 2* di questo primo sistema. L'onda ricevuta viene applicata in questo punto. La corrente anodica del triodo immaginario dipende dunque dal valore della tensione della *FE*. Ecco dunque che la corrente emessa dal *catodo* fittizio 3-b del sistema tetrodico dipende dalla *FE*. Successivamente la corrente è sottoposta all'influenza della tensione applicata alla *griglia-pilota 4* del tetrodo. Questa tensione appartiene alla *FO*. Come vedete, se la tensione della *griglia-pilota 2* del triodo fosse fortemente negativa, la corrente anodica verrebbe soppressa. Il *catodo* immaginario 3-b del tetrodo non potrebbe quindi emettere elettroni e il flusso elettronico verrebbe a mancare. In modo analogo si comanda la corrente complessiva per mezzo della *griglia-pilota 4* del tetrodo. Quest'azione di due griglie sul medesimo flusso elettronico produce l'effetto già descritto nella precedente Dispensa. Nella corrente risultante si presentano infatti quattro *AF*, ossia, oltre alle due originarie, anche *FE + FO* e *FO - FE = MF*. Un *circuito oscillante accordato*, oppure un *filtro di banda*, consente di separare la *MF* completa di modulazione.

Esaminiamo ora, con l'aiuto della fig. 36, poichè effettivamente si tratta di un'unica valvola, la funzione degli elettrodi e della tensione applicata ad essi. Non c'è nulla di nuovo da dire sul *catodo 1* e sull'*anodo 6*; entrambi hanno la funzione già riscontrata nelle valvole che abbiamo visto finora. La *griglia 2*, immediatamente successiva al catodo, è sottoposta a una *lieve polarizzazione negativa* ed all'azione della *FE*. Occorre poi, come risulta dai nostri ragionamenti preliminari, un *elettrodo positivo*, che acceleri gli elettroni. Dovendo però lasciar proseguire gli elettroni, bisogna che questo elettrodo abbia la conformazione di una *griglia*. Questa *seconda griglia 3* possiede una *tensione positiva* (p. es. 100 V) come una *griglia-schermo*; anzi è proprio chiamata « *griglia-schermo* ». Essa non serve infatti soltanto ad accelerare gli elettroni, ma anche a *schermare tra loro le due griglie di comando*, affinché non abbiano a disturbarsi l'una con l'altra. Segue una *seconda griglia-pilota 4*: la griglia del sistema tetrodico. Dopo la *seconda griglia-pilota* ci sono gli organi terminali del tetrodo, ossia la *griglia-schermo 5* e l'*anodo 6*. Voi chiedete ora perchè manca la *griglia di soppressione*. Ci può essere anche questa. Nelle normali *valvole convertitrici* le tensioni di *griglia-pilota* sono però generalmente così deboli, che la *griglia di soppressione* può essere senz'altro tralasciata, essendo pressochè impossibile che degli elettroni secondari ritornino dall'anodo alla *griglia-schermo*.

La costruzione è naturalmente più complicata ancora che nei pentodi. Ci sono *quattro griglie*, che vanno collocate a distanze minime di frazioni di millimetro, tra il catodo e la placca. Le valvole plurigriglia sono veramente un miracolo della mec-

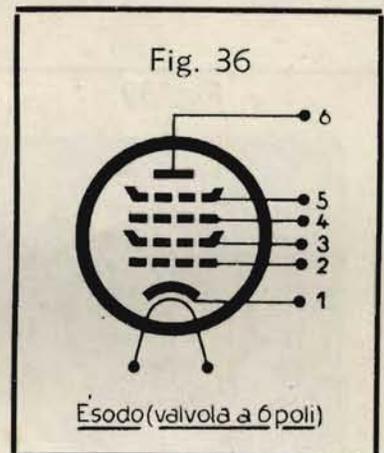
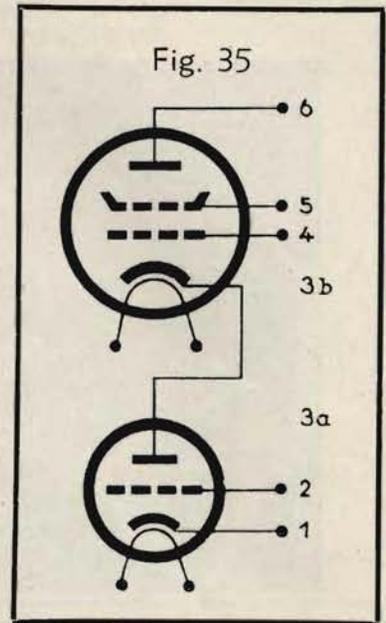
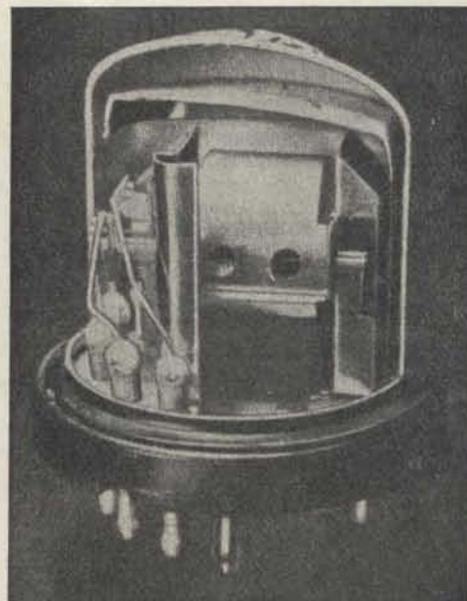


Fig. 37

Lato del triodo

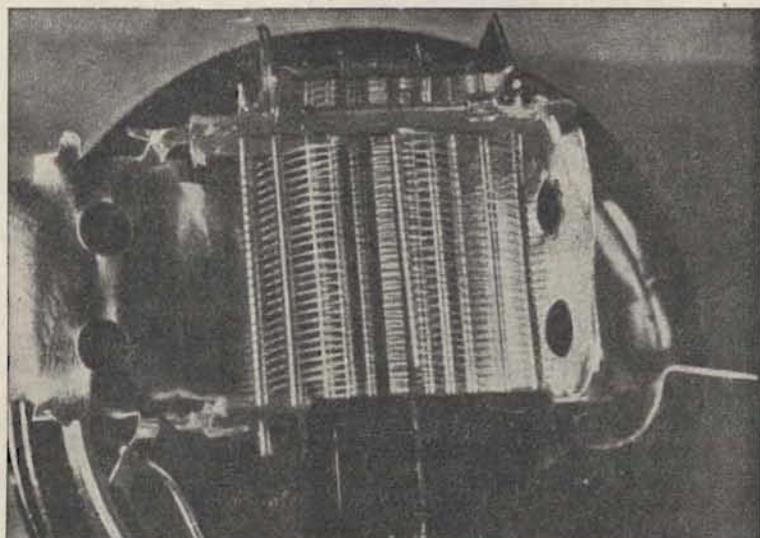
Lato dell'esodo

Sezione di  
una ECH 11



## La valvola convertitrice-oscillatrice

Fig. 38



Il sistema dell'ECH 11 (placca sollevata)

Generalmente si dispone nel medesimo bulbo, assieme all'esodo mescolatore, anche un triodo. Il catodo è in comune ai due sistemi elettronici. Il triodo, inserito in un oscillatore, serve per produrre la frequenza ausiliaria. È evidente l'enorme vantaggio di poter ricavare la MF con l'aiuto di una sola valvola e degli elementi ad essa connessi. Nella fig. 37 si vede come è costituita una valvola di questa specie, la ECH11. Come in tutte le valvole d'acciaio, il catodo è disposto per traverso nel bulbo. Il sistema esodico è situato attorno al catodo nel lato destro, mentre all'estremità sinistra è visibile la placca del triodo.

Nella fig. 38 si vedono le varie griglie sovrapposte, messe allo scoperto dopo aver sollevato la placca. Come risulta dallo schema della valvola (figura 39), la griglia-pilota del triodo è collegata internamente con la seconda griglia-pilota dell'esodo. Si risparmia in tal modo di dover eseguire un collegamento, ma bisogna naturalmente tenerne conto nell'inserzione della valvola. Si è inoltre legati nell'uso della valvola, che può essere utilizzata tutta intiera soltanto come convertitrice-oscillatrice.

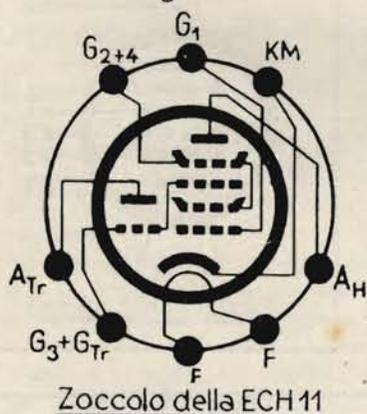
La fig. 40 mostra, a titolo d'esempio, uno schema con una valvola convertitrice. La parte triodica è inserita in un circuito oscillatore simile a quello dei trasmettitori a valvole descritti nella Dispensa precedente. La frequenza d'entrata perviene alla griglia-pilota  $G_1$  dell'esodo, attraverso al circuito oscillante accordato. Le griglie-schermo  $G_2$  e  $G_4$  sono allacciate a una tensione positiva. Dalle connessioni della seconda griglia-pilota risulta il vantaggio particolare di questa valvola composta. Infatti le resistenze per la polarizzazione di griglia, i condensatori d'accoppiamento, ecc., occorrono una volta sola. La polarizzazione delle due griglie è identica, e si forma automaticamente quando l'oscillatore è in funzione. Anche la tensione delle due griglie è identica.

Nel circuito anodico dell'esodo è inserito un filtro di banda accordato sulla MF. Come sapete, la selettività e l'amplificazione si ottengono nella supereterodina in maniera relativamente semplice, nella parte a MF. Vedete inoltre che, anche in questo caso, la polarizzazione della prima griglia-pilota viene ricavata dalla tensione di controllo. I problemi che

si riferiscono a quest'ultima verranno illustrati dopo le valvole convertitrici.

illustrati dopo le valvole convertitrici.

Fig. 39



Zoccolo della ECH 11

si riferiscono a quest'ultima verranno

illustrati dopo le valvole convertitrici.

## L'eptodo convertitore con triodo incorporato

Nelle spiegazioni sull'esodo abbiamo già accennato che la parte tetrodica dello schema ausiliario (fig. 36) può essere naturalmente modificata in un pentodo. Le griglie inserite tra il catodo e la placca diventano allora 5, in luogo di 4, cosicché la costruzione risulta più complicata ancora. Gli eptodi in uso, come la ECH4 (osservate che la lettera H nella sigla sta a significare tanto un esodo che un eptodo), sono anch'essi sempre dotati di un triodo. Però la griglia-pilota del triodo e quelle dell'eptodo sono dotate di contatti separati. La griglia di sop-

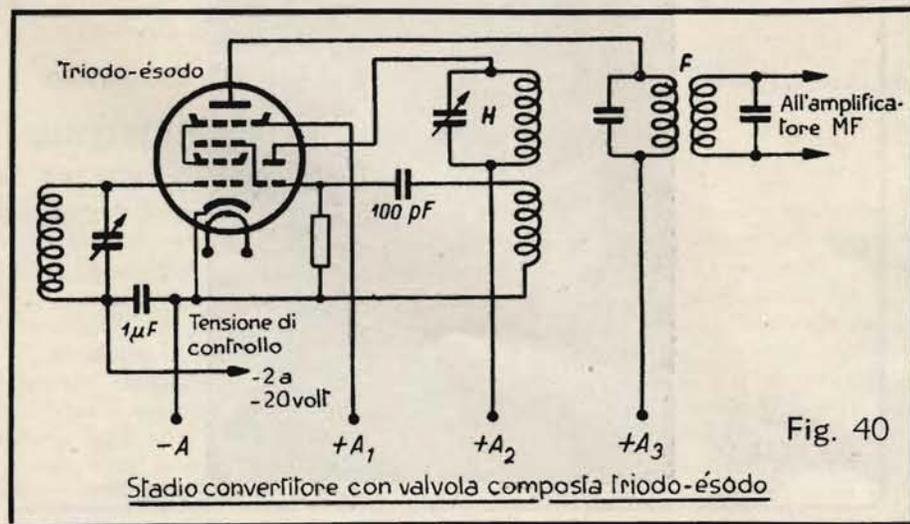


Fig. 40

Stadio convertitore con valvola composta triodo-esodo

pressione ora aggiunta non richiede, d'altra parte, un proprio contatto, essendo collegata internamente col catodo. L'impiego della valvola corrisponde completamente a quello degli esodi convertitori.

Il fatto che le griglie-pilota siano separate, come per esempio nella ECH4 o nella UCH21, consente di usare il sistema dell'*eptodo* e quello del *triodo* ciascuno per conto proprio.

È questa una possibilità di cui si fa spesso uso nei moderni ricevitori, ove l'*eptodo* serve per l'amplificazione dell'AF, il *triodo* per quella della BF.

### L'ottodo

Una forma particolare di *valvola convertitrice* contenente un solo sistema elettronico, dotato però di 6 griglie, è chiamata « *ottodo* » ossia *valvola a 8 poli*. Le 6 griglie, che si vedono bene nella fig. 42 per la valvola CK1, consentono di produrre con un solo sistema elettronico le *oscillazioni* e la *media frequenza*.

La fig. 43 mostra i collegamenti dello zoccolo. Il catodo con le prime due griglie costituisce una specie di *triodo*, utilizzato per la generazione delle *oscillazioni*. La prima griglia si chiama « *griglia-pilota* », la seconda « *anodo ausiliario* ».

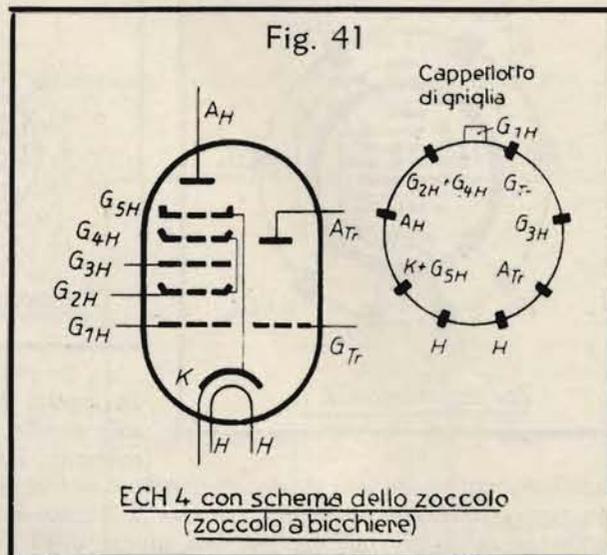
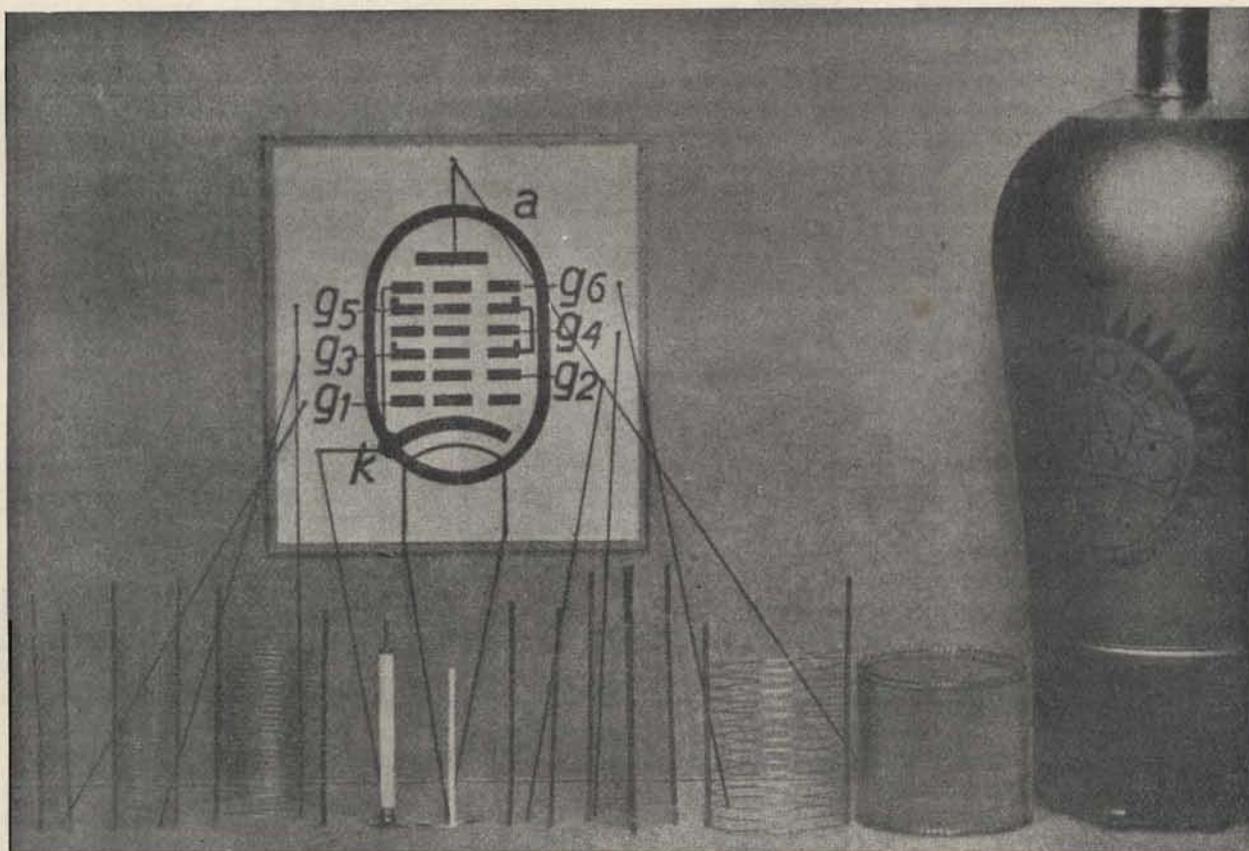
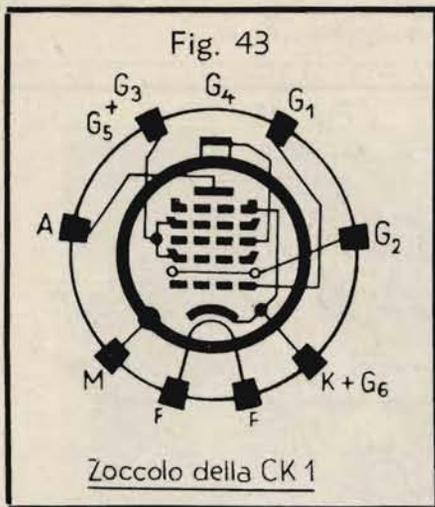


Fig. 42



L'ottodo CK 1 e le sue parti

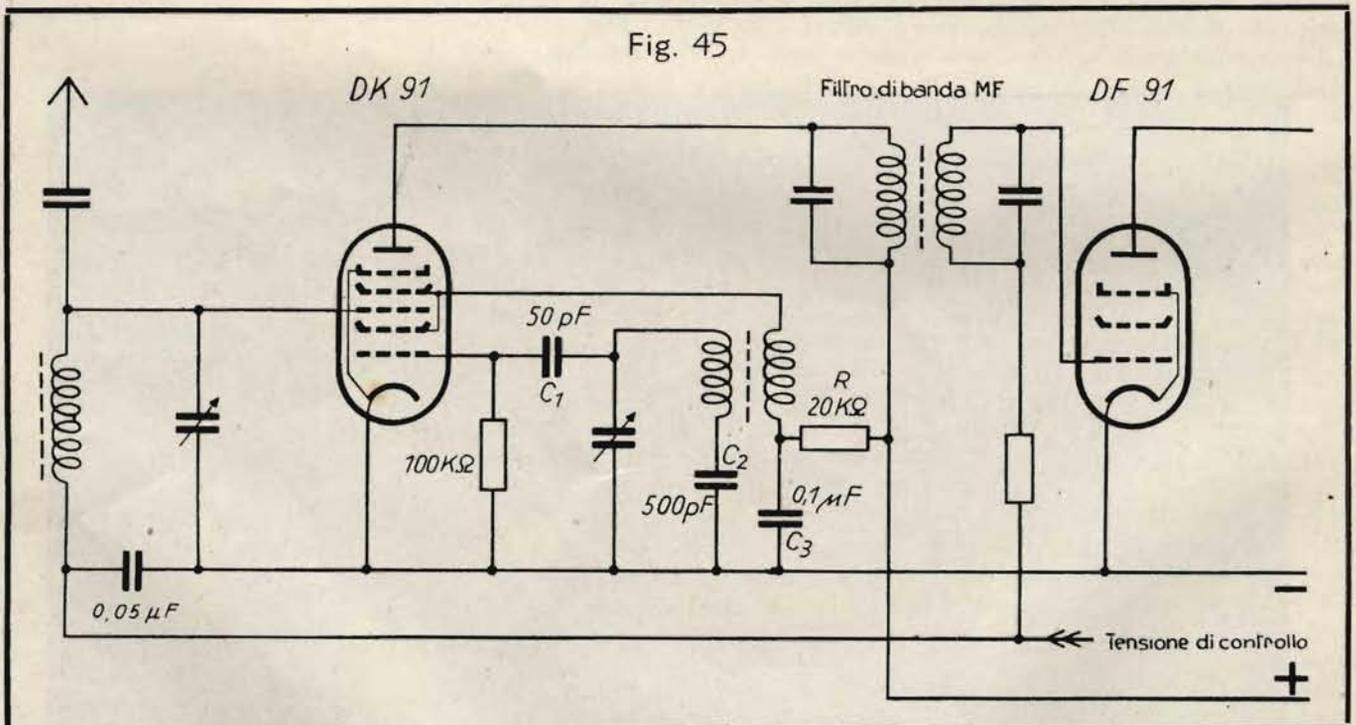


Trattandosi, però, di un *anodo a forma di griglia*, le oscillazioni di questo primo sistema triodico agiscono anche sulle *griglie successive*. La *griglia 2* è seguita anche qui da una *griglia-schermo*, per evitare un'eccessiva influenza diretta della prima *griglia-pilota* e dell'*anodo ausiliario* sulla *griglia 4*, che è l'autentica *griglia-pilota*. La *frequenza d'entrata* viene applicata a questa *griglia 4*. Rispetto all'*esodo* ed all'*eptodo*, le *frequenze applicate alle griglie-pilota dell'ottodo* sono scambiate. Seguono quindi, nella successione nota fin dal pentodo, *griglia-schermo (G5)*, *griglia di soppressione (G6)* e *placca*.

In questa valvola abbiamo un solo *flusso elettronico*, poichè esiste un solo *anodo*. Tuttavia anche gli altri elettrodi positivi assorbono una certa corrente. Dato il modo speciale col quale vengono prodotte le oscillazioni

ausiliarie nel medesimo flusso elettronico, nel caso dell'*ottodo* si parla di *accoppiamento elettronico*. Con questa espressione si vuol significare che il *trasporto della frequenza delle oscillazioni ausiliarie, nel sistema mescolatore della valvola, avviene per mezzo degli stessi elettroni*.

Negli ultimi tempi l'*anodo ausiliario* è stato omesso in alcuni *ottodi* destinati a funzionare nei *ricevitori a batteria*. La valvola si riduce allora, a rigore, ad un *eptodo*. Le *griglie-schermo* collegate fanno allora le veci dell'*anodo* per il *triodo*. Una valvola di questo tipo è la *Rimlock DK91*. Anche la valvola americana LR5 è di questo genere.



La fig. 44 mostra la struttura e lo zoccolo della valvola. La fig. 45 rappresenta l'esempio di uno schema con *stadio convertitore a ottodo*, con impiego di valvole *Rimlock per batterie*.

A questo proposito osserviamo che le *Rimlock per batterie* non portano sigle come DK41, bensì DK91.

Dopo le spiegazioni dettagliate che vi abbiamo fornito nella precedente Dispensa, comprenderete senza difficoltà la parte d'ingresso dello schema. Vi si trovano il *condensatore di separazione* da 0,05 µF, per evitare il cortocircuito della tensione di controllo. Come abbiamo detto più sopra, le *griglie-schermo* servono da *anodi ausiliari*.

Il *circuito oscillante* per la frequenza ausiliaria FO è allacciato alla *prima griglia*; nel *circuito anodico* è inserita la *bobina di reazione*, nel modo da noi mostrato in un esempio nella Dispensa N. 17.

Il *condensatore C<sub>2</sub>*, in serie agli elementi del circuito oscillante, è il *padding*. Il valore di 500 pF consente di ridurre la variazione della capacità nella misura richiesta. Tenendo conto di un *condensatore variabile* da 50 a 500 pF, troviamo (vedasi Dispensa N. 17):

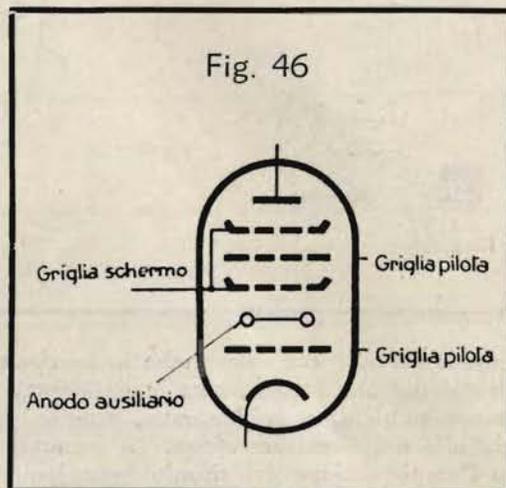
$$C_{totI} = \frac{500 \cdot 50}{500 + 50} = \frac{25\,000}{550} = \frac{500}{11} = 45,45 \text{ pF}$$

$$C_{totF} = \frac{500 \cdot 500}{500 + 500} = \frac{250\,000}{1000} = 250 \text{ pF}$$

In origine la variazione del *condensatore variabile* usato per il circuito oscillante d'entrata era  $50 : 500 = 1 : 10$ . Il *padding* riduce questa variazione a  $\frac{45,45}{250} = 1 : 5,5$ .

La combinazione di  $R$  e  $C_3$  costituisce anche qui un *filtro* per eliminare accoppiamenti indesiderati con gli altri stadi. Nel circuito anodico della DK91 è inserito il circuito primario di un *filtro di banda* per la *MF*, attraverso al quale avviene l'accoppiamento alla *valvola amplificatrice successiva* (DF91). L'alimentazione è indicata nel modo che abbiamo spiegato nella Dispensa precedente.

Accenneremo infine ad un *sistema per la conversione di frequenza* usato in passato in America: il « *pentagridconverter* ». È una parola mista di greco (penta = cinque) e d'inglese (grid = griglia, converter = convertitore). Come risulta dallo schema della fig. 46, il *pentagridconverter* è un *ottodo senza griglia di soppressione*. Bisogna quindi stare attenti, quando si ha a che fare con una valvola a sette elettrodi, se si tratta di un autentico *eptodo*, di un *nuovo ottodo* privo di anodo ausiliario, oppure di un *pentagridconverter*. In ogni caso il tipo della valvola risulterà dallo schema d'inserzione. Una *griglia-schermo* pura si riconosce sempre dal fatto che è collegata a massa attraverso ad un condensatore da  $0,1-1 \mu\text{F}$  e che, nello stesso tempo, è allacciata ad una tensione positiva. Un cenno ancora sulla fig. 46. Poichè l'*anodo ausiliario* è costituito da *due astine*, come si vede nella fig. 42, esso viene rappresentato, oltre che col comune simbolo delle griglie, anche col simbolo riprodotto nella fig. 46.



### L'amplificazione di conversione

Nelle *valvole convertitrici* esistono delle strane situazioni. La *prima griglia-pilota* è sottoposta alle oscillazioni dell'onda ricevuta, mentre nel circuito anodico si desidera ottenere la *tensione di media frequenza più elevata possibile*. È ovvio che l'ampiezza della *MF* dipende da quella della *frequenza d'entrata*, però anche la *tensione dell'oscillatore* ha un effetto importante. Si definisce « *amplificazione di conversione* » della valvola il rapporto tra la tensione di *MF* nel circuito anodico e la tensione d'entrata alla *frequenza di ricezione*, riferito al valore più favorevole della tensione dell'oscillatore. Quindi:

$$\text{Amplificazione di conversione} = \frac{\text{Tensione anodica alternata in MF}}{\text{Tensione alternata in FE alla griglia-pilota}}$$

Se invece si fa il rapporto tra la corrente anodica alternata in *MF* e la tensione alternata d'ingresso alla prima griglia, si ottiene la *pendenza di conversione*.

Avete conosciuto così una parte importantissima dei moderni apparecchi radio. Nella prossima Dispensa esamineremo uno schema completo e ciò approfondirà ulteriormente le vostre cognizioni.

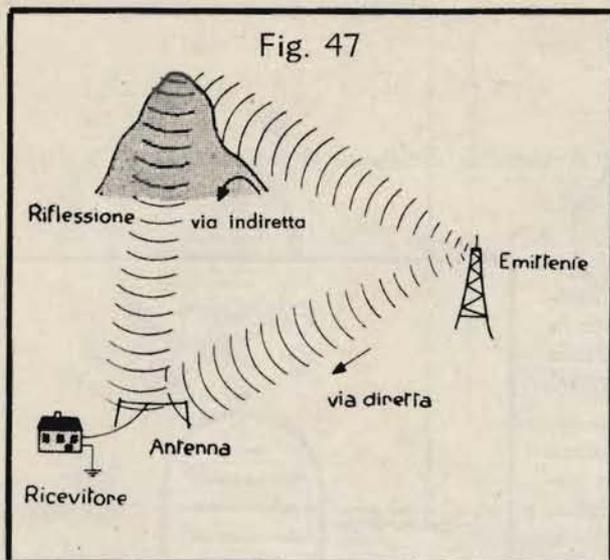
### Domande

1. Quali e quante sono le griglie di un esodo convertitore?
2. Dove vengono applicate in un esodo convertitore la frequenza ausiliaria e quella d'ingresso?
3. Che differenza passa tra un esodo e un eptodo?
4. Quali valvole vengono sostituite dall'ottodo?
5. Dove si applicano, negli ottodi, la frequenza ausiliaria e quella d'ingresso?
6. Che significa *amplificazione di conversione*?

## LE VALVOLE AD AMPLIFICAZIONE VARIABILE

### A che serve la tensione di controllo?

Spiegheremo finalmente a che serve la *tensione di controllo*, tante volte citata. Vediamo perciò che cosa succedeva nei vecchi ricevitori radio, che non erano ancora dotati di questo perfezionamento. Non appena l'apparecchio era bene in sintonia con la stazione desiderata, ecco che l'*intensità sonora* (il *volume*) cominciava a fluttuare fortemente. A momenti la ricezione era forte, poi di nuovo molto debole, e si era quindi costretti a regolare costantemente il comando del volume, il che era tutt'altro che comodo. Le oscillazioni del volume



dipendevano evidentemente dal fatto che la tensione raccolta dall'antenna non era costante, ma variava da un momento all'altro. La teoria trovò ben presto la spiegazione dello strano fenomeno. Le onde elettromagnetiche raggiungono l'antenna ricevente percorrendo vie differenti. Nella fig. 47 si vede, per esempio, un'onda che va direttamente dall'emittente al ricevitore. Invece un'altra onda, procedendo in direzione diversa, va a colpire un ostacolo, che può essere una nuvola, una montagna o uno strato particolare dell'atmosfera e ne viene riflessa. Essa perviene quindi al ricevitore dopo aver percorso una via più lunga. È noto che la *relazione di fase*, tra due onde provenienti dalla medesima sorgente, dipende dalla distanza da esse percorsa.

Come vedete, le due onde della fig. 47 presentano una *differenza di fase*, cosicchè possono rinforzarsi o indebolirsi a vicenda. È un fenomeno analogo a quello considerato a proposito della *reazione* (Dispensa N. 15, fig. 33).

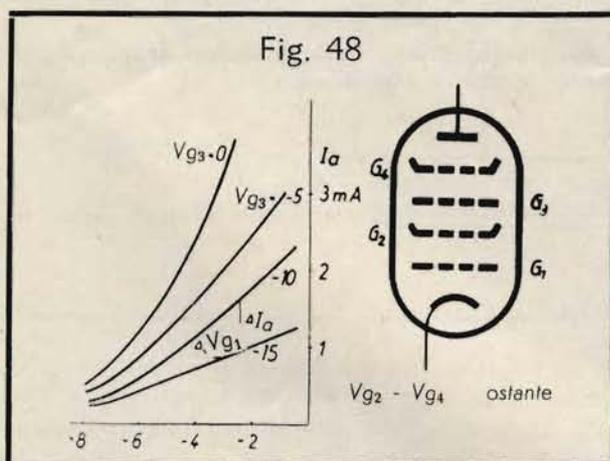
Il riflettore non è però sempre un corpo rigido; di conseguenza la riflessione avviene in modo differente da un momento all'altro. La *relazione di fase* tra le onde parziali

quindi varia, e con essa anche la tensione raccolta dall'antenna. Questa è dunque l'origine delle *fluttuazioni di volume* che costituiscono la cosiddetta « *evanescenza* » o « *fading* » (leggi *féding*). L'*evanescenza* non può essere combattuta nell'antenna, almeno per quanto riguarda la gamma delle *onde medie*; si cerca quindi un rimedio nel ricevitore stesso. La manopola per la regolazione manuale del volume consente di mettere a punto l'amplificazione del circuito completo. Si desidera ora che questa messa a punto avvenga automaticamente. Questo è dunque lo scopo della *tensione di controllo* da noi così spesso nominata: *realizzare la regolazione automatica dell'intensità sonora*, ossia il *controllo automatico del volume* (C.A.V.). Il *controllo automatico* deve quindi agire in modo da aumentare l'amplificazione, quando la tensione d'ingresso è debole, e da ridurla, quando la tensione è forte.

Ricorderete che l'amplificazione di una valvola con griglia-schermo dipende dalla sua pendenza e dalla resistenza anodica impiegata. Il fatto che si parli di *valvole ad amplificazione variabile* denota che si fa variare la pendenza della valvola, in relazione al valore della *tensione d'ingresso*, mentre la *resistenza anodica* rimane costante.

### L'esodo ad amplificazione variabile

Descrivendo la valvola convertitrice a 6 elettrodi abbiamo accennato al fatto che l'intensità della corrente anodica può essere comandata da ciascuna delle griglie-pilota. Applicando la *tensione di controllo*, cioè una *tensione continua*, alla *seconda griglia-pilota*, la *corrente anodica* assumerà un valore dipendente da questa. Ciò vale anche per la *componente alternata della corrente anodica*, dovuta all'onda di ricezione applicata alla *prima griglia-pilota*.



Ricordiamo che la *tensione di controllo* si ricava raddrizzando la *frequenza d'entrata* oppure, nella supereterodina, la *media frequenza*. Nelle nostre spiegazioni sulla *tensione di controllo* (Dispensa N. 15), abbiamo parlato soltanto dell'*AF*. Sapete però che nella supereterodina la *frequenza acustica* si ricava per demodulazione della *MF*.

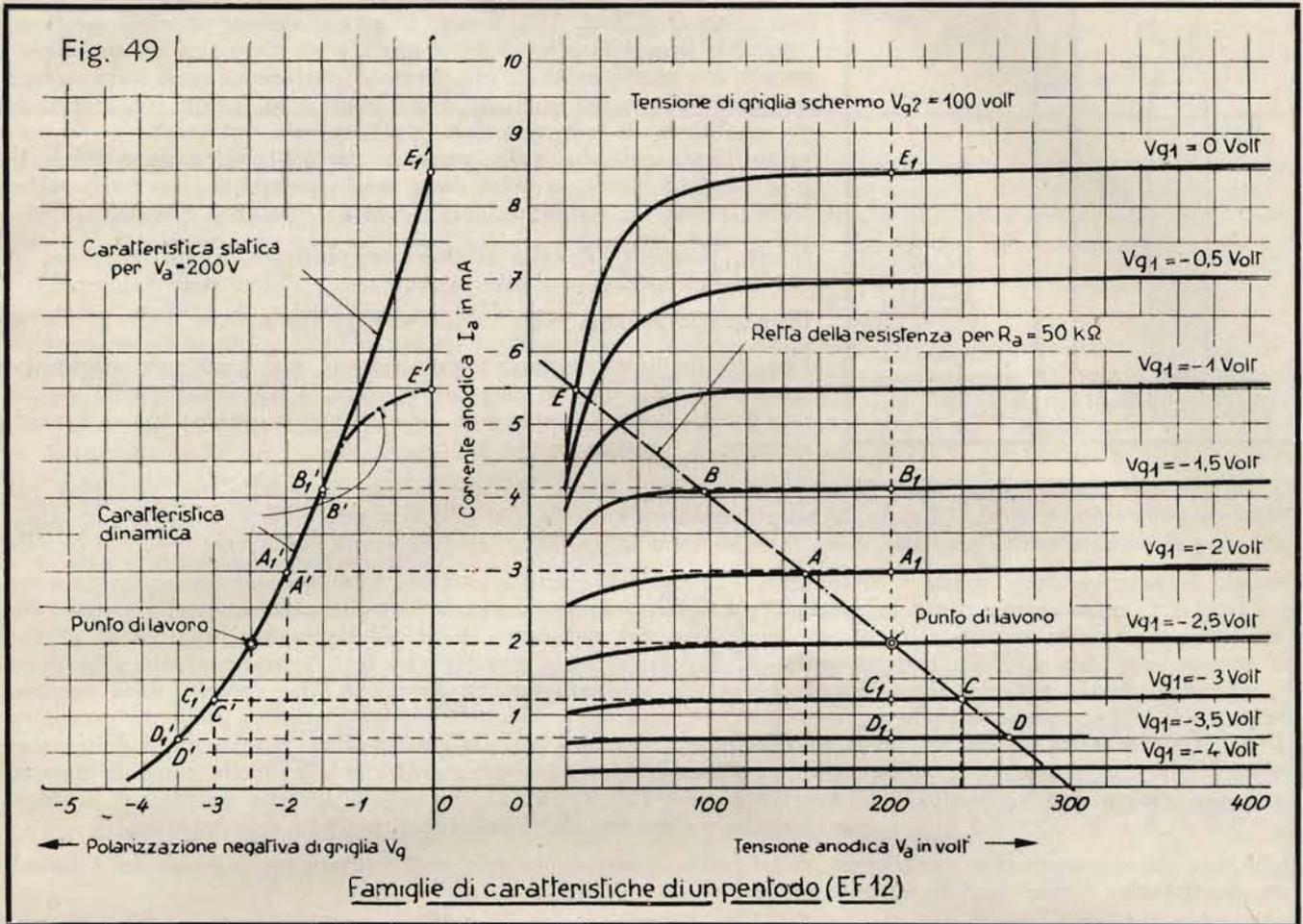
Vediamo ora in qual modo bisogna fissare la *polarità della tensione di controllo*. Il valore della *tensione di controllo* è, ovviamente, tanto maggiore, quanto più elevata è la *tensione d'ingresso* raccolta dall'antenna. L'*amplificazione* deve invece *diminuire di pari passo*. Ora sappiamo che l'*amplificazione* va tanto più diminuendo, quanto più negativa vien fatta la *seconda griglia di comando* dell'esodo. Rimane pertanto stabilita la *polarità della tensione di controllo*, la quale non deve essere altro che la *polarizzazione negativa della seconda griglia di comando*. Esprimendo la *amplificazione di tensione dell'esodo* mediante la formula (56), (Dispensa N. 14), vediamo che la variazione del-

l'amplificazione non può essere dovuta ad altro che alla variazione della *pendenza dinamica* della valvola. La *impedenza anodica* infatti è rimasta inalterata. Ecco quindi una constatazione importante:

La possibilità di regolare l'amplificazione per mezzo di valvole ad amplificazione variabile si fonda sulla variazione della pendenza.

Vi è noto che, nelle *valvole con griglia-schermo*, non esiste, in pratica, alcuna differenza tra *pendenza statica* e *dinamica*. La richiesta variazione di pendenza si ottiene, variando la *polarizzazione della seconda griglia di comando*, detta perciò « *griglia di controllo* ».

L'effetto di regolazione può essere rappresentato per mezzo di una famiglia di caratteristiche (fig. 48). Si tratta qui soltanto dell'andamento di principio, da cui risulta che la pendenza  $S = \frac{\Delta I_a}{\Delta V_{gr}}$  è dipendente dalla tensione  $V_{g3}$ . Come vedete dalla fig. 48, la pendenza delle caratteristiche diminuisce aumentando la polarizzazione negativa, come occorre per realizzare la richiesta regolazione dell'amplificazione.



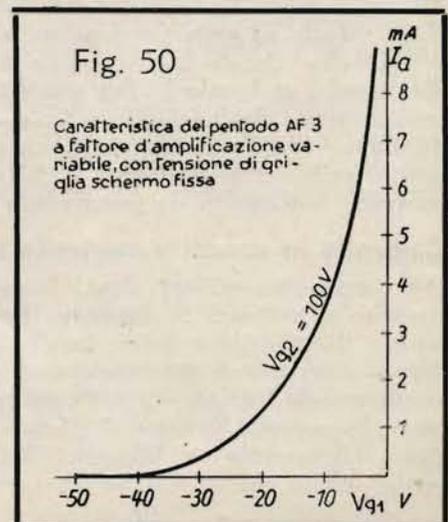
### Il pentodo ad amplificazione variabile

I pentodi normali non sono adatti per il controllo automatico del volume. Nella fig. 49 riportiamo un'altra volta la caratteristica  $I_a - V_{g3}$ , come nella Dispensa N. 14, fig. 25, a sinistra. Da questa caratteristica possiamo ricavare la potenza e rileviamo che essa è praticamente costante in tutto il tratto più importante della caratteristica. Ciò corrisponde, del resto, a quanto si richiede da una normale amplificatrice, affinché le distorsioni risultino ridotte il più possibile. Se trascuriamo però di considerare le possibili distorsioni e non ci preoccupiamo di evitare la curvatura della caratteristica, troviamo una possibilità sorprendente per effettuare la regolazione automatica.

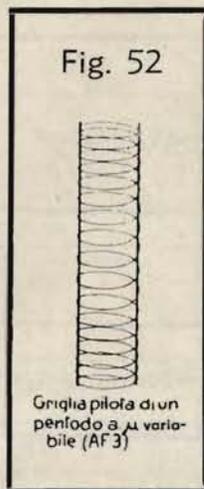
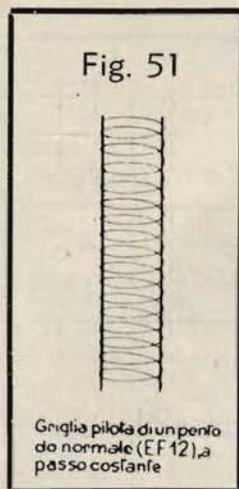
Una valvola che presenti la caratteristica riportata in fig. 50 subisce delle variazioni enormi della pendenza e quindi anche dell'amplificazione, secondo la posizione del punto di lavoro. Che cosa occorre per effettuare la regolazione di una valvola dotata di questa caratteristica? Basta applicare alla griglia-pilota, come polarizzazione, una tensione di controllo di valore sufficiente; ne conseguirà un'amplificazione fortemente variabile secondo la posizione del punto di lavoro. La dipendenza dell'amplificazione del valore della tensione d'entrata è analoga a quella che abbiamo visto per gli esodi di controllo; qui non occorrono però due griglie, ne basta una sola.

Forse voi vorreste costruire ora anche un triodo ad amplificazione variabile. In ciò incontrerete però una difficoltà enorme, dovuta al fatto che, col triodo, anche una forte variazione della pendenza non potrebbe provocare che una variazione insufficiente dell'amplificazione. Infatti, nel triodo, la pendenza dinamica non è uguale a quella statica, ma dipende dal valore della resistenza anodica.

Ed ora alcune spiegazioni sulla costruzione dei pentodi ad amplificazione



variabile. Essi devono possedere una *caratteristica fortemente incurvata*, come quella del *pentodo per corrente alternata AF3*, rappresentata nella fig. 50. Tale curva è una cosiddetta « *curva esponenziale* »; si dice perciò che queste valvole posseggono una *caratteristica esponenziale*. Esse si chiamano anche « *valvole a  $\mu$  variabile* » (a  $\mu$  variabile), intendendo con  $\mu$  il *fattore d'amplificazione*.



Confrontando un *pentodo ad amplificazione variabile*, con un *pentodo normale*, si nota la *conformazione differente della griglia-pilota*. I *pentodi normali* (EF12, AF7) hanno la *griglia avvolta in modo uniforme* (fig. 51). Invece la *griglia dei pentodi a caratteristica esponenziale è avvolta con passo variabile*, più stretto alle estremità e più largo in mezzo (fig. 52). Lo scopo di questa disposizione è facilmente comprensibile, se esaminiamo il comportamento delle valvole con *griglia uniforme a passo stretto* e di altre valvole con *griglia uniforme a passo largo*. La *griglia-pilota avvolta a passo largo* lascia passare la corrente anodica anche quando la polarizzazione negativa è piuttosto elevata.

Infatti, poichè i fili della griglia sono piuttosto distanti tra loro, gli elettroni che riescono a passare tra l'uno e l'altro sono numerosi.

Il contrario avviene nelle valvole con *griglia avvolta a passo stretto*.

Una debole polarizzazione negativa è già sufficiente per sopprimere quasi completamente la corrente anodica. I fili della griglia, vicinissimi l'uno all'altro, respingono gli elettroni in arrivo; solo ben pochi riescono a raggiungere la placca.

Le *valvole ad amplificazione variabile* sono, in un certo senso, il *collegamento in parallelo di parecchie valvole con griglie fitte e rade*. Quando la polarizzazione negativa è forte, la corrente riesce a superare la griglia soltanto nel limitato tratto mediano, dove le spire sono larghe (fig. 52). L'intensità di corrente è quindi piccola.

Quando la polarizzazione negativa diminuisce, l'intensità di corrente aumenta in modo normale nel tratto a maglie larghe. Contemporaneamente ha inizio il passaggio della corrente anche nelle parti a maglie strette. Per questo doppio accrescimento della corrente si ottiene, col diminuire della polarizzazione negativa di griglia, un *aumento rapidissimo della corrente anodica*, da cui deriva la caratteristica fortemente incurvata. Diminuendo ulteriormente la polarizzazione negativa, vengono a « *collegarsi in parallelo altre valvole*, ossia aumenta sempre più la porzione di griglia attraversata dal flusso elettronico; *la corrente anodica aumenta perciò rapidamente d'intensità*. Dalla fig. 50 si può stimare abbastanza bene la pendenza nei diversi punti della caratteristica. Nel tratto a sinistra, in basso, la *pendenza* è soltanto di circa 0,002 mA/V. Nella zona di massima pendenza, cioè a destra, in alto, essa raggiunge circa 1,8 mA/V. La variazione avviene quindi nel rapporto di 0,002 : 1,8 = 1 : 900. Ed è in questa larghissima misura che l'amplificazione può essere variata.

Dobbiamo darvi ancora una spiegazione in rapporto ai motivi per cui, improvvisamente, usiamo delle valvole con caratteristica curva, anzi fortemente incurvata.

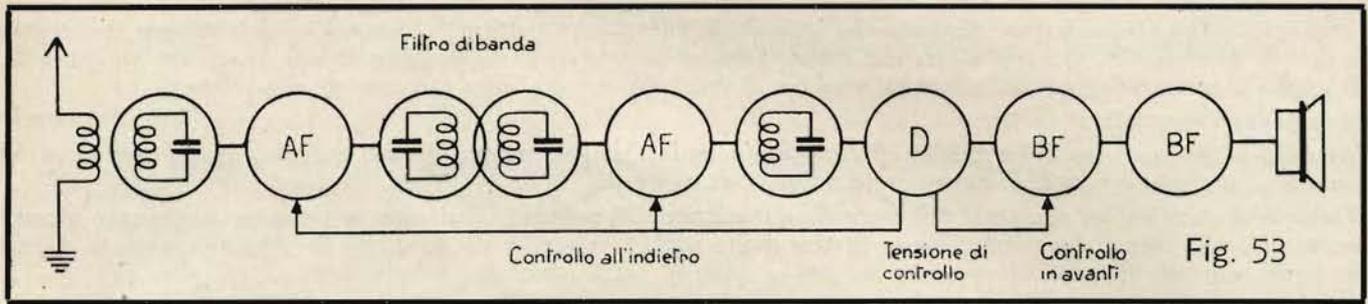
La *tensione alternata* applicata alla griglia delle *valvole ad amplificazione variabile* è sempre talmente piccola, che la *variazione della corrente anodica*, attorno al punto di lavoro, è *quasi trascurabile*. Ciò significa che vien utilizzato, di volta in volta, soltanto un *tratto minuscolo della caratteristica*. Dei tratti così corti si possono sempre considerare, senza troppe preoccupazioni, come se fossero *rettilinei*; in altre parole, l'amplificazione non è affetta da distorsioni. Inoltre le *valvole per il controllo automatico del volume* vengono sempre fatte lavorare con l'impedenza anodica costituita da un *circuito oscillante* oppure da un *filtro di banda accordato*. Questi hanno la proprietà di esaltare in modo particolare il *campo di frequenza attorno alla risonanza*.

Le distorsioni provocano invece sempre delle frequenze notevolmente superiori alla frequenza applicata. Si hanno quindi dei disturbi soltanto nel caso che la tensione alternata, applicata alla griglia-pilota, sia molto forte, come può avvenire, per esempio, quando si riceve la stazione locale.

Nelle *valvole ad amplificazione variabile* si applica dunque alla *griglia-pilota*, oltre all'*AF*, anche la *tensione di controllo*. Questa ha il compito di regolare l'amplificazione, in modo che il volume sonoro rimanga pressochè uguale, malgrado le fluttuazioni della tensione d'antenna. Certo che il controllo di volume non deve giungere al punto da indebolire i *forte* e da sopprimere i *piano*. Questo pericolo si evita filtrando la *BF* dopo la demodulazione, in modo da eliminarla completamente dalla tensione di controllo. Osservate, a questo proposito, nelle figure di questa e della precedente Dispensa, i numerosi *condensatori* che collegano la linea del controllo automatico di volume con la massa.

### Controllo in avanti e controllo indietro

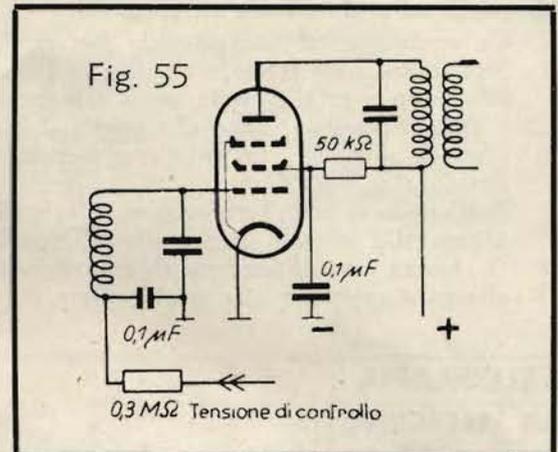
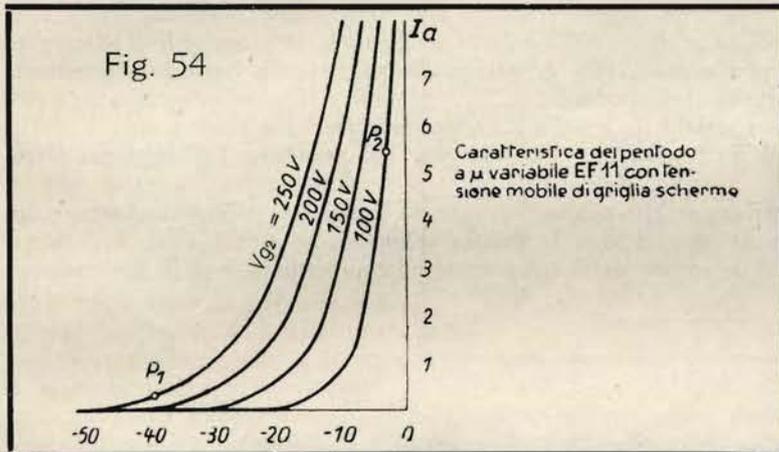
Dobbiamo spiegarvi ora alcuni importanti concetti che si trovano in relazione col problema del controllo automatico di volume. Si distingue il *controllo in avanti* da quello *indietro*. Vi diremo subito che normalmente è usato il *controllo indietro*. La designazione deriva dal procedimento applicato per l'amplificazione. Si considera la *direzione di spostamento delle onde elettriche*: provenienti dall'antenna, esse passano dapprima gli stadi amplificatori d'*AF* (o di *MF*), giungendo al demodulatore (rivelatore). Seguono gli stadi di *BF* e l'altoparlante. Il *controllo indietro* si effettua, riportando la tensione di controllo ottenuta dal raddrizzatore d'*AF*, *indietro* alle valvole amplificatrici d'*AF*, come risulta schematicamente dalla fig. 53. Il *controllo in avanti* è invece quello che si realizza applicando la tensione di controllo agli stadi di *BF*.



Se avete compreso le nostre osservazioni precedenti, vi è chiaro come mai il controllo in avanti sia poco diffuso. La BF, dopo il rivelatore, possiede già un'ampiezza rilevante, cosicché, applicata ad una *valvola con caratteristica esponenziale*, provocherebbe facilmente delle distorsioni. In casi speciali si applica però anche il controllo in avanti. Per queste ragioni, nello schizzo della fig. 53 è stato previsto il controllo automatico per un solo stadio BF.

### Tensione mobile di griglia-schermo

Nel pentodo ad amplificazione variabile, ove tensione da amplificare e tensione di controllo sono entrambe applicate alla medesima griglia, l'effetto di controllo automatico non è pronunciato come nell'esodo, che utilizza due griglie separate. Per migliorare la regolazione automatica del volume con l'aiuto di una seconda griglia, è stata trovata una soluzione interessante. Come vedete dalla fig. 54, la pendenza delle caratteristiche varia anche con la tensione della griglia schermo. Ora, non è possibile applicare la tensione di controllo alla griglia schermo: c'è però un'altra possibilità. Nei pentodi l'intensità della corrente di griglia-schermo varia parallelamente all'intensità della corrente anodica. Se si inserisce una resistenza elevata, da 20 a 100 k $\Omega$ , nel collegamento della griglia-schermo, si ottiene una caduta di tensione abbastanza forte, cosicché quando la corrente aumenta, la tensione della griglia-schermo diminuisce.



Vediamo ora quand'è che ciò avviene e in che modo noi possiamo trarne vantaggio. Quando la tensione della griglia-schermo è elevata (p. es. 250 V; fig. 54), la caratteristica possiede nel tratto inferiore, corrispondente ad una forte polarizzazione negativa della griglia-pilota, una pendenza e quindi un'amplificazione molto scarsa. Ci troviamo nel punto  $P_1$  della fig. 54 e vediamo quindi che il controllo automatico è efficace. Come vedete dalla fig. 55, la forte tensione di griglia-schermo si produce automaticamente. Infatti l'elevato valore della tensione di controllo provoca la diminuzione della corrente anodica e di conseguenza l'aumento della tensione della griglia-schermo, poichè la caduta di tensione diventa minore.

Quando invece la tensione d'ingresso, proveniente dall'antenna, è debole, si ottiene una tensione di controllo piccola. Ne consegue una più forte corrente anodica e di griglia-schermo. Contrariamente a quanto avveniva prima, la tensione di griglia-schermo si abbassa e il punto di lavoro si porta in  $P_2$  (fig. 54), cioè in una zona della caratteristica in cui si ha un'elevata pendenza ed una forte amplificazione, senza che la corrente anodica raggiunga dei valori eccessivi.

Come si vede, il principale vantaggio della tensione mobile di griglia-schermo consiste nell'ottenere le medesime variazioni di pendenza con variazioni molto più limitate della componente continua della corrente anodica. Oggi si applicano tutti i mezzi per il controllo automatico del volume, anche con gli esodi e gli eptodi ad amplificazione variabile. Si ottiene così una regolabilità maggiore di quella del semplice pentodo. Per ottenere il medesimo effetto, cioè la stessa variazione dell'amplificazione, basta una tensione di controllo molto più debole che non nel caso del pentodo: circa un terzo soltanto. I moderni esodi ed eptodi ad amplificazione variabile possiedono anch'essi la griglia-pilota avvolta, come quella della fig. 52; inoltre anche ad essi si applica spesso la tensione mobile di griglia-schermo. Anche quest'ultimo provvedimento richiede una struttura speciale, che differisce da quella delle valvole con tensione fissa di griglia-schermo.

Dopo queste spiegazioni avete compreso che è possibile effettuare il controllo automatico del volume anche sulle valvole mescolatrici. Occorre allora che queste valvole siano dotate di *griglia-pilota a passo variabile*, ossia di *griglia esponenziale*; naturalmente la *tensione di controllo* va applicata a questa griglia-pilota.

Riassumendo constatiamo:

*Il controllo automatico del volume si effettua diminuendo l'amplificazione di una valvola, quando aumenta la tensione d'ingresso e quindi il valore della tensione di controllo.*

Ora siete al corrente sui problemi del *controllo automatico del volume*. Ci rimane soltanto da aggiungere alcune cognizioni sulla forma che presentano in pratica molte parti staccate, e da discutere lo schema completo di un moderno apparecchio radioricevente.

### Domande

1. In che cosa consiste il controllo automatico del volume?
2. Che differenza passa, costruttivamente, tra un pentodo normale ed un pentodo ad amplificazione variabile?
3. Che cos'è il controllo indietro?
4. Come si realizza la tensione mobile di griglia-schermo?

### Risposte alle domande di pag. 14

1. Il bel, il decibel ed il neper.
2.  $b' = \lg \frac{P_1}{P_2}$ ;  $0,6 = \lg \frac{2}{P_2}$ ;  $3,98 = \frac{2}{P_2}$ ;  $P_2 = 0,503 \text{ mW}$ .
3.  $p' = \lg \frac{P_2}{P_0} = \lg \frac{3}{1} = \lg 3 = 0,477 \text{ [bel]}$ .
4.  $V = \sqrt{3 \cdot 10^{-3} \cdot 600} = \sqrt{1,8} = 1,34$ ; oppure:  $p' = 2 \lg \frac{V_2}{V_0}$ ;  $0,477 = 2 \lg \frac{V_2}{0,775}$ ;  $0,238 = \lg \frac{V_2}{0,775}$ ;  $\frac{V_2}{0,775} = 1,73$ ;  $V_2 = 1,73 \cdot 0,775 = 1,34 \text{ V}$ .

### Risposte alle domande di pag. 19

1. Un esodo convertitore possiede due griglie-pilota e due griglie-schermo. In tutto vi sono quindi 4 griglie.
2. Nell'esodo convertitore si applica la frequenza d'entrata alla prima griglia-pilota e la frequenza ausiliaria alla seconda griglia-pilota, ossia alla terza griglia della valvola.
3. L'eptodo possiede, oltre alle griglie dell'esodo, anche la griglia di soppressione.
4. L'ottodo sostituisce un eptodo convertitore ed un triodo per l'oscillatore, che produce la frequenza ausiliaria.
5. Nell'ottodo si ha la frequenza ausiliaria alla prima griglia-pilota, mentre la frequenza d'ingresso viene applicata alla seconda griglia-pilota, dopo l'anodo ausiliario e la griglia schermo.
6. Si chiama « *amplificazione di conversione* » il rapporto della tensione anodica alternata in MF alla tensione alternata applicata alla griglia-pilota.

## TELEGRAFIA

### LA TELESKRIVENTE

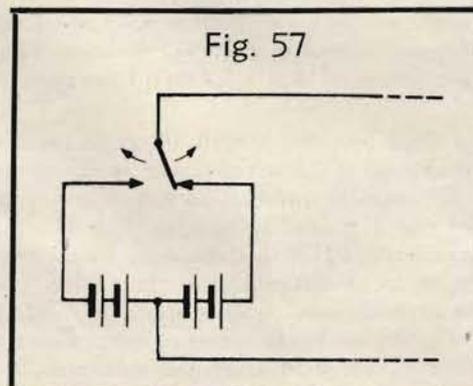
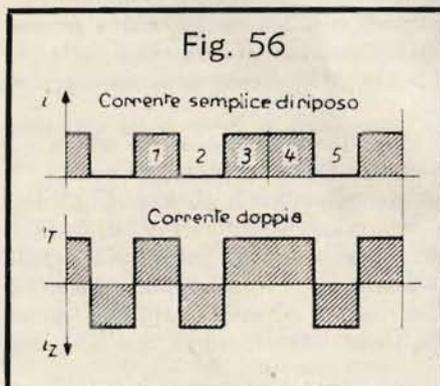
In questa Dispensa descriveremo le particolarità di un terzo sistema di telescrivente usato in pratica.

#### La telescrivente Creed

Si tratta di un sistema sviluppato in Inghilterra, che presenta perciò alcune differenze rispetto ai sistemi tedeschi *Siemens* e *Lorenz*.

#### La corrente doppia

Dobbiamo indicare anzitutto una differenza essenziale nella *conformazione degli impulsi*. Finora abbiamo conosciuto, come elementi costitutivi dell'alfabeto Murray, gli impulsi di *corrente* e di *assenza di corrente*. Si



ottiene una maggiore sicurezza di trasmissione se, invece di limitarsi ad interrompere la corrente, se ne commuta la *polarità*.

La fig. 56, portando ad esempio la lettera F, mostra che la *corrente circola in due direzioni*, in modo analogo alla corrente alternata. Dalla rappresentazione diagrammatica risulta la forma dei segnali telegrafici, che sono costituiti dai cinque impulsi di codice, oltre che dall'impulso di partenza e

da quello d'arresto. La fig. 57 mostra come si realizza, in modo assai semplice, la *corrente doppia*. Questa differenza, rispetto ai sistemi telegrafici descritti finora, è irrilevante e non vi darà alcuna perplessità.

### Trasmissione

Il complesso trasmettitore della *telescrivente Creed* presenta maggiori particolarità. Comunque abbiamo anche qui 5 barre di codice (W), la cui posizione è caratteristica per il segnale trasmesso (fig. 58). Osserverete però subito che queste barre di codice non posseggono intagli a dente di sega. Il problema dello spostamento è però ugualmente risolto in modo molto semplice. Le cinque barre di codice sono trattenute da una leva di blocco (S). Non appena l'operatore preme un tasto, la leva di blocco viene sollevata dalla camma (N) e le barre tentano di spostarsi verso destra, sotto la trazione delle molle (F). Le barre di codice sono dotate di piccole sporgenze che si trovano in differenti posizioni e che vanno a poggiare contro le leve di collegamento (V) dei tasti (T). Così, per esempio, nella fig. 58, ove il tasto premuto è quello della lettera H, la prima, la seconda e la quarta barra di codice sono trattenute dalle loro sporgenze, mentre la seconda e la quinta barra sono libere di spostarsi verso destra.

Come risulta dall'alfabeto Murray (Dispensa N. 16), la posizione delle barre 1, 2 e 4 provoca una *corrente di lavoro*, mentre quella delle barre 3 e 5 produce una *corrente di riposo*. Si chiama *corrente di lavoro* quella che ha la medesima direzione dell'impulso di partenza (start), mentre la *corrente di riposo* ha la direzione dell'impulso d'arresto (stop).

Pure interessante è il sistema col quale la posizione delle barre di codice determina l'azionamento di un unico contatto di commutazione. Il principio di funzionamento risulta dalla fig. 59. In posizione di riposo tutte e cinque le leve di comando (H) poggiano sulle appendici delle barre di codice di trasmissione (W).

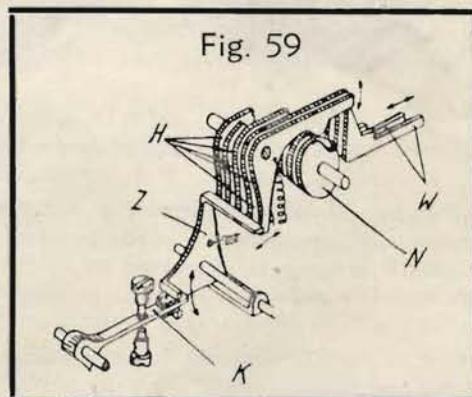
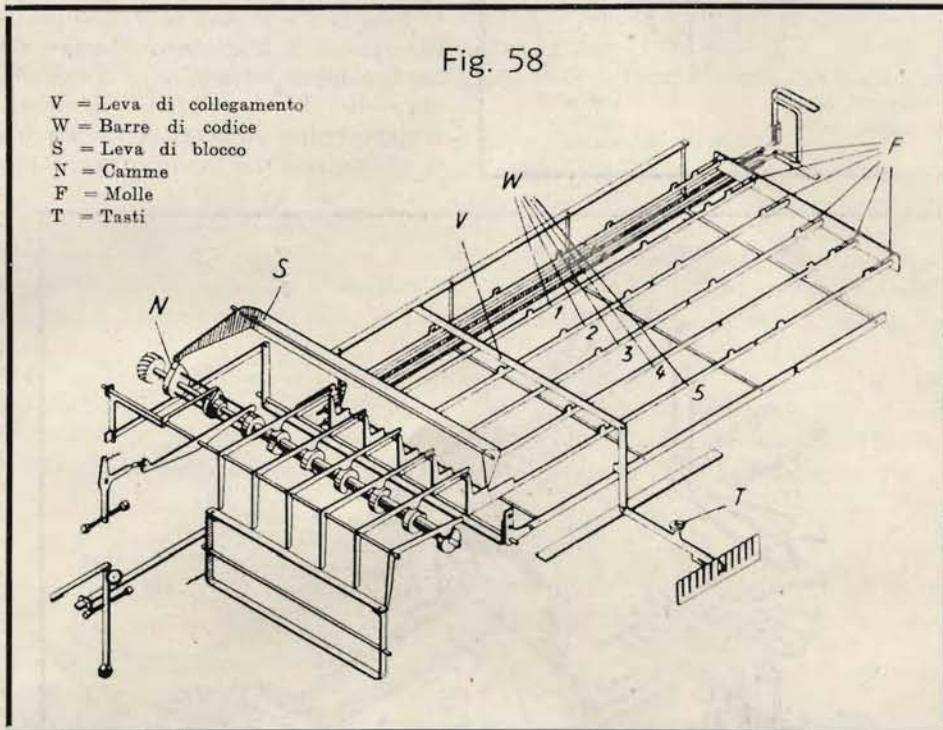
Abbiamo descritto il modo nel quale le barre di codice di trasmissione vengono spostate a seguito della pressione operata sui tasti. Vedete ora che tutte le barre spostate verso destra liberano le corrispondenti leve di comando.

Contemporaneamente alla pressione del tasto ha inizio la rotazione delle camme (N). Queste consentono alle leve di comando, che non poggiano più sulle appendici delle barre di codice, di abbassarsi, l'una dopo l'altra, spostando il braccio verticale verso sinistra e facendo così ruotare verso sinistra la leva intermedia Z, la quale provoca la chiusura del contatto inferiore. Viene allora immessa sulla linea la *corrente di riposo*. Invece le barre di codice trattenute nella posizione di sinistra provocano *corrente di lavoro*.

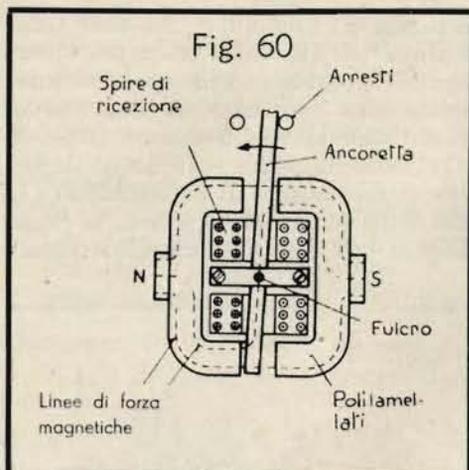
Forse voi ritenete che l'esercizio a *corrente doppia* sia tanto differente da quello a *corrente semplice*, da rendere impossibile il collegamento di due apparecchi funzionanti nei due sistemi. Invece non c'è nessuna difficoltà insormontabile, poichè la *corrente doppia* può essere tramutata facilmente in *corrente semplice* e anche quella semplice si trasforma in *corrente doppia*, mediante l'impiego di un semplice relè intermedio.

### Ricezione e scrittura

Altre particolarità si trovano nella parte ricevente. Anche qui si usa una sola ancoretta; questa è comandata da un elettromagnete accoppiato ad una calamita. Ad ogni impulso di corrente di polarità cambiata, l'ancoretta inverte la sua posizione e vi rimane fino al successivo comando contrario. Questo dispositivo si chiama « relè polarizzato » ed è basato sul medesimo principio del rivelatore elettromagnetico da grammofo (Dispensa N. 11). Se, per esempio, si porta a sinistra per *corrente di riposo*, l'ancoretta rimarrà a sinistra, finchè non intervenga la *corrente di lavoro* che la sposti a destra. Il relè si dice « polarizzato » perchè ubbidisce alla polarità della corrente, che può essere positiva o negativa.



Nella fig. 60 il relè polarizzato è rappresentato schematicamente. Questi relè polarizzati sono sensibilissimi, perchè non abbisognano di una molla che li riporti nella posizione di riposo e non richiedono quindi, per la commutazione, che una forza molto piccola.

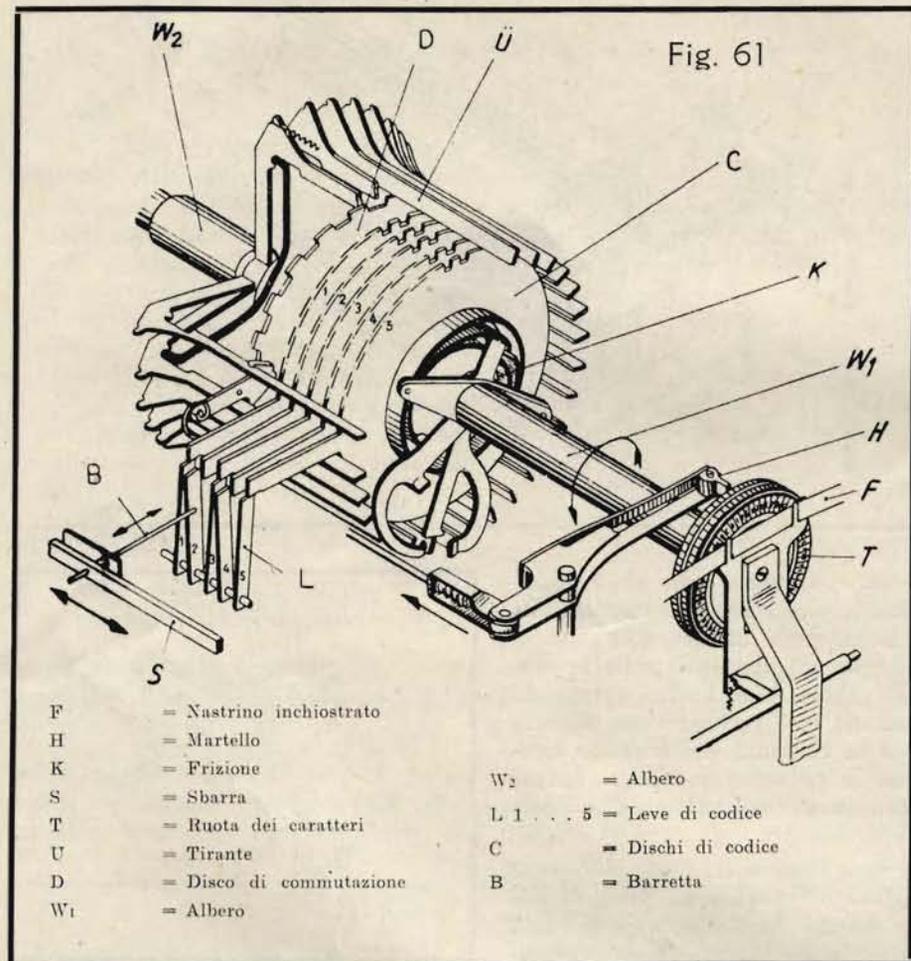


Lo svolgimento successivo della ricezione può essere seguito nella figura 61. Nel sistema Creed è l'ancoretta stessa che comanda il meccanismo di ricezione, senza che occorra un dispositivo di tasteggio, come nei sistemi Siemens e Lorenz. La sbarra (S) viene spostata avanti e indietro per effetto di un meccanismo che non occorre descrivere: essa porta in tal modo la barretta di selezione (B) davanti alle singole leve (L), spostandole nell'una o nell'altra posizione, secondo la posizione del relè ricevente. Il movimento della sbarra (S) deve avvenire in sincronismo con l'emissione degli impulsi di codice; è questo appunto l'organo per il quale, nella telescrivente Creed, sussiste l'esigenza del sincronismo. Come vedete nella fig. 61, le leve 2 e 4 si trovano in una posizione corrispondente alla corrente di lavoro, mentre le leve 1, 3 e 5 sono nell'altra posizione, corrispondente alla corrente di riposo. Nell'alfabeto Murray (Dispensa N. 16) tale disposizione corrisponde alla lettera y. Le leve L costituiscono gli appoggi delle appendici dei dischi (C), i quali svolgono la funzione che, negli altri sistemi, hanno le barre di codice di ricezione. Le appendici dei dischi di codice 1, 3 e 5 vanno infatti a poggiare sulle corrispondenti leve L,

mentre invece i dischi di codice 2 e 4 restano liberi di ruotare maggiormente verso sinistra.

Questi dischi di codice hanno la circonferenza dotata di intagli; per ogni combinazione possibile vi è un posto determinato, ed uno solo, dove tutti e cinque gli intagli vengono a trovarsi esattamente allineati. Quel tirante (U), che si trova in corrispondenza di tale posto, cade nella feritoia formata dai dischi di codice; così si attua la selezione della lettera o del segno trasmesso. Il disco (D) situato dietro ai dischi di codice, serve ad effettuare la commutazione Lettere — Cifre, o viceversa. Nell'esempio della fig. 61, se non ci fosse questo disco di commutazione, potrebbe cadere, oltre al tirante della lettera y, anche quello della cifra 6 (vedasi alfabeto Murray), cosa che ovviamente non deve accadere.

Veniamo all'ultima operazione: la scrittura. A mezzo di un innesto a frizione (K) l'albero ( $W_1$ ), che porta la ruota (T) coi caratteri di scrittura, viene messo in rotazione dall'albero motore ( $W_2$ ). Naturalmente i dischi di codice ed i tiranti non partecipano alla rotazione. Gira invece solidalmente con l'albero ( $W_2$ ) il dispositivo a



F = Nastrino inchiostro  
H = Martello  
K = Frizione  
S = Sbarra  
T = Ruota dei caratteri  
U = Tirante  
D = Disco di commutazione  
 $W_1$  = Albero

$W_2$  = Albero  
L 1 . . . 5 = Leve di codice  
C = Dischi di codice  
B = Barretta

forcella che si scorge in basso, nel quale va a innestarsi il tirante selezionato, bloccando la ruota dei caratteri in una posizione tale da fermare la lettera richiesta in alto, davanti al martello (H). I caratteri d'impressione non si trovano all'esterno della ruota (T), ma sul lato frontale, e non sono fissati rigidamente, ma trattenuti da una molla. Vedrete subito lo scopo di questa disposizione. Appena la ruota dei caratteri si è fermata, il martello (H) va infatti a battere contro il carattere che si trova in alto. Questo balza in avanti, premendo il nastro inchiostro contro la carta (non visibile nella figura) e determinando così l'impressione della lettera o del segno trasmesso. Rileverete nella telescrivente Creed una certa somiglianza con l'antenato delle telescriventi, il telegrafo di Hughes.

Anche in questa occasione abbiamo trattato soltanto le funzioni di principio, senza occuparci dei dettagli meccanici. A rigore, quando si è visto come funziona il relè ricevente, si è già esaurita tutta la parte elettrotecnica della telescrivente. Anche l'azionamento dei vari organi della telescrivente non è necessariamente un problema

elettrotecnico, poichè, se è vero che, per ragioni di praticità, le telescriventi sono sempre azionate da un motore elettrico, è altrettanto vero che, teoricamente, si potrebbe avere anche un motore d'altro genere. Basta perciò che ricordiamo ancora semplicemente l'esistenza degli organi accessori, descritti nella Dispensa N. 16 per l'apparecchio Siemens, senza doverne ripetere la descrizione.

### **Cenno sulla telescrivente Olivetti**

Aggiungeremo alcuni cenni sulla *telescrivente Olivetti*, che è senza dubbio *la più diffusa in Italia*. Dopo che vi abbiamo descritto tre diversi sistemi di telescriventi, sarete convinti che, nel loro principio di funzionamento, le moderne telescriventi non presentano differenze essenziali. Ciò vale senz'altro anche a proposito della *Olivetti*, cosicchè è superfluo riportarne una descrizione dettagliata. I vari organi di questo moderno apparecchio di fabbricazione italiana corrispondono tutti, nel principio costruttivo, ai corrispondenti organi dell'uno o dell'altro dei sistemi esteri precedentemente descritti, di cui rappresentano la realizzazione più moderna e l'applicazione più generale.

La *trasmissione* viene attuata in modo analogo a quella del *sistema Siemens*, utilizzando *cinque barre di codice con intagli a dente di sega*. *Cinque camme* ruotanti provano successivamente la posizione delle barre di codice, determinando, mediante appositi *levismi*, la chiusura del contatto di trasmissione nell'uno o nell'altro senso.

Questo contatto, non è infatti un semplice interruttore, bensì un *commutatore* come nel *sistema Creed* (figura 57 di questa Dispensa); è quindi possibile la *trasmissione a corrente doppia*, più sicura, come abbiamo visto, di quella a corrente semplice.

Per la *ricezione* esiste naturalmente un *relè polarizzato*, adatto per il funzionamento *a corrente doppia*.

L'*Olivetti* può però, all'occorrenza, funzionare anche *a corrente semplice*. In questo caso l'*ancoretta* del *relè ricevente* viene squilibrata per mezzo di una *molla a spirale*; la tensione della molla si regola spostando un *indice* che si trova davanti a una *scala graduata*. Come nel *sistema Lorenz*, vi è una *sola ancoretta*; *cinque leve*, mosse successivamente dalle *camme di ricezione*, compiono il tasteggio della posizione dell'*ancoretta*, spostando corrispondentemente le cinque *barre di codice di ricezione*, simili a quelle dell'*apparecchio Siemens*.

La selezione del martelletto, che porta il carattere trasmesso, e l'impressione avvengono in modo analogo a quello del *sistema Siemens*.

Accenniamo infine al *motore della telescrivente Olivetti* che, come abbiamo già detto nella Dispensa N. 16, può funzionare con qualsiasi tipo di corrente; citiamo inoltre il fatto che l'*Olivetti* costruisce modelli adatti per la scrittura tanto su *nastro telegrafico* (zona), quanto su *fogli di formato normale* per macchina da scrivere. Abbiamo terminato così le nostre spiegazioni sulle telescriventi, mettendovi in grado di avere delle idee concrete sui sistemi in uso.

## **RADIOTECNICA**

### **LA CONTROREAZIONE**

Abbiamo già ripetutamente discusso l'utilità e lo scopo della *reazione*. Si tratta di un principio che ha avuto particolare importanza nei primi semplici apparecchi riceventi, ma che, soprattutto, ha operato una vera rivoluzione nel campo della radiotecnica, poichè ad esso si deve la possibilità di attuare le *radiotrasmittenti a valvole*. Se dunque la *reazione* produce, in ogni caso, un aumento dell'amplificazione, voi penserete, a ragione, che la *controreazione* provochi una *diminuzione dell'amplificazione*.

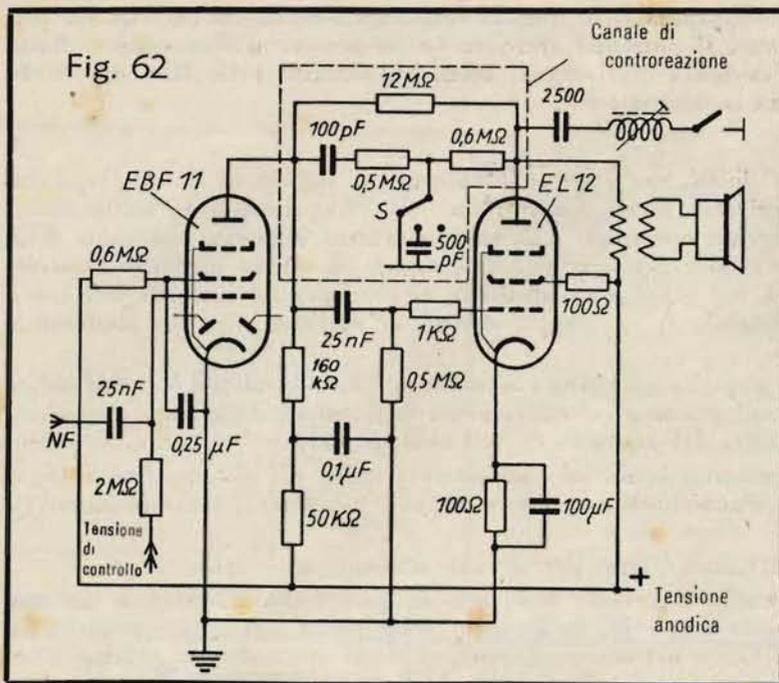
Vi chiederete quindi con sorpresa a che cosa possa servire questa diminuzione d'amplificazione. Si costruiscono degli amplificatori e poi se ne riduce l'effetto, applicando una *controreazione*? La cosa parrebbe strana, eppure la *controreazione* è usata spesso e ne comprenderete tra breve la ragione.

Quando vi abbiamo fatto conoscere le *valvole termoioniche* abbiamo accennato subito al fatto che la curvatura delle caratteristiche è causa di distorsioni e di scarsa fedeltà nella riproduzione. In che cosa consistono queste *distorsioni*? Pensate al suono di un apparecchio che abbia le valvole vecchie ed esaurite. La tonalità dell'apparecchio è stranamente stridula. Qualcosa di nuovo e di sgradevole si è aggiunto ai suoni trasmessi: si tratta di *frequenze più alte*, che sfalsano così la voce della radio.

Poichè sapete come si realizza la *reazione*, non avrete difficoltà ad immaginare in che modo si ottenga la *controreazione*. Nella Dispensa N. 15 abbiamo spiegato che, per fare la *reazione*, si riporta alla griglia una tensione alternata prelevata dal circuito anodico; bisogna però che questa tensione sia di fase tale da provocare un aumento della tensione originale all'ingresso della valvola. *Se invece la fase è contraria* (Dispensa N. 15, fig. 35-b), *si ha una diminuzione della tensione d'ingresso e quindi dell'amplificazione*. Questa è dunque la *controreazione*.

Come stanno le cose per le *frequenze di disturbo*, che si formano per effetto della curvatura della caratteristica? Queste frequenze non si trovano, in origine, all'ingresso, in quanto si manifestano soltanto *nel circuito anodico*. È quindi chiaro che queste frequenze risulteranno indebolite dalla *controreazione* in misura maggiore delle frequenze utili. Ecco dunque lo scopo della *controreazione*:

*La controreazione riduce le distorsioni, provocate dalla curvatura della caratteristica della valvola. Essa provoca, peraltro, anche una diminuzione dell'amplificazione.*



C'è poi un altro fatto importante che si sfrutta per aumentare l'efficacia della *controreazione*. Se si fa in modo da rendere dipendente dalla frequenza il *canale di controreazione*, costituito da quegli elementi che riportano all'ingresso una parte della tensione anodica, nella giusta relazione di fase, si ottiene la possibilità di applicare la *controreazione* soltanto nei confronti di *determinate frequenze*, che si desidera sopprimere. Le alte frequenze non subiscono invece attenuazioni.

È ovvio in quali posti convenga applicare la *controreazione*. Nella parte d'*AF*, dove i circuiti di risonanza lasciano passare soltanto una banda di frequenza relativamente stretta, la *controreazione* non ha ragione di essere. La troveremo invece assai spesso nella parte di *BF*. Vediamone un esempio (figura 62). In detta figura è rappresentato il *canale di controreazione* di uno stadio di *BF*.

Il valore dei singoli elementi (*resistenza, condensatori*) è assai importante in questo caso.

Oltre all'effetto della *controreazione*, è rea-

lizzata qui la possibilità di *regolare il timbro o la tonalità del suono*, mediante il *commutatore S*.

Come *preamplificatrice* è usata una EBF11, il cui collegamento dei diodi ora non interessa. Come vedete, alla valvola è applicata una *tensione di controllo*: si tratta, in questo caso, di *controllo in avanti*. L'ingresso della *BF* avviene attraverso al condensatore da 25 000 pF. L'adduzione della tensione continua ai vari elettrodi non presenta alcuna difficoltà. Nel circuito anodico della EBF11 si trova il *filtro d'alta frequenza*, mentre i 160 kΩ servono da *resistenza anodica*. Il collegamento della EL12 come *valvola finale* è pure normale; l'abbiamo già visto un'altra volta con valori simili. Il *circuito oscillante* in serie, inserito tra l'anodo e la massa, è un circuito accordato per l'eliminazione dei 9 kHz. La novità consiste nel *collegamento dei due anodi attraverso vari elementi*; è questo il *canale di controreazione*. Naturalmente il collegamento avrebbe potuto avvenire anche direttamente, dalla placca alla griglia-pilota della valvola finale. Sarebbe occorso però un condensatore capace di sopportare la tensione anodica. Così invece basta un *condensatore senza isolamento elevato*, poiché entrambi gli anodi sono sottoposti alla tensione continua positiva.

Vediamo dapprima lo scopo e l'effetto della *resistenza da 12 MΩ*, che collega direttamente i due anodi. Per un calcolo approssimato basta considerare le due resistenze da 12 MΩ e da 160 kΩ come rami di un *partitore di tensione*. Vedete subito che sui 160 kΩ agisce soltanto una *piccola parte della tensione alternata anodica della valvola finale*; ma questa porzione ritorna, attraverso al condensatore da 25 nF, alla *griglia-pilota* della EL12, dove agisce come *controreazione*. Come sapete da precedenti spiegazioni, la tensione alternata anodica è di fase opposta alla tensione di griglia. Se la tensione anodica viene quindi riportata direttamente alla griglia (cioè senza apposito trasformatore per l'inversione di fase) si ottiene sempre una *controreazione*.

Vediamo ora l'effetto dei rami trasversali, che vengono inseriti mediante il commutatore S. Per la posizione di questo commutatore, disegnata nello schema, la tensione alternata anodica è collegata a massa attraverso 0,6 MΩ. Quindi questo canale non trasporta tensione e non si produce alcuna *controreazione* supplementare. Il *condensatore da 500 pF* conduce invece più facilmente a massa le *frequenze alte* che quelle basse. Inserendo tale condensatore, le *frequenze basse* subiscono una *controreazione più forte* e rimangono *attenuate*. Il *condensatore da 100 pF* impedisce però che l'*attenuazione delle frequenze basse* sia *troppo forte*. La posizione mediana del commutatore produce un *certo rinforzo dei suoni alti*, che subiscono meno *controreazioni*; la *tonalità diventa chiara*. Infine, nella posizione a destra, i *suoni alti*, che attraversano abbastanza facilmente il condensatore da 100 pF, risultano sottoposti ad una *maggiore controreazione* e la *tonalità diventa quindi cupa*.

La *controreazione* rende possibili delle soluzioni interessanti, di cui si fa sovente uso nei ricevitori di produzione industriale.

#### Risposte alle domande di pag. 24

1. Il controllo automatico del volume si attua spostando il punto di lavoro in un tratto di maggiore pendenza. L'amplificazione varia assieme alla frequenza.
2. I pentodi ad amplificazione variabile possiedono una griglia a passo variabile, la cosiddetta « *griglia esponenziale* ». I pentodi comuni hanno invece la griglia uniforme.
3. Il *controllo indietro* consiste nel riportare indietro l'*AF* o la *MF* raddrizzata, alla griglia-pilota delle valvole amplificatrici d'*AF* o di *MF*.
4. La tensione mobile di griglia-schermo si ottiene mettendo una resistenza elevata in serie al collegamento di griglia-schermo. La resistenza trasversale di griglia-schermo allora varia, a seguito della caduta di tensione nella resistenza.

## COMPITI

1. Da che cosa sono dati i limiti di capacità nei condensatori di protezione verso la custodia delle macchine elettriche? Quali sono gli effetti di una buona terra?
2. Qual è lo scopo della schermatura dei cavetti d'accensione, nelle automobili?
3. Come mai i survoltori a vibratore generano dei disturbi?
4. Che cosa significa, quando si dice che una linea chiusa con l'impedenza caratteristica ha un'attenuazione di 20 db?
5. Qual è la potenza che attraversa una linea in un punto ove il livello misura 1,5 neper?
6. Qual è l'intensità della corrente che attraversa una resistenza da 600  $\Omega$  al livello di - 12 db?
7. Disegnate lo schema di uno stadio convertitore di frequenza con la valvola ECH4.
8. Quali differenze si riscontrano nelle 3 specie di eptodi da voi conosciuti?
9. Come mai è necessario il controllo automatico del volume?
10. Qual è il valore della tensione di griglia-schermo per  $V_B = 250$  volt e  $I_{g2} = 1$  mA, con una resistenza di caduta di 160 k $\Omega$ ? A quale valore sale la tensione, se la corrente di griglia-schermo si riduce alla metà?
11. Quali due tipi di corrente sono usati nelle telescriventi per la trasmissione degli impulsi?
12. A che cosa serve la controreazione?

## FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 18

Formula N.°

- (62) Attenuazione:  $b = \lg \frac{P_1}{P_2}$  (bel) . . . . . pag. 10
- (63) Attenuazione:  $b = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_2}$  (neper) . . . . . " 11
- (64) Attenuazione:  $b = \ln \frac{V_1}{V_2}$  (neper) . . . . . " 12
- (65) Livello di potenza:  $p = \frac{1}{2} \ln \frac{P_2}{P_0}$  (neper) . . . . . " 13

---

Stampato come manoscritto

Ogni alienazione, prestito o diffusione in genere di questa Dispensa, anche in riassunto, è proibita.

Tutti i diritti, in particolare la traduzione in lingue straniere, sono riservati.

---

**TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI**

---

**OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO, 9  
V A R E S E**

---

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

# INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 19

<b>Riassunto della materia trattata nella dispensa precedente</b>	<i>pag.</i> 1
<b>Telefonia</b>	» 1
La selezione automatica	» 1
Il sistema rotativo Bell	» 2
Il cercatore di chiamata	» 2
I selettori di gruppo e di linea	» 3
Il commutatore di successione	» 3
Il registratore	» 4
La formazione del collegamento telefonico	» 5
Domande	» 7
<b>Telegrafia</b>	» 7
L'apparecchio radiotelescrivente sistema Siemens-Hell	» 7
L'alfabeto e l'esplorazione	» 7
Il trasmettitore	» 8
Il ricevitore	» 9
Il sincronismo	» 9
Domande	» 10
<b>Tecnica delle misure</b>	» 10
Valvole termoioniche	» 10
1) Il principio	» 10
2) La messa a fuoco	» 11
3) Le placche di misura	» 11
4) Lo schermo fluorescente	» 12
5) L'effettuazione delle misure col tubo a raggi catodici	» 12
6) Il campo di frequenza	» 13
7) La sensibilità del tubo a raggi catodici	» 14
Domande	» 14
<b>Radiotecnica</b>	» 15
Valvole termoioniche	» 15
La valvola indicatrice di sintonia	» 15
Domande	» 16
<b>Radiotecnica</b>	» 16
Il ricevitore a supereterodina completo	» 16
Il commutatore d'onda	» 17
Il circuito del generatore d'oscillazioni	» 18
L'alimentatore	» 19
Lo schema completo	» 20
Domande	» 24
<b>Acustica ed elettroacustica</b>	» 25
Il magnetofono	» 25
Il principio fondamentale	» 25
Il nastro magnetico	» 25
Avanzamento e velocità del nastro	» 25
Gli elettromagneti	» 26
Amplificatori di registrazione e di riproduzione	» 27
Le applicazioni del magnetofono	» 28
Il dittafono	» 28
Domande	» 28
<b>Compiti</b>	» 29

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 19

## RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Prima di procedere oltre nel campo delle cognizioni tecniche, richiamiamo alla memoria l'ultima tappa del nostro cammino. La prima parte della Dispensa N. 18 era dedicata ai *radiodisturbi* ed alla *lotta contro di essi*. Le onde parassite hanno origine soprattutto nei posti ove si formano delle scintille. Avete imparato ad eliminare i disturbi nei contatti e negli interruttori e, soprattutto, nei motori a collettore. Il collettore è causa di disturbi, dovuti allo scintillio delle spazzole di carbone, soprattutto se esso è sporco o se non è bene centrato. Partendo dal collegamento simmetrico degli avvolgimenti di campo siamo arrivati ai *filtri antiparassiti* di struttura più complessa. Va ricordato, in proposito, che si possono considerare sufficientemente liberi da radioparassiti gli apparecchi elettrici che presentano ai morsetti una tensione di disturbo non superiore ad 1 mV.

L'*autoradio* richiede tutto un complesso di protezioni antiparassite. Nell'impianto d'accensione bisogna considerare separatamente la parte a bassa e quella ad alta tensione. Abbiamo conosciuto anche il *survoltore*, che converte in corrente alternata la corrente continua della batteria. Tale funzione è però causa di forti disturbi, che richiedono quindi adeguate misure di protezione.

Nei Capitoli sull'*attenuazione* e sul *livello* vi sono state illustrate delle importanti relazioni. Avete appreso così a giudicare, dal punto di vista delle telecomunicazioni, la bontà non solo delle linee, ma anche di interi collegamenti, comprendenti degli amplificatori. Ricordate che tanto le attenuazioni che le amplificazioni si misurano in *neper*, o in *decibel*, ossia in unità di misura logaritmiche.

Il Capitolo di *Radiotecnica* ha ampliato in modo importante le vostre conoscenze sulle *valvole*. Poichè conoscevate già il principio di funzionamento della supereterodina, vi abbiamo descritto la valvola fondamentale di questo tipo di radiorecettore: la *valvola convertitrice di frequenza*. Vi sono stati spiegati nei particolari costruttivi e nelle modalità di applicazione i principali tipi di convertitrici, rappresentati da *esodi*, *eptodi* ed *ottodi*. Il tipo normalmente usato è l'*esodo* o l'*eptodo con sistema triodico supplementare* per la generazione della frequenza ausiliaria.

Siamo così arrivati finalmente al punto da potervi spiegare il problema del *controllo automatico di volume*.

Le valvole ad amplificazione variabile consentono di regolare il valore dell'amplificazione in dipendenza del valore della tensione d'entrata. Quando questa è forte, la conseguente tensione di controllo produce una diminuzione dell'amplificazione.

Con la descrizione della *telescrivente sistema Creed*, sono state completate le vostre cognizioni in questo campo, ed abbiamo trovato l'occasione di accennare ad alcune particolarità che non si ritrovano nei sistemi Siemens e Lorenz. È bastato così un breve cenno sulla *telescrivente Olivetti*, essendone già noto, nel principio, il funzionamento dei vari organi.

Nell'ultimo Capitolo vi è stato indicato il mezzo di ridurre, negli amplificatori di *BF*, gli effetti sgradevoli della curvatura della caratteristica delle valvole. Si tratta della *controreazione*.

Nella presente Dispensa riuniremo tutti i vari schemi particolari e discuteremo lo schema completo di una *supereterodina*.

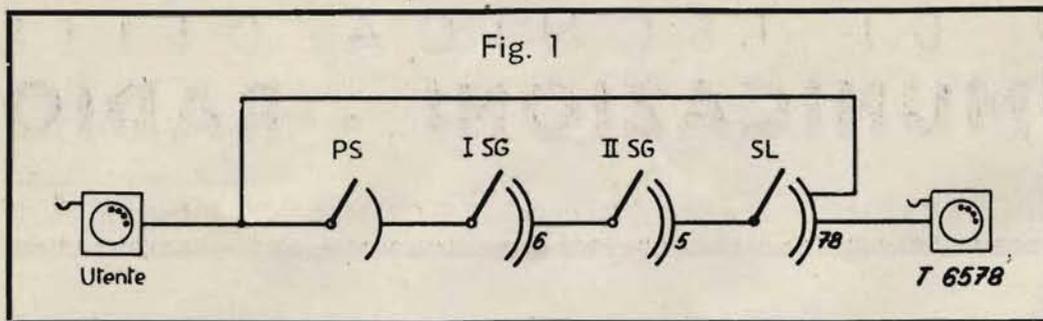
## TELEFONIA

### LA SELEZIONE AUTOMATICA

Nella Dispensa N. 14 abbiamo illustrato il principio funzionale del sistema completamente automatico Siemens.

Finchè non ci si perde nei particolari, le cose sono chiare e facili da comprendere. Ripetiamo tuttavia brevemente i punti essenziali della nostra esposizione, affinchè possiate più facilmente prendere dimestichezza con gli altri sistemi.

Nel sistema Siemens è assegnato a ciascun utente un *preselettore collocato* in centrale. Questo *preselettore* va automaticamente alla ricerca di un *selettore di gruppo libero*, non appena il suo utente solleva il microfono per attuare una comunicazione.



I selettori di gruppo ed il successivo selettore di linea sono comandati direttamente dagli impulsi del disco combinatore; si dice perciò che si tratta di un « sistema diretto ».

Nella fig. 1 si vede nuovamente in qual modo avvenga la selezione per via diretta

dell'utente numero 6578.

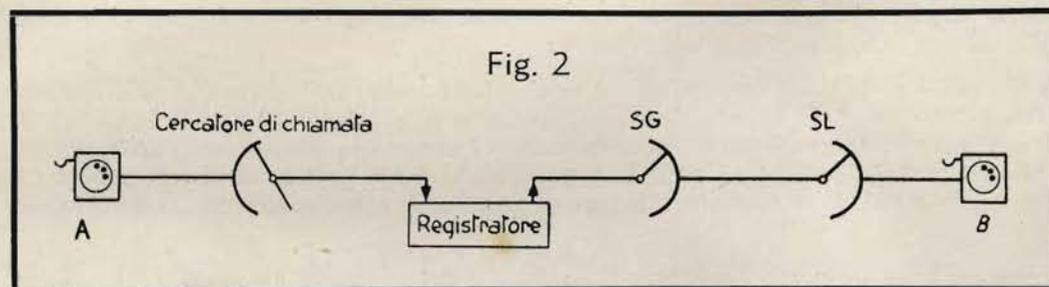
Vi è poi un'altra cosa importante. I selettori lavorano in maniera decadica; in altre parole, ogni successivo passaggio corrisponde alla selezione di una cifra, la quale può significare migliaia, centinaia, decine o unità, secondo lo stesso criterio usato per scrivere i numeri. Al termine della selezione, l'utente chiamante è collegato con l'utente chiamato, ed entra in funzione la suoneria di quest'ultimo.

Nel caso che il funzionamento, ora brevemente ripetuto, non vi sia più presente, rileggete bene un'altra volta il relativo Capitolo della Dispensa N. 14, poichè il sistema diretto è appunto particolarmente adatto per capire il principio della telefonia automatica.

Ci occuperemo ora dei due sistemi indiretti, incominciando da quello della Compagnia Telefonica Bell.

### IL SISTEMA ROTATIVO BELL

A differenza del sistema diretto (fig. 1), nel sistema rotativo Bell gli impulsi provenienti dal combinatore sono



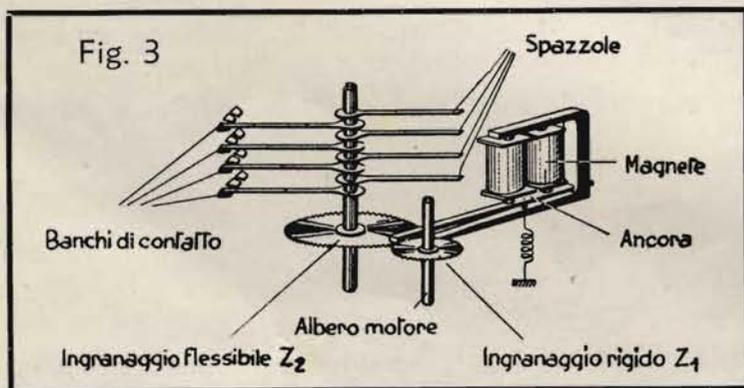
raccolti da un cosiddetto « registratore », dal quale passano poi ai selettori di gruppo e di linea (fig. 2).

Questa particolarità giustifica la denominazione di « sistema indiretto ». Nella fig. 2 avrete osservato anche un'altra differenza rispetto al sistema Siemens:

il cercatore di chiamata. Vediamo un po' da vicino questi nuovi elementi.

### Il cercatore di chiamata

Nel sistema Siemens ad ogni utente è assegnato un proprio preselettore. Appena l'utente solleva il microtelefono, ha inizio la rotazione del preselettore, che va alla ricerca di un selettore di gruppo disponibile. Col cercatore di chiamata, il funzionamento è, in un certo senso, invertito. Non è il preselettore dell'utente che inizia la selezione, bensì il cercatore di chiamata, che cerca quell'utente che desidera ottenere una comunicazione. Per questo il simbolo del cercatore di chiamata (fig. 2) è come quello di un preselettore, ma voltato nell'altro senso. Vediamo un po' più da vicino uno di questi cercatori di chiamata (fig. 3). Nella Dispensa N. 13 avete conosciuto le lamine striscianti o spazzole. In luogo di tre abbiamo qui quattro banchi di contatto, denominati a, b, c e d. Il banco d serve ad uno scopo interessante.



Quando un utente solleva il ricevitore, viene applicata al corrispondente contatto del banco d

una tensione verso terra. Nell'istante in cui la spazzola d del cercatore arriva al contatto in questione, si eccita un relè che fa arrestare il cercatore, il quale ha trovato in tal modo l'utente chiamante.

Anche la rotazione del cercatore viene realizzata con un metodo completamente differente. L'ingranaggio rigido  $Z_1$  gira continuamente, azionato da un motore elettrico, senza però ingranare con l'ingranaggio  $Z_2$ . Quest'ultimo, che è flessibile, è infatti piegato verso il basso dall'ancoretta dell'elettromagnete.

Quando un utente solleva il ricevitore, un *relè* inserisce il magnete, l'ancoretta viene attratta, l'ingranaggio  $Z_2$  si solleva e va ad ingranare con la ruota  $Z_1$ . Pertanto le spazzole si mettono in rotazione, finchè, trovato l'utente chiamante, l'ancoretta si distacca nuovamente e le spazzole si fermano. La ruota  $Z_1$  continua invece a girare.

Questa trasmissione consente di usare un *unico motore* per azionare tutti i cercatori ed i selettori di una sezione di centrale (fig. 4).

È da questo sistema d'azionamento rotativo che proviene la denominazione di « sistema rotativo » o « sistema Rotary ».

### I segnalatori di gruppo e di linea

Nel *sistema Rotary* anche i selettori sono differenti da quelli Siemens. La fig. 5 ve ne mostra schematicamente la struttura. Il *banco di contatti* non è stato disegnato; del resto è molto simile a quello del *sistema Siemens*. Anche qui abbiamo un *solo motore*, che provoca la rotazione dell'asse  $A$  di molti selettori. Gli *elettromagneti d'innesto* devono essere naturalmente *due*, analogamente ai magneti di sollevamento e di rotazione nei selettori Siemens. Qui si evita di ricorrere al sollevamento, usando un sistema un po' diverso. I tre bracci di contatto (spazzole) del selettore sono ripetuti dieci volte. Le *spazzole* giacciono normalmente in una posizione tale da non toccare le *lamine del banco di contatto*, nemmeno quando l'asse  $S$  (comune a tutte le spazzole) si mette a ruotare. Occorre infatti che l'asse  $TS$  (comando spazzole) si disponga nella posizione richiesta, per sganciare una determinata terna di spazzole, mediante uno degli appositi *naselli di comando*.

Solo quando sono sganciate, le spazzole vanno a strisciare sul corrispondente arco di contatti.

Come vedete, invece di avere un sollevamento, abbiamo qui lo sganciamento della spazzola richiesta.

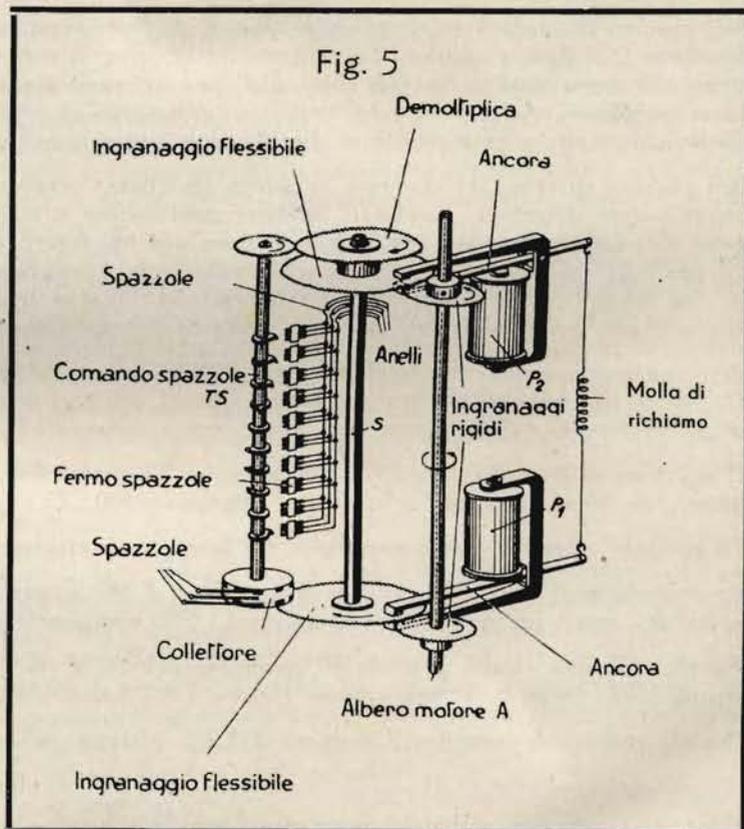
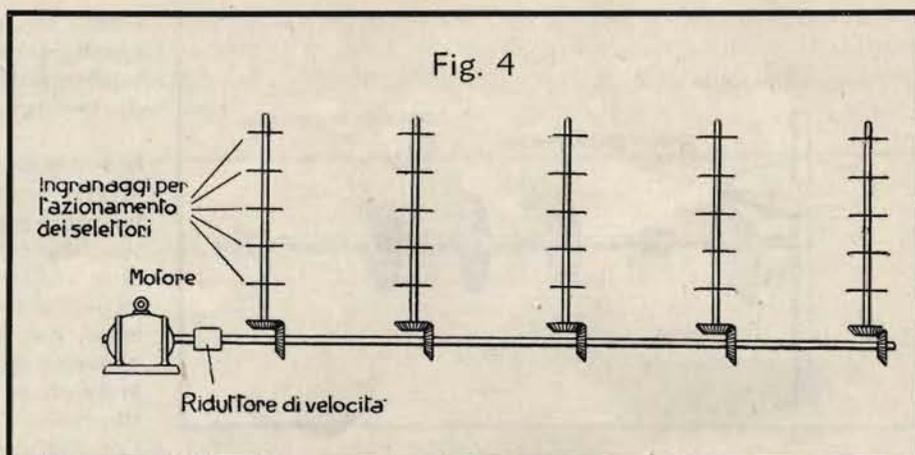
Un esempio chiarirà meglio come avvenga questa operazione. Supponiamo che il selettore sia utilizzato come *selettore di linea*, con un banco di contatti per 100 utenti, e che si debba scegliere l'utente 57. La prima serie d'impulsi disporrà il *comando spazzole* in una posizione tale, da sganciare la quinta spazzola, portandola a contatto delle lamine del banco. Le altre 9 spazzole sono inattive. L'asse *delle spazzole* ruota ora per 7 passi, cosicché la quinta spazzola rimane collegata al contatto dell'utente 57. Nel-

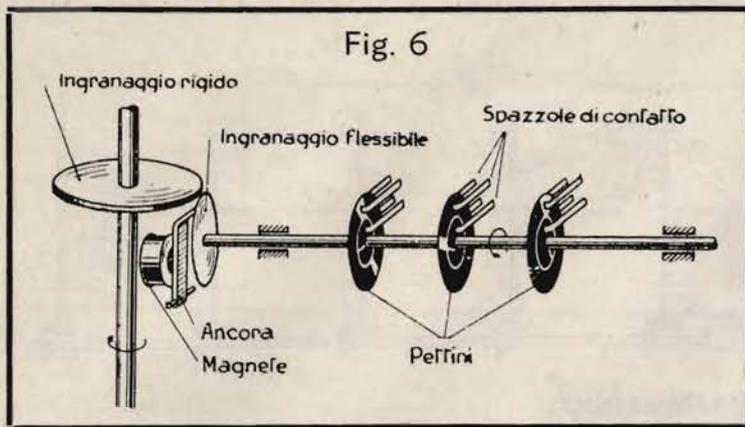
l'uso come *selettore di gruppo* si effettua soltanto la selezione del *comando spazzole*. La successiva rotazione delle spazzole avviene come *selezione libera*, ossia prosegue soltanto finchè la spazzola incontra un contatto collegato con un successivo selettore di gruppo, o di linea, libero.

All'estremità inferiore dell'asse *del comando spazzole* c'è un *contatto d'interruzione*, che trasmette ad ogni passo un cosiddetto « impulso di risposta ». Torneremo ad occuparci di questo impulso quando vedremo lo svolgimento della selezione ed il funzionamento del registratore.

### Il commutatore di successione

Un altro elemento caratteristico del *sistema Rotary* è il *commutatore di successione*. Dalla fig. 6 vedete che anch'esso è azionato per mezzo di un *ingranaggio flessibile*. Sui cosiddetti « *pettini* », di cui qui ne sono rappre-





sentati tre, si trovano dei *lamierini metallici* disposti in varie maniere, i quali, in una determinata posizione, collegano tra loro le *spazzole di contatto*.

Il *commutatore di successione* viene inserito in diversi posti, ove svolge una funzione facilmente comprensibile. Durante la selezione automatica, diverse operazioni si susseguono in un ordine obbligato: *segnale di centrale, combinazione del numero, prova della linea libera, chiamata, ecc.* Ciascuna operazione richiede la *formazione di appositi circuiti*, la quale avviene appunto ad opera del *commutatore rotativo di successione*. Questo assicura, per esempio, che l'eccitazione dei magneti d'accoppiamento av-

venga nel modo e nell'istante giusto. Supponiamo che, in una determinata posizione del commutatore, venga eccitato il *magnete P<sub>2</sub>*, che serve ad attuare la *rotazione dell'asse di comando delle spazzole*. Al termine della relativa serie d'impulsi, il *commutatore di successione* separa il magnete *P<sub>2</sub>* e collega il *magnete P<sub>1</sub>*, affinché la prossima serie d'impulsi possa provocare la rotazione dell'asse delle spazzole.

Comunque il *commutatore di successione* è reso indispensabile soltanto dall'adozione del *registratore*, organo particolare del *sistema indiretto*.

## Il registratore

Nel *sistema Siemens i selettori di gruppo e di linea* sono comandati direttamente dagli impulsi del *disco combinatore*. Qui invece abbiamo un organo intermedio, il *registratore*. Questo si può considerare come un *dispositivo che immagazzina le serie d'impulsi, per azionare a sua volta i selettori*. Gli impulsi di comando pervengono quindi ai selettori *per via indiretta*, attraverso al *registratore*. Chiederete a ragione a che serva questo giro vizioso, che a prima vista si direbbe non possa significare altro che un aumento di costo dell'impianto.

Nel *sistema diretto*, la *selezione decadica* (migliaia, centinaia, decine, unità) richiede dei selettori basati su un *principio decadico*. Poiché il *selettore tridecadico* a mille posti sarebbe troppo complesso, bisogna limitarsi al *selettore a cento posti*. Non è possibile impiegare delle forme diverse di selettori, per esempio con 25 passi di sollevamento e 20 passi di rotazione. L'applicazione del *registratore* consente senz'altro di usare dei selettori che, possedendo dei banchi di contatto di dimensioni maggiori, presentano notevoli vantaggi. Il confronto dei due sistemi per una centrale urbana dimostra chiaramente i vantaggi del *sistema indiretto*.

Per equipaggiare una rete telefonica con 300 000 utenti occorrono, nel *sistema diretto*, *selettori di gruppo I, II, III e IV*, nonché *selettori di linea*. Quanti selettori occorrono invece, potendo usare selettori con 25 passi di sollevamento e 20 di rotazione, come sopra accennato?

Il *selettore di linea* ha  $25 \cdot 20 = 500$  attacchi. La prima selezione di gruppo comprende 25 passi. Aggiungendo quindi un altro stadio di selettori, si ottengono  $500 \cdot 25 = 12\,500$  attacchi.

Un secondo ulteriore stadio raggiunge già la capacità richiesta, perchè  $12\,500 \cdot 25 = 312\,500$ .

Procedendo nell'altra direzione, vediamo che i *I SG* hanno 25 file di contatti. Ogni fila adduce ai *II SG*, ciascuno dei quali permette di raggiungere 25 *SL*, complessivamente, con 12 500 utenti ( $25 \cdot 12\,500 = 312\,500$ ).

Finora abbiamo citato, a titolo di esempio, dei *SG* e *SL* con  $25 \cdot 20 = 500$  contatti; si tratta di un'ipotesi semplificata. In pratica, nel *sistema Rotary* i *SG* hanno  $10 \cdot 30 = 300$  ed i *SL*  $10 \cdot 20 = 200$  attacchi.

Per chiamare, ad esempio, il numero 257 358 bisogna, nel sistema decadico, ottenere le seguenti disposizioni:

I	SG	2 <sup>a</sup>	decade	
II	SG	5 <sup>a</sup>	»	
III	SG	7 <sup>a</sup>	»	
IV	SG	3 <sup>a</sup>	»	
	SL	5 <sup>a</sup>	»	, 8 passi

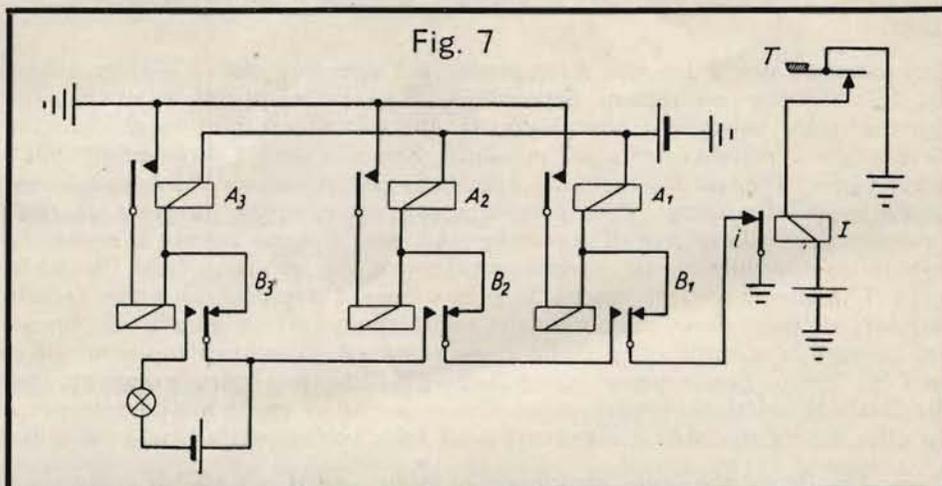
In un sistema con selettori a 500 posti, gli impulsi dei combinatori vanno invece tramutati nel collegamento delle seguenti file o passi:

I	SG	21 <sup>a</sup>	fila	( $20 \cdot 12\,500 = 250\,000$ )
II	SG	15 <sup>a</sup>	»	( $14 \cdot 500 = 7\,000$ )
	SL	18 <sup>a</sup>	»	, 17 passi ( $17 \cdot 20 = 340$ , 17 passi = 18° posto)

Per realizzare questa disposizione occorre che la serie di cifre decadiche, emesse dal disco combinatore, venga tramutata in una serie corrispondente ai selettori di capacità più elevata. A questo compito provvede il *registratore*, che immagazzina e trasforma gli impulsi, comandando poi i selettori.

Una questione importantissima è quella della *conservazione degli impulsi*. Nel sistema diretto le chiamate che avvengono nei momenti in cui tutti i selettori di gruppo o di linea sono occupati, vanno perdute. Il *registratori* invece conserva i numeri che riceve, fin quando si renda disponibile il selettore di gruppo o di linea occorrente, anche se dovessero trascorrere alcuni secondi.

La struttura del *registratori* è assai interessante. Il *registratori* moderno è costituito essenzialmente da *coppie di relè*. Il numero dei relè eccitati riproduce il numero degli impulsi ricevuti. Ogni successivo impulso di una serie provoca l'attrazione di un'ulteriore coppia di relè. In qual modo si possa far ciò ve lo spiegheremo con l'aiuto del semplice schema della fig. 7. Le interruzioni del *tasto T* agiscono sul *relè d'impulsi I*. Il *contatto di riposo i* di questo relè si chiude ogni volta che venga premuto il *tasto T*. Quando il *contatto i* si chiude per la prima



volta, si ottiene il seguente circuito: *terra - contatto i - contatto di riposo di B<sub>1</sub> - relè A<sub>1</sub> - batteria - terra*. Nessun altro circuito è chiuso. L'unico relè che si eccita è quindi A<sub>1</sub>, il quale attrae la propria ancoretta, stabilendo così il seguente nuovo circuito: *terra (a sinistra in alto) - contatto di A<sub>1</sub> - relè B<sub>1</sub> - relè A<sub>1</sub> - batteria - terra*.

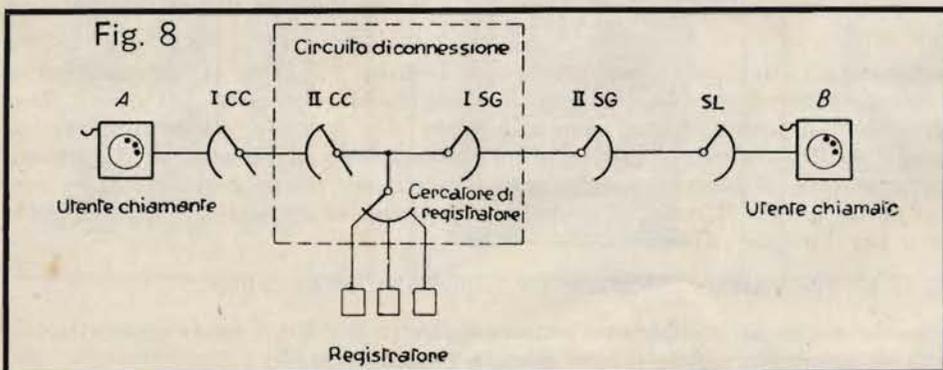
Finchè *i* rimane chiuso, B<sub>1</sub> non si può eccitare, perchè ha entrambi i terminali collegati con la terra. Appena il contatto *i* si apre, il relè B<sub>1</sub> si eccita e provoca la commutazione dei propri contatti. Che c'è ora di cambiato, rispetto alla condizione del dispositivo prima dell'emissione del primo impulso? Attraverso al contatto di B<sub>1</sub>, la terra è ora collegata, tramite il contatto *i*, col relè B<sub>2</sub>. Ora avrete certamente compreso come continua il giuoco. Il secondo impulso agisce infatti nel seguente circuito: *terra - contatto i - contatto di lavoro del relè B<sub>1</sub> - contatto di riposo del relè B<sub>2</sub> - relè A<sub>2</sub> - batteria - terra*.

Senza disturbare in alcun modo i primi due relè A<sub>1</sub> e B<sub>1</sub>, si eccita ora il relè A<sub>2</sub>, e si ripete quindi per i relè A<sub>2</sub> e B<sub>2</sub> il medesimo giuoco, attuato prima per A<sub>1</sub> e B<sub>1</sub>. Quando il contatto *i* è nuovamente aperto, abbiamo due coppie di relè eccitati e la terza coppia è predisposta per essere eccitata all'impulso successivo. Dopo il terzo impulso, si eccita anche B<sub>3</sub> e viene chiuso il circuito della lampadina. Nello schema della fig. 7 la lampadina si accende quindi soltanto *dopo il terzo impulso*.

Ora siete sicuramente in grado di immaginare come una serie di impulsi faccia funzionare una fila di relè. Le serie successive d'impulsi sono applicate ad altri analoghi dispositivi di coppie di relè. In pratica è possibile, con qualche artificio, risparmiare qualche relè, tuttavia ciò non cambia nulla nel principio di funzionamento.

### La formazione del collegamento telefonico

L'*apparecchio d'utente* è analogo a quello del sistema Siemens. La combinazione del numero e l'alimentazione del microfono attraverso la batteria centrale avvengono pure nel medesimo modo. Quando un utente solleva il ricevitore, si mettono in moto i cercatori di chiamata del gruppo al quale questo utente appartiene. Non appena uno dei cercatori ha trovato la linea chiamante, esso si arresta e distacca anche gli altri cercatori, che erano partiti contemporaneamente. È da notare il caso in cui due cercatori arrivino simultaneamente alla medesima linea. Entrambi azionano i propri relè, ma poichè la tensione è sufficiente per due, si diseccitano di nuovo. Allora i relè agiscono per la seconda volta, e così continuano per alcune volte ad attaccare e distaccare. Poichè però non è mai possibile che due relè siano perfettamente uguali, uno dei due finisce per arrivare prima e quindi può azionare i propri contatti e scacciare dal collegamento l'altro cercatore.



Nelle grandi centrali, generalmente, si dispone dopo questo primo cercatore di chiamata, un *secondo cercatore di chiamata*, all'uscita del quale si ha la connessione diretta col primo selettore di gruppo e col cosiddetto « *cercatore di registratori* » (fig. 8). La disposizione di *due cercatori di chiamata in serie* consente di utilizzare dei cercatori più piccoli. I cercatori usati sono, per

la maggior parte, dei *selettori a rotazione con 100 attacchi*.

Il *secondo cercatore* si avvia dunque alla ricerca del primo, come sopra descritto. I *contatti mobili* del *H C C* sono collegati con un *I SG* e con un *cercatore di registratore*. Quest'ultimo è costruito, essenzialmente, come un *preselettore*. Queste parti sono tutte riunite nel cosiddetto « *circuito di connessione* ». Un *commutatore di successione* garantisce che tutte le funzioni di selezione e commutazione avvengano secondo l'ordine prestabilito.

Il *registratore* non è inserito direttamente nel circuito; esso è collegato come è indicato nello schema della fig. 8, e ciò per una ragione determinata. Essendo costituito, come abbiamo visto, da un complicato dispositivo di relè, completato per giunta da due commutatori di successione, si cerca, per ragioni di economia, di sfruttare il *registratore* il più possibile. Esso è quindi a disposizione dell'utente solo durante il breve tempo in cui viene effettuata la chiamata; appena la comunicazione telefonica è realizzata, il *registratore* diventa disponibile per altri utenti. Ecco perchè occorre un apposito *cercatore di registratore*, che vada alla ricerca di un *registratore* libero per effettuare la selezione. Appena trovato il *registratore* libero, viene inviato all'utente, tramite un *commutatore di successione*, il *segnale di centrale*, ossia l'invito a iniziare la combinazione del numero. L'utente chiamante emette la prima serie d'impulsi, che viene raccolta dal *registratore*. Il *primo commutatore di successione*, contenuto nel *registratore*, collega quindi alla linea una *seconda serie di relè*, pronta per ricevere la seconda cifra. Nello stesso tempo il *secondo commutatore di successione* fa in modo che, trovato un *I SG* libero, questo possa subire l'azione della prima cifra conservata nel *registratore*. Questa operazione, che inizia la *selezione* propriamente detta, merita di essere considerata più attentamente. Supposto che la prima cifra sia un tre, abbiamo *tre coppie di relè, eccitati* nella prima serie di relè del *registratore*.

Il *selettore di gruppo* è ora accoppiato al motore ed il suo *asse di comando spazzole* si mette in rotazione. Entra in funzione il *collettore* (fig. 5, a sinistra in basso). Ad ogni passo di rotazione dell'*asse di comando spazzole* viene inviato al *registratore* l'*impulso di risposta* di cui s'è detto. Questi impulsi azionano, come prima gli impulsi provenienti dal disco combinatore, ognuno una *coppia di relè*. Ciascun impulso provoca dunque l'attrazione di una nuova coppia di relè. Le *coppie di relè* esistenti sono complessivamente *undici* (con speciali artifici si può anche ridurre il numero di relè, senza per questo cambiare il principio di funzionamento del complesso). Di queste undici coppie in principio ne sono eccitate 3. Gli *impulsi di risposta* provocano quindi l'attrazione delle otto rimanenti coppie. L'ultima fa fermare l'*asse del comando spazzole*, poichè interrompe il circuito del magnete d'azionamento. L'*asse del comando spazzole* compie quindi tanti passi quanti ne corrispondono alla differenza di 11 con la cifra degli impulsi emessa dal disco combinatore. Il *selettore di gruppo*, formato in realtà anch'esso secondo un principio decadico, compie quindi i seguenti passi:

Impulsi del disco combinatore:	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 (= 10 impulsi)
Passi dell'asse comando spazzole:	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1.

Come vedete, tutte le cifre sono trasformate senza possibilità di confusioni, ed è quindi possibile effettuare la selezione nel modo descritto. La rotazione dell'asse delle spazzole avviene invece, nel *selettore di gruppo*, a corsa libera, e si arresta dopo aver trovato un altro *SG* oppure un *SL* disponibile. I due *commutatori di successione* continuano la loro rotazione; uno controlla la *ricezione degli impulsi*, l'altro comanda la *trasmissione degli impulsi ai selettori*. Il secondo dipende naturalmente dal primo, poichè gli impulsi devono essere ricevuti, prima di poter essere trasformati e ritrasmessi.

Tutti i selettori di gruppo vengono comandati nel modo ora descritto. Quando non è disponibile alcun selettore, il *registratore* conserva gli impulsi di selezione e consente di attendere, finchè un selettore si trovi libero.

Nei *selettori di linea* si presenta invece una novità. Invece di *cento attacchi*, come nel sistema Siemens, i *selettori di linea del sistema Bell ne hanno 200*. Occorre quindi distinguere, nei *selettori di linea*, tra le centinaia pari e quelle dispari, dato che occorre un *SL* soltanto ogni 200 utenti. Anche in questo caso serve il *registratore*. Mediante uno speciale collegamento, alle unità delle centinaia d'ordine dispari si aggiunge una *serie di 10 impulsi di risposta*, cosicchè, per esempio, invece di 10 otteniamo 20, invece di 9, 19, ecc. I numeri appartenenti alle centinaia pari per esempio (... 021, 241, 468, ecc.) non subiscono alcuna modifica. Anche l'*asse delle spazzole* è naturalmente dotato di un *contatto d'interruzione* per l'emissione degli *impulsi di risposta*.

Quando la comunicazione è realizzata, i due *commutatori di successione* hanno compiuto un giro completo e questo è il segnale per la disinserzione del *registratore*, il quale può essere subito messo a disposizione, da un altro *cercatore*, per una nuova selezione.

Il *commutatore di successione* menzionato all'inizio serve per provare se la linea è libera, per trasmettere il segnale di « libero » all'utente chiamante e per inviare la corrente di chiamata alla suoneria dell'utente chiamato. Sollevato il ricevitore, il microfono di quest'ultimo viene allacciato alla *batteria d'alimentazione* situata in centrale. Infine una posizione particolarmente importante del *commutatore di successione* è riservata per la conversazione. Quando il *commutatore di successione* è passato regolarmente per la *posizione di conversazione*, questa diventa *tassabile* e si eccita quindi il *relè del contatore telefonico*, che registra il numero delle comunicazioni, naturalmente soltanto per l'utente chiamante.

Infine il collegamento viene sciolto, dopo che l'utente chiamante ha riappeso il microtelefono.

Con ciò avete potuto dare uno sguardo anche al cosiddetto « *sistema indiretto* ». Alcuni nuovi concetti vi sono divenuti familiari e vi interesserà di apprendere dove questo sistema è stato adottato.

Il sistema rotativo Bell è usato, per esempio, in Italia nelle reti toscane di Pisa - Livorno - Grosseto - Siena; in Svizzera, nelle reti di Basilea, Ginevra e Zurigo.

Per quanto riguarda la costituzione ed il collegamento delle centrali, vale naturalmente quanto è stato esposto nella Dispensa N. 14. In Italia il sistema rotativo Bell è fabbricato dalla Società F.A.C.E. di Milano.

### Domande

1. Da che cosa derivano le designazioni: sistema diretto e indiretto?
2. Quali tipi di selettori e di cercatori sono usati nel sistema Rotary?
3. Quali sono le parti essenziali di un moderno registro?
4. Perché occorre un cercatore di registratore?
5. Quando viene registrata dal contatore una comunicazione telefonica?

## TELEGRAFIA

### L'APPARECCHIO RADIOTELESCRIVENTE SISTEMA SIEMENS-HELL

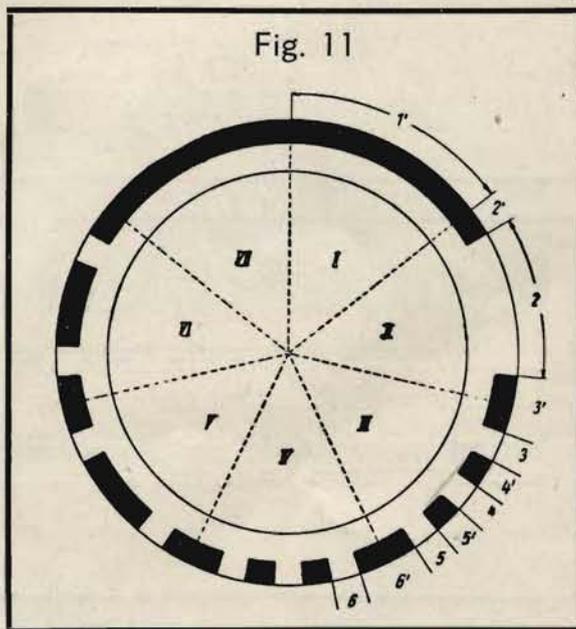
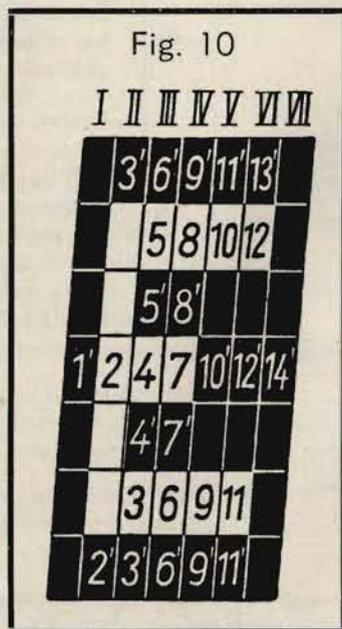
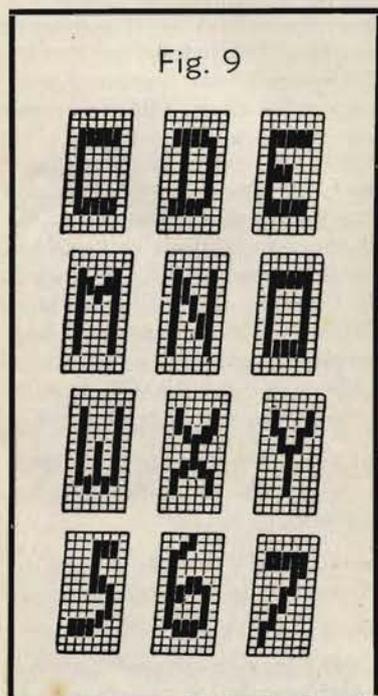
Le telescriventi dei sistemi descritti nelle Dispense precedenti sono vere e proprie macchine da scrivere a distanza, nelle quali il telegramma compare già scritto in caratteri dattilografici. Sono sistemi che consentono di attuare ottimamente i collegamenti su fili. Se invece si vogliono impiegare questi sistemi per la telegrafia senza fili, soprattutto in condizioni più difficili, si devono purtroppo fare sovente delle spiacevoli esperienze.

Supponiamo, per esempio, che trasmettendo la lettera A, si presenti un disturbo nel momento in cui viene dato il terzo impulso, cosicché questo appaia come impulso di corrente invece che di assenza di corrente; allora invece dell'A verrà impressa una U. Basta quest'esempio per far comprendere che, con l'alfabeto a cinque impulsi, si manifestano nell'esercizio radiotelegrafico frequenti errori di trasmissione, che costringono a continue richieste di chiarimenti. È quindi necessario, nell'esercizio senza fili, di poter disporre di un sistema che non dia adito, per leggeri disturbi come quello sopraccitato, ad errori così grossolani.

Come vedrete, l'apparecchio sistema Siemens-Hell (dal nome dell'inventore Dott. Ing. Hell) soddisfa a questa esigenza dell'esercizio radiotelegrafico.

### L'alfabeto e l'esplorazione

Come abbiamo accennato, l'alfabeto Murray a cinque impulsi non entra in considerazione e va quindi scartata la possibilità di imprimere i caratteri per mezzo di un meccanismo a martelletti. Si impiega invece un alfabeto costituito da caratteri di stampatello, suddivisi in punti e trasmessi in questa forma. Ogni rettangolo contenente una lettera o una cifra, con relativo mar-



gine, è costituito da 7 colonne verticali, nonchè da 14 linee orizzontali, che sono però sempre riunite a due a due, dimodochè si parla anche qui di 7 elementi. La fig. 9 mostra, con l'esempio di alcune lettere e cifre, co-

me venga effettuata questa necessaria suddivisione.

Con l'aiuto delle figg. 10 e 11 vi spiegheremo la parte essenziale del trasmettitore. Nella fig. 10, che rappresenta la suddivisione del rettangolo per la lettera E, le parti *bianche* significano *impulsi di corrente*, quelle *neri*, *assenza di corrente*. Si procede quindi al rilievo o *esplorazione* delle sette colonne (I-VII). A questo scopo occorre uno *speciale anello di contatto*, come quello per la lettera E, schematicamente rappresentato nella fig. 11. Lungo l'anello striscia una *spazzola o molletta di contatto*, che esplora la costituzione dell'anello.

La *parte isolante 1'* riproduce la *linea nera I* (assenza di corrente). La *linea II* incomincia con l'orlo nero, che corrisponde sull'anello alla *parte isolante 2'*. Seguono i *cinque elementi verticali* che costituiscono il tratto lungo dell'E, ottenuto sull'anello per mezzo del *segmento di metallo 2*. Viene poi, sull'anello, un *tratto isolante 3'*, corrispondente all'orlo superiore della *colonna II* ed inferiore della *colonna III*. Dopo questa spiegazione comprenderete con facilità il rimanente aspetto dell'anello per la lettera E, e, secondo la fig. 9, potrete immaginarvi la forma degli anelli per le altre lettere.

## Il trasmettitore

I segmenti conducenti di ciascun anello di contatto sono collegati elettricamente tra loro e formano, riuniti per

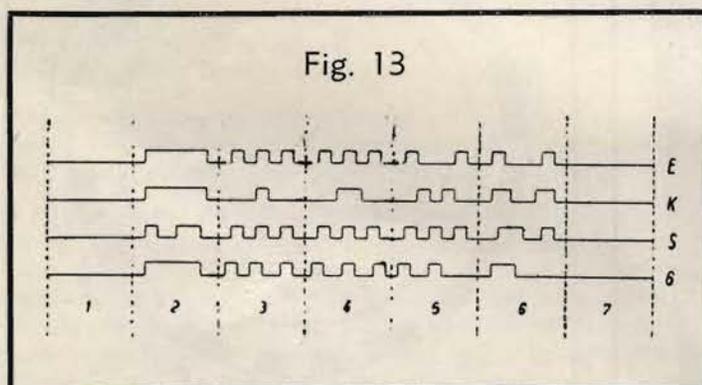
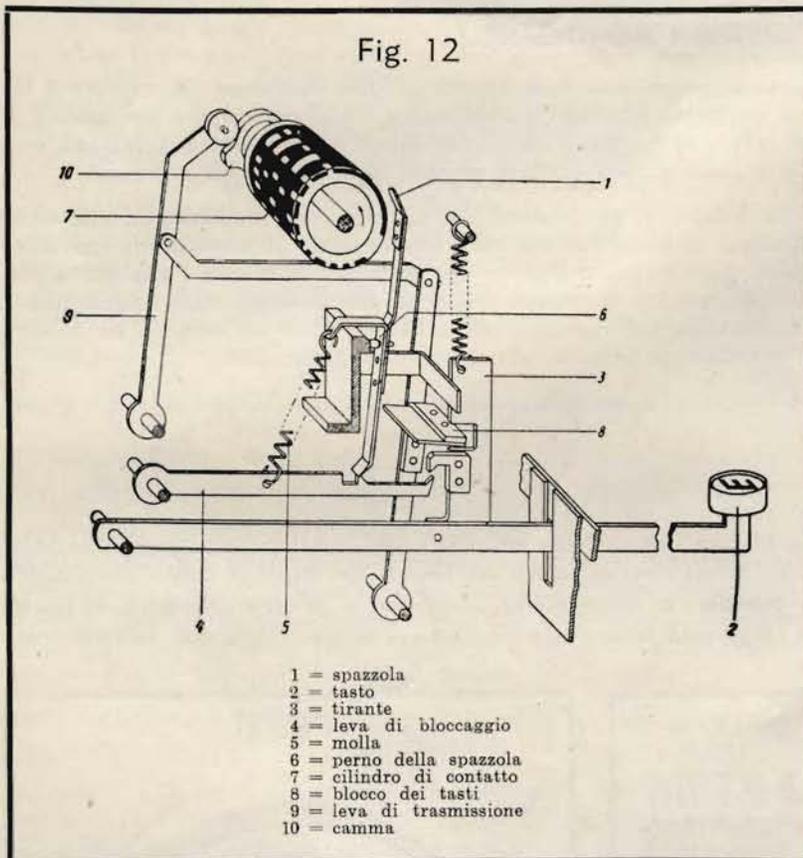
tutte le lettere e le cifre, un *tamburo di contatto*, visibile nella rappresentazione schematica della fig. 12. Con l'aiuto di questa vedremo come una *lettera*, stabilita mediante pressione di un *tasto*, venga trasformata in *impulsi di corrente*. Intanto osserviamo che la telescrivente Siemens-Hell, sia nel trasmettitore che nel ricevitore, non possiede altro che *parti in rotazione continua*. Il principio dello *start-stop* è stato quindi abbandonato. Vedrete tuttavia come mai non si richieda un *sincronismo* eccessivamente spinto, tanto che un semplicissimo *regolatore di velocità* è perfettamente sufficiente allo scopo. Ne consegue una *piccola scomodità*, che non è però da sopravvalutare. È necessario infatti che i *tasti* vengano azionati soltanto quando il *tamburo di contatto* si trova nella *posizione giusta*. Ciò si ottiene per mezzo di un *blocco automatico*, per effetto del quale, premendo un *tasto* anche per un tempo prolungato a piacimento, si effettua una sola *esplorazione* del corrispondente anello di contatto. D'altronde la *battuta* dei *tasti* richiede anch'essa un certo tempo minimo, cosicché questo difetto, come abbiamo detto, non è rilevante.

Quando viene premuto il *tasto* (2) della lettera E, come nella fig. 12, l'*esplorazione* dell'anello di contatto si inizia soltanto nel momento in cui la *camma* (10) solleva il *braccio* (9), spostando l'*arresto* (8) e sbloccando in tal modo il *tirante* (3), che si muove verso il basso per effetto della pressione sul *tasto*. La *leva di bloccaggio* (4) lascia libera la *spazzola* (1), la quale va così a poggiare sul *tamburo di contatto* (7).

Il *circuito di trasmissione*, che attraversa la *spazzola* ed il *tamburo*, viene chiuso ed aperto nel ritmo prescritto dall'*anello di contatto*.

Terminata l'*esplorazione*, lo spostamento dell'*arresto* (8) provoca il ritorno della *spazzola* nella *posizione di riposo*.

La *leva di bloccaggio* (4) libera la *spazzola* soltanto se si preme il *tasto* un'altra volta; è evitata così la possibilità di ritrasmettere la medesima lettera involontariamente, più volte di seguito. Nella *linea di telecomunicazione* si ottiene allora un andamento di corrente analogo a quello riportato nella fig. 13 per le lettere E, K, S e la cifra 6. Nel *collegamento senza fili*, che necessita naturalmente di un'onda portante, gli impulsi



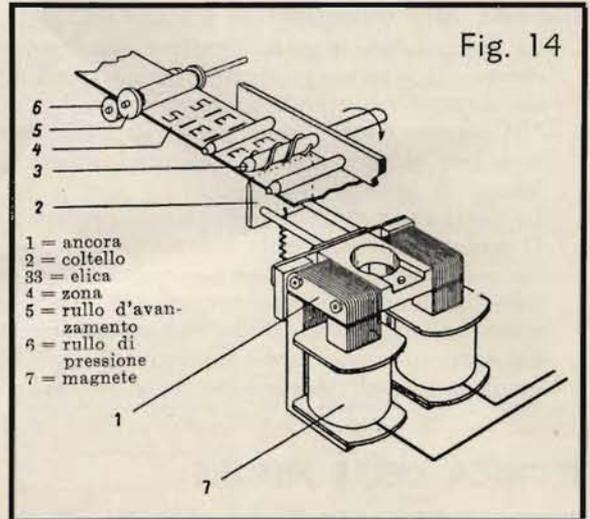
possibilità di ritrasmettere la medesima lettera involontariamente, più volte di seguito. Nella *linea di telecomunicazione* si ottiene allora un andamento di corrente analogo a quello riportato nella fig. 13 per le lettere E, K, S e la cifra 6. Nel *collegamento senza fili*, che necessita naturalmente di un'onda portante, gli impulsi

di corrente sono sostituiti da *impulsi di onde* emessi nell'etere.

## Il ricevitore

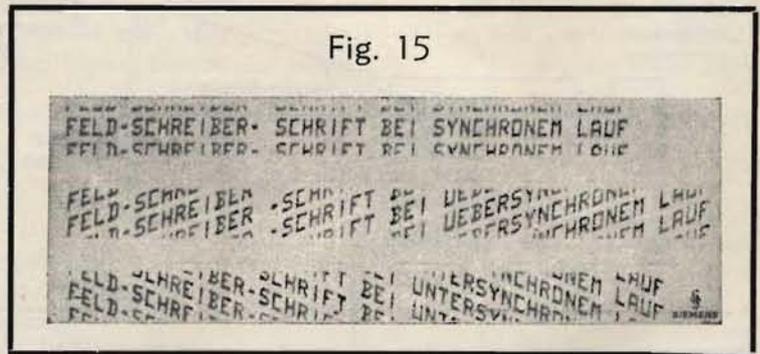
Siete forse un po' scettico sulla praticità del sistema Hell, dopo aver conosciuto la costituzione relativamente complessa del *trasmettitore*? Sarete quindi stupito nell'apprendere che la semplicissima fig. 14 racchiude già tutto quanto il *meccanismo di ricezione*. Parrebbe impossibile che questo dispositivo così rudimentale, che presenta una notevole somiglianza col primitivo ricevitore Morse, sia in grado di riprodurre una scrittura pressochè normale. È vero che nel disegno non è rappresentata l'*antenna*, nè l'*amplificatore*, necessari per il collegamento senza fili. Però questi sarebbero indispensabili anche nel caso che si usasse un semplice telegrafo Morse.

Come risulta dalla fig. 14, l'*elettromagnete ricevente* (7) attrae la propria *ancoretta* (1) per effetto dei segnali telegrafici. L'*ancoretta* porta uno speciale *coltello* (2), che va a premere contro la *carta* e l'*elica scrivente* (3). È questo il *segreto principale del sistema Siemens-Hell*. L'*elica scrivente* è una vite a due principi, a passo lungo, esattamente uguale alla distanza dei due filetti. L'*elica* è tenuta in rotazione continua e viene inchiostrata da una *striscia di feltro imbevuta d'inchiostro*. Se l'*elica* gira sulla carta ferma, essa traccia una retta che riproduce lo spostamento del punto di contatto tra la carta e l'*elica*. Se la carta invece si sposta, si ottengono delle *rette inclinate*. Queste rette riproducono le 7 colonne, nelle quali viene suddivisa ciascuna lettera. Poichè l'*elica* è a due filetti, essa traccia, ad ogni giro, due linee. Ne consegue che, per trasmettere una lettera composta di 7 linee, basta che l'*elica* compia 3 giri e mezzo. È però importante che la fine della prima linea, in alto, coincida esattamente con l'inizio della linea successiva, in basso. Le linee stesse vengono a trovarsi l'una accanto all'altra, cosicchè i *rettangoli* comprendenti le lettere possono essere tracciati per intero. Poichè non si vuole tracciare delle semplici linee, bensì delle *lettere*, la carta viene premuta contro l'*elica scrivente* soltanto durante la ricezione degli impulsi di corrente. Si formano così le lettere, come si vede nella fig. 14, dalla quale risulta pure che ogni segno viene tracciato due volte. Voi chiederete giustamente a che scopo serva questo doppio consumo di carta.



## Il sincronismo

Per darvene la spiegazione dobbiamo prima chiarire gli effetti del *sincronismo*. Osserviamo la fig. 15. La prima riga mostra il caso preferibile del *sincronismo perfetto*, che dà origine a una *scrittura diritta*. Nello stesso tempo vedete l'importanza della *scrittura doppia*, occorrente per garantire l'esistenza di una riga sempre leggibile. Riassumendo notiamo che il *sincronismo* nelle *telescriventi Siemens-Hell* esige che il *tamburo di contatto del trasmettitore* e l'*elica scrivente del ricevitore* ruotino nel giusto rapporto di velocità di 1:3,5. Le due righe successive della fig. 15 mostrano gli effetti della *non corrispondenza al sincronismo*. Nel secondo caso l'*elica scrivente* gira troppo presto. Normalmente la *scrittura avviene dal basso a sinistra verso l'alto a destra*; la *scrittura diritta* si forma quando l'*ancoretta* è attratta, per effetto degli impulsi di corrente, nel momento giusto.



Se invece l'*elica* gira troppo velocemente, essa tende a spostare la scrittura verso l'alto. Il caso opposto è rappresentato invece nell'ultima riga. L'importante è però il fatto che, malgrado le forti differenze di sincronismo, la *scrittura rimane sempre facilmente decifrabile*. Inoltre l'*inclinazione dello scritto* indica chiaramente in quale modo si debba modificare la velocità per ottenere il *sincronismo perfetto*.

In questo sistema la *ricezione e la scrittura avvengono contemporaneamente*, per la qual cosa la nostra descrizione del funzionamento è già terminata.

Dato che questo sistema procede alla trasmissione per punti di segni grafici suddivisi a forma di mosaico, abbiamo qualcosa di simile alla *trasmissione telegrafica delle immagini*. Il sistema è chiamato perciò anche « *telegrafo a facsimile* ». La *velocità* di trasmissione ottenibile, pari a 2 1/2 segnali al secondo, non è molto elevata; tuttavia la *telescrivente Siemens-Hell*, per i molti vantaggi che presenta, si è dimostrata assai utile in pratica.

Vi abbiamo presentato così un apparecchio telescrivente che consente la trasmissione sicura anche per via radio e costituisce, nello stesso tempo, come abbiamo visto, il primo passo verso la *trasmissione delle immagini*.

### Domande

1. In che modo viene suddiviso il rettangolo contenente una lettera, per la trasmissione con l'apparecchio Siemens-Hell?
2. Quali parti compongono il ricevitore dell'apparecchio Siemens-Hell?
3. Quale rapporto di velocità devono avere il tamburo di contatto e l'elica scrivente?

### Risposte alle domande di pag. 7

1. La designazione *diretto* significa che i selettori sono azionati direttamente dagli impulsi del disco combinatore. Il *sistema indiretto* immagazzina gli impulsi nel registratore e comanda i selettori attraverso questo dispositivo, quindi indirettamente.
2. Nel *sistema Rotary* occorrono, per l'effettuazione di un collegamento, uno o due cercatori di chiamata, un cercatore di registratore, parecchi selettori di gruppo, secondo l'estensione della centrale, nonché un selettore di linea.
3. Le parti essenziali del registratore moderno sono 11 coppie di relè e due commutatori di successione.
4. Il cercatore di registratore è necessario per assicurare un adeguato sfruttamento del registratore stesso, che è un dispositivo complesso o costoso. Non occorre che ogni *I SG* abbia a propria disposizione un registratore; il numero dei registratori può essere anche inferiore a quello dei *I SG*. Il *I SG* è occupato anche durante lo svolgimento della comunicazione; il registratore invece soltanto durante la selezione.
5. La comunicazione viene segnata nel contatore, dopo che l'utente chiamato ha sollevato il ricevitore ed il commutatore di successione ha attraversato la posizione di *conversazione*.

## TECNICA DELLE MISURE

### VALVOLE TERMOIONICHE

Siete forse sorpreso di incontrare il titolo *Valvole* in un Capitolo concernente la *tecnica delle misure*. Eppure la specie di valvole che esamineremo ora viene usata soprattutto *per scopi di misura*.

#### Il tubo a raggi catodici

I fenomeni che hanno luogo nell'interno di un tubo elettronico vi sono ormai ben noti. Attorno al catodo incandescente si forma una nuvola di elettroni. Quando si collega l'anodo al polo positivo di una batteria ed il catodo al polo negativo, gli elettroni vengono attratti dall'anodo positivo. Nell'interno del bulbo, che viene evacuato, si forma un flusso di elettroni.

#### 1. Il principio

Costruiremo ora un tubo elettronico un po' differente. Nella fig. 16 vedete un lungo corpo di vetro, nel quale sono contenuti, a sinistra, *filamento*, *catodo* ed *anodo*.

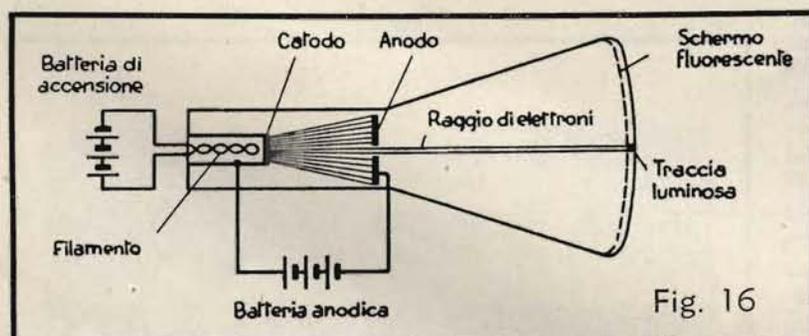


Fig. 16

Anche in questo caso il catodo è riscaldato. Applicando la batteria anodica, si forma un flusso di elettroni diretto dal catodo verso l'anodo. Quest'anodo però, come vedete dalla figura, possiede un'apertura centrale, attraverso alla quale gli elettroni proseguono nel loro volo, formando un raggio, che va a proiettarsi sul fondo del bulbo di vetro. Questo è ricoperto da uno strato fosforescente, che possiede la proprietà di emettere raggi luminosi visibili quando è colpito dagli invisibili raggi di elettroni. Sul cosiddetto « schermo fluorescente » o « schermo luminoso », nel punto

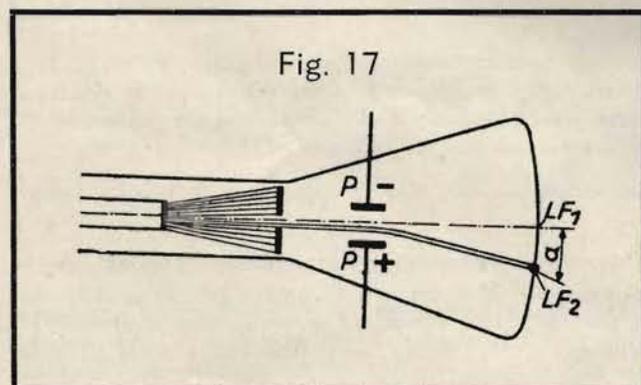


Fig. 17

colpito dal raggio elettronico (detto anche « raggio catodico »), si forma pertanto una chiazza luminosa. Veniamo ora allo scopo del dispositivo. Come sapete, gli elettroni sono attratti da un polo positivo e respinti da un polo negativo. Se inseriamo due poli in vicinanza del raggio elettronico, tali da formare un condensatore, il raggio verrà deviato dalla propria direzione primitiva (fig. 17). Esso non colpirà quindi lo schermo nel punto  $LF_1$ , bensì in  $LF_2$ ; la tensione delle placche  $P$  ha provocato quindi una deviazione indicata dalla distanza  $a$ . L'entità della deviazione dipende naturalmente dal valore della tensione applicata tra le due placche. In altre parole: la deviazione è una misura della tensione agente tra le placche. Vediamo dunque che con questa speciale

valvola noi possiamo eseguire delle misure. Con ciò abbiamo già espresso il principio del *tubo a raggi catodici*. Il nome di questo tubo è facilmente comprensibile; esso è anche chiamato sovente, in onore del suo primo costruttore, « *tubo di Braun* ».

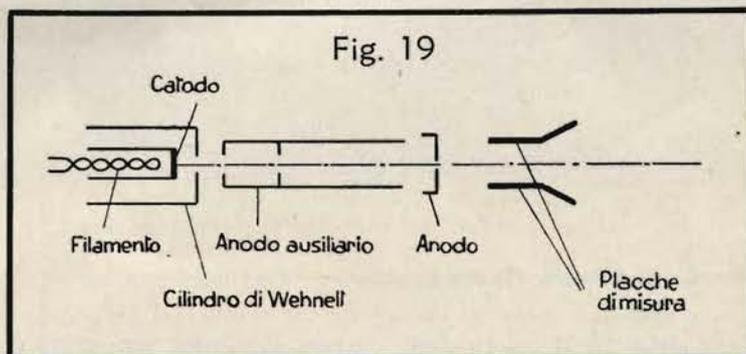
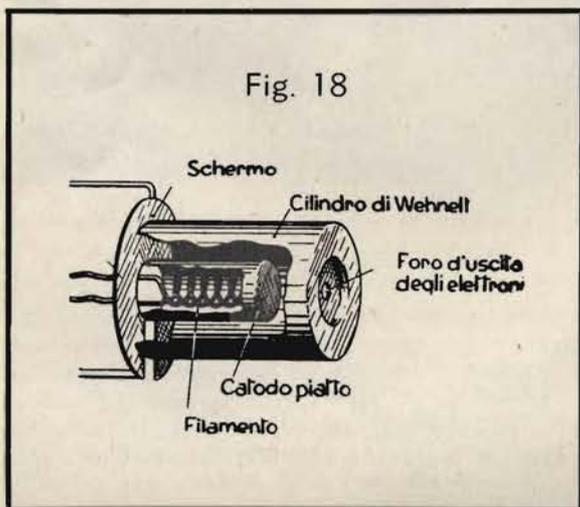
In realtà il *tubo a raggi catodici* non corrisponde esattamente alla precedente descrizione, che ha valore puramente teorico. Tratteremo quindi, una dopo l'altra, le varie particolarità di questa valvola.

Come avete già visto dalla fig. 16, il *catodo* del *tubo a raggi catodici* ha forma un po' differente da quella che si ha in altre valvole.

Lo *strato attivo* è applicato su un *disco piatto*, mentre il riscaldamento avviene per mezzo di una *spirale doppia*. Si ottiene così lo scopo di far uscire dal disco piatto del catodo un raggio di elettroni perpendicolare, in modo da proiettarlo nel sistema convergente che ne provoca la concentrazione in un fascio ristretto.

## 2. La messa a fuoco

In qualsiasi valvola, la funzione della *griglia* consiste nel *regolare il numero degli elettroni emessi*; anche nel *tubo a raggi catodici* è stato previsto uno speciale *elettrodo*, caricato negativamente e destinato al medesimo



fine. Esso è situato immediatamente dopo il catodo. Questo *elettrodo* è denominato « *cilindro di Wehnell* », a causa della sua forma e in onore del suo inventore. Come vedete dalla fig. 18, questo cilindro racchiude il *catodo* e presenta soltanto una *piccola apertura circolare in alto*.

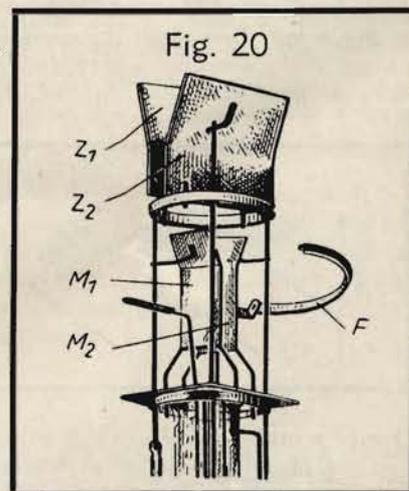
Seguono poi, come in qualsiasi valvola, degli elettrodi allacciati a una tensione positiva. Come vedete dalla figura 19, c'è dapprima un *lungo elettrodo cilindrico*, aperto da entrambi i lati, il cosiddetto « *anodo ausiliario* ». Infine c'è una *cappa piatta con un foro al centro*, costituente l'*anodo vero e proprio*.

La disposizione di questi due elettrodi e la possibilità di regolare la tensione positiva dell'*anodo ausiliario* consentono di produrre un *raggio elettronico di diametro variabile*. Il valore della tensione applicata dipende dalle dimensioni del tubo e passa da circa 500 V, nei piccoli sistemi, ad alcune migliaia di volt, nei grossi tubi.

Abbiamo così a nostra disposizione un sottile raggio di elettroni, che può essere deviato e utilizzato per l'esecuzione di misure.

## 3. Le placche di misura

Le cosiddette « *placche di misura* » servono, come abbiamo detto, a provocare la deviazione del raggio. Il sistema rappresentato nella fig. 20 è previsto per una *doppia deviazione elettrica*. Le *coppie di placche*  $M_1, M_2$  e  $Z_1, Z_2$  sono disposte perpendicolarmente l'una all'altra. Il *raggio di elettroni* vien fatto passare in mezzo alle placche e subisce una *deviazione perpendicolare al piano di ciascuna coppia di placche*, in relazione alla tensione applicata tra le placche stesse. Quando nessuna tensione è applicata alle placche di misura, il raggio passa dritto in mezzo ad esse; quando invece si applica una tensione alle *placche inferiori*, il raggio viene *deviato verso destra o verso sinistra*; se infine la tensione è applicata alle *placche superiori*, si ottiene una *deviazione in avanti o indietro*. Applicando delle tensioni adatte, si può spostare il raggio elettronico su tutta la superficie dello schermo del tubo catodico. Nella fig. 21 è visibile l'aspetto esterno di un *tubo a raggi catodici*; si scorge pure lo *schermo fluorescente*. Nel collo del tubo si trovano i *sistemi per la messa a fuoco e la deviazione*. Più avanti il tubo si espande a forma di cono, per terminare con uno schermo di superficie sufficientemente estesa.



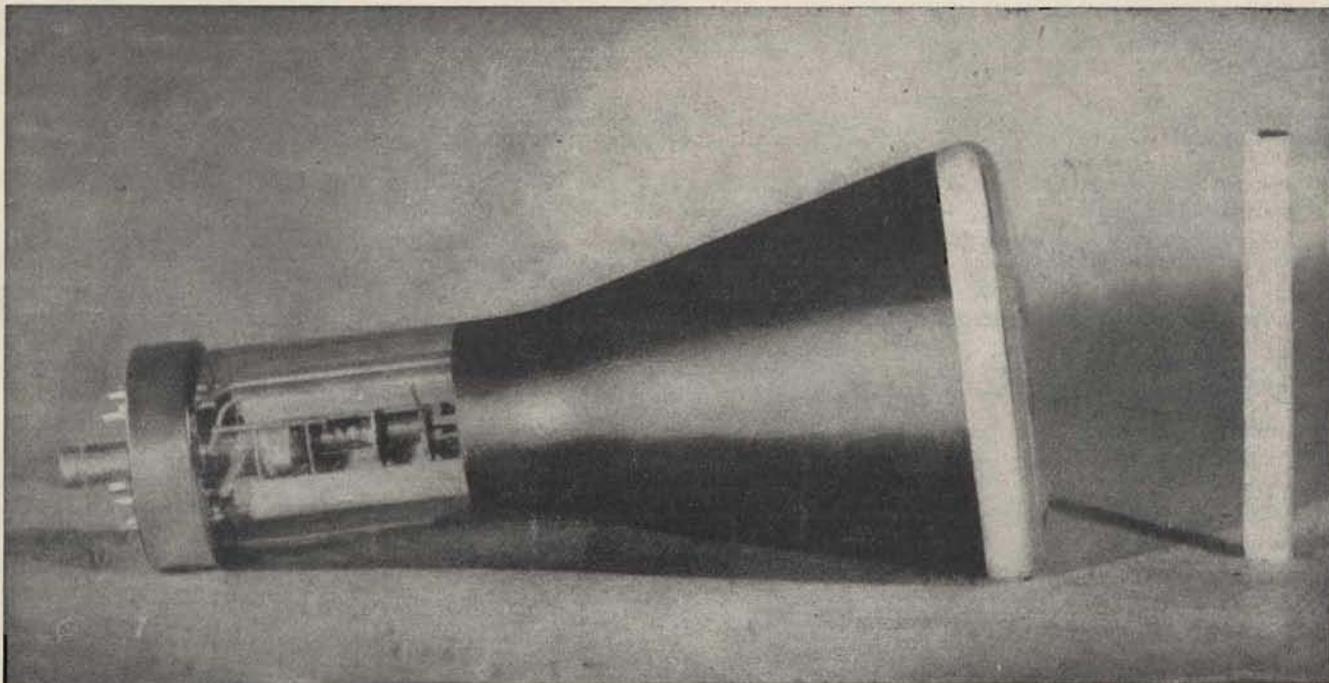


Fig. 21

#### 4. Lo schermo fluorescente

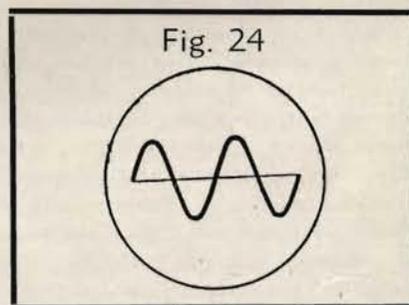
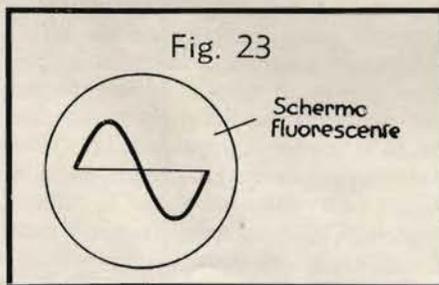
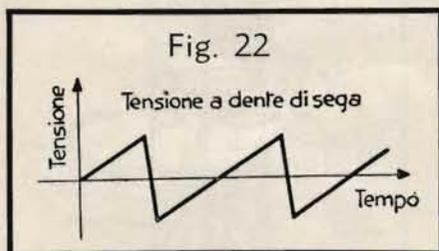
Come abbiamo detto in precedenza, il fondo del bulbo di vetro viene ricoperto di uno strato fluorescente. La luminosità ed il colore della chiazza luminosa, provocata dal raggio elettronico, dipendono naturalmente dalla qualità del materiale fluorescente impiegato. Unendo dei componenti adeguati si ottiene oggi qualsiasi colore. Così, per esempio, il solfuro di zinco produce una colorazione da gialla a verde, mentre col wolfrato di calcio si ottiene una tinta azzurra. Quando alcuni elettroni cadono sul solfuro di zinco, si forma un punto fluorescente di una luce verde, a condizione naturalmente che gli elettroni cadano in successione continua sul medesimo punto, come le gocce di un getto d'acqua.

#### 5. L'effettuazione delle misure col tubo a raggi catodici

Com sapete, con l'aiuto delle placche di misura è possibile misurare, per esempio, una tensione continua. A questo proposito è di particolare importanza il fatto che la deviazione del punto luminoso è direttamente proporzionale alla tensione applicata alle placche. Il punto luminoso, che in assenza di tensione cade nel centro dello schermo, si sposta verso un lato. Lo spostamento può essere indicato direttamente in volt, sapendo che

il tubo a raggi catodici dato possiede una sensibilità, per esempio, di  $0,5 \frac{\text{mm}}{\text{volt}}$ . Una tensione di 10 volt provocherebbe allora uno spostamento di  $10 \cdot 0,5 = \text{mm } 5$ .

La cosa diventa più interessante, quando la tensione applicata ad una coppia di placche è alternata. È chiaro che il punto luminoso effettuerà ora un movimento corrispondente alla tensione applicata. Considerando una delle piastre, vediamo che essa ora è positiva ed attrae a sé il raggio di elettroni, ora è negativa e lo respinge. Il punto luminoso si sposta quindi avanti e indietro sullo schermo, con una velocità corrispondente alla frequenza della tensione alternata. In realtà sullo schermo si vede un tratto luminoso, poichè la fluorescenza non si spegne immediatamente, ma permane ancora per breve tempo; del resto, l'occhio stesso sarebbe troppo lento per poter discernere il movimento del punto luminoso. La lunghezza del tratto luminoso dipende dall'ampiezza della tensione alternata applicata. Poichè ciascuna placca è ora positiva, ora negativa, l'ampiezza risulta doppia. Il tratto è quindi di doppia lunghezza, circostanza questa che facilita la lettura.



Queste semplici possibilità di misura non sarebbero però state sufficienti per far conquistare al tubo a raggi catodici il posto importantissimo che occupa. Non ci siamo occupati finora del secondo paio di placche di de-

viazione. Se a queste placche applichiamo una tensione adatta, possiamo allargare trasversalmente il tratto della *tensione alternata*. Per scopi sperimentali si applica di solito al *secondo paio di placche* una *tensione a dente di sega* (fig. 22). Una tensione di questo genere, applicata alla seconda coppia di placche, contemporaneamente ad una *normale tensione alternata* sulla *prima coppia di placche*, fa apparire sullo schermo una *curva sinusoidale*, come risulta dalla fig. 23.

Affinchè il raggio di elettroni in continuo rapidissimo movimento possa tracciare una *figura immobile*, è necessario che esso percorra sempre la medesima traiettoria. A questo scopo bisogna non solo che l'*ampiezza della tensione alternata e di quella a dente di sega siano costanti*, ma anche che la *relazione di fase* tra loro non subisca spostamenti. Inoltre è importante che la *tensione a dente di sega* oscilli nel ritmo di *frequenza della tensione alternata*, o almeno di una data frazione della stessa.

Se la *frequenza della tensione alternata* è, per esempio, uguale a 600 Hz, mentre la *tensione a dente di sega* compie 300 escursioni al secondo, compariranno sullo schermo *due periodi della sinusoide* (fig. 24). Se invece la *tensione a dente di sega* percorre 200 periodi al secondo (anche per essa si parla di « *periodi* ») e possiede quindi una *frequenza di 200 Hz*, si vedranno *3 intere oscillazioni sinusoidali*.

Comprenderete facilmente che questa rappresentazione di fenomeni oscillatori, resi visibili su di uno schermo, è di straordinaria importanza negli studi e negli esperimenti. Diventa facile riconoscere le deformazioni delle correnti alternate, che non seguono rigorosamente la legge sinusoidale; per esempio è possibile far comparire sullo schermo l'andamento della tensione che si preleva dopo un *convertitore a vibrazione*; essa si presenta con la forma rappresentata nella fig. 29 della Dispensa precedente. Senza dubbio avete anche pensato che si dovrebbe poter rendere visibile, sullo schermo di un tubo a raggi catodici, la deformazione della curva sinusoidale risultante negli *amplificatori* per effetto della *curvatura della caratteristica della valvola*. Ciò è effettivamente possibile e ci procura il mezzo di compiere delle indagini rigorose e di eliminare gli eventuali difetti riscontrati.

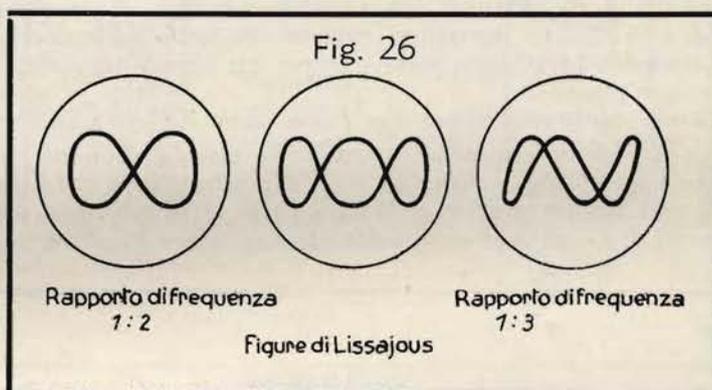
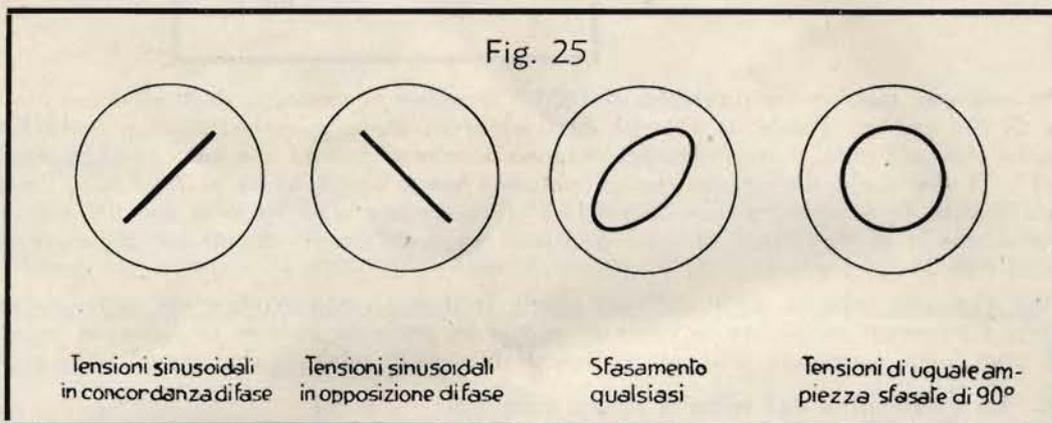
Il tubo a raggi catodici, che, dotato di un dispositivo adatto per la generazione della *tensione a dente di sega*, costituisce il cosiddetto « *oscilloscopio* », permette pure di eseguire altre interessanti indagini. Quando si applica ad entrambe le coppie di *placche di deviazione* una *tensione alternata*, compare sullo schermo una figura che, a seconda del reciproco sfasamento tra le due tensioni, può essere un *tratto rettilineo obliquo*, un'*elisse*, oppure, nel caso speciale che entrambe le tensioni presentino la medesima ampiezza e siano sfasate esattamente di 90°, un *cerchio*. Queste differenti possibilità sono indicate nella fig. 25, ove è indicato pure lo sfasamento.

Se invece si applicano alle *placche di deviazione* due tensioni sinusoidali, le cui frequenze siano fra di loro in un rapporto corrispondente ad un numero intero, si presentano delle strane curve intrecciate, come quelle mostrate nella fig. 26, le cosiddette « *figure di Lissajous* ».

La particolare forma di queste figure consente di determinare direttamente il *rapporto di frequenza* e di misurare così una frequenza incognita. Se invece il rapporto delle frequenze non corrisponde esattamente ad un numero intero, le curve intrecciate si spostano sullo schermo e allora si comprende che la relazione di frequenza desiderata non è stata ancora ottenuta. Con questo sistema oggi si controllano e si sorvegliano spesso le frequenze delle radiotrasmittenti.

## 6. Il campo di frequenza

Vi interesserà sicuramente di apprendere fino a quali frequenze si può usare il *tubo a raggi catodici*. A questo riguardo dobbiamo precisare quali sono le velocità degli elettroni. I tubi a raggi catodici oggi usati sono tutti



a vuoto spinto, poichè nei tubi con riempimento di gas le frequenze d'utilizzazione sono limitate a circa 1000 Hz. Nel vuoto la velocità degli elettroni dipende dal valore della tensione anodica applicata. Nel campo che interessa per l'applicazione dei tubi a raggi catodici, vale la seguente dipendenza della velocità  $v$  degli elettroni dalla tensione anodica  $V_a$ :

$$v = 595 \cdot \sqrt{V_a} \left[ \frac{\text{km}}{\text{sec}} \right] \quad \text{Formula (66)}$$

Per esempio, una tensione anodica di 1600 V produce una velocità degli elettroni  $v = 595 \cdot \sqrt{1600} = 595 \cdot 40 = 23\,800$  km/sec. Poichè la velocità degli elettroni dipende esclusivamente dalla tensione applicata, si dice anche che, nel tubo, i raggi catodici vengono accelerati fino ad una velocità corrispondente a 1600 elettron-volt (eV). Si dice anche addirittura che gli elettroni hanno una velocità di 1600 volt. Poichè generalmente coi volt si misurano le tensioni, mentre le velocità si esprimono in m/sec o in km/sec, voi sapete ora il significato di questo modo di dire; nell'esempio riportato, equivale semplicemente ad affermare che la velocità degli elettroni è di 23 800 km/sec.

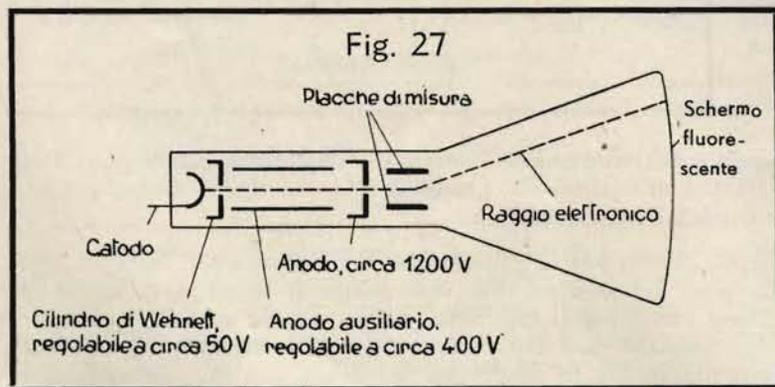
Data l'enorme velocità degli elettroni potete facilmente comprendere che il raggio catodico è in grado di seguire i fenomeni oscillatori fino alla frequenza di parecchi milioni di hertz; il velocissimo raggio catodico è di gran lunga superiore, sotto questo punto di vista, a tutti gli altri metodi di registrazione o di indicazione.

### 7. La sensibilità del tubo a raggi catodici

Vi daremo ora alcuni schiarimenti sui fattori dai quali dipende la sensibilità dei tubi catodici. Vi diremo quindi qual è la tensione occorrente per provocare una deviazione, per esempio, di 1 cm. Ciò vi servirà per comprendere meglio la struttura dei tubi ed il loro aspetto particolare. Per queste spiegazioni ci baseremo sul disegno schematico di un tubo con una sola coppia di placche di misura (fig. 27). A sinistra si vedono gli elettrodi necessari per la formazione del raggio catodico; accanto ad essi sono indicate le tensioni approssimative d'esercizio. L'effetto di questa parte del tubo sulla sensibilità deriva esclusivamente dalla dipendenza della velocità degli elettroni dalla tensione anodica. Il raggio, dapprima rettilineo, dev'essere deviato, come risulta dalla fig. 27. La deviazione è tanto più facile da ottenere, quanto meno veloce è il volo degli elettroni, i quali rimangono in tal caso sottoposti per un tempo maggiore all'azione della tensione di misura, mentre attraversano le placche.

La sensibilità diminuisce con l'aumentare della tensione anodica.

È poi evidente che le dimensioni delle placche debbano esercitare un forte effetto sulla sensibilità. Più le placche sono lunghe e vicine tra loro, e più forte sarà naturalmente la loro azione sugli elettroni; di conseguenza la sensibilità è maggiore. D'altra parte le placche non possono essere troppo lunghe e vicine, poichè altrimenti il raggio cadrebbe sulle placche, senza raggiungere lo schermo.



Dalla fig. 27 si comprendono poi le altre relazioni. Il raggio catodico viene incurvato mentre passa tra le placche; non appena le ha abbandonate, la traiettoria degli elettroni procede rettilinea nella direzione assunta per ultimo. Quanto maggiore è la distanza delle placche dallo schermo, tanto più distante dal centro viene a trovarsi il punto ove il raggio colpisce lo schermo. Se la distanza dello schermo dalle placche fosse ridotta a metà, anche la deviazione si ridurrebbe a metà.

Comprenderete pertanto come la disposizione delle placche rappresentata nella fig. 20 sia molto conveniente e come sia necessario che

la parte conica del tubo, compresa tra le placche e lo schermo, sia tanto lunga. Naturalmente, come abbiamo già detto, la deviazione del punto luminoso sullo schermo dipende anche dalla tensione applicata alle placche di deviazione.

Per terminare vi diremo che il tubo a raggi catodici non rappresenta soltanto un importante strumento di misura, ma ha trovato da qualche tempo un'applicazione decisiva nella televisione, come tubo per la riproduzione delle immagini. Sarete certamente ansioso di conoscere, nel seguito del Corso, in che modo venga usato il tubo a raggi catodici nella televisione.

### Domande

1. Come si chiama la griglia negativa del tubo a raggi catodici?
2. Quali sono gli elettrodi che consentono di mettere a fuoco il raggio elettronico?
3. A che serve la tensione a dente di sega?
4. In che modo si esprime la sensibilità dei tubi a raggi catodici?
5. Che figura si forma sullo schermo di un tubo catodico, quando si collega a entrambe le coppie di placche una tensione alternata sinusoidale, di uguale frequenza e in concordanza di fase?

### Risposte alle domande di pag. 10

1. Il rettangolo costituente una lettera viene suddiviso in 7 linee verticali, ciascuna delle quali è costituita da 7 righe doppie orizzontali.
2. Il ricevitore della telescrivente Siemens-Hell è costituito dall'elettromagnete ricevente con la relativa ancoretta, il coltello e l'elica scrivente.
3. Le velocità di rotazione del rullo di contatto e dell'elica scrivente stanno tra loro come 1:3,5.

## RADIOTECNICA

### VALVOLE TERMOIONICHE

#### La Valvola indicatrice di sintonia

Avendovi descritto il funzionamento del tubo a raggi catodici, possiamo spiegarvi facilmente anche la *valvola indicatrice di sintonia*. Tutti i migliori apparecchi sono dotati di questo cosiddetto « occhio magico », i cui settori luminescenti permettono di constatare visualmente se l'apparecchio ricevente si trova in perfetta sintonia.

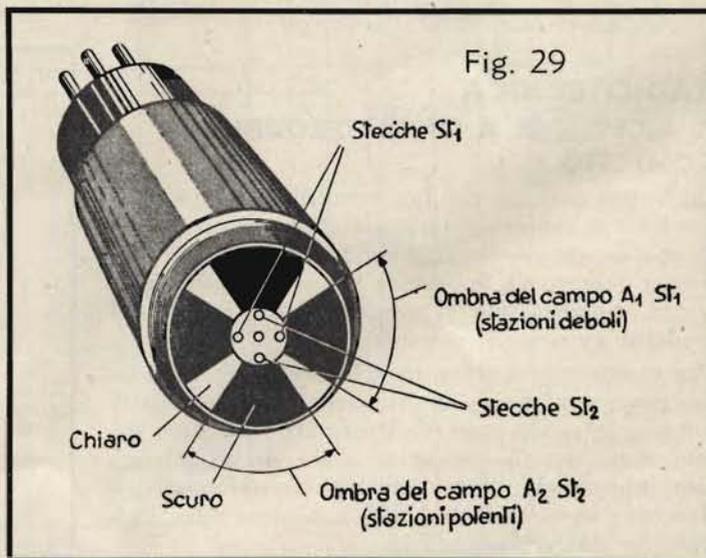
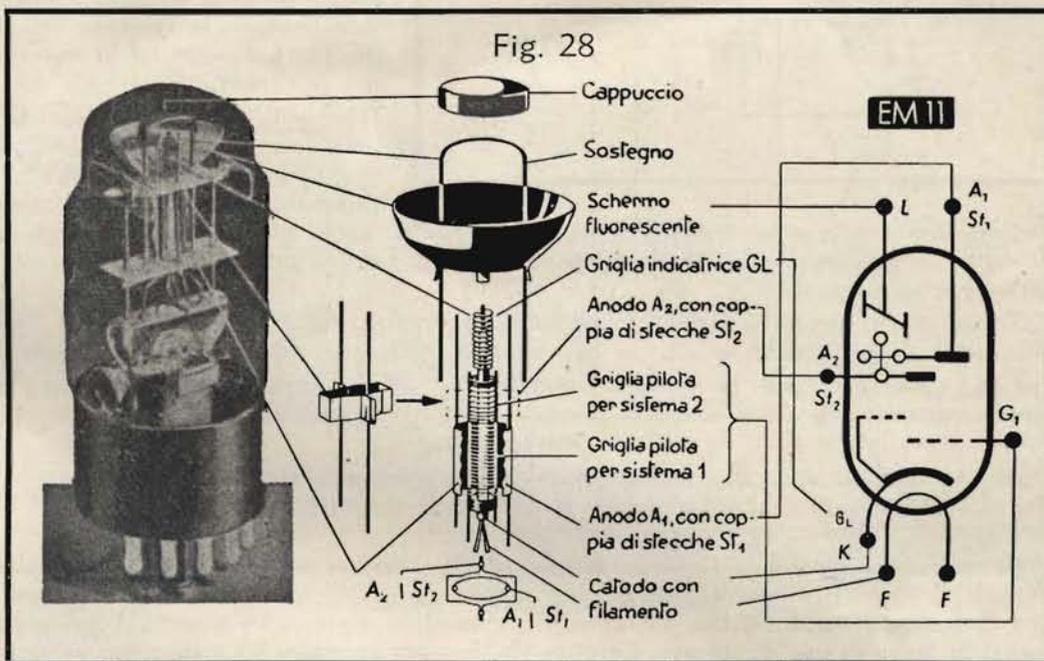
Il fatto stesso, che anche qui ci sia uno schermo che viene reso fluorescente quando è colpito dagli elettroni, dimostra l'affinità dell'indicatore di sintonia con il tubo a raggi catodici. Avendo già discusso i principi fondamentali di funzionamento, conviene che esaminiamo addirittura la struttura di un determinato tipo di valvola. Scegliamo, tra i vari tipi, la EM 11, che viene usata esclusivamente come *valvola indicatrice di sintonia* e non è dotata, come avviene in molti casi, di un sistema amplificatore contenuto nel medesimo bulbo.

La fig. 28 mostra l'assieme delle singole parti contenute nel bulbo di vetro, quindi i singoli elettrodi e infine lo schema. Quest'ultimo ci interessa in modo particolare, poichè consente di spiegare il funzionamento con maggior facilità. Abbiamo di nuovo un *catodo a riscaldamento indiretto*, come nella maggior parte delle normali valvole radio. (La lettera E nella sigla ci dice che occorre una tensione d'accensione di 6,3 V). Dopo il catodo c'è qualcosa di strano: una *griglia collegata col catodo*, come la griglia di soppressione. Eppure qui non si possono sviluppare degli elettroni secondari, poichè anche la *griglia-pilota (G 1)* ha una *tensione negativa*. Lo scopo di questa cosiddetta « *griglia indicatrice* », collegata col catodo, consiste nel *limitare la corrente*; l'effetto è analogo a quello del *Cilindro di Wehnelt* nel tubo a raggi catodici.

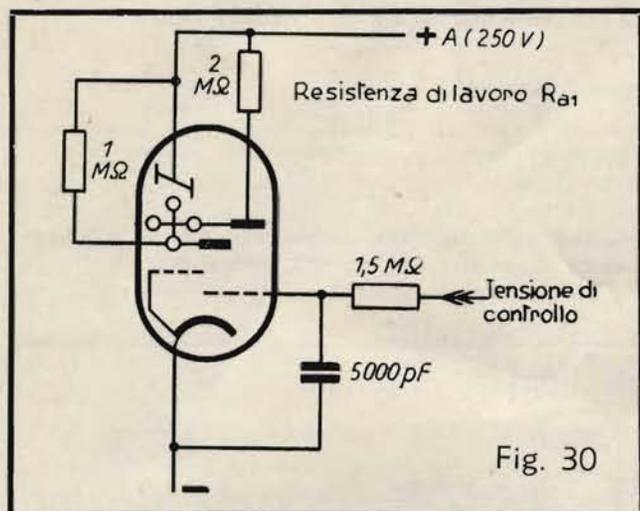
L'intensità di corrente rimane, in tal modo, limitata a valori inferiori a 0,25 mA, circostanza questa che, naturalmente, aumenta in modo enorme la durata della valvola.

Vediamo ora gli effetti che si ottengono, quando la tensione di comando della valvola varia. La EM 11 è un'indicatrice a settore doppio. Ciò significa che, come si vede nella fig. 29, si ottengono *due coppie di angoli luminosi*; tale disposizione consente di attuare con maggior facilità la sintonia, tanto per le stazioni forti che per quelle deboli.

Qui non abbiamo dunque un raggio messo a fuo-



co, cioè condensato in modo da lasciare soltanto una traccia puntiforme sullo schermo, raggio che può essere deviato più o meno fortemente; abbiamo invece dei settori angolari fluorescenti, più o meno ampi, secondo l'intensità dell'onda raccolta. La fig. 29 vi fa anche comprendere che cosa sia l'angolo d'ombra. Quest'ombra diventa tanto più larga, quanto più bassa è la tensione delle relative stecche.



Il settore più sensibile  $A_1 St_1$  (fig. 28), che serve per la sintonia delle stazioni deboli, si ottiene, in quanto l'anodo  $A_1$  costituisce con la griglia  $C_1$  un triodo a elevato fattore d'amplificazione. La griglia  $G_1$  è sottoposta alla tensione negativa di controllo. Bastano dei valori assai piccoli di questa per ridurre fortemente la corrente anodica di  $A_1$ , diminuendo conseguentemente la caduta di tensione nella resistenza  $R_{a1}$  (fig. 30). Aumenta allora la tensione anodica e con essa quella delle stecche  $St_1$ , collegate con  $A_1$ . Queste agiscono come l'anodo ausiliario nel tubo a raggi catodici: producono quindi un avvicinamento della parte fluorescente a queste stecche, e pertanto un restringimento dell'ombra. Come vedete, quando la tensione della griglia di comando ( $G_1$ ) diventa più negativa, il settore fluorescente dello schermo si allarga.

Il secondo sistema triodico, che serve per le stazioni potenti, comprende la medesima griglia del primo. La disposizione degli elettrodi determina però un fattore d'amplificazione molto minore, cosicché per ottenere il me-

desimo effetto è necessaria una tensione più elevata. Anche qui la tensione anodica, comandata dalla tensione di controllo applicata alla griglia-pilota, è addotta direttamente al secondo paio di stecche di comando e ne varia il settore luminoso.

Nella fig. 28, in mezzo, si vedono i due triodi sovrapposti; si riconoscono le griglie, unite ma avvolte con passo differente; si distinguono le stecche di comando, collegate elettricamente e fissate direttamente agli anodi. Queste stecche penetrano fin sopra lo schermo (fig. 28, a sinistra), che si trova in alto ed ha l'aspetto di una calotta concava. Affinchè non abbagli la vista, il catodo incandescente è nascosto da un cappuccio, fissato al medesimo sostegno che porta lo schermo luminescente.

Poichè vi abbiamo descritto ora una valvola indicatrice di sintonia a doppio campo di sensibilità, è inutile che ci occupiamo più dettagliatamente delle valvole a campo unico (AM 2 e EFM 11, quest'ultima dotata di uno speciale sistema amplificatore pentodico).

Dopo queste spiegazioni è facile comprendere che l'occhio magico trova molte applicazioni anche nella tecnica delle misure. Ovunque occorra regolare, mediante semplice variazione di un organo qualsiasi, l'escursione di uno strumento indicatore, fino ad ottenere un massimo, oppure un minimo, l'occhio magico può servire alla bisogna, in luogo di uno strumento. La ditta Philips, per esempio, ha sviluppato un'apparecchiatura di misura di questo genere, il cosiddetto «Philoscop», che serve per misurare le resistenze e le capacità. L'occhio magico indica quando è stato ottenuto l'equilibrio del ponte (vedasi Dispensa N. 12).

Abbiamo terminato così la descrizione di tutte le valvole usate negli apparecchi radio. Possiamo quindi rivolgerci allo schema completo di una supereterodina.

### Domande

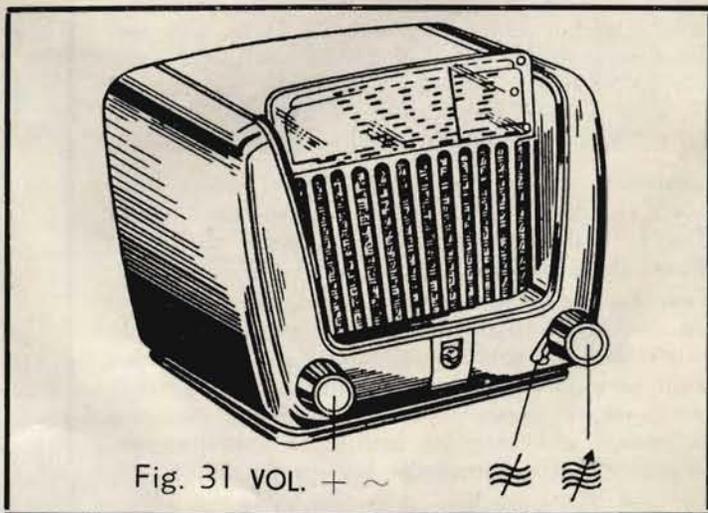
1. Quali sono gli elettrodi contenuti nella valvola indicatrice, tipo EM 11?
2. Qual è la funzione delle stecche di comando?

## RADIOTECNICA

### IL RICEVITORE A SUPERETERODINA COMPLETO

Un lavoro paziente e voluminoso di dettaglio ci ha condotti a conoscere tutti gli elementi costitutivi di una supereterodina. Generalmente abbiamo descritto delle unità funzionali che si ritrovano inalterate, oppure solo leggermente modificate, nei moderni apparecchi riceventi.

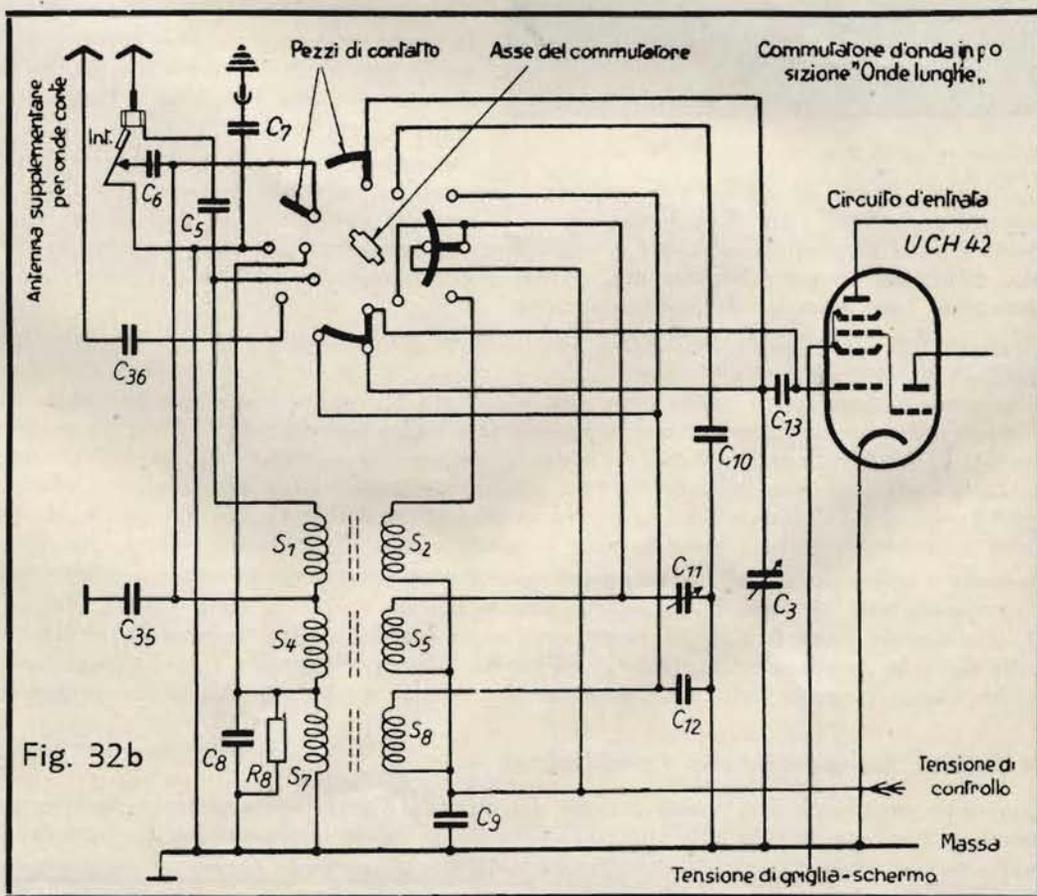
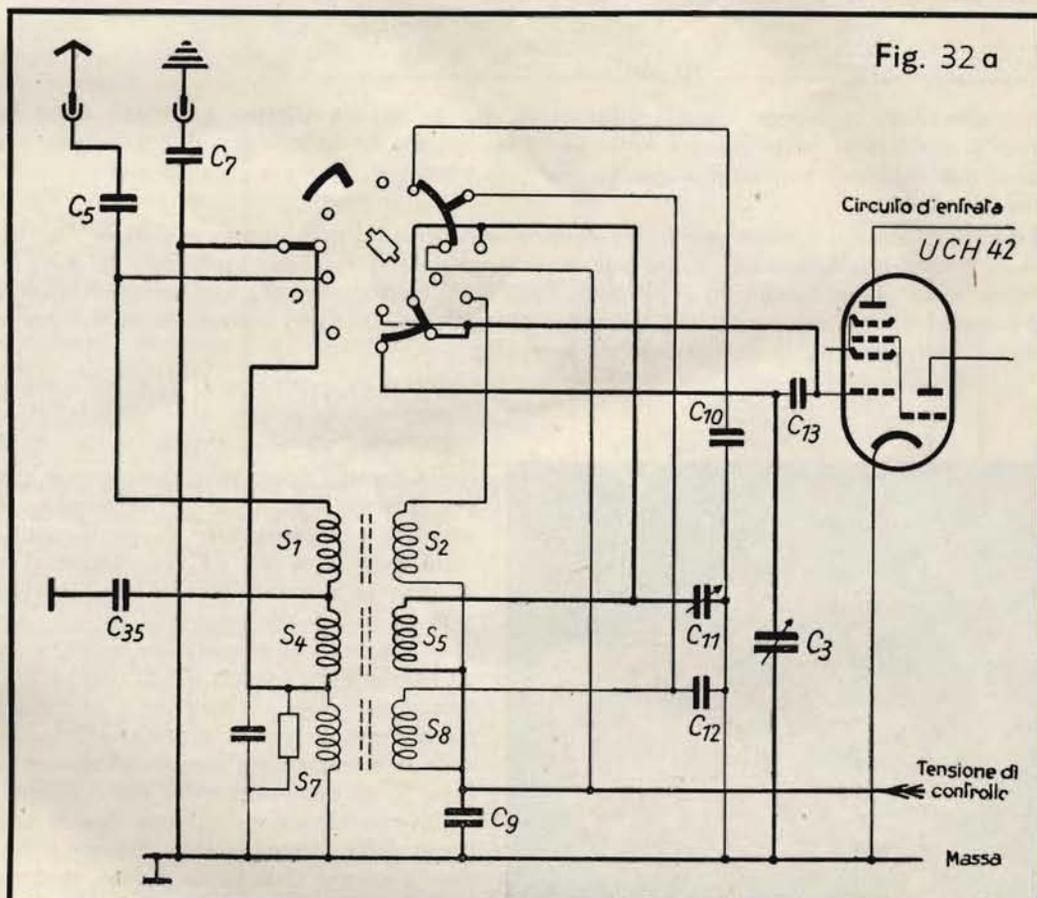
Per comprendere il montaggio d'assieme dobbiamo conoscere ancora molti particolari costruttivi; tuttavia le conoscenze fondamentali sono state ormai acquisite. Ci occuperemo ora di un interessante apparecchio per alimentazione universale: il ricevitore tipo BX 290 U della notissima ditta Philips (fig. 31).



## Il commutatore d'onda

Dalle nostre precedenti spiegazioni sapete che, per ricevere le onde lunghe, occorre una bobina di induttanza molto maggiore che per la gamma delle onde corte. Per la *sintonia*, nell'ambito delle singole gamme, si ado-

pera, com'è noto, un *condensatore variabile*. Nei primi tempi della radio, quando esistevano soltanto le onde medie e quelle lunghe, ci si arrangiava, usando delle *bobine intercambiabili di induttanze diverse*, che si sceglievano e innestavano nell'apparecchio secondo il bisogno. Allo stato attuale della radiotecnica una soluzione così primitiva non è più accettabile; si impiegano perciò dei cosiddetti « *commutatori multipli* ». Le bobine (e ve ne sono parecchie, come risulta dallo schema) vengono inserite o disinserite girando il commutatore d'onda. Le figure 32-a e 32-b dimostrano come siano numerosi gli organi di una moderna *supereterodina* che, nel solo circuito d'entrata, devono potersi commutare. Nella fig. 32-b è disegnato l'intero circuito d'entrata per la posizione *onde lunghe*. Per facilitarvi, abbiamo disegnato nella figura 32-a la posizione *onde medie*, considerando soltanto quelle parti e quei collegamenti che sono in giuoco in questo caso. La valvola interessa qui soltanto per quanto riguarda i collegamenti di griglia; pertanto essa è solo accennata nella figura, senza che i collegamenti dei vari elettrodi siano fatti proseguire. I singoli elementi sono designati nelle figure 32-a e b nel medesimo modo, e ciò vi aiuterà a comprendere il funzionamento nel suo assieme. Considerando la figura 32-a vediamo che le onde raccolte dall'antenna pervengono at-



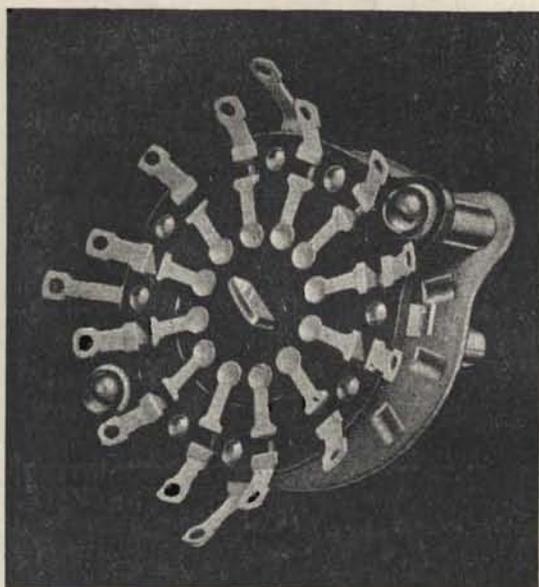
traverso al condensatore  $C_5$  (390 pF) alla bobina d'accoppiamento della gamma delle onde corte  $S_1$  e quindi alla bobina delle onde medie  $S_4$ . Dopo  $S_4$ , c'è una via che conduce le onde, attraverso al commutatore, alla massa e successivamente, attraverso a  $C_7$  (4700 pF) alla terra. Il condensatore  $C_{35}$ , di soli 15 pF, presenta una certa ammettenza soltanto per le onde corte. Calcoliamo la sua reattanza per un'onda di 30 m (10 MHz):

$$R_{\text{cap}} = \frac{1}{2 \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \pi \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-12}} = \frac{10^5}{30 \pi} = \frac{10^4}{3 \pi} \approx 1000 \Omega.$$

Le onde medie non sono quindi influenzate che in misura minima da questo condensatore. La tensione d'entrata si suddivide, nella gamma delle onde medie, tra le bobine  $S_1$  ed  $S_4$ . Poichè però  $S_4$  possiede un'induttanza notevolmente superiore a quella di  $S_1$ , la tensione d'entrata viene a trovarsi per la massima parte applicata alla bobina  $S_4$ .

Dato che l'estremo inferiore di  $S_4$  è collegato attraverso al commutatore d'onda con la massa, mentre la bobina  $S_7$  è sempre allacciata in basso alla massa, questa bobina è cortocircuitata quando il commutatore è nella posizione delle onde medie, ed è pertanto fuori uso. La tensione si trasmette individualmente da  $S_4$  ad  $S_5$  e quindi al circuito d'entrata  $S_5 - C_9 - C_3$ . Il condensatore  $C_9$  (47 000 pF) è ormai una vecchia conoscenza per noi: esso evita il cortocircuito della tensione di controllo.

Fig. 33



L'estremità superiore di  $S_5$  è collegata attraverso il commutatore d'onda con la griglia della valvola. Il condensatore  $C_{13}$  (220 pF) è cortocircuitato in questa posizione del commutatore d'onda.

Nella gamma delle onde corte esso è inserito in serie a  $C_3$  e serve per ridurre la capacità del circuito oscillante, in modo simile al padding nel generatore di oscillazioni. Il condensatore  $C_{35}$ , variabile da 12 a 492 pF, costituisce il meccanismo per la messa in sintonia in questa gamma. In parallelo ad esso è inserito, nella gamma delle onde medie, il piccolo condensatore  $C_{11}$  da 20 pF, la cui capacità si regola, una volta tanto, in sede di taratura, con un cacciavite: si tratta di un cosiddetto « trimmer » o compensatore. Esso serve per mettere a punto la capacità iniziale del circuito d'entrata per la gamma delle onde medie. Per capacità iniziale si intende quella capacità che entra in risonanza con la bobina  $S_5$  all'estremità corta della gamma delle onde medie. Analoghe considerazioni valgono per la capacità finale all'estremità lunga della gamma. Per terminare l'analisi del circuito d'entrata per la gamma delle onde medie, notiamo che la tensione di controllo viene adottata attraverso alla bobina  $S_5$  alla griglia-pilota della valvola convertitrice di frequenza.

In modo analogo si possono seguire, naturalmente, i collegamenti anche per le altre gamme d'onda; in ogni caso, il commutatore d'onda provvede a realizzare i collegamenti necessari.

Nella fig. 33 si vede un commutatore d'onda con scatto a sfera, come viene impiegato nell'apparecchio Philips BX 290 U. Gli at-

tacchi sono fissati ad un disco di materiale isolante, su entrambe le facce, quelli di sopra in posizione sfalsata rispetto a quelli di sotto. Tra le due corone di contatti gira, azionato dall'albero, un altro disco isolante, che porta i pezzi di contatto destinati a realizzare i collegamenti. Dovendo commutare diversi circuiti d'entrata ad alta frequenza, come, naturalmente, anche il generatore d'oscillazioni, si prevedono altrettanti piani del commutatore, tutti azionati dal medesimo asse.

Dopo la descrizione dettagliata della gamma delle onde medie, non occorre più essere così minuziosi per la parte delle onde lunghe (fig. 32-b).

L'antenna è allacciata di nuovo attraverso  $C_5$ ,  $S_1$  ed  $S_4$ , questa volta con la bobina  $S_7$ , la cui estremità inferiore è collegata direttamente con la massa. (Il condensatore  $C_8$  (15 pF) serve anch'esso soltanto per le onde corte). Richiamerò senza dubbio la vostra attenzione la resistenza  $R_8$ , da 33 000 ohm, la quale costituisce una certa attenuazione per le onde lunghe, altrimenti troppo forti. L'interruttore (Int), che si apre quando viene inserita la spina dell'antenna, serve per realizzare mediante  $C_6$  una variazione di capacità, la quale non può però interessarci, mentre consideriamo le parti essenziali dell'apparecchio.

Secondo i collegamenti del circuito oscillante d'entrata, al quale la tensione d'AF viene adottata per mezzo dell'accoppiamento induttivo  $S_7-S_8$ , vedrete che le bobine  $S_2$  ed  $S_3$  sono aperte. Invece l'estremità superiore di  $S_8$  è allacciata attraverso il commutatore d'onda con la griglia, mentre  $C_{13}$  è ancora cortocircuitato. Questa volta  $C_{12}$  è in parallelo a  $C_3$ , con le stesse funzioni che aveva prima  $C_{11}$ . La posizione onde corte è riprodotta nello schema generale della fig. 36, senza che occorra anche per questa un'apposita descrizione.

### Il circuito del generatore d'oscillazioni

Contemporaneamente alla commutazione del circuito d'entrata è necessario che, per mezzo di un'altra zona del commutatore, si provveda alla commutazione delle bobine contenute nel circuito del generatore di oscillazioni. Nella fig. 34 questa parte è rappresentata nella posizione onde lunghe. I collegamenti utilizzati in questa po-

sizione sono fatti risaltare nella figura, perchè disegnati con tratto più marcato. Il circuito oscillante, costituito da  $C_4$ ,  $C_{19}$ ,  $C_{22}$  ed  $S_{14}$  è collegato, tramite la capacità  $C_{17}$  (220 pF), con l'anodo del sistema triodico. Il condensatore  $C_{23}$  agisce soltanto nella gamma delle onde corte ed è cortocircuitato per le onde lunghe.  $C_{22}$  (22 pF) si trova direttamente in parallelo al condensatore di sintonia  $C_4$ . Il padding  $C_{19}$  (200 pF) è inserito questa volta in serie alla bobina  $S_{14}$ ; l'effetto è il medesimo, come il collegamento in serie per  $C_4$ .

Il circuito di reazione per la generazione della frequenza ausiliaria è realizzato nella gamma delle onde lunghe, in un modo interessante. La tensione di reazione viene prelevata tra la bobina  $S_{14}$  ed il condensatore  $C_{19}$ ; attraverso alla resistenza  $R_{10}$  (12 000 ohm), il commutatore d'onda ed il condensatore  $C_{15}$  (82 pF), essa viene addotta alla griglia-pilota della valvola oscillatrice. La resistenza  $R_7$  (47 000 ohm) serve ad ottenere la polarizzazione di griglia occorrente. La resistenza  $R_9$  impedisce che la tensione alternata di placca rimanga cortocircuitata, poichè altrimenti  $C_2$  (vedasi fig. 36) porterebbe tutta l'AF alla massa. Le bobine delle altre due gamme vengono commutate in modo analogo.

Per queste due gamme è prevista però una normale bobina d'induzione. Il padding ( $C_{18}$ ) per la gamma delle onde medie ( $S_{12}$ ,  $S_{13}$ ,  $C_{18}$ ,  $C_{21}$ ) è inserito come quello delle onde lunghe. Soltanto nella gamma delle onde corte si trova il padding  $C_{23}$  (190 pF) inserito in serie al condensatore variabile ( $C_4$ ).

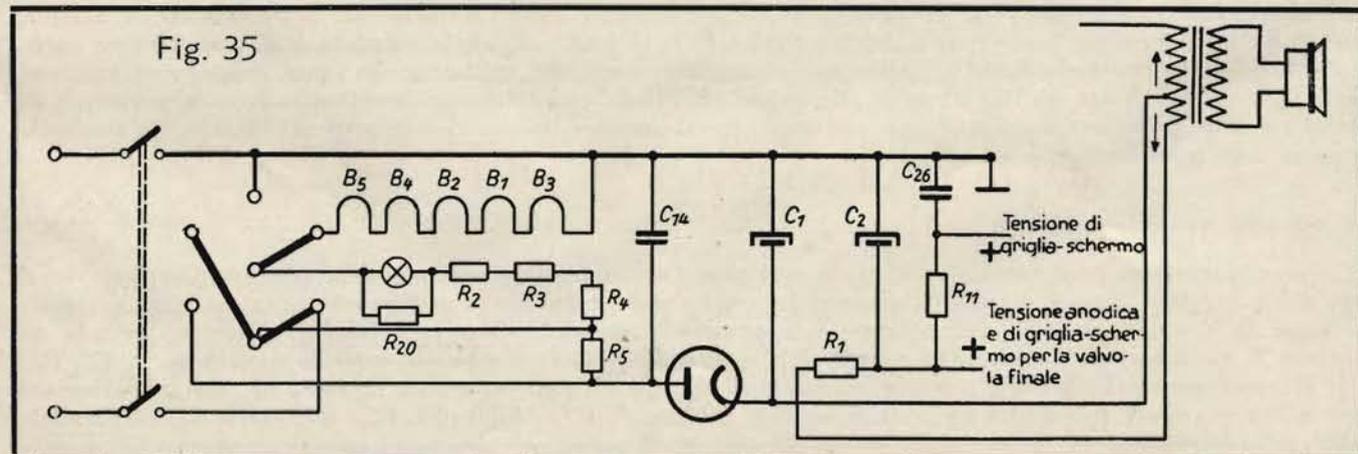
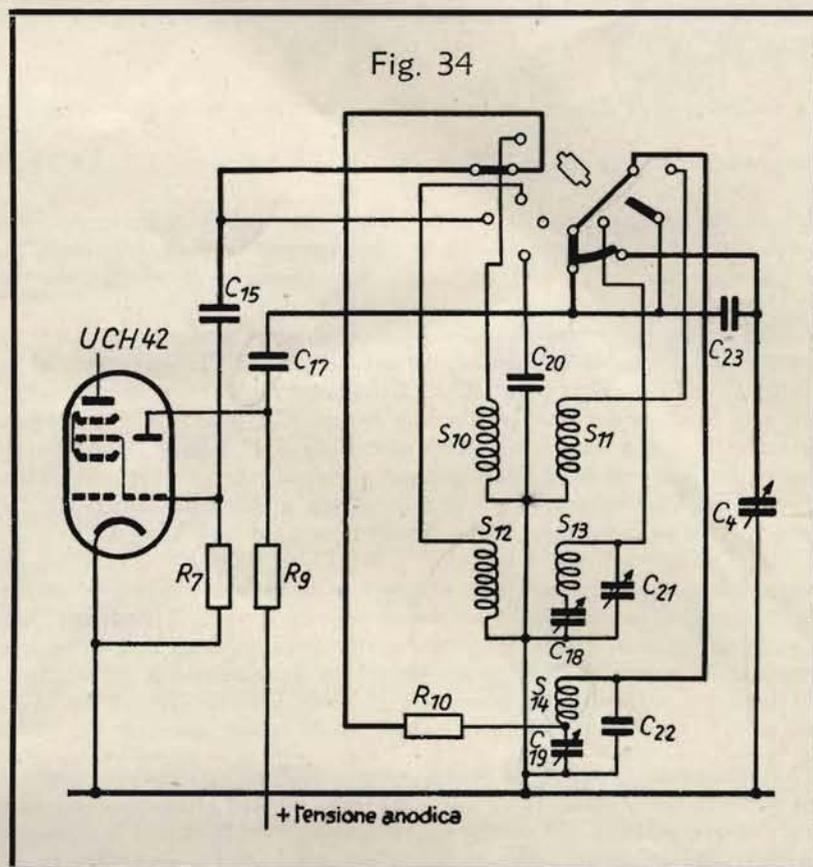
Come abbiamo detto più sopra, il commutatore del circuito d'entrata e quello del generatore d'oscillazioni sono azionati dal medesimo asse.

Dopo aver osservato così quanto vi è di essenziale nella parte d'entrata e del generatore d'oscillazioni, possiamo dare un

prudente sguardo allo schema completo dell'apparecchio (fig. 36). Vi interesserà soprattutto di conoscere le valvole usate, contrassegnate nello schema con le sigle da  $B_1$  a  $B_5$ . In basso sono rappresentati gli zoccoli con le designazioni dei tipi delle valvole. Poichè tutte le sigle sono del tipo U...4, riconoscerete che si tratta di valvole Rimlock per alimentazione universale con 100 mA di corrente d'accensione. La serie di valvole usata comprende: la valvola convertitrice di frequenza (UCH 42) con parte oscillatrice; il pentodo ad amplificazione variabile per la media frequenza (UAF 42); il triodo di bassa frequenza con doppio diodo (UBC 41), nel quale però i due diodi sono fuori funzione, avendo gli anodi collegati col catodo; il pentodo finale (UL 41) e infine la raddrizzatrice d'alimentazione ad una via (UY 41).

### L'alimentatore

Prima di esaminare il funzionamento dell'apparecchio nel suo complesso, ne vogliamo considerare l'alimentazione. Nella fig. 35 è disegnato lo schema di questa parte. L'apparecchio può essere commutato per le tensioni



di 117 e di 220 V, tanto in corrente continua quanto in corrente alternata. Nella fig. 35 il cambio-tensione è rappresentato nella posizione di 220 V. Per rendere visibile il *circuito d'accensione* sono stati disegnati i *filamenti delle valvole* uno accanto all'altro, collegati in serie. La *lampadina per l'illuminazione della scala*, le resistenze  $R_2$  (220 ohm),  $R_3$  (430 ohm) ed  $R_4$  (200 ohm) sono dimensionate in modo da ottenere la giusta tensione per i filamenti delle valvole. Se sommiamo le singole *cadute di tensione*, arriviamo a circa 220 V.

UBC 41: 12,6 V; UCH 42: 14 V; UAF 42: 12,6 V; UL 41: 45 V; UY 41: 31 V; complessivamente quindi 115,2 V.

La corrente è di 100 mA e la caduta di tensione nelle resistenze equivale quindi a  $850 \cdot 0,1 = 85$  V.

Pertanto la somma delle cadute di tensione ammonta a 218,2 V.

Avrete forse notato che i filamenti non sono collegati in serie semplicemente nell'ordine di numero delle valvole. È infatti conveniente che il filamento della prima valvola di *BF* presenti la *minima tensione* verso massa. Per questa ragione il filamento della valvola  $B_3$  (UBC 41) è allacciato da un lato direttamente alla massa.

Poichè anche nella *convertitrice di frequenza* si possono formare facilmente dei *disturbi di ronzo* per modulazione della media frequenza, la valvola  $B_1$  (UCH 42) segue al secondo posto. Viene poi la valvola meno sensibile di *MF*, la  $B_2$  (UAF 42). Effettivamente si preferisce però spesso di mettere anche la *raddrizzatrice di MF* con l'accensione *più vicina alla massa*. Gli ultimi due filamenti sono quelli della *valvola finale* e della *raddrizzatrice di rete*. La finale costituisce infatti l'ultimo stadio d'amplificazione; i disturbi che in essa intervengono non passano quindi ad alcuna altra valvola. Per quanto riguarda la *raddrizzatrice di rete*, è senz'altro chiaro che questa non può essere soggetta a disturbi dovuti all'accensione. La tensione continua da essa erogata va comunque sottoposta al livellamento ed al filtraggio.

La *resistenza in parallelo alla lampadina della scala* serve ad impedire che questa si bruci. All'inserzione dell'apparecchio, quando le valvole sono ancora fredde, i filamenti hanno una resistenza bassa. La corrente che circola nel primo istante, e che è relativamente forte, non è pericolosa per le valvole, ma potrebbe facilmente bruciare la lampadina. Si mette perciò in derivazione a questa una cosiddetta « *resistenza di protezione* », che presenta un valore molto basso a freddo ed assorbe quindi la sovracorrente d'inserzione. Quando questa resistenza si è riscaldata, aumenta talmente di valore ohmico da non causare alcun disturbo per la lampadina.

Il *raddrizzatore a una via* non presenta difficoltà. Dopo le nostre spiegazioni sulla protezione antiparassita, riconoscerete nel condensatore  $C_{14}$  (22 000 pF) quell'elemento che impedisce alle frequenze di disturbo, generate nel raddrizzamento, di rivelarsi nella rete. Per livellare la tensione anodica (esclusa la valvola finale) si impiega qui una *resistenza ohmica*  $R_1$  (1100 ohm). Ciò è possibile perchè la corrente consumata dalle altre valvole è relativamente piccola. L'effetto filtrante può essere stimato con un calcolo approssimativo. Per la frequenza di 50 Hz, che interessa in questo caso, la *reattanza* dei condensatori  $C_1$  e  $C_2$  (da 50  $\mu$ F ciascuno) equivale a:

$$R_{\text{cap}} = \frac{1}{2 \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \pi \cdot 50 \cdot 50 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^9}{5 \pi} = 63,67 \text{ ohm.}$$

Nei confronti dei 1100 ohm di  $R_1$  abbiamo una riduzione della tensione di disturbo nel rapporto di quasi 1:20.

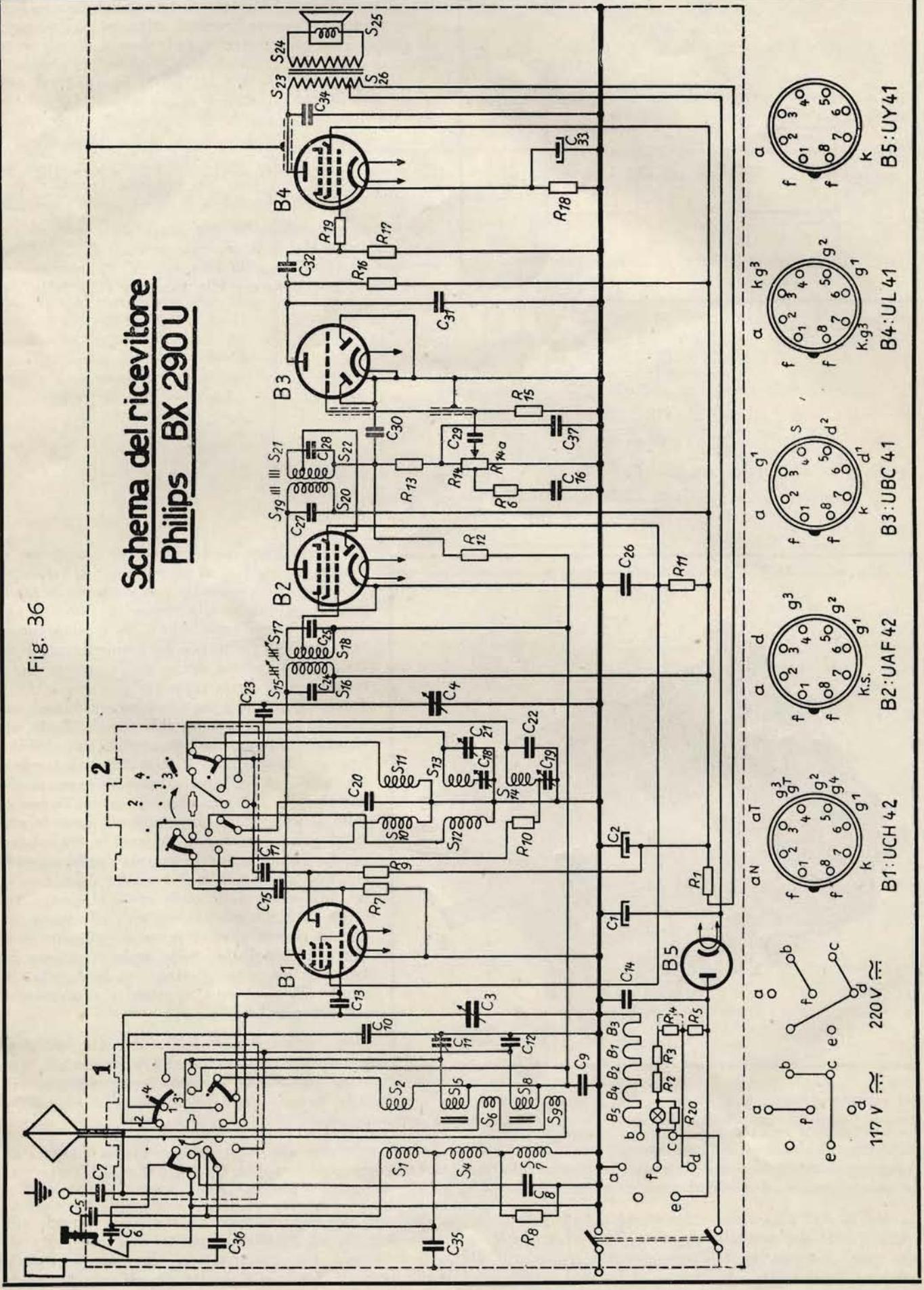
Verso  $C_2$  e perciò verso gli anodi delle valvole passa dunque soltanto  $\frac{1}{20}$  della *tensione di disturbo* esistente in origine. Per fornire la *tensione anodica livellata* alla valvola finale, si usa un interessante artificio. Come vedete dalle figure 35 e 36, la *tensione anodica per la valvola finale* viene prelevata direttamente presso il primo condensatore di livellamento  $C_1$  e portata ad una presa intermedia del *trasformatore d'adattamento dell'altoparlante*. Il *secondo condensatore di filtraggio* per l'anodica della valvola finale è pertanto  $C_{34}$  (fig. 36). Si vede però che una parte rilevante della *corrente di disturbo* attraversa l'*avvolgimento del trasformatore* e sarebbe quindi da attendersi un forte ronzo dell'altoparlante. Però una parte della *corrente di disturbo* fluisce anche verso il basso, attraversando  $R_1$  e  $C_2$ . Nell'avvolgimento secondario del trasformatore viene indotta così una *tensione di disturbo* sfasata di  $180^\circ$  rispetto alla prima. È chiaro pertanto che, scegliendo convenientemente la posizione della presa intermedia, è possibile *compensare tra loro le due componenti di disturbo*, in modo da ottenere una riproduzione scevra di ronzo.

### Lo schema completo

Le nostre spiegazioni preliminari facilitano naturalmene molto la comprensione dello schema completo riportato nella fig. 36. Tanto il *circuito d'entrata* che *quello del generatore d'oscillazione* sono mostrati qui nella posizione delle *onde corte*. Le onde raccolte dall'antenna vanno ad eccitare la *bobina*  $S_1$  e passano quindi, attraverso il *commutatore d'onda*, alla massa. Per mezzo di  $S_2$  viene eccitato il *circuito oscillante*  $S_2, C_3, C_{13}, C_{10}$ . Il *condensatore variabile*  $C_3$ , senza condensatori aggiuntivi, può variare da 12 a 492 pF. Questa variazione è però molto ridotta per effetto dei condensatori  $C_{13}$  (220 pF) e  $C_{10}$  (120 pF). ( $C_{13}$  è in serie,  $C_{10}$  in parallelo a  $C_3$ ).

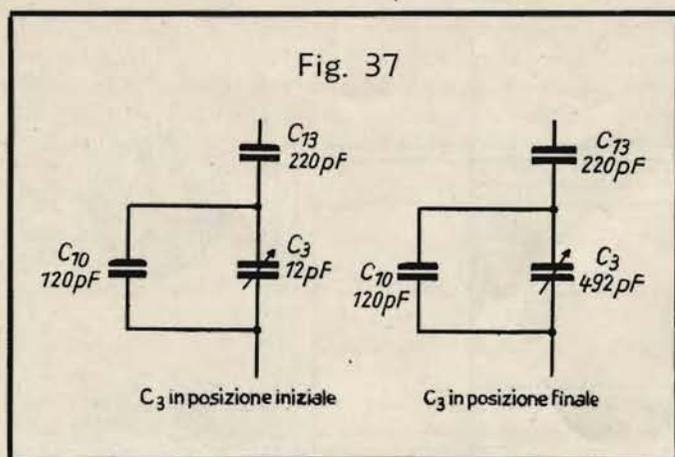
Fig. 36

# Schema del ricevitore Philips BX 290 U



- B1: UCH 42
- B2: UAF 42
- B3: UBC 41
- B4: UL 41
- B5: UY 41

Fig. 37



Un calcolo di controllo servirà per comprendere l'effetto di questo provvedimento, effettuato allo scopo di ottenere un *allargamento della banda*. Il rapporto di variazione del condensatore, coi valori indicati, sarebbe di  $12/492 = 1 : 41$ . Dalla figura 37 risulta come si debbano calcolare i nuovi valori. La formula (17) della Dispensa N. 7 ci consente di scrivere, per le posizioni iniziale e finale del condensatore:

Parallelo di inizio  $C_3$  e  $C_{10} = 12 + 120 = 132$  pF.

Parallelo di fine  $C_3$  e  $C_{10} = 492 + 120 = 612$  pF.

Dobbiamo ora calcolare, per entrambi i casi, il valore risultante dal collegamento in serie di  $C_{13}$ . Usiamo la formula (18) della Dispensa N. 7, semplificata però in modo conforme alla formula (57) della Dispensa N. 15:

$$C_{\text{tot}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

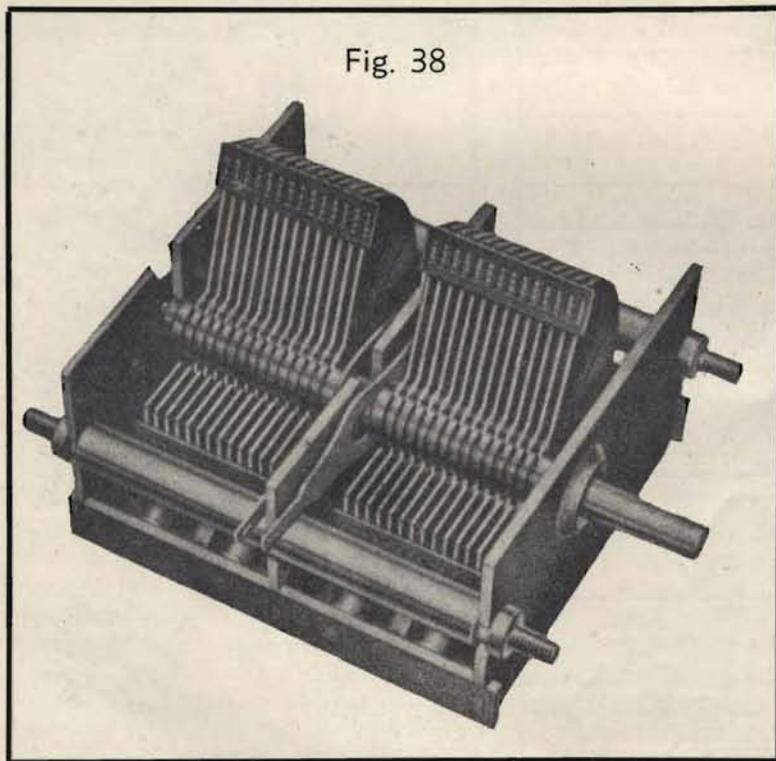
Per la posizione iniziale, con 132 pF e 220 pF, otteniamo:

$$C_{\text{tot inizio}} = \frac{132 \cdot 220}{132 + 220} = \frac{132 \cdot 220}{352} = 82,5 \text{ pF}$$

Per la posizione finale, con 612 pF e 220 pF:

$$C_{\text{tot fine}} = \frac{612 \cdot 220}{612 + 220} = \frac{612 \cdot 220}{832} = 162 \text{ pF.}$$

Fig. 38



piata costantemente per mezzo delle bobine aggiuntive  $S_6$  ed  $S_9$  alle bobine delle onde medie e lunghe; è quindi possibile una buona ricezione anche senza antenna separata.

Riguardo al circuito del generatore d'oscillazioni rimane soltanto da dire che esso viene messo in sintonia simultaneamente al circuito d'entrata, per mezzo del condensatore variabile doppio  $C_3$  e  $C_4$ . La fig. 38 mostra un condensatore variabile doppio di questo genere.

La MF di 452 kHz viene selezionata nel circuito anodico della valvola convertitrice ( $B_1$ ) e passa quindi alla griglia-pilota del pentodo seguente ( $B_2$ ). Come vedete, il collegamento di griglia di questa UAF 42 parte da una presa intermedia dell'avvolgimento secondario del filtro di banda. Con ciò si ottiene una riduzione della reazione della valvola (o meglio del tratto catodo-griglia) sul filtro di banda e si esalta quindi maggiormente

Come risultato troviamo che la variazione si riduce, all'incirca, al rapporto 1 : 2. Lo scopo di questo provvedimento si comprende facilmente, pensando alla messa in sintonia per una stazione d'onde corte. Se si mantenesse la variazione primitiva del condensatore (che però è già ridotta anche nella gamma delle onde medie ad un rapporto di circa 1 : 10), la messa a punto per la ricezione di una stazione a onde corte sarebbe così difficile, da risultare, in pratica, pressochè impossibile. L'ampiezza angolare disponibile nel condensatore variabile per ciascuna stazione sarebbe talmente ristretta che, nel girare la manopola della sintonia, si sorpasserebbero le stazioni prima ancora di udirne la trasmissione. La riduzione della gamma rende necessaria, nell'apparecchio che stiamo esaminando, la limitazione delle onde corte al campo tra 9,5 e 12 MHz, ma consente di effettuare anche in questa gamma la messa a punto precisa e ineccepibile. Sulla scala si ottiene infatti una maggiore distanza tra le singole stazioni; ciò si chiama appunto « *allargamento della banda* ».

Dallo schema può essere desunto un altro particolare interessante. L'apparecchio possiede un'antenna a telaio incorporato, accop-

la banda di frequenza da amplificare. Sia la *convertitrice* che l'*amplificatrice* sono entrambe regolate dalla tensione di controllo.

La UAF è la vera *amplificatrice della media frequenza*, inserita in mezzo a due filtri di banda. Come nel primo filtro la griglia del pentodo, così qui l'*anodo del diodo rivelatore* è allacciato ad una presa intermedia nel *secondario del filtro di banda*. Questo diodo serve a produrre tanto la BF che la *tensione di controllo*. Per ritrovare gli schemi fondamentali di queste parti, da noi discussi in precedenza, abbiamo disegnato il *demodulatore* nella fig. 39.

La fig. 40, più semplificata ancora, mostra chiaramente le parti più importanti. La valvola UAF 42 è disegnata divisa nei suoi due sistemi elettronici, il che contribuisce alla miglior comprensione dello schema. Vedete ora subito che sono collegati in serie il *circuito oscillante* (secondario del filtro di banda), il *diodo rivelatore* e la *resistenza di lavoro*  $R_{14}$ ,  $R_{14a}$  (0,45 e 0,05 Mohm).

Non manca naturalmente il *condensatore* per l'eliminazione dell'*AF* ( $C_{30}$ , da 82 pF). La *tensione di controllo* viene livellata perfettamente nel complesso  $R_{12}$  (2,7 Mohm) e  $C_9$  (47 000 pF) e passa quindi alla griglia delle valvole UCH 42 e UAF 42.

$R_{14}$ ,  $R_{14a}$  è un potenziometro da 0,5 Mohm, che serve nello stesso tempo anche per la *messa a punto del volume*.  $C_{29}$  (3900 pF) è il *condensatore d'accoppiamento* con lo stadio successivo e adduce la BF alla griglia del triodo.

Dopo aver esaminato così il funzionamento con l'aiuto della fig. 40, osserviamo nuovamente la fig. 39. Notiamo, in primo luogo, che la combinazione  $R_{13}$  (100 kohm) e  $C_{37}$  (47 pF) costituisce un *filtro* che impedisce che attraverso  $C_{37}$  venga ancora inoltrata dell'*AF*. La *reattanza* di  $C_{37}$ , alla MF di 452 kHz, è:

$$R_{cap} = \frac{1}{2 \pi \cdot 452 \cdot 10^3 \cdot 47 \cdot 10^{-12}} = \frac{10^9}{904 \cdot \pi \cdot 47} = 7,5 \text{ k}\Omega.$$

La tensione residua ai capi di  $C_{37}$ , che si trasmette pertanto per mezzo del potenziometro da 0,5 Mohm ( $R_{14}$ ,  $R_{14a}$ ) allo stadio successivo, comprende soltanto

$\frac{7,5}{100} = \frac{1}{13,35}$  della tensione d'*AF* disturbatrice. Non va dimenticato poi che la via dell'*AF* passa per  $C_{30}$ , cosicché i disturbi che si scaricano attraverso  $R_{13} - C_{37}$  sono già per questo notevolmente ridotti. L'altra combinazione  $R_6$ ,  $C_{16}$ , visibile nella fig. 39, è attiva soprattutto quando il  *cursore* del potenziometro è molto spostato verso il basso, ossia quando il volume è regolato al minimo.

Finchè il cursore, che adduce la BF a  $C_{29}$ , si trova in alto,  $R_6$  (10 kohm) e  $C_{16}$  (18 000 pF) non hanno praticamente alcun effetto. Invece quando il volume sonoro è ridotto, se non ci fosse questa combinazione di resistenza e capacità, i toni acuti si farebbero sentire troppo e ne risulterebbe una voce un po' aspra. L'effetto di  $R_6$  e  $C_{16}$  consiste nella *riduzione delle frequenze acustiche più elevate* e consente pertanto di ottenere il medesimo timbro sonoro anche quando il volume è regolato sul piano.

Il collegamento della preamplificatrice di BF ( $B_3$ ) e della valvola finale ( $B_4$ ) non presenta ulteriori difficoltà. La UBC 41 è impiegata come *amplificatrice di BF* con accoppiamento a resistenza. La *resistenza anodica*  $R_{16}$  (0,47 Mohm) è resa insensibile alla MF per mezzo del *condensatore*  $C_{31}$  (390 pF). La necessità di un'apposita

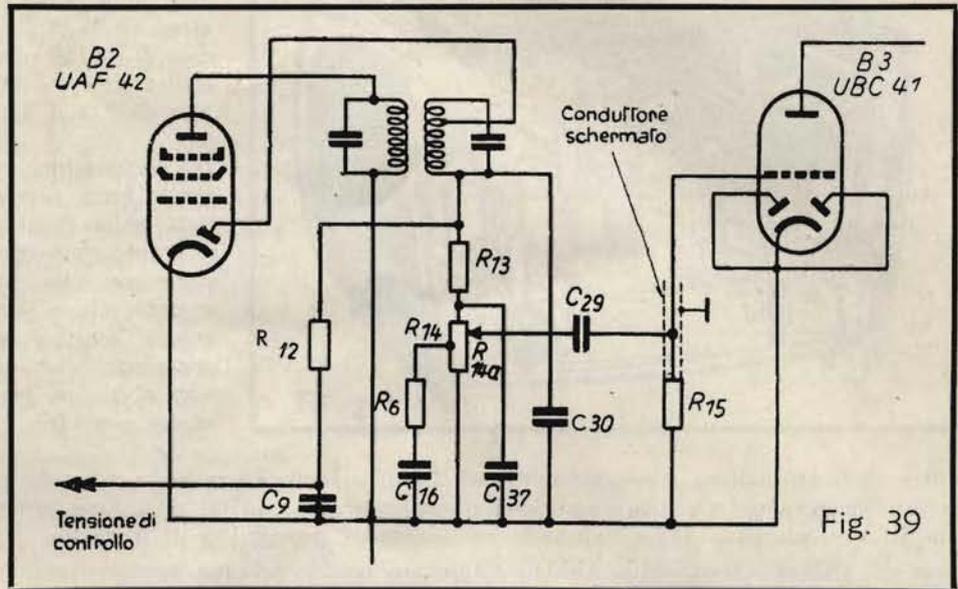


Fig. 39

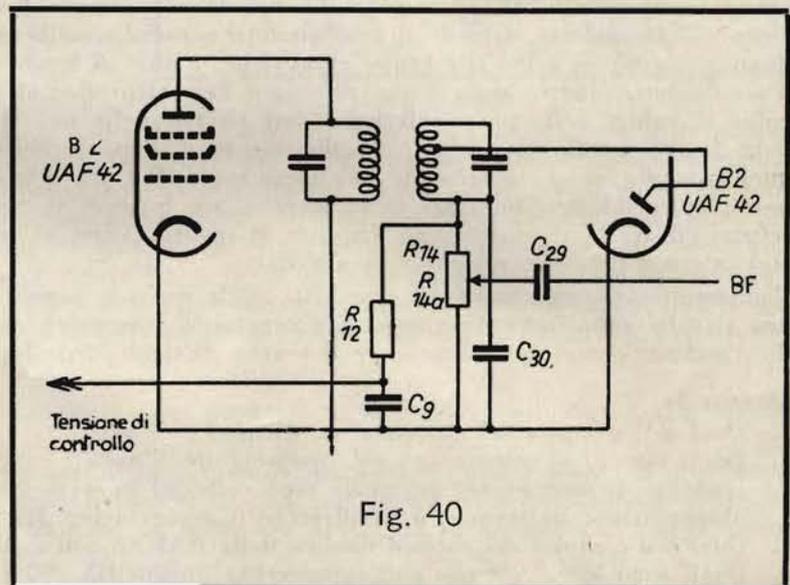
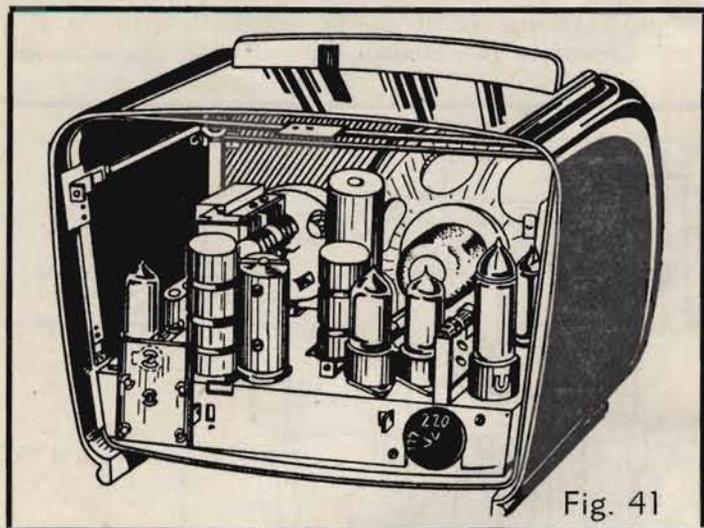


Fig. 40

tensione di polarizzazione della griglia è evitata, inserendo una *resistenza elevata* ( $R_{15}$  da 10 Mohm) tra la griglia ed il catodo.

I diodi della UBC 41 sono fuori servizio. La *BF* è inoltrata alla valvola finale attraverso a  $C_{32}$  (6800 pF).



Davanti alla griglia-pilota della valvola finale c'è la resistenza  $R_{19}$  di *protezione contro le oscillazioni parassite*. La *resistenza di griglia*, attraverso alla quale viene addotta la tensione di polarizzazione, è la  $R_{17}$  (0,82 Mohm). La *resistenza catodica*  $R_{18}$  (150 ohm) provoca, con una corrente catodica di circa 60 mA, una *polarizzazione di griglia* di  $0,06 \cdot 150 = 9$  volt.

Il *condensatore elettrolitico*  $C_{33}$  (100  $\mu$ F) impedisce la formazione di una *caduta di tensione alternata* nella resistenza  $R_{18}$ . Una *caduta di tensione alternata* provocherebbe, esattamente come la tensione continua, una *tensione contraria alla griglia* e causerebbe pertanto una *controreazione*, riducendo l'amplificazione. Ricordate quindi, in questa occasione, che *qualsiasi resistenza catodica, che non abbia in parallelo un condensatore di sufficiente capacità, è origine di controreazione*.

Oltre al *trasformatore d'adattamento* per l'altoparlante dinamico a magnete permanente, che abbiamo già discusso, si trova nel circuito anodico il *condensatore*  $C_{34}$  (4700 pF). Esso impedisce che la valvola finale possa amplificare qualsiasi *AF*, eliminando così eventuali possibilità di disturbo.

Con ciò abbiamo terminato. Abbiamo spiegato così lo schema completo di un apparecchio radio-ricevente di fabbricazione industriale; ora voi vorrete sicuramente sapere come sono eseguite, in pratica, le connessioni tra i singoli componenti dell'apparecchio. La fig. 41 ci permette di gettare uno sguardo nell'interno. A sinistra, accanto all'*altoparlante*, si vede il *condensatore variabile* con la relativa *trasmissione di comando*. Davanti si vedono le *valvole* e, sotto alle cappe cilindriche, i *filtri di banda* ed i *circuiti oscillanti d'entrata e del generatore d'oscillazioni*. Mentre nella parte superiore del telaio vige un certo ordine, che permette di raccapezzarsi a colpo d'occhio, nella parte inferiore (non visibile nella fig. 41) c'è un tale apparente disordine, che sarete lieto di aver potuto conoscere il funzionamento dell'apparecchio studiandone lo schema, senza dover esplorare quel groviglio quasi inestricabile di collegamenti. Per ora vi troverete un po' oppresso dalla molteplicità delle cose che vi abbiamo mostrato nello schema, ma quando vi sarete occupato più frequentemente di questi schemi ed avrete ripetuto i vari Capitoli di questo Corso, vi sentirete sempre più attratto da questo campo così interessante di cognizioni e di attività.

Comunque avete raggiunto ora una vetta dalla quale il mondo meraviglioso della radio vi appare ormai sotto una visuale completamente nuova. Era necessario percorrere le singole tappe, per poter godere alfine lo sguardo d'insieme che ci fa comprendere il perchè di tanti particolari.

#### Domande

1. Qual è il compito del commutatore d'onde?
2. Quali circuiti si commutano col commutatore d'onda?
3. L'ordine di successione, nel quale sono collegati in serie i filamenti delle valvole di un apparecchio ad alimentazione universale, è indifferente o segue invece determinate regole?
4. Qual è il compito del sistema diodi della UAF 42 nell'apparecchio BX 290 U?
5. Quali sono le valvole che nell'apparecchio Philips BX 290 U contribuiscono all'amplificazione?

#### Risposte alle domande di pag. 14

1. La griglia negativa nel tubo a raggi catodici si chiama « *cilindro di Wehnelt* ».
2. La messa a fuoco del raggio elettronico si ottiene per mezzo dell'anodo ausiliario e dell'anodo.
3. La tensione a dente di sega, applicata alla seconda coppia di placche, serve a far comparire sullo schermo la curva della tensione applicata alla prima coppia di placche. Se, per esempio, questa tensione è sinusoidale, comparirà sullo schermo una sinusoide.
4. La sensibilità del tubo a raggi catodici si misura in mm/volt. Essa indica la tensione necessaria per ottenere una deviazione di 1 mm del raggio.
5. Collegando a entrambe le coppie di placche di un tubo a raggi catodici una tensione alternata sinusoidale in concordanza di fase, si ottiene sullo schermo un tratto obliquo.

#### Risposte alle domande di pag. 16

1. La valvola EM 11, indicatrice di sintonia a doppio campo di sensibilità, possiede un catodo con filamento, una griglia-indicatrice collegata col catodo, una griglia di comando suddivisa in due parti con elica di passo differente, due anodi con una coppia di stecche di comando ciascuno e uno schermo luminescente.
2. Le stecche di comando proiettano sullo schermo delle ombre, che sono tanto più piccole, quanto più elevata è la tensione delle stecche.

## ACUSTICA ED ELETTROACUSTICA

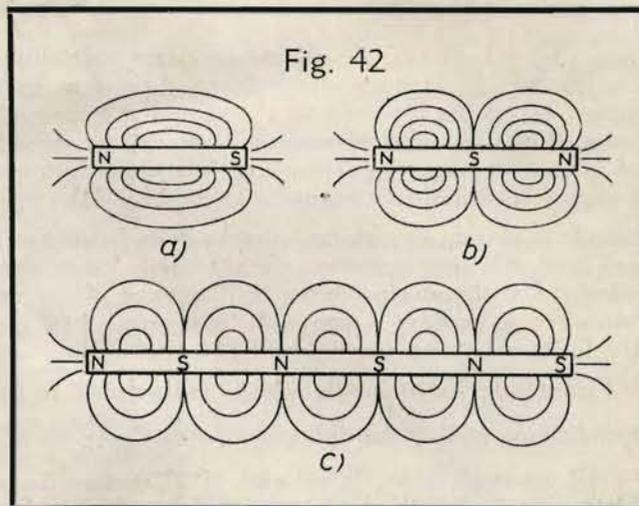
### IL MAGNETOFONO

Nella Dispensa N. 11 avete conosciuto il *disco fonografico*, che costituisce un metodo per conservare la musica e le parole. La musica è *incisa* nel solco del disco; il grammofofo ritrasforma le incisioni in suoni. Questo sistema di conservazione presenta però alcuni difetti, come il *fruscio* dovuto alla punta, la *piccola gamma di frequenza* riproducibile e quindi la *tonalità non perfettamente naturale*, la *dinamica insufficiente* (le variazioni di sonorità ottenibili sono limitate), ed altri difetti ancora.

Il continuo progresso della tecnica ha fatto crescere le esigenze e si ricercarono perciò dei nuovi metodi più perfezionati.

#### Il principio fondamentale

Lo scienziato danese *Valdemar Poulsen* aveva indicato fin dal 1898 un metodo che sfruttava le *proprietà magnetiche di un filo d'acciaio*. Finora voi conoscete soltanto dei magneti che posseggono un polo nord ed un polo sud (fig. 42-a). È però facile realizzare una *magnetizzazione ripetuta*, in modo da ottenere una *barretta con tre poli* (fig. 42-b) o anche tale da formare una *successione di magneti* (fig. 42-c). È data così la possibilità di *registrare su un filo di ferro le variazioni dell'intensità di campo di un magnete*. Il filo magnetico costituisce così una *continua successione di magneti ora più deboli ora più forti*. Il principio del *magnetofono* è essenzialmente tutto qui. Naturalmente la calamita che provoca queste variazioni d'intensità è un *elettromagnete*, ossia una *bobina percorsa dalle correnti foniche*. Il filo di ferro passa accanto a questa bobina e ne rimane magnetizzato. Il magnetismo residuo nel filo, per quanto debole, può esercitare delle azioni magnetiche. Se il filo magnetico viene fatto scorrere accanto ad una bobina, le linee di forza tagliano le spire della bobina e vi inducono una tensione elettrica. Questa è effettivamente assai piccola, ma può essere amplificata e resa udibile in un altoparlante.



Vi furono naturalmente molte difficoltà da superare, finché il *sistema a filo magnetico* poté raggiungere l'importanza attuale. Esso è un aiuto importante soprattutto nelle *stazioni radiotrasmettenti*. Una buona parte delle trasmissioni è ripresa dapprima su *nastro* e viene quindi ritrasmessa dalla stazione radio. Con questo sistema si ottiene il grande vantaggio di potere stabilire esattamente la *durata* delle singole trasmissioni, potendo svolgere così un programma continuato, senza inciami e senza dover ricorrere a brani musicali che facciano da riempitivo. Le *riprese sonore all'aperto* sono più facili da eseguire con *registrazione su nastro magnetico*. A ciò si aggiunge la possibilità di poter sottoporre il nastro a correzioni, il che naturalmente non è possibile nelle riprese originali. Prima di occuparci delle numerose applicazioni del *magnetofono*, vogliamo studiarne un po' più dettagliatamente la struttura pratica.

#### Il nastro magnetico

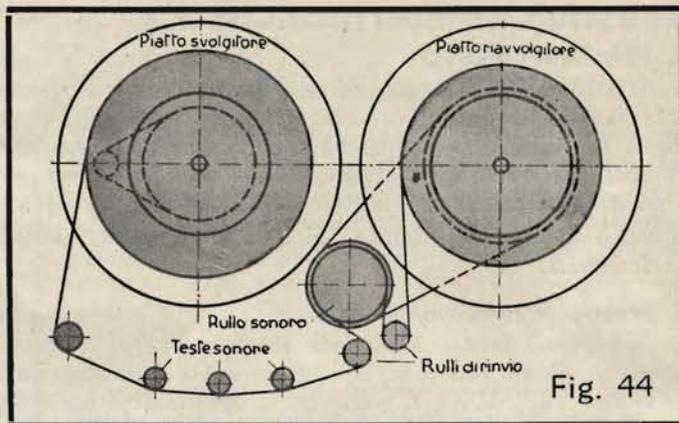
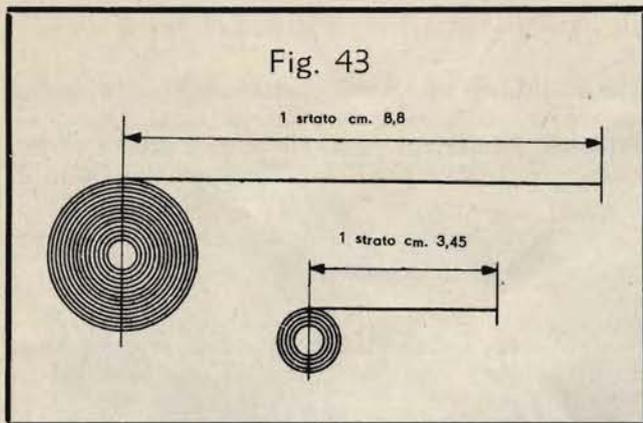
Il suono viene registrato su un *filo d'acciaio inossidabile* del diametro di 0,1-0,05 mm, oppure sul *nastro magnetico*.

Quest'ultimo, simile a una pellicola cinematografica, è largo circa 6 mm e spesso solo 3 centesimi di millimetro. In luogo dello strato fotosensibile usato nelle pellicole, vi è qui uno *strato magneticamente sensibile* che occupa i 2/3 dello spessore del nastro. Esso è costituito da *magnetite* depositata su un lato del nastro con un procedimento speciale.

Secondo la *velocità di spostamento* del nastro si ottiene, con le lunghezze usate, comprese tra 1/2 e 1 km, una riproduzione ininterrotta della durata di un'ora e anche più. Un fatto di importanza fondamentale è che, mediante semplice *smagnetizzazione*, si possono cancellare le registrazioni, per utilizzare nuovamente il nastro magnetico. Questa operazione può essere ripetuta praticamente un numero illimitato di volte. La possibilità di incollare il nastro consente di effettuare delle connessioni, come pure di unire diverse registrazioni. Naturalmente il nastro può essere incollato anche quando, per caso, si fosse strappato. Se si riuscirà a fabbricare questo nastro magnetico ad un prezzo un po' ridotto, esso potrà rispondere a tutte le esigenze.

#### Avanzamento e velocità del nastro

Il nastro deve scorrere accanto all'elettromagnete, come abbiamo già detto, e con *velocità costante*. L'apparecchio possiede tre cosiddette « *teste magnetiche* » o « *sonore* », che esamineremo nel prossimo paragrafo. Per lo spostamento del nastro occorre, naturalmente, un *motorino elettrico*; generalmente ve ne sono anzi *due*. Purtroppo non è possibile azionare le *bobine, svolgitrici e riavvolgitrici*, direttamente per mezzo del motore, come si fa per il disco del grammofofo, poiché non si otterrebbe una velocità di spostamento costante. Dalla fig. 43 si vede che, se la *bobina riavvolgitrice* ruotasse a velocità costante, il nastro si avvolgerebbe più rapidamente quando la bobina è piena, che quando è vuota. I diametri utili stanno fra loro, nei due casi estremi, all'incirca nel rapporto di 8 : 25 e si avrebbero quindi nella velocità di spostamento delle variazioni nel rap-



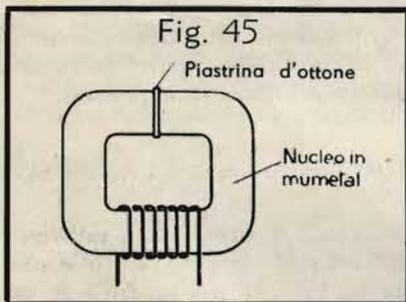
porto di 1 : 3. Si rimedia all'inconveniente azionando i due *piatti*, *svolgitoro* e *riavvolgitoro*, per mezzo di *giun- ti a frizione*. Si ottiene così una forza di trazione sufficientemente costante, che diminuisce molto il pericolo di rottura del nastro. La velocità costante si ottiene mediante il cosiddetto « *rullo sonoro* », azionato a velocità costante, il quale trascina il nastro alla medesima velocità. I piccoli *rulli di rinvio*, che non sono in collegamento col motore, servono per far abbracciare quasi interamente dal nastro il *rullo sonoro*, in modo da ottenere con sicurezza la medesima costante velocità (fig. 44).

Quando si devono riprodurre soltanto delle *frequenze basse*, è sufficiente una *piccola velocità* del nastro, perchè ogni semionda deve generare un altro polo magnetico. Non potendo avvicinare eccessivamente i poli tra loro, quando si vogliono riprodurre le *frequenze più elevate* bisogna aumentare la velocità. Nelle *trasmissioni della parola* si può limitare il campo di frequenza a 4000 Hz, senza riduzione dell'intelligibilità; in questo caso basta la velocità relativamente bassa di 19 cm/sec.

Utilizzando dei *nastri lunghi*, per esempio di 600 m (naturalmente la capacità dei *piatti avvolgitori* è limitata), la riproduzione può durare ininterrottamente  $\frac{600}{0,19} = 3150$  secondi, ossia minuti 52 1/2. Per le esigenze normali e per gli usi negli uffici, la velocità di 38 cm/sec dovrebbe essere la più adatta. Nelle radiotrasmissioni, ove si richiede, *per la musica*, la massima fedeltà di riproduzione, è stata introdotta la velocità di 77 cm/sec.

### Gli elettromagneti

Descriveremo ora la parte più interessante, cioè i *magneti* o *teste sonore*. Abbiamo già fatto osservare che il nastro deve scorrere molto vicino alle *teste sonore*, come si vede anche nella fig. 44. Esternamente le tre *teste sonore* si assomigliano, essendo dei *corti cilindri* o *prismi* di circa 2 cm di diametro e 1 cm d'altezza. Le tre *teste* servono ciascuna ad uno scopo diverso: nell'ordine in cui vengono percorse dal nastro, la *prima* serve per *cancellare*, la *seconda* per *registrare* e la *terza* per *riprodurre*. Esse posse-



gono un *nucleo chiuso*, costituito da *lamierini sottili di ferro d'alta qualità magnetiche*, il cosiddetto « *mumetal* », sul quale si trovano gli *avvolgimenti* occorrenti (fig. 45). Il *nucleo di ferro* deve avere un *traferro* più o meno stretto, secondo l'uso cui è destinato. Il *traferro* delle teste per la *registrazione* e la *riproduzione* è largo solo *pochi millesimi di millimetro*, ed è quindi difficile da realizzare. Per ottenere la giusta larghezza del *traferro* è necessario ricorrere all'ausilio di strumenti ottici. Il *traferro* non può essere aperto, poichè altrimenti il pulviscolo di ferro che si può distaccare, per esempio dal nastro, si potrebbe depositare nel *traferro* stesso, modificandone

la larghezza. Perciò il *traferro* si forma inserendo una *sottilissima piastrina d'ottone* tra le due parti che costituiscono il nucleo. Com'è noto, l'ottone non è affatto magnetizzabile, e si comporta perciò come se nel *traferro* ci fosse l'aria. Il *nucleo* deve essere fatto *in due pezzi*, poichè non è possibile ricavare con la sega, o con un altro mezzo analogo, delle fenditure larghe soltanto 5/1000 mm. Per comprendere la necessità di queste dimensioni ridottissime del *traferro*, calcoliamo il tempo durante il quale le particelle di ferro del nastro si trovano davanti al *traferro*, e confrontiamo questo tempo con la durata di un periodo della massima frequenza da riprodurre.

Con 77 cm/sec (corrispondenti alla massima velocità usata) e con una larghezza del *traferro* di 0,005 mm =  $0,5 \cdot 10^{-3}$  cm, il tempo durante il quale le particelle di ferro si trattengono davanti al *traferro* diventa:

$$\frac{\text{Larghezza del traferro}}{\text{Velocità}} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{77} = 6,5 \cdot 10^{-6} \text{ sec.}$$

Supponiamo di richiedere una *frequenza massima* di 15 000 Hz allora la *durata del periodo* equivale a  $6,67 \cdot 10^{-5}$  sec.

Vediamo dunque che, nel peggior caso, può trascorrere soltanto  $\frac{1}{10}$  di periodo, mentre una particella di ferro

è sottoposta all'azione del traferro. Il *campo magnetico* sviluppato dalla frequenza sonora varia soltanto di poco durante questo decimo di periodo ed è quindi assicurata una riproduzione regolare. Lo scopo del traferro molto stretto appare anche più chiaramente, se esaminiamo ciò che avverrebbe qualora il tempo di passaggio davanti al traferro fosse più lungo di un periodo della frequenza da riprodurre. Prendiamo un traferro di 0,5 mm ed una frequenza di 10 kHz, con una velocità del nastro di 50 cm/sec. Il *tempo di passaggio* diventa:

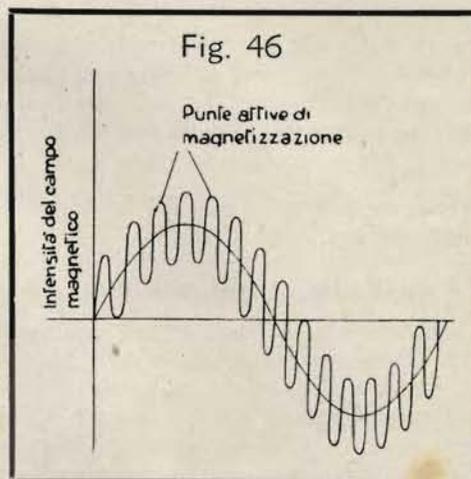
$$\frac{5 \cdot 10^{-2}}{50} = 10^{-3} \text{ sec.}$$

La *durata del periodo* è invece  $\frac{1}{10^4} = 10^{-4} \text{ sec.}$

Da ciò si deduce che ciascuna particella di ferro, passando davanti al traferro, viene magnetizzata 10 volte; il valore finale della magnetizzazione può essere un valore qualsiasi, dipendente dalla fase della frequenza sonora e perciò puramente casuale. Sarebbe del tutto esclusa la possibilità di registrare la frequenza di 10 kHz.

Nella *riproduzione* le cose sono del tutto simili. Il *nastro magnetizzato* passa accanto al *traferro* altrettanto stretto, della *testa di riproduzione*, inducendo nell'*avvolgimento* una *tensione alternata* di frequenza corrispondente alla magnetizzazione del nastro. Poichè il *campo magnetico* generato dal nastro è assai debole, è importantissimo che la *testa di riproduzione* sia schermata molto bene, giacchè eventuali campi estranei causerebbero forti disturbi. Anche per fare lo *schermo* si usa del *mumetal*, nello spessore di qualche millimetro.

Dopo tali considerazioni, è abbastanza chiaro il procedimento usato per *cancellare le registrazioni*. La *testa* usata per questo scopo deve avere un *traferro abbastanza largo*, affinché le particelle del nastro, passando davanti ad esso, vengano sottoposte a parecchie alternanze del campo magnetico usato per la smagnetizzazione. Per non dover richiedere delle correnti troppo forti, si preferisce però non allargare molto il traferro, aumentando invece la *frequenza del campo magnetico*. Si lavora con *AF* di 30-100 kHz e con un *traferro* di 1/10 mm. Dopo le nostre spiegazioni, comprenderete facilmente il funzionamento del dispositivo. Si noti poi che il *nastro*, passando davanti al *traferro* relativamente largo, attraversa un campo magnetico che dapprima è debole, poi si rinforza e quindi diminuisce di nuovo. Ciò è appunto molto importante per la smagnetizzazione. Per smagnetizzare un qualsiasi pezzo di ferro, bisogna infatti portarlo in vicinanza di un forte elettromagnete eccitato con corrente alternata; quindi allontanarlo lentamente, in modo che il ciclo delle alternanze magnetiche si svolga a intensità sempre più deboli. Si cancella così qualsiasi magnetismo residuo, ottenendo del materiale completamente smagnetizzato.



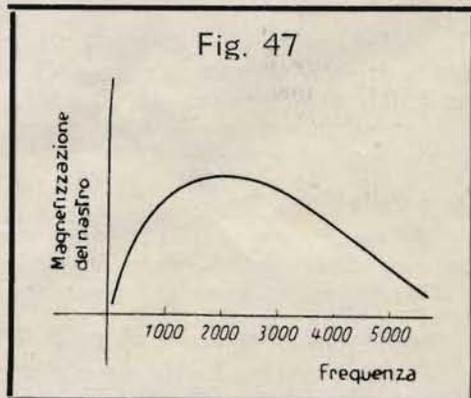
Gli *avvolgimenti* delle differenti *teste sonore* hanno *diversi numeri di spire*. Il *massimo numero* di spire è quello della *testa di registrazione*, quello *minimo* della *testa di smagnetizzazione*. Nella *testa di registrazione* c'è poi un'altra particolarità. Nei primi *magnetofoni* si era tentato di migliorare la registrazione facendo una magnetizzazione preliminare con corrente continua, ma i risultati erano stati poco soddisfacenti. Si tentò allora di usare dell'*AF*, constatando un notevole vantaggio. Si impiega oggi la *medesima frequenza usata nella testa di smagnetizzazione* e la si applica alla bobina della *testa di registrazione*, assieme alla *frequenza sonora*. La figura 46 mostra come *AF* e *BF* si sovrappongono. Per ottenere il *massimo effetto di magnetizzazione*, occorre regolare con cura l'intensità dell'*AF* sovrapposta.

### Amplificatori di registrazione e di riproduzione

Non possiamo discutere questi *amplificatori speciali* di *BF* fino nei più piccoli particolari. Basteranno alcuni accenni. Per quanto il sistema della *registrazione sonora su nastro* sia elegante, pure esso presenta per se stesso un certo difetto. *Le diverse frequenze non vengono infatti registrate ugualmente bene*. Le bobine avrebbero infatti la tendenza di sviluppare dei campi magnetici tanto più forti, quanto più la frequenza è elevata. Da una certa frequenza in su, le perdite per *correnti parassite* (correnti di Foucault) diventano però talmente elevate, da far diminuire anzichè aumentare, la magnetizzazione del nastro. L'*intensità di magnetizzazione* provocata nel nastro dalla medesima corrente alle varie frequenze è descritta dalla curva della fig. 47.

Poichè non è possibile cambiare le proprietà del nastro, si cerca di ottenere una compensazione del difetto con l'aiuto dell'*amplificatore*. Lo stesso *amplificatore di registrazione* è costruito in modo da esaltare le frequenze meno favorite nella magnetizzazione.

Nella fig. 48 è mostrato uno stadio d'amplificazione, dal quale potete vedere come l'effetto si ottiene. Ci si giova della *controreazione*, varia-



bile con la frequenza, a voi ormai già nota. Abbiamo di nuovo un canale di controreazione che collega l'anodo con la griglia-pilota. Il condensatore di separazione  $C_1$  è scelto in modo da non lasciar quasi passare le frequenze più basse, per le quali non si ha quindi nessuna riduzione dell'amplificazione. Le frequenze più alte, invece, attraversano bene il condensatore  $C_1$ , ma trovano, dopo la resistenza  $R_1$ , il piccolo condensatore  $C_2$ , che le conduce a massa, mentre la tensione di controreazione che si sviluppa ai capi del canale  $R_2, R_3, R_4$  e che da esso agisce sulla griglia, diventa più debole.

La massima controreazione si ha per le frequenze medie, per le quali  $C_1$  è abbastanza grande, ma  $C_2$  troppo piccolo. Per tali frequenze, le resistenze  $R_1, R_2, R_3$  ed  $R_4$  costituiscono un partitore di tensione attraverso il quale agisce la controreazione, che conferisce all'amplificatore l'andamento di frequenza rappresentato nella fig. 49. Come vedete, la curvatura è contraria a quella della fig. 47. Ciò significa che è possibile compensare la sfavorevole dipendenza di frequenza della magnetizzazione, mediante un'appropriata struttura dell'amplificatore. Simili problemi si presentano assai sovente nella tecnica delle telecomunicazioni ed è utile perciò sapere come si affrontano.

Abbiamo terminato con ciò le spiegazioni principali sulle parti del magnetofono.

### Le applicazioni del magnetofono

Vogliamo quindi darvi alcune indicazioni sulle molteplici possibilità d'impiego del magnetofono. Abbiamo già parlato dell'uso che se ne fa nelle radiotrasmissioni. L'apparecchio può essere un divertente passatempo, che permette di udire nell'altoparlante la propria voce, o di sorprendere qualcuno con la ripetizione delle sue parole. Ma con questo meraviglioso apparecchio si offrono agli studiosi ben altre possibilità. Citiamo come esempio la registrazione delle voci degli uccelli colte nel fitto del bosco.

Il magnetofono sta per divenire l'aiuto indispensabile dell'oratore e del predicatore. Con assoluta obiettività e senza che altra persona ne debba venire a conoscenza, esso registra un discorso e permette l'esame degli eventuali errori. La registrazione su disco sarebbe troppo costosa e lunga da eseguire. Il magnetofono invece conserva il discorso solo per il tempo occorrente; dopo si può cancellare tutto. Anche nei tribunali il magnetofono è già stato usato con successo. Le deposizioni dei testi non vengono soltanto notate parola per parola, ma si registra anche l'espressione della voce; la successiva riproduzione serve a rinfrescare la memoria a tutti. Voi stesso troverete innumerevoli possibilità di applicazione del magnetofono, con tutto che lo sviluppo di quest'apparecchio sia ancora agli inizi.

### Il dittafono

Una variante particolare del magnetofono è il dittafono o apparecchio per dettare. Esso presenta, almeno costruttivamente, una maggiore somiglianza col disco fonografico. Un disco circolare porta un solco a spirale lungo il quale si effettua la registrazione magnetica. Il solco serve unicamente come guida per il movimento della testa sonora lungo la spirale magnetica. Testa sonora, azionamento ed amplificatore sono simili a quelli del magnetofono.

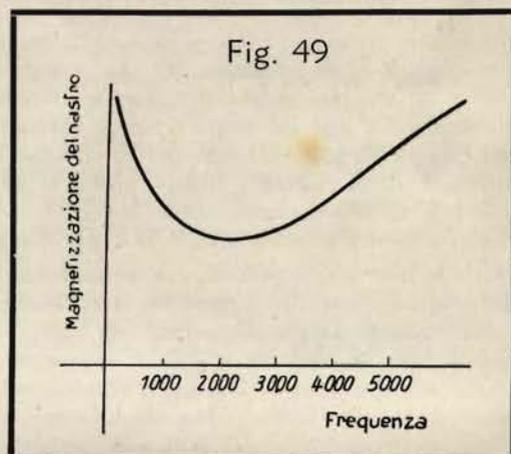
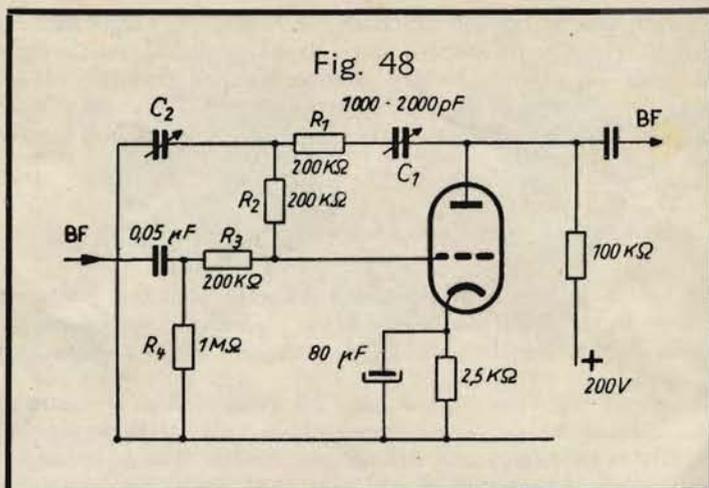
Il dittafono consente ai dirigenti d'azienda di dettare e controllare la corrispondenza, senza che occorra sempre la presenza di una segretaria. Questa può scrivere le lettere ascoltando il dettato dall'apparecchio, che può funzionare a piacimento con altoparlante oppure con cuffia telefonica. Semplici manovre consentono di far ripetere lentamente singole frasi. Non appena la lettera è scritta, le registrazioni vengono cancellate e il disco rimane nuovamente disponibile.

### Domande

1. Su che cosa viene registrato il suono nel magnetofono?
2. Quali frequenze risultano indebolite nella magnetizzazione del nastro?
3. Perché nei magnetofoni occorrono speciali amplificatori?

### Risposte alle domande di pag. 24

1. Il commutatore d'onda serve a commutare le bobine per le varie gamme d'onda.
2. Col commutatore d'onda si commutano il circuito (o i circuiti) di entrata e quello del generatore d'oscillazioni.



3. L'ordine di successione dei filamenti collegati in serie è regolato dalla necessità di disporre vicino alla massa le valvole di *BF*, più sensibili alle influenze di disturbo (preamplificatori di *BF*).
4. Il sistema diodico della UAF 42 serve nell'apparecchio Philips BX 290 U per la demodulazione e, nello stesso tempo, per la generazione della tensione di controllo.
5. Nell'apparecchio BX 290 U partecipano all'amplificazione:
  - la parte esodica della convertitrice UCH 42,
  - il pentodo di *MF*, UAF 42,
  - la preamplificazione di *BF*, UBC 41,
  - la valvola finale UL 41.

### Risposte alle domande di pag. 28

1. Nel magnetofono il suono si registra su un sottile filo d'acciaio (0,1-0,05 mm) oppure su un nastro simile a una pellicola, dotato di uno strato magnetico di magnetite.
2. Nella magnetizzazione del nastro si indeboliscono i suoni acuti e quelli gravi.
3. Occorrono degli amplificatori speciali, perchè si devono amplificare maggiormente le frequenze che risultano più indebolite nella magnetizzazione del nastro.

### COMPITI

1. Quali vantaggi si ottengono nelle centrali dotate di registratore, rispetto a quelle a selezione diretta?
2. Disegnate l'anello di contatto per la lettera *O*, secondo l'alfabeto della fig. 9 per telescriventi sistema Hell.
3. In che cosa consiste il sincronismo nelle telescriventi Hell e come si manifestano i difetti di sincronismo?
4. Nel tubo a raggi catodici di quali proprietà del raggio di elettroni ci si giova per scopi di misura?
5. In un tubo a raggi catodici come si sposta la traccia luminosa, nel caso che entrambe le coppie di placche presentino la medesima sensibilità di 0,2 mm/volt e che si applichi ad entrambe una tensione continua di 120 volt?
6. Qual è la velocità raggiunta dagli elettroni in un tubo di Braun con tensione anodica di 625 volt?
7. Quali sono le caratteristiche comuni per le valvole indicatrici di sintonia ed i tubi a raggi catodici?
8. Disegnate il generatore d'oscillazioni dello schema di fig. 36, nella posizione delle onde corte.
9. Quale diviene la variazione di un condensatore variabile con  $C_{\text{inizio}} = 50 \text{ pF}$  e  $C_{\text{fine}} = 500 \text{ pF}$ , quando si aggiunge in serie un condensatore  $C_s = 250 \text{ pF}$ ?
10. Spiegate l'allargamento di banda con l'aiuto dell'esempio di cui alla precedente domanda.
11. Da che cosa dipende la velocità del nastro nel magnetofono?
12. Perchè nella testa di smagnetizzazione è più conveniente un traferro maggiore?
13. Come si realizza la velocità costante del nastro nel magnetofono?

### FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 19

Formula	pag.
(66) Velocità degli elettroni: $v = 595 \cdot \sqrt{V_a} \left[ \frac{\text{km}}{\text{sec}} \right]$	» 14

---

Stampato come manoscritto

Ogni alienazione, prestito o diffusione in genere di questa Dispensa, anche per estratto, è proibita.

Tutti i diritti, in particolare il diritto di traduzione, sono riservati.

---

**TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI**

---

**OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO, 9  
V A R E S E**

---

DISPENSA N°. 20

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

## INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 20

<b>Riassunto della materia trattata nella Dispensa precedente</b>	pag. 1
<b>Telegrafia, Telefonia</b>	» 1
Linee aeree e cavi	» 1
I cavi telefonici	» 1
Il cavo Krarup	» 4
Il cavo Pupin	» 4
Domande e risposte	» 5
Linee aeree e cavi (seguito)	» 5
L'utilizzazione delle linee di telecomunicazione	» 5
Il circuito virtuale	» 6
Il sistema duplice	» 8
Domande	» 9
<b>Telefonia</b>	» 9
Gli amplificatori	» 9
L'amplificatore a due fili	» 9
L'amplificatore a quattro fili	» 10
L'amplificatore con dispositivo compensatore delle distor-	
sioni	» 10
Domande e risposte	» 11
La telefonia a frequenze vettrici	» 12
Il sistema a 12 canali	» 12
La modulazione a banda laterale unica	» 12
Il modulatore	» 12
La prima trasposizione di frequenza	» 13
La seconda trasposizione di frequenza	» 13
La demodulazione nella stazione ricevente	» 14
Domande	» 16
<b>Radiotecnica</b>	» 16
La stabilizzazione della frequenza portante	» 16
Il quarzo oscillante	» 16
Il termostato	» 17
L'oscillatore a quarzo	» 18
Microfono e rivelatore a cristallo	» 18
Il cronometro a quarzo	» 19
Domande	» 19
<b>Tecnica delle misure</b>	» 19
L'oscilloscopio a raggi catodici	» 19
a) L'alimentatore	» 19
b) L'asse dei tempi	» 21
c) La sincronizzazione	» 24
d) L'amplificatore di deviazione	» 24
e) Esempi di misure	» 26
Domande e risposte	» 28
<b>Compiti</b>	» 28

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 20

## RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Siamo arrivati ormai alla Dispensa N. 20 e possiamo constatare con legittima soddisfazione come l'edificio che stiamo costruendo si sia andato allargando sempre di più. Anche l'ultima Dispensa ha portato molte novità, che vogliamo ripetere in breve.

Il primo Capitolo era dedicato al secondo importante sistema di telefonia automatica, il *sistema Bell*. Tipico di questo sistema è l'azionamento rotativo dei selettori. Inoltre esso si distingue essenzialmente dal sistema Siemens per un organo particolare, il *registratore*. Gli impulsi del disco combinatore non azionano direttamente i selettori, ma vengono immagazzinati nel registratore. Questo determina il collegamento con l'utente richiesto, non appena si trovi un selettore libero.

Successivamente abbiamo visto un interessante completamento degli apparecchi telescriventi: il *telescrittore Siemens-Hell*. La speciale costituzione della parte trasmittente rende quest'apparecchio adatto per l'esercizio in condizioni difficoltose, particolarmente nella radiotelegrafia. L'elica scrivente, che costituisce l'organo principale del ricevitore, rappresenta una soluzione semplice ed elegante del problema del sincronismo, grazie al sistema della doppia scrittura.

Nel Capitolo di *Tecnica delle Misure* avete conosciuto il *tubo a raggi catodici*. Vi abbiamo spiegato la struttura ed il funzionamento di questo speciale tubo elettronico. Il sottile raggio di elettroni è sottoposto, nel vuoto del tubo, all'infusso deviatore delle tensioni di misura. Esso traccia quindi sullo schermo fluorescente delle curve caratteristiche, dalle quali si possono ricavare importanti deduzioni in merito alle tensioni applicate. Dopo le spiegazioni sul tubo a raggi catodici, le spiegazioni sulla costruzione ed il funzionamento della valvola indicatrice di sintonia sono risultate facilmente comprensibili.

La discussione dello *schema completo di un ricevitore a supereterodina* è stata, in un certo senso, il coronamento dello studio precedentemente svolto. Le singole parti, che erano state illustrate nel lavoro preparatorio, si sono andate armonicamente componendo in un tutto organico e di logica costituzione. Mancavano soltanto alcune piccole nozioni. Per esempio conoscevate già da tempo la suddivisione delle onde in corte, medie e lunghe, ma finalmente in questa Dispensa vi è stato mostrato come si risolvano in pratica, con l'aiuto di *commutatori d'onda* e di *complessi di bobine*, i problemi inerenti alla *scelta della gamma d'onde*. L'esame particolareggiato dello schema vi sarà forse costato parecchie stille di sudore; ma alla fine avrete constatato con soddisfazione di aver compreso abbastanza bene il funzionamento dell'apparecchio.

Un Capitolo interessante e moderno trattava del *magnetofono*. L'idea essenziale di questo apparecchio consiste nell'utilizzare il magnetismo rimanente per conservare la parola e la musica. Avete visto che il problema principale non è insito nel dispositivo in sé, ma nella giusta collaborazione tra il *nastro*, il *motore di trasporto* ed i *vari amplificatori*. Qualche breve cenno vi ha fatto comprendere le enormi possibilità di applicazione e di sviluppo di questo sistema. Ora passerete ai Capitoli della nuova Dispensa, completando le vostre cognizioni.

## TELEGRAFIA, TELEFONIA

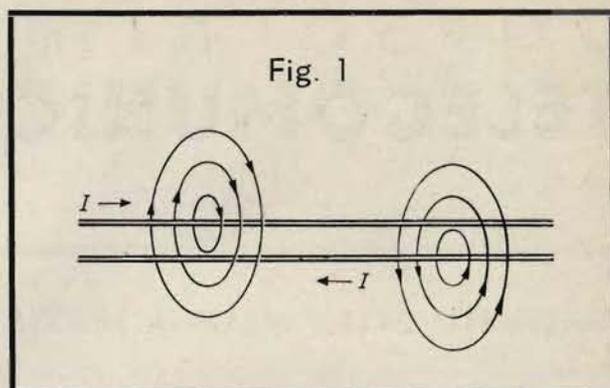
### LINEE AEREE E CAVI

#### I cavi telefonici

Parlando delle linee aeree abbiamo detto che le linee di nuova costruzione sono oggi quasi esclusivamente costituite da *cavi*. Quali palificate sarebbero infatti necessarie per portare i numerosi circuiti di comunicazione che collegano tra loro due grandi città! Nell'interno delle città stesse, se tutte le linee telefoniche fossero aeree, quale incredibile groviglio di fili si avrebbe sopra i tetti! Vedete dunque che le stesse circostanze hanno obbligato a far uso dei cavi di telecomunicazione. Nei primi tempi dell'inoltro di notizie attraverso linee di telecomunicazione, il principale impulso allo sviluppo dei cavi venne dalle linee d'oltremare.

Dopo le nostre spiegazioni sullo *schema equivalente della linea di telecomunicazione*, sull'*impedenza caratteristica* e sull'*attenuazione*, potete facilmente immaginare che per inoltrare a distanza le notizie, non basta disporre semplicemente di due conduttori isolati e ricoperti da una guaina di protezione. In principio si ten-

tò di far così, ma il risultato fu spaventoso. Se con le linee aeree si potevano superare distanze di alcune centinaia di chilometri e si realizzavano quindi con facilità delle comunicazioni interurbane, con i cavi non era assolutamente possibile raggiungere distanze superiori ai 20-25 km. Le ragioni di questo comportamento sono facili da comprendere, se si osserva lo *schema equivalente della linea*, nella fig. 25 della Dispensa N. 17. Le *capacità* sono infatti necessariamente molto più grandi nel cavo che nella linea aerea, poichè in quest'ultima i fili sono collocati sui pali a distanze relativamente grandi, mentre *nei cavi* i fili sono molto vicini tra loro e costituiscono pertanto delle forti *capacità*. Nello stesso tempo si riscontra *nei cavi* una *diminuzione dell'induttanza*, poichè gli effetti magnetici di una coppia di conduttori si annullano a vicenda per la massima parte. Come si vede nella fig. 1, ad ogni istante un conduttore costituisce l'andata, l'altro il ritorno della corrente elettrica. I campi magnetici generati dalla medesima corrente *I*, nei due conduttori, sono opposti, com'è facile constatare anche servendosi della *Regola del cavatappi* riportata nella Dispensa N. 5, figure 25-27. L'effetto magnetico complessivo risulta quindi molto più piccolo di quello che si otterrebbe con un solo filo: in altre parole, *l'induttanza è fortemente ridotta*.



Spiegheremo ora come mai sia meglio avere un'induttanza maggiore. Le capacità mutue conducono, in ogni caso, una certa *corrente trasversale*, la quale provoca delle perdite di energia nelle resistenze della linea (le resistenze ohmiche dei fili). Quando l'induttanza aumenta, queste correnti trasversali diminuiscono e anche le perdite divengono, di conseguenza, minori: parlando in termini tecnici, si dice che *l'attenuazione diventa minore*. Con buona approssimazione, trascurando le perdite dovute all'isolamento non ideale, e a condizione che la resistenza del filo non sia oltremodo elevata, *l'attenuazione aumenta proporzionalmente alla resistenza dei fili e diminuisce col crescere dell'impedenza caratteristica*. *L'attenuazione per chilometro di linea si calcola mediante la seguente formula approssimata:*

$$\beta = \frac{1}{2} \frac{\text{Resistenza del filo al km}}{\text{Impedenza caratteristica}} \quad \dots \dots \text{Formula (67)}$$

Per i casi normali, alle basse frequenze, c'è un'altra formula approssimata, che fornisce risultati più precisi, poichè i presupposti per la validità della formula (67) non sono generalmente abbastanza rispettati.

$$\beta = \sqrt{\frac{2 \pi f \cdot RC}{2}} \cdot \left[ \frac{\text{Neper}}{\text{km}} \right] \quad \dots \dots \text{Formula (68)}$$

Vi è nota la relazione che lega l'impedenza caratteristica all'induttanza ed alla capacità. Per ottenere una piccola attenuazione se ne deducono due possibilità di principio. La resistenza dei fili non può essere resa piccola a piacere, soprattutto nei cavi, per i quali non si devono superare, per ragioni di spazio, certi diametri dei fili. (Generalmente si impiegano *conduttori di rame* da 0,6-0,8 mm di diametro *per cavi locali* e da 0,9-1,4 mm di diametro *per cavi interurbani*). Eliminata quindi la resistenza dalle ulteriori considerazioni, non rimane che occuparsi della *capacità* e dell'*induttanza*.

La formula (20),  $C = \frac{A \cdot A}{d}$  non può essere applicata tale e quale ai conduttori di una linea; tuttavia essa consente di stimare le grandezze essenziali per la formazione della capacità. La superficie *A* dipende dal *diametro del filo*, che è dato. La distanza *d* tra i due fili, il cui aumento provocherebbe una diminuzione della capacità, trovandosi nel denominatore, non può essere variata anch'essa che entro limiti ristrettissimi, poichè, naturalmente, si cerca di ridurre le dimensioni del cavo al minimo possibile. L'unica grandezza che si può cercare di scegliere in modo favorevole sarebbe quindi la *costante dielettrica*, rappresentata dal valore *A*. La *costante più piccola*, che darebbe anche la più piccola capacità, è quella del *vuoto* e, approssimativamente, anche dell'*aria*. Ma per i cavi occorre naturalmente un dielettrico solido. Si richiede inoltre che i materiali impiegati siano di basso prezzo. Mentre prima l'isolamento era costituito da involucri di carta infilati sui fili, da circa un trentennio si usa avvolgere a passo lungo sopra il filo di rame nudo una *cordina sottile di carta* (0,3-0,6 mm  $\varnothing$ ). Sopra tale cordina si eseguono una o due fasciature con *nastro di carta* dello spessore di 0,08-0,1 mm.

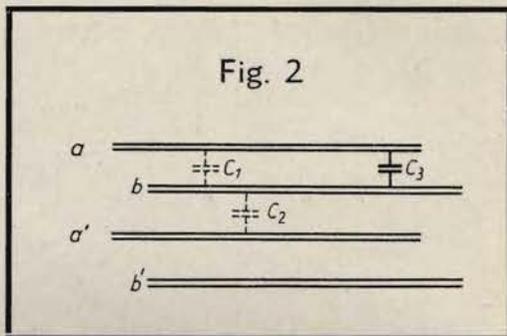
Questo genere d'isolamento si chiama « *in carta ed aria* ». Purtroppo esso è molto sensibile all'umidità; occorre pertanto ricoprire il cavo, per l'intera sua lunghezza, con una *guaina o camicia di piombo*, che impedisce l'entrata dell'umidità. Contrariamente ai cavi per correnti forti, che vengono compressi e presentano un'elevata compattezza, i *cavi telefonici* non hanno grande robustezza meccanica; i numerosi spazi d'aria fanno sì che il cavo possa essere facilmente schiacciato e quindi danneggiato. Si ricorre perciò all'armatura del cavo mediante una *treccia metallica di fili di ferro* sovrapposta alla camicia di piombo. Infine si applica un *avvolgimento tessile di iuta impregnata di catrame*, quale protezione contro gli agenti chimici. Il terreno contiene infatti svariati acidi ed altre sostanze che rovinerebbero facilmente l'armatura metallica.

Per l'impiego nei collegamenti locali la rigidità e la grossezza dei cavi con isolamento di carta e camicia di piombo sarebbero eccessive. Si cerca quindi di ottenere una diminuzione della capacità con altri mezzi, e cioè con l'uso di *materiali isolanti di alto pregio*, resistenti all'umidità (anti-igroscopici), resistenti al calore (anti-infiammabili) e flessibili. Fino a poco tempo fa questi isolamenti dei conduttori si realizzavano con *avvolgimento di tessili speciali e impregnazione di speciali vernici*. Oggi si passa sempre più all'isolamento dei conduttori con *materie plastiche* (cloruro di polivinile = vipla; polietilene = politene), in parte con *avvolgimento aggiuntivo in raion colorato*, per distinguere i conduttori, e *strato protettivo di vernice*.

I conduttori, accoppiati a due a due, vengono cordati assieme a formare il cavo, al quale viene applicata una camicia protettiva esterna, che negli impianti distesi negli edifici è ancora costituita da una *guaina di piombo*, mentre nei cavi delle centrali è una *guaina di materiale sintetico impermeabile ed antinfiammabile*, ma, nello stesso tempo, flessibile.

Anche nei cavi, come nelle linee aeree, bisogna naturalmente ricorrere a particolari artifici per ridurre i disturbi di diafonia. Nei cavi a più coppie, le singole coppie sono avvolte tra loro a elica, o cordate a spirale, come si suol dire. Si ottiene così il medesimo risultato come nella linea aerea con l'incrocio dei conduttori (Dispensa N. 17, fig. 20 e 21). I maggiori disturbi sono dovuti in tal caso agli accoppiamenti capacitivi, i quali devono perciò essere aboliti, se possibile, completamente.

Con l'aiuto della fig. 2 vi spiegheremo brevemente come viene effettuata questa compensazione di capacità. Il conduttore *a* della coppia *a-a'* presenta verso il conduttore *b* una capacità  $C_1$ , differente dalla corrispondente capacità  $C_2$ . Il conduttore *b* non si trova quindi nella mezzeria elettrica della coppia *aa'*. L'influenza di uno dei due conduttori, per esempio di *a*, sul conduttore *b*, supera quella di *a'*. La capacità  $C_1$  e  $C_2$  sono punteggiate nella figura, perchè non si tratta di condensatori, ma di capacità diffusa tra un filo e l'altro. Per compensare la differenza tra le capacità  $C_1$  e  $C_2$  non si può, naturalmente, variare a piacimento una delle due. Bisogna invece aggiungere il condensatore  $C_3$  in parallelo alla capacità inferiore  $C_1$ , in modo da portare il valore complessivo alla pari della capacità  $C_2$ .



La medesima compensazione va eseguita, ovviamente, anche per il conduttore *b'*.

Le cose sono, in realtà un po' più complicate, ma le nostre spiegazioni colgono i fattori essenziali che qui interessano. Poichè la capacità tra i conduttori è diffusa su tutta la loro lunghezza, bisogna effettuare la compensazione ripetutamente, a intervalli regolari. Ciò si può fare in due modi.

1) *Compensazione mediante condensatori.*

A determinate distanze si inseriscono nella linea delle cosiddette « *muffole* » contenenti i *condensatori aggiuntivi* sopramenzionati.

2) *Compensazione degli accoppiamenti.*

Si compensano le *asimmetrie capacitive*, dette anche « *accoppiamenti* », mediante adatto collegamento dei singoli spezzoni di cavo nelle *muffole di connessione*. Si misurano, a questo scopo, le coppie dei singoli spezzoni e si uniscono i conduttori o le coppie, in modo da collegare uguali asimmetrie di polarità opposta. Con questo sistema si riesce, nella maggioranza dei casi, a ridurre le *asimmetrie capacitive* a valori praticamente trascurabili entro l'intervallo di 1800 metri (distanza delle *bobine Pupin*, vedasi in seguito).

Dopo queste importanti considerazioni, osserviamo il cavo stesso. Nella fig. 3 sono visibili in sezione alcuni cavi telefonici. Il tipo oggi più usato è quello cosiddetto « *a bicoppie a stella* », che si distingue dal tipo « *a coppie e bicoppie* » o « *tipo DM* » (Dieselhorst-Martin). In quest'ultimo tipo i conduttori sono cordati a due a due, a formare le coppie; le coppie sono pure cordate a loro volta a due a due, e formano le bicoppie. Nel cavo con cordatura a stella i quattro conduttori di una bicoppia sono cordati contemporaneamente

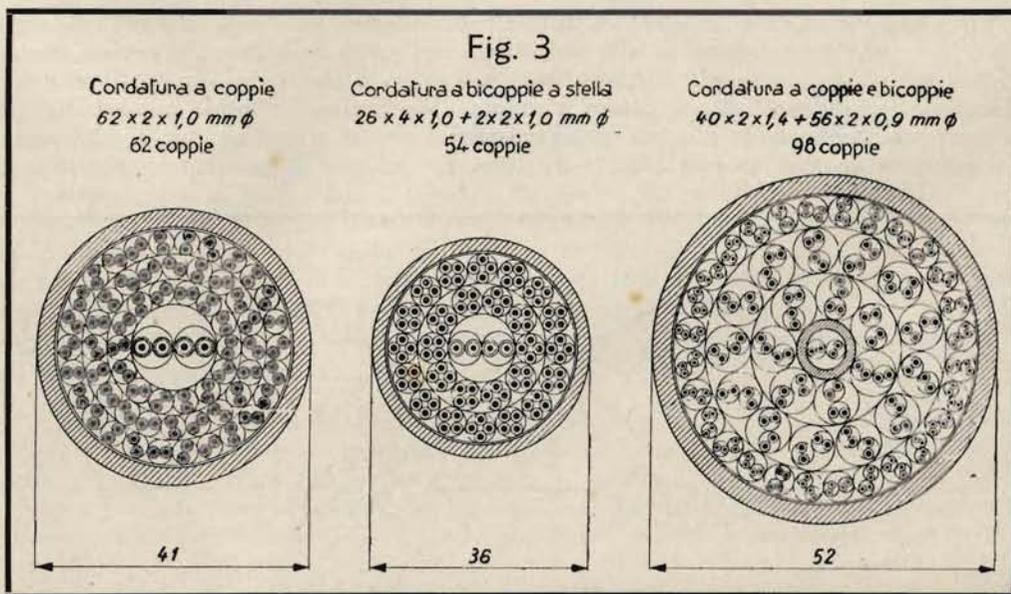




Fig. 4

correre però ad un accrescimento dell'induttanza, come risulta dalla formula (67). A questo scopo si avvolge del filo di ferro attorno ai conduttori del cavo. L'effetto del ferro è identico a quello del nucleo ferromagnetico nei trasformatori e nelle impedenze.

Più recentemente si è incominciato a usare, a questo scopo, un materiale speciale, il *permalloy*, che possiede qualità magnetiche eccezionalmente favorevoli; si tratta di una *lega particolare di ferro e nichel*. È facile comprendere che un cavo di questo genere diventa assai costoso; il metodo dell'*avvolgimento con filo di ferro* si può del resto applicare soltanto per i cavi relativamente semplici, con poche coppie.

Questi cavi, detti « cavi Krarup » sono stati usati perciò principalmente nei collegamenti sottomarini, dove appunto non esisteva altra possibilità.

### Il cavo Pupin

L'inventore Pupin ebbe un'idea del tutto rivoluzionaria per i collegamenti coi cavi interurbani. Egli affermava che, inserendo delle bobine ad alta induttanza nel corso della linea, si poteva ottenere una notevole diminuzione dell'attenuazione, come nel sistema Krarup. La fig. 5 mostra in che modo si debbano inserire le bobine nella linea. Le induttanze del conduttore d'andata e di quello di ritorno sono avvolte sul medesimo nucleo ad anello, e precisamente in modo che gli effetti magnetici non si annullino, ma si rinforzino. Però non bisogna mettere le bobine a distanze troppo elevate tra loro. Le distanze in uso attualmente si aggirano attorno ai 2 km.

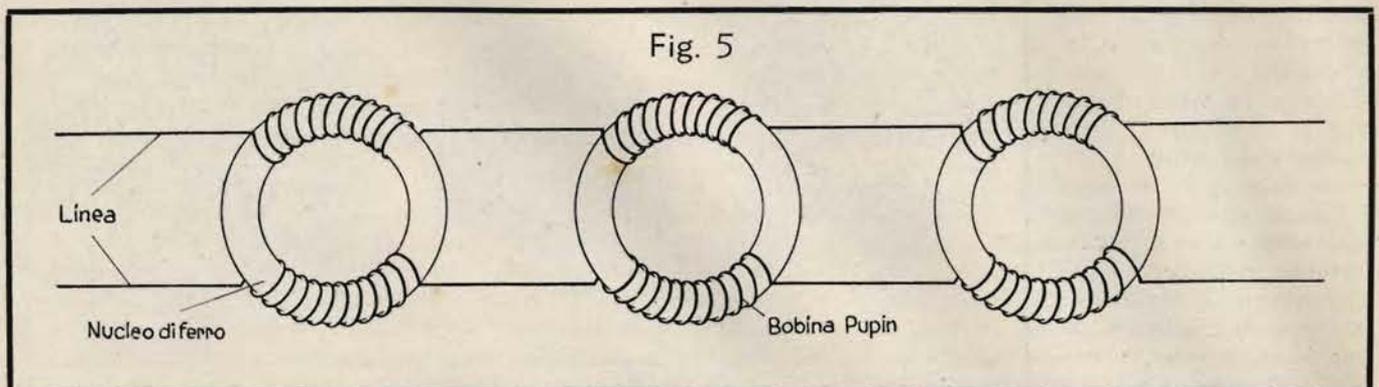


Fig. 5

tutti assieme.

Nei cavi multipli tutti i conduttori sono contrassegnati mediante fili colorati.

Nella fig. 4 si vede come vengono preparati i differenti conduttori di un cavo per effettuare le misure.

Le tre *raggere* di conduttori dimostrano chiaramente la costituzione stratiforme del cavo.

A titolo di confronto con la linea aerea vi daremo i valori dell'*impedenza caratteristica* e dell'*attenuazione* di un campo a conduttori di rame da 1,4 mm.

L'*impedenza caratteristica* è di soli 140 ohm. L'*attenuazione chilometrica* raggiunge invece il valore  $\beta = 0,085$  neper, molto superiore a quello che si riscontra nelle linee aeree. Ripensando al *diagramma del livello* riportato alla fig. 34 della Dispensa N. 18, comprenderete facilmente che nel cavo comune è necessario predisporre degli amplificatori a distanze molto più ravvicinate che nelle linee aeree. Se si fossero costruiti già in passato degli amplificatori efficienti come quelli d'oggi, non si sarebbero probabilmente neanche introdotti i vari artifici costruttivi per la riduzione dell'attenuazione, che sono tuttora in uso in molte linee. Poichè non sono ancora stati completamente abbandonati, ce ne occuperemo brevemente qui di seguito.

### Il cavo Krarup

Come abbiamo visto nel paragrafo precedente, la capacità mutua dei cavi non può essere ridotta sotto certi limiti. Per diminuire l'attenuazione, si può ri-

Pensate un po' cosa vuol dire inserire ogni 2 km una bobina, in ciascun conduttore di un cavo interurbano!

Eppure il successo diede ragione a Pupin. Sui cavi *pupinizzati* si possono infatti attuare conversazioni telefoniche fino alla distanza di 100 km e più, senza dover inserire degli amplificatori. Si pensò che, aumentando sempre più il valore delle induttanze, si potesse diminuire a piacimento l'attenuazione. Ciò era giusto, ma quale strano linguaggio usciva da queste linee esageratamente pupinizzate! Le frequenze vocali basse venivano trasmesse regolarmente, ma quelle al di sopra dei 2000 Hz, che pure sono molto importanti per la determinazione del timbro della voce e per la formazione dei suoni sibilanti, risultavano quasi completamente soppresse. Le bobine facevano infatti da impedenze, per queste frequenze, e il linguaggio trasmesso risultava estremamente cupo.

La forte pupinizzazione delle linee con bobine da 0,2-0,5 H non è compatibile con le odierne esigenze della riproduzione sonora. Si vuole evitare che la *frequenza limite* della *linea Pupin*, quella cioè che chiude la gamma delle frequenze trasmesse, si trovi in basso.

Si è così stabilita la pupinizzazione con bobine da 35-50 mH, con le quali si ottiene il limite verso i 4000-5000 Hz.

Nei tempi più recenti l'impiego delle *linee Pupin* è andato sempre più riducendosi, dato che si è pervenuti ad ottenere delle qualità favorevoli di trasmissione con altri mezzi, soprattutto con l'aiuto di *amplificatori*.

Tratteremo in un successivo Capitolo di questo ramo nuovissimo della tecnica, che si chiama « *telegrafia a frequenze vettrici* ». Per intanto abbiamo voluto darvi alcune nozioni fondamentali sulle *linee Pupin*.

### Domande

1. Come si chiama il tipo di isolamento usato nei cavi telefonici?
2. Come si effettua la compensazione della capacità nei cavi telefonici?
3. Di che materiale sono costituiti i conduttori dei cavi telefonici e che spessore hanno?
4. Quali sono i sistemi usati per ridurre l'attenuazione dei cavi telefonici?
5. A che serve la spirallatura dei conduttori con filo di ferro, usata nei cavi Krarup?

### Risposte

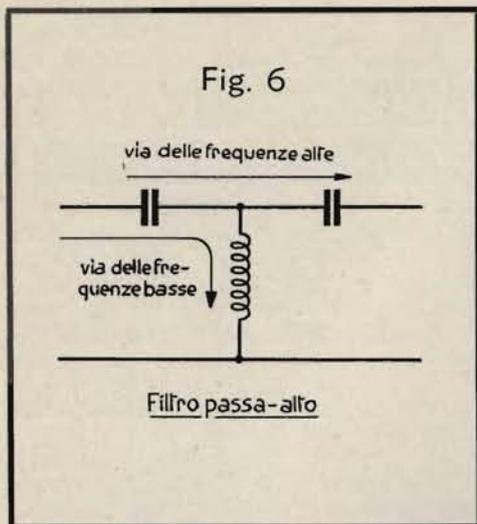
1. L'isolamento dei cavi telefonici si chiama « *isolamento in carta ed aria* ».
2. La compensazione di capacità si effettua, inserendo un condensatore di capacità adeguata, in parallelo ai conduttori con la minima capacità mutua.
3. I conduttori dei cavi telefonici sono di rame, nei diametri di 0,6-0,8 mm per i cavi locali, e di 0,9-1,4 mm per i cavi interurbani.
4. I sistemi per la riduzione dell'attenuazione dei cavi sono i sistemi Pupin e Krarup.
5. La spirallatura dei conduttori dei cavi con filo di ferro (o meglio di *permalloy*) serve ad ottenere un aumento dell'induttanza. Il filo di ferro ha lo stesso effetto del nucleo magnetico di un trasformatore.

### LINEE AEREE E CAVI (Seguito)

Facciamo un altro paragone tra le linee per il trasporto dell'energia e quelle di telecomunicazione. Le linee di corrente forte sono collegate stabilmente con i consumatori, attraverso i posti di distribuzione e le stazioni di trasformazione. Esse devono trasportare l'energia senza soverchie perdite. L'entità dell'energia da trasportare determina l'intensità della corrente e quindi la sezione dei fili. Nelle telecomunicazioni interurbane bisogna invece mettere le linee a disposizione di una qualsiasi coppia di utenti, che desiderino entrare in collegamento reciproco. Per il collegamento tra due grandi città occorrono quindi *tante linee, quante sono le comunicazioni richieste contemporaneamente nell'ora del massimo traffico*, la cosiddetta « *ora di punta* ». Ciò significa che, per il resto della giornata, una parte più o meno grande delle linee disponibili rimarrà inutilizzata. Le linee non sfruttate sono però un peso morto, che aumenta il costo degli impianti.

### L'utilizzazione delle linee di telecomunicazione

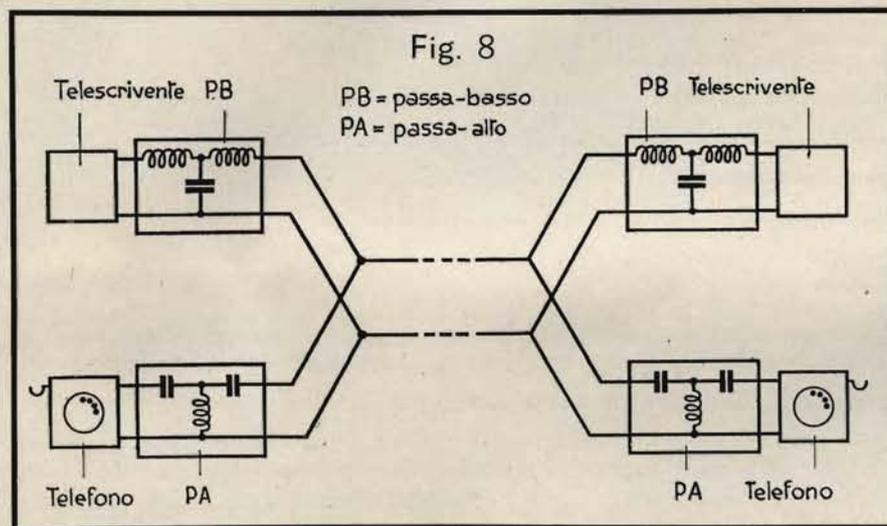
Si riconobbe ben presto che il rendimento economico degli impianti di telecomunicazione era tanto migliore, quanto più si riusciva a sfruttare la parte più costosa degli impianti, cioè *le linee*. Per le ragioni dianzi esposte non era possibile ridurre il numero delle linee interurbane. Si giunse però all'idea di *utilizzare le linee contemporaneamente per il traffico telefonico e per quello telegrafico*. Si scoperse, infatti, che, per ottenere la trasmissione di un linguaggio perfettamente comprensibile, non occorrono affatto le frequenze inferiori ai 300 hertz. Perciò queste frequenze si eliminano dal linguaggio per mezzo di *speciali filtri passa-alto*, di cui la fig. 6 mostra lo schema di principio.



Il miscuglio di frequenze di cui è composto il linguaggio entra nel filtro da sinistra. Le frequenze basse superano con difficoltà il primo condensatore.

La parte che riesce a passare viene trattenuta dal secondo condensatore e prende la via del ritorno attraverso la bobina d'induttanza, che è facilmente attraversata dalle basse frequenze. Le frequenze più elevate non hanno invece alcuna tendenza a passare per la bobina: esse attraversano con maggiore facilità i condensatori e proseguono nella linea.

L'effetto del filtro passa-alto si moltiplica aggiungendo altri complessi filtranti della medesima costituzione. A questo modo si risolve il primo problema, cioè la soppressione delle frequenze basse del linguaggio. Queste frequenze basse sono invece proprio quelle che vengono utilizzate dalle telescriventi, poichè gli impulsi di « corrente » e di « assenza di corrente » costituiscono per l'appunto una corrente continua pulsante, che contiene quindi una corrente alternata di bassa frequenza.



È quindi possibile far funzionare una telescrivente nella banda inferiore ai 300 Hz, mentre contemporaneamente si effettua sulla medesima linea un collegamento telefonico. Naturalmente bisogna provvedere anche presso la stazione ricevente e separare il miscuglio di frequenze, in modo da addurre le frequenze basse soltanto all'apparecchio telescrivente, per non disturbare il collegamento telefonico.

Un filtro passa-alto, identico a quello che, all'ingresso della linea, sopprime le frequenze basse provenienti dall'apparecchio telefonico trasmittente, impedisce, all'estremità della linea, che le frequenze usate per la telegrafia pervengano al ricevitore telefonico.

Affinchè anche nelle telescriventi non entrino e non escano altre frequenze che quelle basse, si antepone ad esse, all'inizio ed alla fine della linea, un filtro passa-basso, analogo a quello della fig. 7.

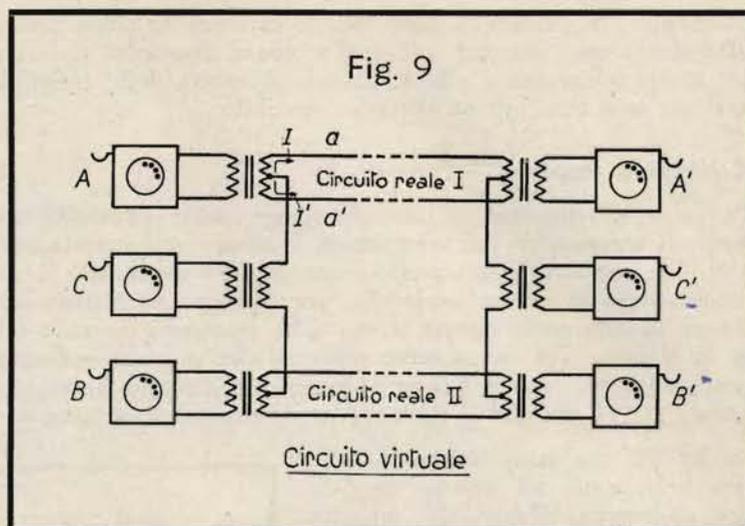
La denominazione ed il funzionamento di questo filtro vi sono certamente comprensibili senza ulteriori spiegazioni.

L'intero impianto di trasmissione risulta schematicamente come si vede nella fig. 8. Il punto di diramazione, alle estremità della linea, costituisce un bivio, ove le frequenze alte procedono automaticamente in direzione del telefono, quelle basse in direzione della telescrivente. Questo dispositivo tornerà utile anche in seguito per altre applicazioni. Abbiamo conosciuto così uno dei pilastri su cui si basano i moderni sistemi di telefonia multipla a frequenze vettrici. Questo sistema, che utilizza una linea telefonica per l'inoltro delle comunicazioni telegrafiche, si chiama « telegrafia infracustica ».

## Il circuito virtuale

Si dice « virtuale » una cosa che non è reale. Ed effettivamente il circuito virtuale è un circuito che non esiste, perchè non si giova di un'apposita linea. Esso viene anche chiamato « circuito fantasma ». Si tratta di questo: disponendo di due coppie telefoniche, è possibile realizzare un terzo collegamento, mediante l'aggiunta di alcuni dispositivi speciali.

Nella fig. 9 è rappresentato lo schema di una *bicoppia* con formazione di *circuito virtuale*. La *bicoppia*, costituita da due coppie, ossia da quattro conduttori, consente di realizzare un terzo collegamento. Gli utenti  $A$  e  $A'$ , come pure  $B$  e  $B'$ , sono collegati tra loro attraverso una normale linea a due fili. Le due linee costituiscono i *circuiti reali I* e *II*. I trasformatori posti alle estremità delle linee non sono niente di speciale, poichè è uso di allacciare le linee interurbane, nelle centrali, attraverso trasformatori con rapporto 1 : 1, oppure 2 : 1, detti anche « *traslatori telefonici* ». La terza coppia di utenti,  $C$  e  $C'$ , è allacciata alle linee reali per mezzo di due altri *traslatori*.



Per comprendere il funzionamento e le necessarie precauzioni, seguiamo il circuito della corrente telefonica. Cominciamo col collegamento  $C-C'$ . Supponiamo che l'utente  $C$  stia parlando;

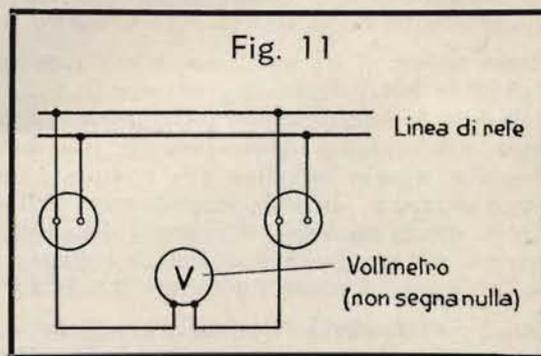
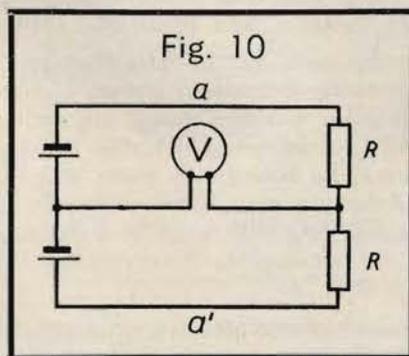
perciò, in termini elettrotecnici, abbiamo una corrente alternata nel trasformatore dell'utente  $C$ . Questa corrente si suddivide in due parti nella presa centrale del secondario del trasformatore  $A$ . Le due metà del trasformatore sono percorse dalla corrente in senso opposto, come si vede nello schema. Posto che le due metà dell'avvolgimento siano uguali e che lo siano anche i conduttori  $a, a'$  che se ne dipartono, le correnti  $I$  e  $I'$  saranno uguali. Le tensioni indotte nel primario del trasformatore in  $A$  risultano quindi uguali e opposte, e si annullano a vicenda. Date le ipotesi sopramenzionate, l'utente  $A$  non può essere disturbato da  $C$ . Le correnti, diramantisi dalla presa intermedia del trasformatore in  $A$ , si riuniscono nuovamente nella presa intermedia del trasformatore in  $A'$ , dopo averne percorso le due metà dell'avvolgimento secondario. Tale e quale come in  $A$ , anche in  $A'$  queste correnti non sortono alcun effetto.

Lo scopo di questo collegamento è facile da comprendere. Grazie ai trasformatori simmetrici in  $A$  e  $A'$ , i conduttori  $a$  e  $a'$  risultano collegati in parallelo, costituendo la linea di andata per l'utente  $C$ . È facile immaginare che i conduttori del *circuito reale II*, essendo anch'essi collegati in parallelo per mezzo dei trasformatori, serviranno da linea di ritorno per  $C$ . Le cose non cambiano per nulla qualora, invece che da  $C$ , si parli da  $C'$  il che è perfettamente lo stesso. Ora rimane da esaminare quello che accade quando si ha il collegamento tra  $A$  e  $A'$ . È chiaro che i conduttori  $a$  e  $a'$  collegano tra loro i due utenti  $A$  e  $A'$ , come appunto si richiede. A condizione che sia rispettata la completa simmetria del circuito, il collegamento di  $C$  con  $C'$  non potrà essere disturbato da  $A, A'$ ; per convincersi di ciò, basta considerare lo schemino della fig. 10, nel quale si considerano correnti continue e resistenze ohmiche. Le due pile, segnate a sinistra, erogano la medesima tensione, per esempio 4 V. Se anche le due resistenze sono uguali, per esempio  $R = 100$  ohm, la corrente circolante risulta uguale a

$$\frac{4 \cdot 2}{100 \cdot 2} = 0,04 \text{ A} = 40 \text{ mA.}$$

In ciascuna resistenza si ha una caduta di tensione pari a  $100 \cdot 0,04 = 4 \text{ V}$ . I punti centrali, ai quali è allacciato

il voltmetro, presentano quindi la medesima tensione verso le due linee, cioè tanto verso  $a$  che verso  $a'$ . Il voltmetro non indicherà quindi alcuna tensione. Pensate, per esempio, che un voltmetro, inserito tra uno dei poli di due diverse prese di corrente, come è rappresentato nella fig. 11, non indica alcuna tensione, qualora per caso sia allacciato al medesimo conduttore in entrambe le prese.



Il *circuito virtuale* risponde alle condizioni sopra descritte. Quando parla l'utente  $A$ , il suo trasformatore costituisce, in certo modo, la sorgente di corrente alternata divisa a metà dalla presa intermedia. I conduttori  $a$  e  $a'$  e le due metà dell'avvolgimento in  $A'$  costituiscono le due resistenze uguali della fig. 10. Ne deriva che tra le prese centrali di  $A$  e  $A'$  non può sussistere alcuna tensione. Pertanto non vi può essere alcun effetto disturbatore, nè in  $C$  nè in  $C'$ . Per la direzione di trasmissione opposta, da  $A'$  verso  $A$ , e per il secondo circuito reale, le condizioni sono identiche. Concludendo, vediamo che, con il solo aiuto di pochi trasformatori, è possibile ottenere tre vie di comunicazione con due sole coppie di conduttori. Il *circuito virtuale* utilizza i conduttori del circuito reale  $I$ , collegati in parallelo, per l'andata, e quelli del circuito reale  $II$  per il ritorno, o viceversa.

Purtroppo, in pratica, è ben difficile ottenere la simmetria perfetta dei collegamenti. Ne conseguono disturbi di diafonia tra i circuiti reali e il virtuale. Spesso ci si limita perciò ad utilizzare il *circuito virtuale* per collegamenti telegrafici e allora, date le diversità delle frequenze che, come abbiamo visto, sono in giuoco, la diafonia non reca più un disturbo sensibile.

## Il sistema duplice

Un notevole risparmio di linee si ottiene anche col cosiddetto « *sistema duplice* » (fig. 12). Questo sistema consente di trasmettere dei telegrammi contemporaneamente nelle due direzioni, su un'unica linea, che può essere a un filo, con ritorno attraverso terra, oppure a due fili. Si può quindi fare in modo che, sulla stessa linea, il trasmettitore di una telescrivente, per esempio, di Milano azioni il ricevitore di un'analogha apparecchiatura di Roma, mentre quest'ultima, a sua volta trasmette un altro telegramma al ricevitore della medesima telescrivente di Milano. Voi sarete certo sorpreso che si possa realizzare un procedimento di questo genere senza reciproci disturbi, eppure noi ne abbiamo già discusso l'attuazione per un caso simile. Rileggete perciò nella Dispensa N. 14 ciò che si dice sull'*attenuazione di auto-ascolto*.

La fig. 12, per semplificazione, mostra lo schema del *sistema duplice con apparecchi Morse*, che possono però essere sostituiti con qualsiasi tipo di telescrivente. Per questa ragione, nel circuito di linea, il ricevitore Morse, non è collegato direttamente, ma vi è inserito un *relè differenziale*, di cui spiegheremo meglio le caratteristiche.

Mettiamo dunque nuovamente in chiaro che i ricevitori telegrafici devono funzionare soltanto a seguito degli impulsi provenienti dalla stazione collegata, ed essere insensibili a quelli emessi dalla propria stazione. Quando nella stazione *A* si preme il tasto, la batteria viene allacciata alla presa centrale del *relè differenziale*. Si formano allora le correnti  $I$ , che va in linea, e  $I'$ , che attraverso la resistenza  $R$  va a terra.

Vediamo che cosa avviene nella stazione *A*. Le correnti  $I$  e  $I'$  eccitano il *relè differenziale* in senso opposto; i loro campi magnetici si indeboliscono a vicenda. In definitiva rimane soltanto la *differenza dei due campi*; se i numeri di spire sono uguali, agisce soltanto la *differenza delle due correnti*, ed è perciò che il *relè* si chiama « *differenziale* ».

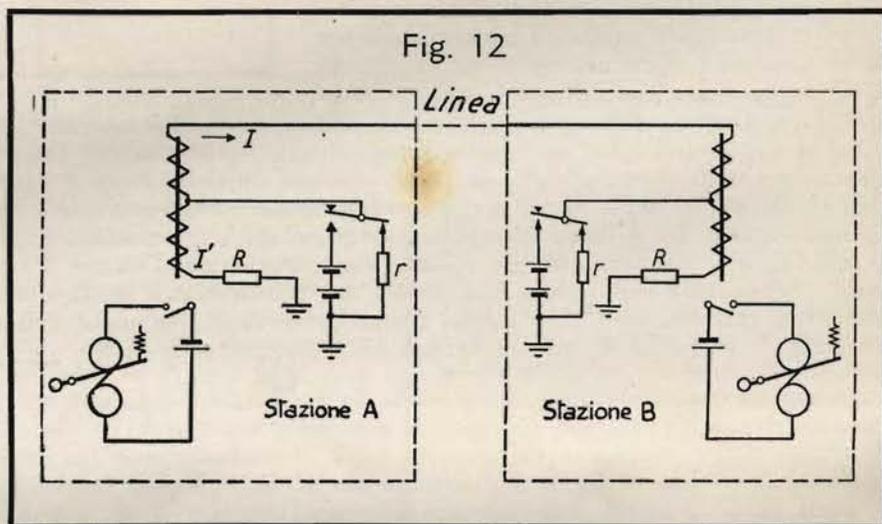
Abbiamo già posto la condizione che il *relè differenziale* non si debba eccitare, quando viene premuto il tasto telegrafico della medesima stazione. Per ottenere questo risultato, bisogna scegliere il valore di  $R$  in modo da ottenere  $I' = I$ . Dato che la resistenza (o l'impedenza)  $R$  assorbe una corrente uguale a quella della linea e costituisce quindi un uguale carico per la batteria, essa si chiama « *linea artificiale* ».

Come vedete,  $R$  ha qui la medesima funzione come nella fig. 28 della Dispensa N. 14. Si ottiene quindi, come primo risultato, di non far attrarre il *relè differenziale* quando si preme il tasto della stazione *A*, e si evita quindi la registrazione del telegramma trasmesso dalla stazione stessa. La corrente  $I$  passa poi, attraverso la linea, alla stazione *B*, ove percorre una metà dell'avvolgimento del *relè differenziale*, quindi la piccola resistenza  $r$ , uguale in valore alla resistenza interna della batteria, e passa alla terra. Una piccola parte di corrente attraversa anche la seconda metà dell'avvolgimento e la linea artificiale  $R$ . Entrambe le correnti, però, hanno qui la medesima direzione; di conseguenza il *relè differenziale* della stazione *B* attrae nel ritmo degli impulsi di tasteggio e si ottiene la registrazione del messaggio. Analogamente anche gli impulsi provenienti dalla stazione *B* fanno funzionare il *relè* della stazione *A*.

Quando entrambe le stazioni trasmettono contemporaneamente, i propri *relè differenziali* non vengono eccitati, come abbiamo già spiegato. Cosa avviene però, nei momenti in cui sono premuti entrambi i tasti? In tal caso le due batterie risultano *collegate in opposizione* attraverso la linea, la quale rimane quindi priva di corrente, come pure la metà superiore dei relè. Passa invece corrente, proveniente dalla propria batteria, attraverso alla metà inferiore del relè ed alla linea artificiale. Pertanto, entrambi i ricevitori vengono azionati, come doveva effettivamente essere. Non appena uno dei tasti viene abbandonato, si presentano nuovamente le condizioni descritte precedentemente e rimane eccitato soltanto il *relè differenziale* della stazione opposta.

Il *sistema duplice* rappresenta, per i collegamenti telegrafici, un risparmio del 50 % di materiali di linea, nell'ipotesi, naturalmente, che le necessità di traffico da *A* verso *B* siano le stesse come da *B* verso *A*.

In telefonia questo sistema non ha altra applicazione che quella dell'*attenuazione d'auto-ascolto*, poichè generalmente i due interlocutori non usano parlare contemporaneamente.



## Domande

- 1) Come si fa per sfruttare meglio una linea telefonica?
- 2) Che cosa sono i filtri passa-basso e passa-alto?
- 3) Che cos'è un circuito virtuale?
- 4) Che cos'è un relè differenziale, e dove s'impiega?

## TELEFONIA

### GLI AMPLIFICATORI

L'introduzione delle valvole termoioniche amplificatrici inaugurò una nuova era anche nella telefonia su fili. Gli impulsi di una telescrivente, indeboliti dopo aver percorso una linea molto lunga, possono essere facilmente rinnovati con l'aiuto di relè e di batterie locali, ma per la trasmissione della parola questo mezzo non è applicabile.

Anche l'applicazione dell'amplificatore a valvole non è però scevra di difficoltà. Voi sapete che una valvola funziona da amplificatrice quando alla sua griglia si applica una tensione alternata. La tensione amplificata si preleva ai capi della resistenza anodica. Come è possibile inserire un amplificatore di questo genere in una linea a due fili, nella quale vanno amplificate le conversazioni dirette in entrambi i sensi?

Non si presenta infatti quasi mai il caso del cosiddetto « collegamento a 4 fili » di due apparecchi telefonici, nel quale, cioè, il microfono di un apparecchio è collegato direttamente col ricevitore dell'altro, e viceversa, mediante due linee bifilari separate. Generalmente i collegamenti dei singoli utenti con le rispettive centrali sono a due soli fili, per entrambe le direzioni. Ciò nonostante i sistemi attualmente usati funzionano con un amplificatore separato per ciascuna delle direzioni di conversazione. A seconda che il collegamento interurbano venga effettuato mediante una o due linee a due fili, si parla di « sistema a due fili » oppure di « sistema a quattro fili ».

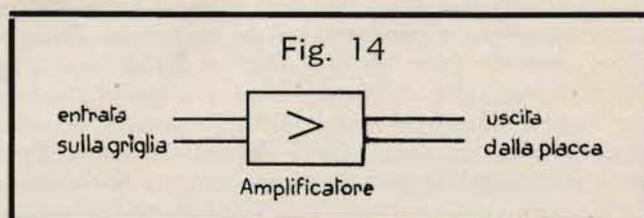
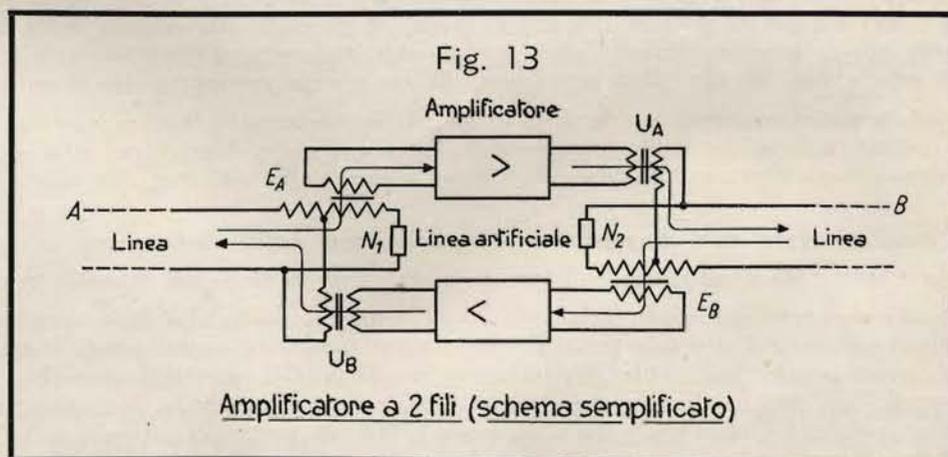
### L'amplificatore a due fili

Il collegamento interurbano si serve di una coppia di conduttori. Nei punti d'amplificazione intermedi le due direzioni di conversazione devono essere separate, amplificate ciascuna per proprio conto e poi di nuovo riunite. La fig. 13 mostra lo schema di principio dell'amplificatore a due fili. Avete già incontrato altre volte dei sistemi simili, per esempio nell'attenuazione di auto-ascolto e nel sistema duplice, ove pure la possibilità di collegamento in una determinata direzione era resa impossibile dall'uso di uno schema particolare. Anche qui è molto importante la cosiddetta « linea artificiale ».

Occorrono inoltre i noti trasformatori con presa centrale.

Per comprendere meglio lo schema, conviene seguire la corrente nelle singole parti dell'amplificatore. Le frecce indicano la direzione d'andata della conversazione.

Le correnti foniche provenienti da *A* passano attraverso l'avvolgimento primario del trasformatore d'entrata  $E_A$ , che adduce all'amplificatore superiore, quindi ritornano, parte attraverso la linea artificiale, e parte attraverso il secondario del trasformatore d'uscita  $U_B$  dell'amplificatore inferiore. Il simbolo schematico dell'amplificatore va inteso come risulta dalla fig. 14. Il trasformatore d'entrata  $E_A$  inoltra la tensione alternata alla griglia dell'amplificatore superiore, mentre l'amplificatore inferiore non può risentire alcuna influenza dal lato anodico. L'amplificatore superiore trasferisce la conversazione e la fa proseguire attraverso al trasformatore d'uscita  $U_A$ . La corrente fonica, uscendo dal secondario di quest'ultimo, si suddivide nella presa centrale del trasformatore d'entrata  $E_B$ , fluendo, da una parte, nella linea verso *B*, dall'altra, nella linea artificiale. Se la corrente che va nella linea è uguale a quella che circola nella linea artificiale, il secondario del trasformatore d'entrata  $E_B$  non rimane influenzato e la conversazione non perviene all'amplificatore inferiore. In mo-



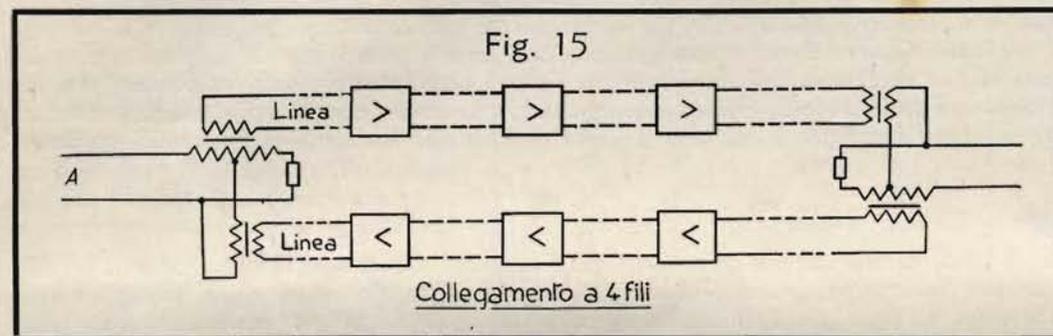
do analogo si può seguire il circuito nel caso di una conversazione diretta da *B* verso *A* e inoltrata dall'*amplificatore inferiore*.

Lo svantaggio del dispositivo descritto sta nel fatto che tanto la *potenza fonica in arrivo*, quanto *quella in uscita*, vengono ridotte per effetto delle *linee artificiali N1 e N2*, che costituiscono pertanto un'*attenuazione* supplementare. Ciò che conta, però, è che, con questo sistema, si riesce a realizzare l'amplificazione in entrambe le direzioni. Naturalmente le linee artificiali non possono essere in grado di assolvere perfettamente al loro compito per tutte le frequenze. In tal caso certe correnti alternate, dall'uscita di un amplificatore, riescono a pervenire all'entrata dell'altro; si formano dei cosiddetti « *canali di accoppiamento* ». Questi sono particolarmente attivi per una determinata frequenza, tanto che, in certe condizioni, il complesso dei due amplificatori può diventare un generatore di oscillazioni di quella determinata frequenza: si forma così un *suono* o *fischio*. Il pericolo di fischi aumenta quando diversi amplificatori vengono inseriti in serie nella medesima linea a due fili; infatti allora i difetti, dovuti alle *linee artificiali*, si sommano.

In generale, è possibile inserire nella stessa linea a due fili *fino a cinque amplificatori* senza dover temere inconvenienti. Prima che si manifesti effettivamente una frequenza di disturbo, bisogna infatti che la tensione di reazione raggiunga un certo valore minimo.

### L'amplificatore a quattro fili

L'*amplificatore a due fili* testè descritto non può essere impiegato nei collegamenti molto lunghi. Per le grandi distanze non resta altro che prevedere, da una centrale all'altra, una *coppia di conduttori separata per ciascuna direzione di trasmissione*. Si possono inserire allora quanti amplificatori si vogliono e si supera così qualsiasi distanza. Soltanto alle estremità della linea a quattro fili vanno previsti dei *dispositivi speciali*. Infatti le linee, che collegano gli utenti alle rispettive centrali, sono sempre a due fili soltanto.



La linea a quattro fili è quella che collega tra loro le centrali interurbane. Se osservate attentamente la figura 13, troverete subito voi stesso la soluzione del problema. Infatti anche negli *amplificatori a due fili* la linea diventa a quattro fili subito prima degli amplificatori. Nulla cambia fondamentalmente se, invece di avere un solo stadio amplificatore, ne mettiamo due o più ancora, e se poi questi costituiscono degli amplificatori a sè stanti e separati da lunghi tratti di linea, si perviene allo schema della fig. 15, senza cambiare nulla nel principio di funzionamento. Vedete quindi che il sistema d'amplificazione a quattro fili non è altro che un sistema a due fili con più amplificatori in serie nella medesima direzione di trasmissione.

I caratteristici terminali ove le linee a due fili si scindono in linee a quattro fili, sono chiamati « *forcelle* » e sono costituiti dai due trasformatori e dalla linea artificiale. Mentre nel sistema a due fili abbiamo una forcella prima e dopo ogni amplificatore, nel sistema a quattro fili abbiamo due sole forcelle alle estremità della linea.

I caratteristici terminali ove le linee a due fili si scindono in linee a quattro fili, sono chiamati « *forcelle* » e sono costituiti dai due trasformatori e dalla linea artificiale. Mentre nel sistema a due fili abbiamo una forcella prima e dopo ogni amplificatore, nel sistema a quattro fili abbiamo due sole forcelle alle estremità della linea.

I caratteristici terminali ove le linee a due fili si scindono in linee a quattro fili, sono chiamati « *forcelle* » e sono costituiti dai due trasformatori e dalla linea artificiale. Mentre nel sistema a due fili abbiamo una forcella prima e dopo ogni amplificatore, nel sistema a quattro fili abbiamo due sole forcelle alle estremità della linea.

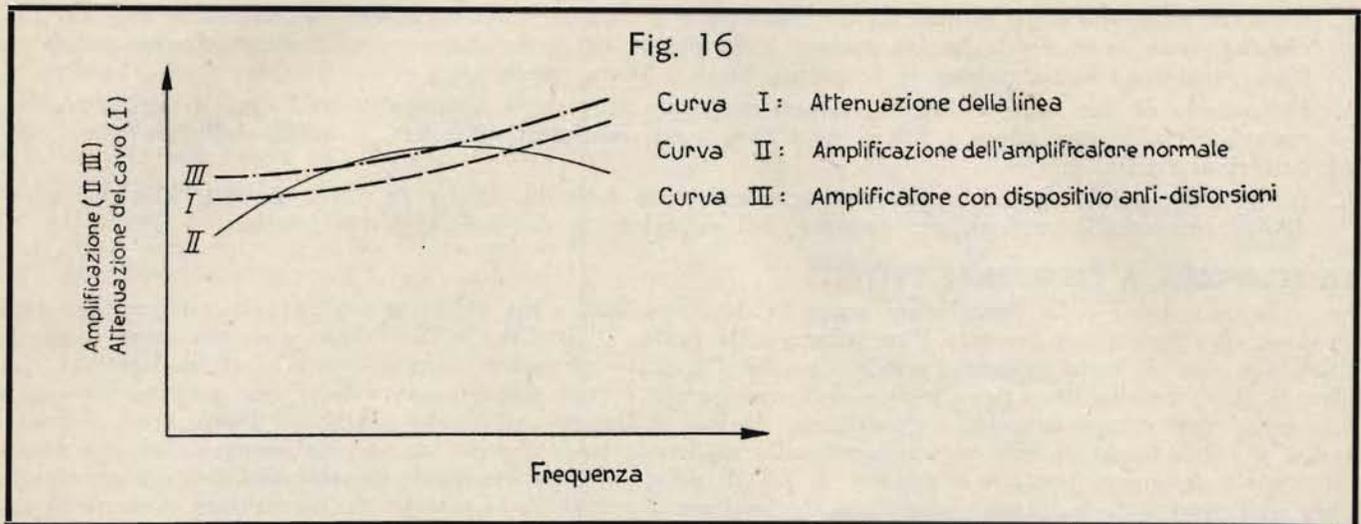
### L'amplificatore con dispositivo compensatore delle distorsioni

Forse avrete già pensato che, nel caso di trasmissione su linea, si fa addirittura uno spreco di amplificatori. Perché mai non basta mettere un solo amplificatore in fondo alla linea, come nei collegamenti radiofonici? Ci sono varie ragioni per non farlo. L'attenuazione nei cavi è tanto elevata che, senza amplificatori, dopo 200 km la conversazione risulterebbe praticamente annullata. Gli inevitabili disturbi raggiungerebbero l'ampiezza delle correnti foniche, e allora qualsiasi amplificazione sarebbe inutile. Voi proporreste forse di amplificare le correnti foniche all'inizio della linea, in modo sufficiente per poter superare tutta la distanza. Ma anche questo non si può fare.

Nei cavi sono riunite infatti sempre numerose coppie di conduttori. Se si immettessero nei cavi delle potenze così rilevanti, non si potrebbero evitare le influenze reciproche tra le varie coppie (*diafonie*). È invece necessario che il livello della trasmissione sia mantenuto, nelle varie coppie, su valori non troppo differenti dall'una all'altra. Per questa ragione si inseriscono degli amplificatori a intervalli che, secondo il tipo del cavo, vanno dai 70 ai 140 km. Gli amplificatori usati sono di tipo molto semplice, costituiti da una sola valvola per ciascuna direzione, e precisamente da un *triodo*. Poiché basta un'amplificazione di circa 3 neper, che corrisponde ad un aumento della tensione di  $e^3 = 2,718^3 = 20$ , un *triodo* è ancora sufficiente.

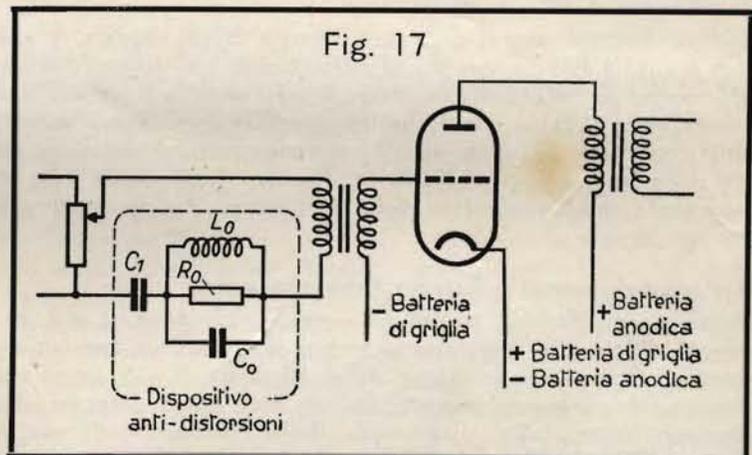
Un altro vantaggio di questo sistema è che il livello risulta sempre, in fondo alla linea, di valore piuttosto costante, indipendentemente dalla lunghezza occasionale della linea inserita, essendo l'attenuazione compensata, via via, nei singoli tratti del collegamento. Prima di esaminare la struttura, relativamente semplice, di uno stadio amplificatore di questo genere, dobbiamo discutere un altro problema.

Nella trasmissione su cavo non tutte le frequenze vengono trattate nello stesso modo. La curva I della fig. 16



mostra schematicamente la dipendenza dell'attenuazione dalla frequenza trasmessa. (L'attenuazione dipende però anche dalla lunghezza della linea, dalla formazione del cavo e dal genere di pupinizzazione). Dalla curva risulta che le frequenze più alte sono in notevole svantaggio. Un comune amplificatore di BF con accoppiamento a trasformatore darebbe un'amplificazione dipendente dalla frequenza secondo la curva II. Le frequenze più alte sarebbero quindi svantaggiate per la seconda volta in una linea lunga con molti amplificatori esse risulterebbero ridotte sempre più. È ovvio che rispetto alla frequenza, l'amplificazione debba presentare, all'incirca lo stesso andamento dell'attenuazione del cavo, affinché sia possibile una trasmissione ineccepibile. La curva III rappresenta questo desiderio espresso graficamente. Per ottenere questo andamento favorevole, si inseriscono i cosiddetti « dispositivi compensatori di distorsione » (fig. 17).

L'effetto del dispositivo è facilmente comprensibile.  $L_0$ ,  $R_0$ ,  $C_0$  formano un circuito oscillante in parallelo, con forti perdite. Nei pressi della frequenza di risonanza, che si trova nella regione delle frequenze medie della fig. 16, il circuito presenta la massima resistenza; tali frequenze vengono quindi maggiormente ostacolate sulla via della griglia-pilota e risultano amplificate meno delle altre. Il condensatore in serie  $C_1$  lascia passare molto bene le frequenze alte, che si avvantaggiano così per due volte nel dispositivo antidistorsioni. Le frequenze medie sono un po' indebolite dal circuito oscillante, mentre il condensatore  $C_1$  ha scarso effetto su di esse. Le frequenze basse, che devono invece esser poco amplificate, trovano un ostacolo nel condensatore  $C_1$ . Scegliendo opportunamente i valori di  $L_0$ ,  $C_0$ ,  $R_0$  e  $C_1$  si riesce ad ottenere l'andamento giusto, rappresentato nella curva III della fig. 16.



Negli amplificatori telefonici, come quello della fig. 17, si impiegano effettivamente delle batterie; ciò conviene, perchè nella medesima centrale sono sempre riuniti numerosi amplificatori uguali, che si possono alimentare con la medesima batteria.

Queste spiegazioni costituiscono un'introduzione adeguata ai problemi della telefonia su fili, così da permetterci di affrontare i più moderni sviluppi di questa tecnica, che si concretano nella telefonia a frequenze vettrici.

### Domande

1. Perché per la telefonia su linee non si possono usare degli amplificatori comuni?
2. Quali sono i sistemi usati per l'inserzione degli amplificatori nelle linee?
3. Qual è il sistema d'amplificazione telefonica che si può usare nelle linee di qualsiasi lunghezza?
4. Che cos'è il dispositivo di compensazione delle distorsioni negli amplificatori telefonici?
5. Qual è il valore dell'amplificazione in un singolo stadio amplificatore telefonico?

### Risposte alle domande di pag. 9

1. Per utilizzare maggiormente una linea telefonica, si separano mediante un filtro passa-alto le frequenze basse, che non interessano per la trasmissione del linguaggio, e si utilizza il campo delle frequenze basse per la realizzazione di collegamenti telegrafici (telegrafia infracustica).

2. Un filtro passa-alto è un assieme di condensatori e di bobine, con due morsetti d'entrata e due morsetti d'uscita, fatto in modo da lasciar passare le frequenze alte e da bloccare quelle basse. Analogamente un filtro passa-basso lascia passare le frequenze basse e blocca quelle alte.
3. Disponendo di due linee a due fili, si può realizzare un terzo collegamento con l'aiuto di alcuni trasformatori. Si utilizzano allora i fili di una linea come conduttori d'andata, e quelli dell'altra come conduttori di ritorno.
4. Il relè differenziale possiede un avvolgimento con presa centrale, il che lo rende sensibile alla differenza di due correnti. Si impiega, per esempio, nel collegamento duplice delle telescriventi.

## LA TELEFONIA A FREQUENZE VETTRICI

Lo sviluppo enorme delle trasmissioni senza fili ha fecondato, a sua volta, la tecnica delle telecomunicazioni su linea, che pure aveva precorso l'invenzione della radio. D'altronde anche l'etere non può essere caricato illimitatamente di onde elettromagnetiche, poichè l'esigenza essenziale rimane quella dell'intelligibilità. La idea di ricorrere alle linee per l'inoltro delle radio-onde è però abbastanza ovvia. Come nell'etere è possibile eseguire contemporaneamente trasmissioni diverse, utilizzando differenti lunghezze d'onda, così è ugualmente possibile inoltrare più conversazioni sulla medesima linea, purchè ognuna sia assegnata ad una determinata *alta frequenza portante o vettrice*. In via di principio è perfettamente uguale che l'antenna raccolga le onde dell'etere o che vengano convogliate al ricevitore diverse onde, lungo la medesima linea. Com nella radio, è possibile accordare il circuito d'entrata del ricevitore, in modo da selezionare l'onda voluta, per amplificarla e demodularla. Impiegando delle linee per l'inoltro delle onde, si evita di dover immettere nell'etere anche le onde di telefonia, e questo è molto vantaggioso, data la scarsità di onde disponibili. Dal punto di vista delle linee, invece, ciò significa, ripetiamolo nuovamente, che si rende possibile la trasmissione contemporanea di parecchie comunicazioni attraverso la medesima linea, e quindi un'*utilizzazione molto migliore* di questa.

I cavi di collegamento sono la parte più costosa degli impianti telefonici; la loro sorveglianza e la loro manutenzione sono inoltre anche difficili. Potendo inoltrare diverse comunicazioni nello stesso tempo, sulla medesima linea, si può naturalmente affrontare per questa linea una spesa maggiore. Non dobbiamo però meravigliarci se, nella *telefonia a frequenze vettrici*, molte cose sono differenti che nella radio.

### Il sistema a 12 canali

Questa designazione vi dice che si tratta di un sistema, grazie al quale si possono trasmettere *12 conversazioni con una sola linea a due fili*. Trattandosi di un sistema fondamentale per la *telefonia a frequenze vettrici*, ci riferiremo ad esso nell'esaminare i vari problemi tecnici. Intanto è ovvio che occorrono *12 frequenze vettrici*, trascurando il fatto che è *inoltre possibile trasmettere un'ulteriore conversazione direttamente* (ossia senza modulazioni). Per la scelta delle *frequenze vettrici*, entro la vasta gamma delle onde elettromagnetiche, si considerano le *proprietà della linea*. Per una legge fisica, che purtroppo non si può cambiare, l'*attenuazione va crescendo con l'aumentare della frequenza*. Per questa ragione, nel *sistema a 12 canali*, si evitano le frequenze troppo elevate.

### La modulazione a banda laterale unica

Andiamo a rivedere, nella Dispensa N. 15, pagg. 1 e 2 qual è il risultato della normale modulazione d'ampiezza. Oltre alla *frequenza portante* si ottengono *due bande laterali* che contengono la notizia o la musica trasmesse. Osservando le figure della Dispensa N. 15 sorge spontaneo il pensiero che tutte le frequenze modulanti debbano essere presenti in una sola banda laterale. Ed effettivamente è possibile ottenere una riproduzione ineccepibile, disponendo della *portante* o di *una sola banda laterale*, non importa se superiore o inferiore. Eliminando una delle bande laterali, si ottiene il doppio di possibilità di trasmissione, nell'ambito di una medesima gamma di frequenza. Forse chiederete perchè non ci si giovi della trasmissione con una sola banda laterale, per combattere la scarsità di onde nelle radiotrasmissioni. Ciò dipende dalla maggiore complicazione che questo sistema comporta nel trasmettitore e nel ricevitore. Il costo maggiore delle stazioni trasmettenti sarebbe sopportabile, ma il prezzo degli apparecchi riceventi aumenterebbe esageratamente; inoltre gli apparecchi radio già esistenti non si potrebbero più usare, data la loro scarsa selettività.

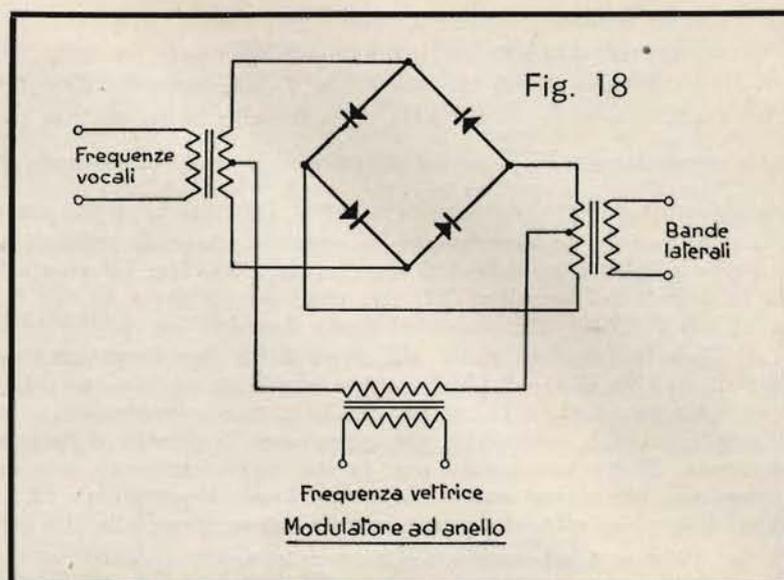
Nella *telefonia a frequenze vettrici* invece il sistema è applicabile, potendosi usare sulle linee separate delle apparecchiature perfettamente identiche, affidate alla manutenzione di competenti. Per di più, come vedremo, tanto il trasmettitore che il ricevitore sono equipaggiati, in gran parte, con le identiche parti principali.

C'è poi un altro fattore che, nella *telefonia a frequenze vettrici*, è della massima importanza. Nella normale modulazione d'ampiezza le bande laterali posseggono delle ampiezze assai inferiori a quelle della portante. Le *forti portanti* avrebbero nei cavi *effetti fastidiosi sulle altre coppie*; ne risulterebbero dei disturbi di *diafonia*. Applicando la modulazione con banda laterale unica si procede, perciò, ad attenuare o addirittura a sopprimere le portanti, che vengono poi nuovamente aggiunte, prima della demodulazione, alla banda laterale trasmessa.

### Il modulatore

Il *dispositivo che modula l'AF con la BF, sopprimendo la portante*, si chiama « *modulatore* ». Il risultato della modulazione è costituito dalle due bande laterali, la portante manca quasi completamente. Lo speciale dispositivo, chiamato « *modulatore ad anello* », è rappresentato nella fig. 18. La parte principale, da cui deriva la designazione, è costituita da *quattro raddrizzatori* (si usano dei *raddrizzatori metallici a secco*, che conosce-

rete meglio nella prossima Dispensa) collegati tra loro ad anello. Fanno parte del *modulatore* anche due trasformatori con presa mediana. Questa disposizione dei singoli elementi consente di ottenere all'uscita (a destra) le due sole bande laterali, cioè *vettrice + banda fonica* e *vettrice - banda fonica*. Se, per esempio, si modula una *frequenza vettrice* di 80 kHz con una banda fonica estesa da 300 a 3500 Hz, si ottengono, all'uscita, le due bande delle frequenze comprese da 80 300 a 83 500 Hz e da 76 500 a 79 700 Hz. Il *modulatore ad anello* assolve da solo a due compiti differenti: *compie la modulazione e sopprime la portante*. In questo modo è possibile eseguire la modulazione con tutte le frequenze che possono interessare in pratica; la seguente operazione, che consiste nell'eliminazione di una banda laterale, non è invece più così facile da realizzare.



Osserviamo l'esempio citato. La distanza delle due bande laterali, dopo la modulazione, è di soli 600 Hz che, riferiti a 80 kHz, non raggiungono nemmeno l'uno per cento. Dalle nostre spiegazioni, sull'utilizzazione simultanea delle linee in telefonia e in telegrafia, sapete che, con l'aiuto di filtri passa-alto, è possibile tagliar via in modo abbastanza netto, le frequenze situate sotto i 300 Hz. Purtroppo non è possibile costruire dei filtri che separino così nettamente le frequenze attorno agli 80 kHz. Si rimedia però in un altro modo molto elegante.

### La prima trasposizione di frequenza

Si comincia col preparare tutte e dodici le conversazioni. Un *filtro passa-alto*, inserito in ciascun canale, elimina le frequenze inferiori a 300 Hz, in modo da ottenere poi un intervallo di 600 Hz tra le bande laterali risultanti nella modulazione. Le *frequenze alte* vengono invece *soppresse*, sopra i 3400 Hz, mediante un *filtro passa-basso*. Come vedete, le *frequenze basse* si separano con *filtro passa-alto*, quelle *alte* col *passa-basso*. La *prima trasposizione di frequenza* non è che una *modulazione*, effettuata con la frequenza molto bassa di 8 kHz, cosicchè, grazie al dispositivo della fig. 18, si ottengono le due bande laterali:

$$8000 - 300 \dots 8000 - 3400, \text{ ossia } 7700 \dots 4600 \text{ Hz.}$$

$$\text{e } 8000 + 300 \dots 8000 + 3400, \text{ ossia } 8300 \dots 11\,400 \text{ Hz.}$$

Si inserisce poi un *filtro di banda*, simile a quello della *supereterodina*, ma più complicato, per lasciar passare soltanto la banda 4600 ... 7700 Hz. Date le frequenze relativamente basse e la possibilità di usare filtri uguali per tutti i dodici canali, è facile separare le bande entro l'intervallo dei 600 Hz, *sopprimendo la banda superiore*. Quest'operazione non costituisce una modulazione vera e propria, come quelle che abbiamo visto finora, e si chiama perciò « *prima trasposizione di frequenza* ». È da osservare che la successione delle frequenze è ora invertita, perchè la frequenza di 300 Hz è stata trasformata in 7700 Hz, quella di 3400, invece, in 4600 Hz. Tuttavia, *ad ogni frequenza primitiva, corrisponde in modo univoco una nuova frequenza*. Vi chiederete probabilmente lo scopo di tutte queste complicazioni, ma presto vedrete che sono perfettamente giustificate.

### La seconda trasposizione di frequenza

Le 12 conversazioni sono dunque spostate nel campo di frequenza tra 4600 e 7700 Hz; con ciò esse non si distinguono ancora in nessun modo. Occorre una *seconda trasposizione*, che permetta di distinguerle grazie alla propria particolare *frequenza vettrice*. Serve nuovamente allo scopo il *modulatore* della fig. 18. In luogo delle *frequenze vocali*, si applica, all'entrata di sinistra, *la banda di frequenze che ha già subito la prima trasposizione*. Come *frequenze vettrici* si applicano le frequenze 20 kHz, 24 kHz, 28 kHz, eccetera, fino a 56 kHz, 60 kHz e 64 kHz: per ciascuna conversazione una diversa *frequenza vettrice*. Per il *primo canale* si ottengono le *bande laterali* seguenti:

$$20\,000 - 4\,600 \dots 20\,000 - 7\,700, \text{ ossia } 15\,400 \text{ Hz } \dots 12\,300 \text{ Hz.}$$

$$\text{e } 20\,000 + 4\,600 \dots 20\,000 + 7\,700, \text{ ossia } 24\,600 \text{ Hz } \dots 27\,700 \text{ Hz.}$$

Come prima, si seleziona nuovamente la *banda laterale inferiore*, che va da 12 300 a 15 400 Hz e rappresenta la *conversazione spostata di frequenza*. Comprendiamo ora lo scopo della prima trasposizione di frequenza. L'intervallo tra le due bande laterali va ora da 15 400 a 24 600 Hz e presenta quindi un'ampiezza di 9 200 Hz ossia 9,2 kHz. Esso è quindi abbastanza largo da consentire la separazione delle due bande laterali mediante filtri di costituzione relativamente semplice e quindi poco costosi.

Nel *secondo canale* si ottengono, analogamente, i seguenti valori di frequenza:

$$24\,000 - 4\,600 \dots 24\,000 - 7\,700 \text{ Hz, ossia } 19\,400 \dots 16\,300 \text{ Hz.}$$

$$\text{e } 24\,000 + 4\,600 \dots 24\,000 + 7\,700 \text{ Hz, ossia } 28\,600 \dots 31\,700 \text{ Hz.}$$

Anche in questo caso si utilizza la banda inferiore, da 16 300 a 19 400 Hz; l'intervallo tra le due bande (28 600 - 19 400 Hz) comprende pure 9 200 Hz = 9,2 kHz.

Per l'ultimo canale si ottiene infine:

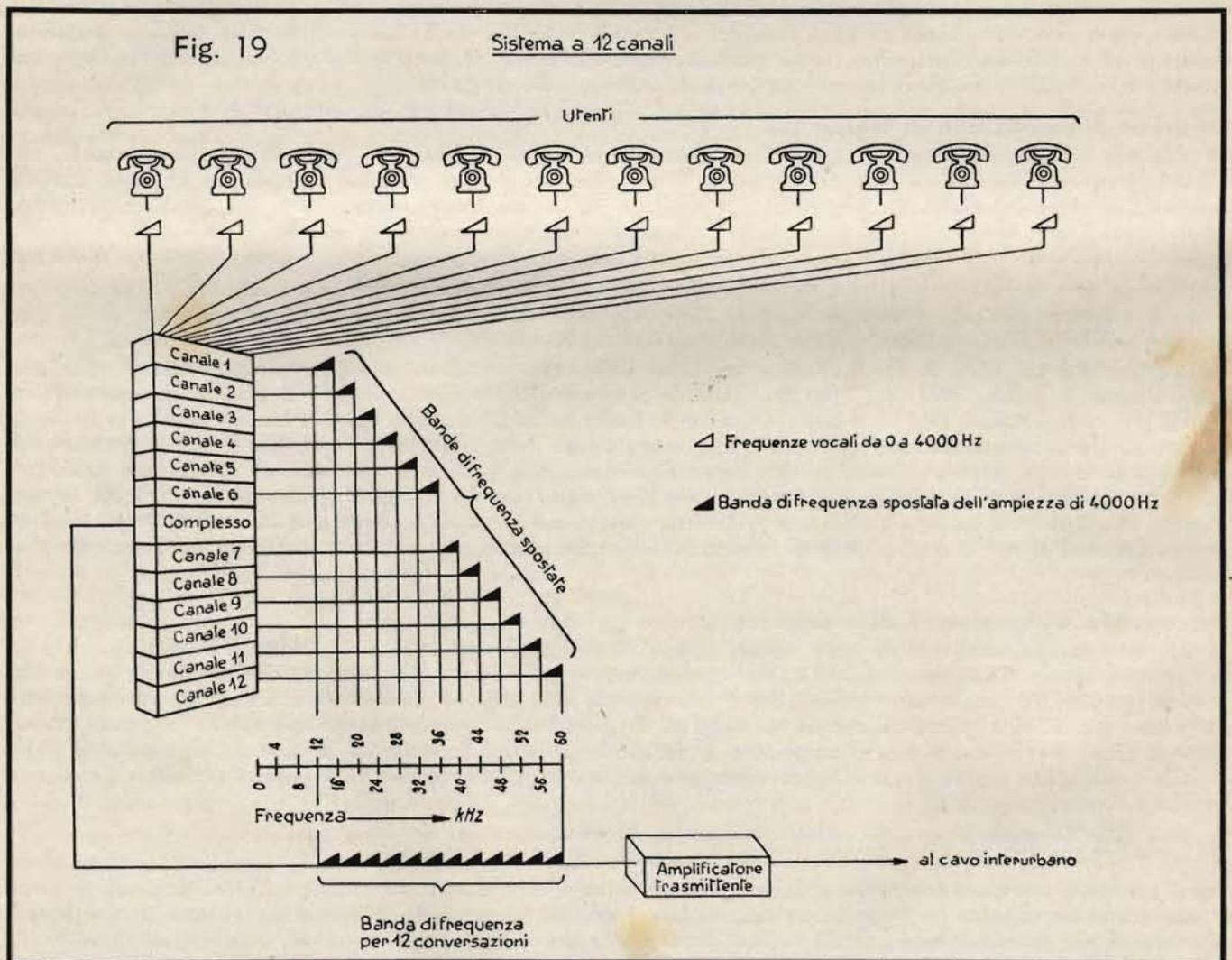
$$64\,000 - 4\,600 \dots 64\,000 - 7\,700, \text{ ossia } 59\,400 \dots 56\,300 \text{ Hz}$$

$$\text{e } 64\,000 + 4\,600 \dots 64\,000 + 7\,700, \text{ ossia } 68\,600 \dots 71\,700 \text{ Hz.}$$

L'intervallo è sempre di 9,2 kHz. Benchè alle frequenze più elevate il valore relativo dell'intervallo sia diminuito sensibilmente ( $\frac{9,2}{64} = 0,144$ , contro  $\frac{9,2}{20} = 0,46$ ), tuttavia l'ampiezza è sempre sufficiente per effettuare comodamente la separazione delle bande laterali. L'ultimo canale arriva quindi fino a 59 400 Hz.

C'è un'altra cosa da menzionare brevemente. Dopo la prima trasposizione, le frequenze basse sono trasformate in quelle più alte, cosicchè 300 Hz diventa 7 700 Hz. Effettuata la seconda trasposizione, la frequenza di 7 700 Hz (e quindi dei primitivi 300 Hz) viene a trovarsi a 12 300 Hz e quindi all'estremità inferiore della banda da 12 300 a 15 400 Hz. Come risultato finale si ha, per il primo canale, uno spostamento di tutte le frequenze di 12 kHz (risultati dalla differenza delle due frequenze modulanti 20 — 8 kHz). Il canale successivo è spostato di 16 kHz (24 — 8 kHz) e segue, dopo un piccolo intervallo (15 400 ... 16 300 Hz), il primo canale. E così via per tutti i 12 canali, che alla fine convergono in un'unica linea a due fili, passando tutti assieme all'amplificazione, necessaria per compensare le perdite d'energia intervenute nella doppia trasposizione di frequenza. Molto importante per questo amplificatore di trasmissione è che esso non agisca tanto per le frequenze più basse, ma amplifichi molto bene il campo tra 12 e 60 kHz. Ciò si ottiene ancora con relativa facilità. Dopo l'amplificazione trasmittente si perviene alla linea interurbana, comune per tutti i canali.

La fig. 19 mostra schematicamente come vengono spostate le 12 conversazioni e come passino sulla linea comune. È facile comprendere quale enorme lavoro e studio sia condensato in un solo filtro. Comunque, a noi preme, per ora, di avervi fatto comprendere il principio del sistema, e crediamo di esservi riusciti.



### La demodulazione nella stazione ricevente

Nella stazione ricevente bisogna procedere dapprima alla separazione delle 12 conversazioni; solo dopo la separazione esse possono esser inviate all'utente giusto. Anche qui non esistono però dei filtri abbastanza selettivi da poter separare esattamente, per esempio, la banda 52 300 ... 55 400 Hz, rispettando gli intervalli di 900 Hz (da 51 400 a 52 300 e da 55 400 a 56 300 Hz). Per questa ragione si procede esattamente nel modo

inverso a quello usato nella stazione trasmittente. Si effettua ancora per due volte la *trasposizione di frequenza*, ma ora *verso il basso*. L'entrata dei 12 canali ricevuti è costituita da filtri identici a quelli usati in trasmissione, dopo la seconda trasposizione di frequenza, per separare la banda superiore. Ciascuna conversazione è quindi automaticamente inoltrata nel canale giusto. Ma viene la cosa più importante. *Per realizzare la demodulazione esatta occorre la stessa portante usata nella seconda trasposizione di frequenza*. Si trasmettono perciò separatamente anche le *frequenze vettrici*, si amplificano e si applicano, assieme alla banda trasmessa, a un *modulatore ad anello* (fig. 18). Il risultato della modulazione è costituito nuovamente da *due bande laterali*, che seguiremo nell'esempio di prima. Si trattava del *penultimo canale* (52 300 . . . 55 400 Hz), corrispondente alla *frequenza vettrice* di 60 kHz. Le nuove bande laterali sono quindi:

$$60\,000 + 52\,300 \dots 55\,400 \text{ Hz}$$

$$\text{e} \quad 60\,000 - 52\,300 \dots 55\,400 \text{ Hz, ossia } 112\,300 \dots 115\,400 \text{ e } 7\,700 \dots 4\,600 \text{ Hz.}$$

Nella *banda inferiore* riconoscerete subito il medesimo risultato ottenuto nel trasmettitore dopo la *prima trasposizione di frequenza*. Abbiamo accennato prima che la separazione dei vari canali, nel ricevitore, viene effettuata mediante *filtri di qualità mediocre*. Ciò significa che il prodotto della nuova modulazione occupa uno spazio alquanto più largo della sola banda da 4 600 a 7 700 Hz; vi si ritrovano, in altre parole, anche alcune frequenze dei canali adiacenti.

È quindi necessario inserire un *filtro molto selettivo*, come dopo la prima trasposizione di frequenza nel *trasmettitore*. Questo filtro, oltre ad eliminare naturalmente la *banda laterale superiore* (112 300 . . . 115 400 Hz), sopprime tutte le frequenze superiori ai 7 700 e inferiori ai 4 600 Hz; esso taglia infatti esattamente entro gli intervalli vuoti, che vengono riprodotti pure dopo la modulazione. La fig. 20 rappresenta l'assieme di frequenze provenienti dal *modulatore*, che vengono addotte al filtro: dopo il filtro non rimane che la *banda da 7 700 a 4 600 Hz*.

Successivamente si effettua una *seconda trasposizione di frequenza* in direzione inversa a quella che avviene nel *trasmettitore*. Si applica al *modulatore* da un lato, come *frequenza vettrice*, quella di 8 kHz, e dall'altro lato la *banda filtrata* di 7 700 . . . 4 600 Hz. Si formano nuovamente due bande laterali: 12 600 . . . 15 700 e 300 . . . 3 400 Hz.

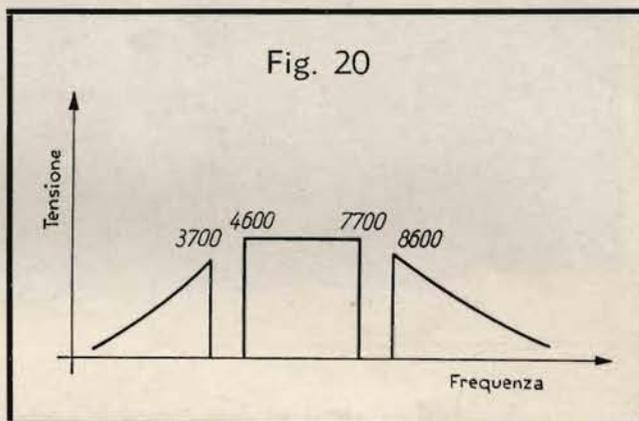
Quest'*ultima banda* non è altro che *l'assieme delle frequenze originarie di conversazione*. Segue in ordine invertito, rispetto al *trasmettitore*, un *filtro passa-basso*, che sopprime la *banda laterale superiore* (12 600 . . . 15 700 Hz). Nel *ricevitore* abbiamo superato così le stesse tappe, come nel *trasmettitore*, ottenendo alla fine le *frequenze vocali primitive*. Soltanto le frequenze sotto i 300 Hz rimangono soppresse e non possono essere ripristinate. Ma questo è senza importanza per l'intelligibilità della parola.

La *ritrasposizione di frequenza* si effettua in tutti i canali in modo analogo. La *prima trasposizione*, nel *lato ricevente*, si fa modulando con le vettrici di 20, 24, 28 . . . 56, 60, 64 kHz, mentre la *seconda trasposizione* avviene per tutti i canali mediante la *vettrice di 8 kHz*.

Nella *telefonia a frequenze vettrici* occorrono sempre parecchi amplificatori, soprattutto perchè i complicati impianti di questo sistema si giustificano economicamente solo dovendoli superare grandi distanze. Perciò si ricorre senz'altro al collegamento a 4 fili, che conoscete dalle spiegazioni di questa Dispensa. Nelle due centrali terminali sono collocate le *forcelle*, ove le linee a due fili si suddividono in linee a quattro fili. La figura 21 mostra la disposizione di un impianto piuttosto vecchio della Ditta Hasler di Berna. L'intero impianto è suddiviso in telai. Mentre nel 1945 occorreano 7 telai per impiantare un sistema a 12 canali, nel 1949 ne bastava già uno solo (fig. 22, fabbricazione Hasler, Berna). È un segno di progresso quando si riesce a costruire un'apparecchiatura di funzioni e potenzialità uguali o addirittura superiori, pur occupando meno spazio di prima.

Dobbiamo infine dileguare l'impressione, che forse sarà sorta in voi, che le quattro successive trasposizioni di frequenza, effettuate nella *telefonia a frequenze vettrici*, provochino una pessima riproduzione del linguaggio. È vero invece proprio il contrario. Mentre nelle conversazioni interurbane attraverso *linee pupinizzate* si ottiene un linguaggio dal timbro assai strano, a causa della differente attenuazione delle varie frequenze, nelle conversazioni attraverso collegamenti a *frequenze vettrici* i suoni risultano perfettamente naturali.

Più elevata infatti è la *frequenza vettrice* impiegata, e più uniforme diventa la trasmissione di una conversazione telefonica. Nell'inoltro diretto a *BF*, il rapporto tra la frequenza massima e quella minima è  $\frac{3\,400}{300} = 11,3$ . Con la più bassa delle *vettrici* si ottiene invece il seguente rapporto:  $\frac{15\,400}{12\,300} = 1,255$ . È noto che una *linea si può considerare equivalente a un insieme di resistenze, induttanze e capacità*. Questi due ultimi elementi comportano una notevole variazione dell'*impedenza* con la *frequenza*. Quando però la massima variazione possibile della frequenza, per un determinato canale, non supera il rapporto di 1 : 1,255, è evidente che l'effetto sulla trasmissione diventa praticamente impercettibile.



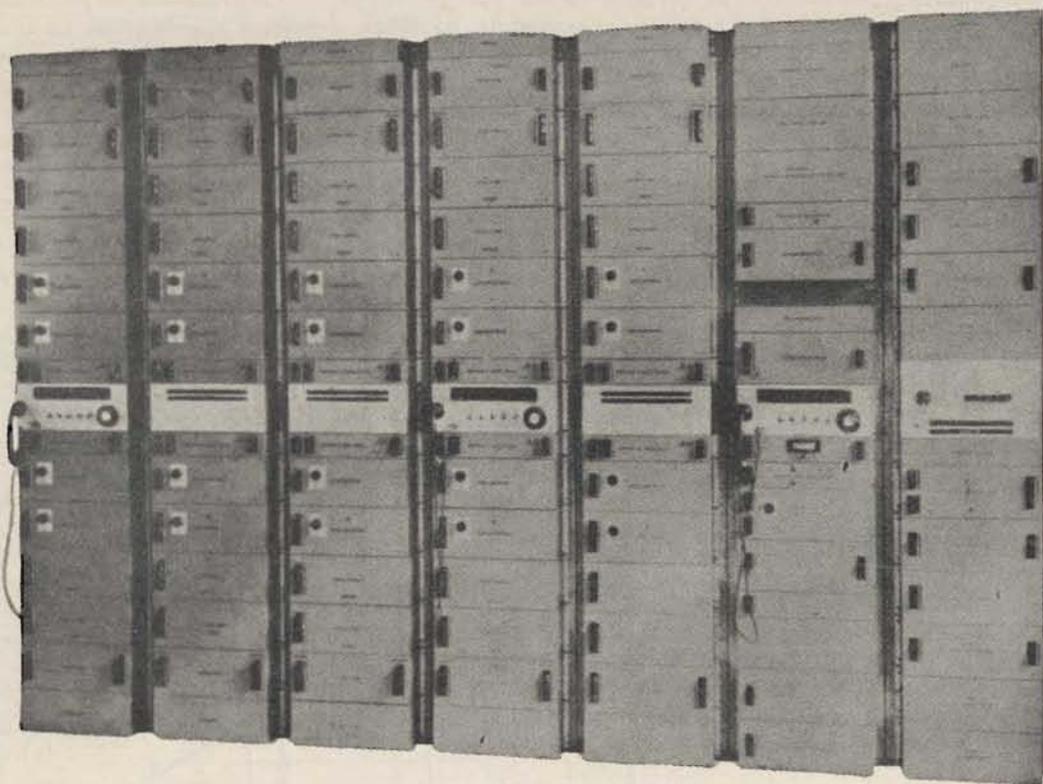


Fig. 21

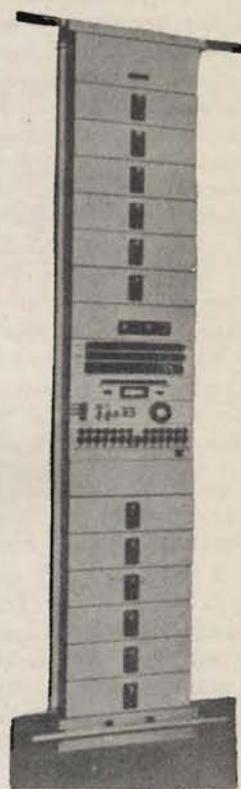


Fig. 22

Con queste spiegazioni abbiamo completato le vostre nozioni sulla telefonia e la telegrafia. È chiaro che è senz'altro possibile realizzare anche la *telegrafia a frequenze vettrici*; questa è anzi più semplice, essendo sufficiente una banda di frequenza molto più ristretta.

#### Domande

1. In che cosa la telefonia a frequenze vettrici è paragonabile alla radio?
2. Quali sono i vantaggi della modulazione a banda laterale unica?
3. Com'è costruito un modulatore?
4. Come si fa a passare dalla banda fonica 300 . . . 3 400 Hz alla banda a frequenza vettrice 48 300 . . . 51 400 Hz?
5. Qual è, nel trasmettitore, la trasposizione di frequenza dopo la quale basta un filtro semplice di minore selettività, e dove occorre invece il filtro di selettività elevata?

## RADIOTECNICA

### LA STABILIZZAZIONE DELLA FREQUENZA PORTANTE

#### Il quarzo oscillante

Nella Dispensa N. 15 abbiamo spiegato che l'aumento fortissimo del numero delle stazioni radioemittenti costrinse a disporre l'una accanto all'altra le bande di frequenza larghe 9 kHz, riservate alle singole stazioni. Ne conseguirono dei fastidiosi disturbi d'interferenza tra le stazioni contigue, non appena la frequenza delle portanti variava anche solo di pochi hertz, il che non era possibile evitare nei primi tempi. È dunque assai importante che l'onda portante non modulata sia stabilita con la massima precisione. Purtroppo anche il migliore circuito oscillante non risponde a questa esigenza. Si nota infatti che le grandezze caratteristiche dei circuiti oscillanti, ossia l'*induttanza* e la *capacità*, si modificano sempre un poco, benchè lievemente; i disturbi sono quindi inevitabili.

Un'interessante scoperta e l'abile applicazione della stessa, però, consentirono la soluzione di questo dilemma. Si trovò infatti che alcuni *cristalli* presentano la proprietà di *caricarsi elettricamente*, quando vengono sottoposti a lievi compressioni. Si impiegano oggi la *tormalina*, il *sale di Seignette* e soprattutto il *quarzo*, che ha raggiunto un'importanza eminente per la stabilizzazione delle frequenze di trasmissione nella gamma delle onde medie. Se si taglia da un *quarzo* (cristallo di rocca) una *piastrina sottile*, orientata in una determinata direzione rispetto alle facce del cristallo (fig. 23), e se ne ricoprono le due superfici più estese con fogli metallici, si trova che, esercitando una pressione su queste superfici, i fogli si caricano di elettricità. Questo fenomeno si chiama « *effetto piezoelettrico* », poichè in greco « *piezo* » significa « *premo* ».

Siccome il quarzo è un ottimo isolante, dopo aver esercitato la pressione si ottiene un condensatore carico. Con ciò siamo però ancora lungi dall'aver delle oscillazioni elettriche. Se però la pressione varia ritmicamente, anche le cariche variano nello stesso modo e si ottiene una tensione alternata alle armature del quarzo. Si osserva allora un fatto assai importante: l'inversione del fenomeno piezoelettrico. Se si applica una tensione elettrica ai fogli metallici, si manifesta nel quarzo una pressione di valore corrispondente. Applicando alle armature una tensione alternata, è quindi possibile eccitare il quarzo ad eseguire delle oscillazioni meccaniche. Interessante è però che, a seguito di un impulso di pressione, oppure di tensione elettrica, il quarzo effettua delle oscillazioni proprie, che generano a loro volta una tensione alternata, poichè le due specie di oscillazioni, elettriche e meccaniche, dipendono l'una dall'altra e non si può manifestare l'una senza che ci sia l'altra.

Queste oscillazioni del quarzo sono pochissimo smorzate; una volta eccitate da un impulso iniziale, durano a lungo e diminuiscono sensibilmente d'ampiezza solo dopo un gran numero di periodi. Il fenomeno è analogo a quello di un buon pendolo, che si ferma solo dopo un tempo molto lungo.

La cosa principale è però che le oscillazioni meccaniche, e quindi anche quelle elettriche, posseggono una frequenza assai costante, comunque, molto più costante di quella di qualsiasi circuito oscillante. Se si mantiene il quarzo sempre alla stessa temperatura, le variazioni di frequenza, nella gamma delle onde medie, cioè da qualche centinaio a 1000 kHz, non raggiungono che una frazione di 1 Hz! Si tratta quindi di mantenere costante la temperatura con mezzi adatti. Approfittiamo dell'occasione per descrivere un'apparecchiatura di questo genere.

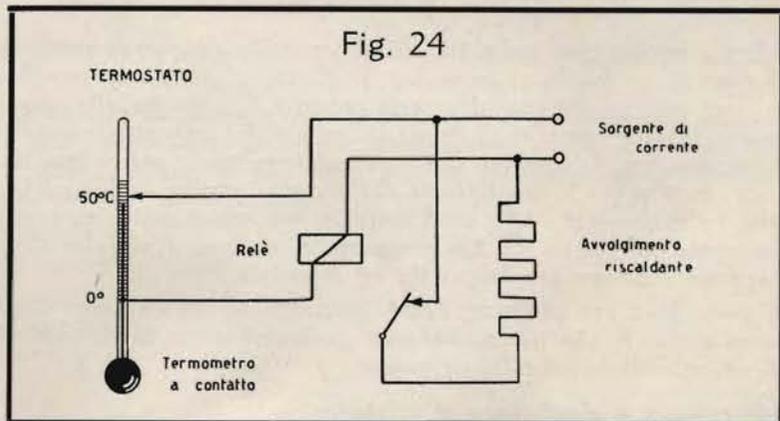
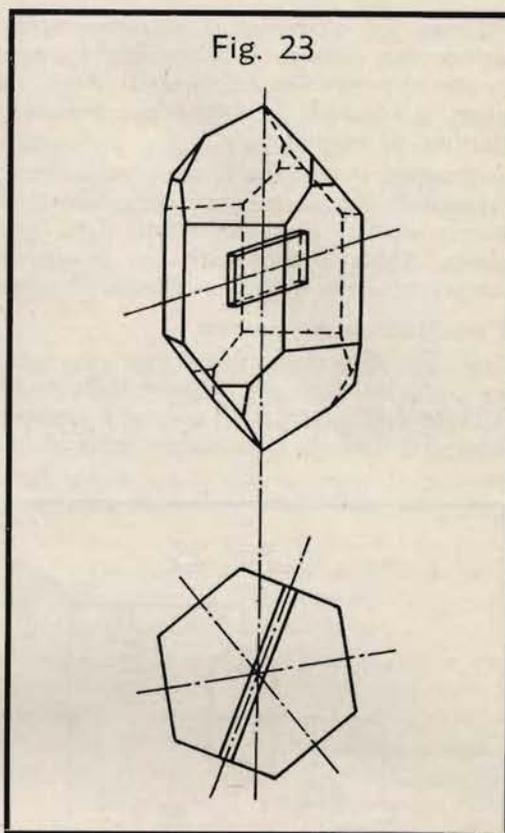
## Il termostato

Un dispositivo per la regolazione della temperatura, detto « termostato », si può realizzare con un termometro a contatto ed un relè. La fig. 24 mostra uno schema semplice, adatto allo scopo, di cui spiegheremo ora il funzionamento.

Il termometro a contatto qui rappresentato è un comune termometro a mercurio, di precisione adeguata, nel quale entrano due fili metallici o contatti. Il primo di essi, contrassegnato nella figura con *o*, attraversa la parete di vetro del termometro e va a toccare il mercurio nel bulbo, oppure nella parte inferiore dell'asta. L'altro contatto è introdotto invece dall'alto nel capillare del termometro, ed è generalmente fatto in modo da poter essere spostato a piacimento e messo a coincidere con la divisione della scala termometrica corrispondente alla temperatura voluta. Nell'esempio della fig. 24, questa temperatura è di 50° C (gradi Celsius o gradi centigradi). È chiaro che, non appena la temperatura raggiunge o supera i 50° C, il mercurio (che è un buon conduttore elettrico) collega tra loro i due contatti; passa quindi una corrente che provoca l'attrazione del relè.

Lo scopo del dispositivo è di mantenere alla temperatura di 50° C una cassetta nella quale si trova il quarzo oscillante. Bisogna quindi riscaldare questa cassetta, quando la temperatura nel suo interno scende sotto 50° C. Pertanto il relè è dotato di un contatto di riposo, che inserisce l'avvolgimento riscaldante, quando il relè è diseccitato, e lo disinserisce, non appena il relè si eccita.

A questo modo si riesce a mantenere a temperatura abbastanza costante l'ambiente, nel quale si trovano il termometro, l'avvolgimento riscaldante ed il quarzo. Va però tenuto presente che la precisione e la costanza della temperatura regolata non dipendono soltanto dall'esattezza del termometro usato. Quando si inserisce la corrente nell'elemento riscaldante, ci vuole un certo tempo, affinché la temperatura cominci a salire nell'interno del termostato ed il calore arrivi al termometro, che comanda la regolazione. Viceversa, quando si interrompe il riscaldamento, ci vuole un certo tempo, perchè le perdite di calore, attraverso le pareti del termostato, facciano ridiscendere la temperatura. Questo fenomeno, detto dell'« inerzia termica », fa sì che la temperatura regolata non stia sempre esattamente sui 50° C, ma compia delle oscillazioni o pendolamenti attorno a questo valore. L'ampiezza dei pendolamenti può essere ridotta mediante misure adeguate, di cui la più ovvia è quella di disporre il bulbo del termometro molto vicino all'elemento riscaldante.

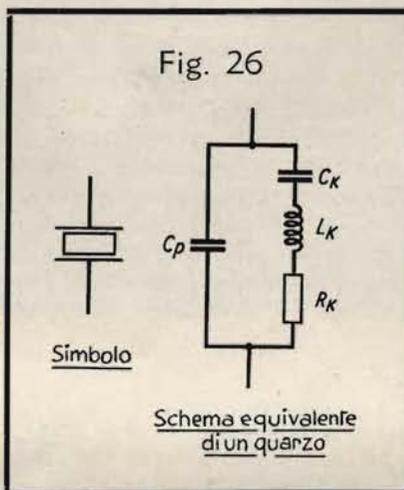
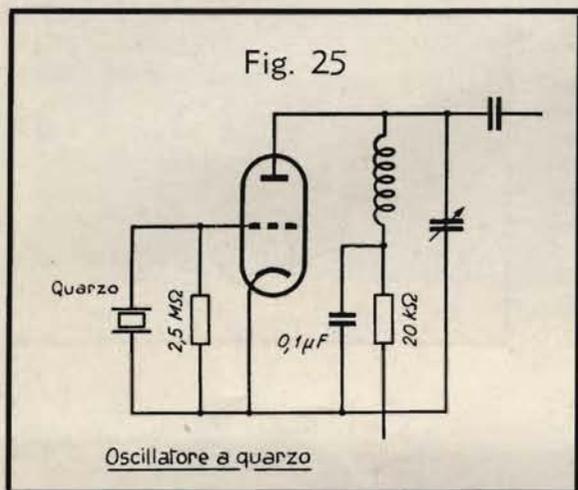


Esistono poi altri dispositivi termostatici più complessi, che consentono di migliorare la precisione della regolazione: un esempio è la cosiddetta « regolazione a gradini di potenza »; non possiamo però ora occuparci di queste apparecchiature speciali. Negli impianti con quarzi oscillanti, nei quali si richiede un'estrema precisione, si comanda la regolazione tenendo conto della variazione di frequenza che si ottiene con una data variazione di temperatura.

Comunque, si noti che la temperatura regolata va sempre scelta abbastanza alta, in modo che essa superi sicuramente la massima temperatura che si potrebbe presentare nell'esercizio, a riscaldamento escluso. Quando il quarzo oscilla, si hanno infatti delle perdite, che provocano già da sole un leggero riscaldamento del complesso. Abbiamo terminato così le nostre spiegazioni sul termostato e sul suo impiego per la regolazione della temperatura dei quarzi oscillanti. Passeremo ora ad esaminare alcune applicazioni del quarzo.

### L'oscillatore a quarzo

Nella fig. 25 è rappresentato un caso semplice, in cui le oscillazioni di un triodo sono comandate da un quarzo. Naturalmente, per ottenere delle oscillazioni stabili, deve esserci una reazione, in qualsiasi modo ottenuta. All'atto dell'inserzione il quarzo è sottoposto a un impulso di tensione e inizia le sue oscillazioni. La fig. 26 mostra il simbolo e lo schema equivalente del quarzo. La valvola amplifica le oscillazioni; basta una reazione minima, che si manifesti da sola, anche senza speciali accorgimenti, per mantenere la continuità delle oscillazioni. Anzi, occorrerebbero delle misure speciali, se si volessero sopprimere le oscillazioni del quarzo. Nel circuito oscillante, accordato sulla frequenza del quarzo e inserito nel collegamento anodico, si ripetono amplificate le oscillazioni del quarzo, che possono poi essere utilizzate a piacere. Per comprendere il funzionamento dell'oscillatore dobbiamo osservare lo



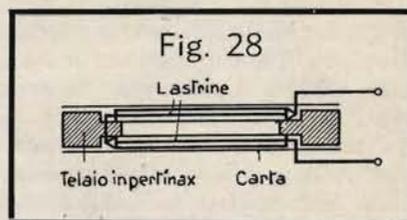
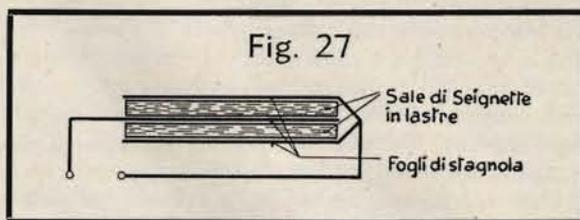
schema equivalente nella fig. 26. Il cristallo di quarzo possiede un'induttanza  $L_k$ , in serie con la resistenza di perdita  $R_k$  e con la capacità  $C_k$ . Il quarzo stesso costituisce dunque un circuito oscillante in serie. In parallelo ad esso va poi considerata la capacità  $C_p$ , dovuta alle armature metalliche ed alle connessioni.  $C_p$  può essere variata entro certi limiti. L'intero schema equivalente si può considerare anche come un circuito oscillante anodico. L'accoppiamento di reazione agisce attraverso la capacità interna tra griglia e placca della valvola; essa porta le oscillazioni dal circuito anodico alla griglia, nella giusta fase. Lo schema dell'oscillatore può naturalmente essere modificato in numerose maniere, ma il principio essenziale è quello della fig. 25. La resistenza di griglia da 2,5 megaohm è necessaria, perchè il quarzo non costituisce un collegamento per la corrente continua tra la griglia ed il catodo.

È ovvio che, per produrre l'onda portante ad AF, bisogna amplificare fortemente l'oscillazione del quarzo. Tuttavia anche le più potenti stazioni radioemittenti, da 100 kW o più, hanno il polso regolato dalle oscillazioni di un minuscolo cristallo di quarzo.

### Microfono e rivelatore a cristallo

Poichè il quarzo trasforma le pressioni meccaniche in tensioni elettriche, esso può usarsi anche per trasformare le onde acustiche in oscillazioni elettriche equivalenti, ossia per costruire un microfono. Trattandosi di oscillazioni a bassa frequenza, invece del quarzo si usa però, a preferenza, un altro cristallo, il sale di Seignette o di Rochelle, che presenta l'effetto piezoelettrico in misura più marcata. La costruzione di un microfono di questo tipo è semplicissima. Generalmente si uniscono due o quattro lastre di cristallo, spesse mm 0,3 ciascuna, come si vede nella fig. 27. Nella fig. 28 è poi rappresentato schematicamente l'intero microfono.

Il vantaggio di questi microfoni è la loro piccolezza, che consente di usarli nelle interviste e nei servizi radiofonici senza che siano troppo visibili. È facile da comprendere poi che, sempre sullo stesso principio, si può costruire un rivelatore o pick-up a cristallo. Mentre nel microfono il cristallo è premuto nel ritmo delle onde acustiche da una levetta fissata alla membrana, nel rivelatore è la puntina fonografica che agisce sul cristallo. Sapete in qual modo la



puntina sia mossa dai solchi del disco e potete immaginare facilmente come questo movimento venga trasmesso, per mezzo di un'asta, al cristallo. Accenniamo solo brevemente a questa applicazione, poichè oggi non è più usata frequentemente.

Vogliamo citare invece un'altra nuova applicazione. I *cristalli* sono oggi impiegati spesso per la misura delle variazioni della pressione meccanica. Di fronte alla misura fatta coi *manometri*, questo sistema presenta l'enorme vantaggio della *piccolezza del cristallo*, della sua *inerzia* praticamente nulla e della *possibilità di indicare le misure a qualsiasi distanza*, poichè le tensioni elettriche vengono inoltrate comodamente per mezzo di una linea elettrica.

Senza dubbio vi state accorgendo che, avendo ormai fissate le basi del nostro sapere, andiamo aggiungendo, a poco a poco, sempre nuove e interessanti cognizioni.

### Il cronometro a quarzo

Tratteremo rapidamente di un'altra importante applicazione delle precise oscillazioni del *quarzo*, benchè non rientri esattamente nel titolo di questo Capitolo. Si tratta del cosiddetto « *cronometro a quarzo* » o « *orologio a quarzo* ». Sarete forse sorpreso e curioso di sapere che cosa abbia a che fare il quarzo con un orologio. Dovete pensare al paragone fatto al principio del Capitolo. La parte principale di un orologio comune è il *pendolo*, oppure il *bilanciere*, ossia un sistema che eseguisce delle oscillazioni meccaniche, che regolano la marcia dell'orologio. Conoscerete probabilmente anche gli *orologi elettrici*, alimentati dalla rete a corrente alternata.

Il meccanismo di questi orologi è azionato da un cosiddetto « *motorino sincrono* ». Questo motorino ha la proprietà di mantenere una velocità di rotazione esattamente proporzionale alla frequenza della corrente d'alimentazione. Questi *orologi a motorino sincrono* vanno avanti, quando la frequenza è troppo alta, e ritardano quando la frequenza è troppo bassa. Solo quando la frequenza della rete è esatta, gli orologi vanno bene.

Ora comprenderete quale sia, nel suo principio, la possibilità d'applicazione del *quarzo* per l'esercizio di un orologio: *comandare un motorino sincrono*. La frequenza dei cristalli di quarzo è però così elevata, che non si possono costruire dei motorini adatti. Si ricorre allora al sistema della *suddivisione di frequenza*. Per mezzo di appositi schemi con un quarzo, è infatti possibile ottenere, per esempio, da 100 kHz, una frequenza esattissima di 1000 Hz, la quale può essere applicata direttamente a un motore. Gli organi principali del *cronometro a quarzo* sono quindi l'*oscillatore a quarzo*, il *divisore di frequenza*, l'*amplificatore* ed il *motore sincrono con ruotismo*. Il tutto montato assieme e previsto per l'alimentazione dalla rete. I *cronometri a quarzo* sono i più esatti. Sono stati sviluppati principalmente dal Dr. Rohde, e la Ditta Rohde e Schwarz di Monaco di Baviera è la costruttrice più nota. L'Osservatorio Astronomico di Neuchâtel, in Svizzera, che collauda l'esattezza degli orologi meccanici, sta costruendo attualmente un *cronometro a quarzo* per uso proprio, la cui precisione si aggira attorno a  $10^{-9}$ . L'esattezza dipende in tutti i casi da due fattori:

- 1) levigatura precisa della piastrina di quarzo;
- 2) temperatura esatta (entro 1/100 di grado).

Vi sarà spiegato in seguito come si effettui la divisione della frequenza, affinché possiate comprendere anche questo punto.

L'*orologio a quarzo* non è soltanto un *cronometro di estrema precisione* (l'errore si limita a un secondo all'anno!); grazie alla *suddivisione di frequenza*, esso può fornire tutta una *serie di frequenze esattissime, utilizzabili per scopi di misura* (per esempio 100 kHz, 10 kHz, 1 kHz, 250 Hz, ecc.). Solo da quando esistono i *cronometri a quarzo* è stato possibile controllare rigorosamente il moto degli astri.

### Domande

1. Che cos'è l'effetto piezoelettrico?
2. Quali cristalli piezoelettrici si impiegano nella tecnica?
3. Qual è la particolarità delle oscillazioni del quarzo?
4. Dove si impiegano i quarzi oscillanti?

## TECNICA DELLE MISURE

### L'OSCILLOSCOPIO A RAGGI CATODICI

Vi è già nota la parte più caratteristica di questo strumento di misura universale: il *tubo a raggi catodici*. Dalle spiegazioni della precedente Dispensa risulta che, per l'esercizio del tubo catodico, si richiede un complesso di parti ausiliarie. Naturalmente tutte queste parti vengono riunite in un'unica apparecchiatura di pratico impiego, che costituisce appunto l'*oscilloscopio*. Osserviamo perciò un'altra volta la fig. 27 della Dispensa N. 19, e pensiamo quali siano le *parti ausiliarie occorrenti*.

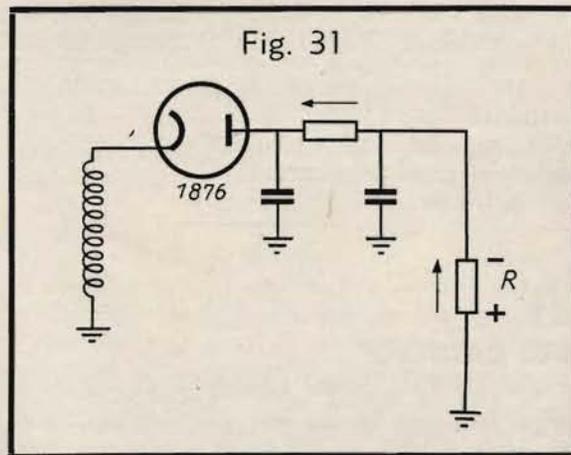
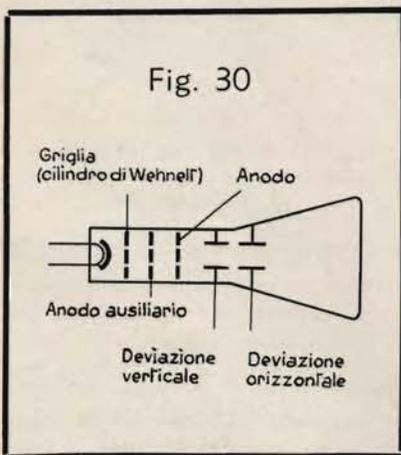
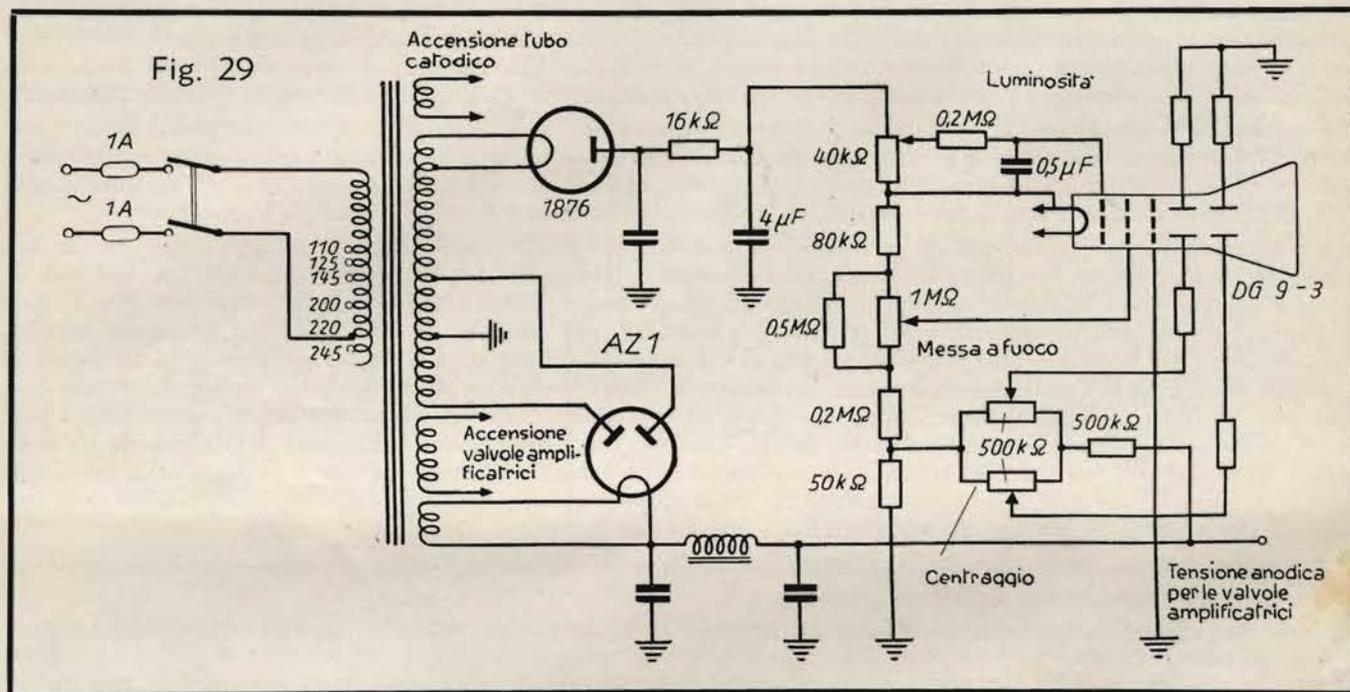
#### a) L'alimentatore

Si richiede la possibilità di alimentare l'apparecchio dalla rete a corrente alternata. L'apparecchio è pertanto dotato di un *trasformatore d'alimentazione* con varie prese primarie e con un cambio tensione identico a quello usato per gli alimentatori delle radio, che consentono l'adattamento alle varie possibili tensioni d'esercizio. Nella fig. 29 il *trasformatore* si trova a sinistra ed è allacciato alla rete attraverso un *interruttore bipolare* e *due fusibili* da 1 ampère.

Poichè per l'esercizio del tubo catodico si richiedono *tensioni di diversi valori*, parte anche assai più elevate della tensione di rete, e poichè fanno parte dell'*oscilloscopio* anche altre valvole raddrizzatrici ed amplifica-

trici, occorrono vari avvolgimenti per l'accensione dei filamenti e per le tensioni anodiche. Nella fig. 29, che rappresenta lo schema dell'Oscilloscopio tipo GM 3152 della Philips, si riconoscono quattro avvolgimenti d'accensione e due per le tensioni anodiche. Questi ultimi sono collegati tra loro e con l'avvolgimento d'accensione per la raddrizzatrice d'alta tensione, la Valvola Philips 1876. Comprimerete tra breve lo scopo di questi collegamenti. Non occorrono spiegazioni per l'avvolgimento in controfase, con la raddrizzatrice a due vie AZ 1, che serve a produrre la tensione anodica delle valvole amplificatrici, nè per il relativo filtro di livellamento, poichè il loro funzionamento è ovvio.

Il tubo catodico non richiede che una corrente assai piccola (circa 0,1 mA). È pertanto conveniente prevedere una raddrizzatrice separata, destinata solo ad esso. Nello schema considerato, la tensione applicata tra l'anodo e il catodo del Tubo a raggi catodici Philips DG 9-3 ammonta a 1000 V ed è quindi notevolmente superiore alla tensione anodica di una normale amplificatrice. Usando delle raddrizzatrici separate, è possibile inserire delle resistenze assai elevate nei partitori di tensione e nei potenziometri per la messa a fuoco e la regolazione della luminosità, evitando così una soverchia produzione di calore, sempre indesiderata.



Riportando sullo schema principale le designazioni degli elettrodi, indicate nella fig. 30, constaterete che l'anodo del tubo catodico è collegato a terra. Per ottenere il passaggio di corrente, è quindi necessario che il catodo sia negativo di 1000 V verso terra. Scopo di questa disposizione è di far sì che la tensione delle placche di deviazione e dello schermo sia piccola rispetto alla terra, in modo da eliminare qualsiasi pericolo

per l'operatore. Seguendo il circuito attraverso la raddrizzatrice d'alta tensione (fig. 31) constaterete che la caduta di tensione nella resistenza di carico R, (che è il partitore di tensione della fig. 29) fornisce proprio la polarità desiderata. Il collegamento dei due avvolgimenti anodici serve appunto a sfruttare una delle metà dell'avvolgimento per l'anodica delle amplificatrici, in modo da farlo collaborare alla produzione dell'alta tensione.

Pure interessante è il filtraggio. La resistenza complessiva del partitore di tensione è:

$$R = 40 \cdot 10^3 + 80 \cdot 10^3 + \frac{0,5 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 10^6}{0,5 \cdot 10^6 + 1 \cdot 10^6} + 0,2 \cdot 10^6 + 50 \cdot 10^3 =$$

$$= 40 \cdot 10^3 + 80 \cdot 10^3 + 333 \cdot 10^3 + 200 \cdot 10^3 + 50 \cdot 10^3 = 703 \cdot 10^3 \text{ ohm} = 703 \text{ k}\Omega.$$

La corrente che circola nella resistenza complessiva quando è allacciata a 1000 V è:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1000}{703 \cdot 10^3} = \frac{1 \cdot 10^3}{703 \cdot 10^3} = \frac{1 \cdot 10^3}{0,703 \cdot 10^6} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{0,703} = 1,422 \cdot 10^{-3} \text{ A.}$$

La caduta di tensione nella resistenza del filtro (16 kΩ) è quindi relativamente esigua:  $16 \cdot 10^3 \cdot 1,422 \cdot 10^{-3} = 22,75 \text{ V.}$

La tensione di ronzo viene ridotta nel rapporto di  $\frac{1}{\frac{2 \pi f C}{R}}$

Nel nostro caso  $\frac{1}{\frac{2 \pi f C}{R}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 4 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^4}{12,56} = 796$ , e quindi:  $\frac{1}{\frac{2 \pi f C}{R}} = \frac{796}{16 \cdot 1000} = \frac{1}{20}$ .

Dato il carico limitato del raddrizzatore d'alta tensione (circa 1,5 mA), la tensione di ronzo non è grande. Il filtraggio nel rapporto di 1 : 20 è quindi del tutto sufficiente.

Nella fig. 29 si vede che il catodo del tubo a raggi elettronici è allacciato dopo il potenziometro da 40 kΩ. È quindi possibile prelevare dal potenziometro la tensione, negativa rispetto al catodo, da applicare al cilindro di Wehnelt. Calcoliamo la caduta di tensione ai capi del potenziometro. La resistenza complessiva del partitore di tensione è uguale a 703 kΩ, come abbiamo calcolato. La tensione di 1000 V si suddivide proporzionalmente e si ottiene quindi sul potenziometro la seguente massima tensione:

$$V_p = 1000 \cdot \frac{40 \cdot 10^3}{703 \cdot 10^3} = \frac{4 \cdot 10^4}{7,03 \cdot 10^2} = \frac{4 \cdot 10^2}{7,03} = 57 \text{ volt.}$$

In modo analogo è possibile controllare la tensione dell'anodo ausiliario.

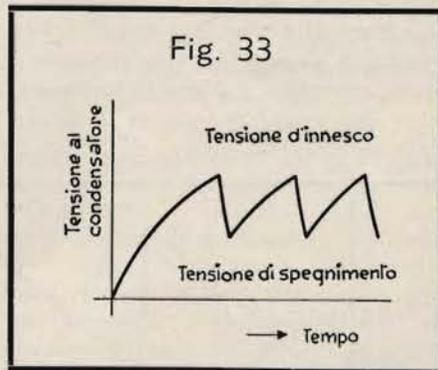
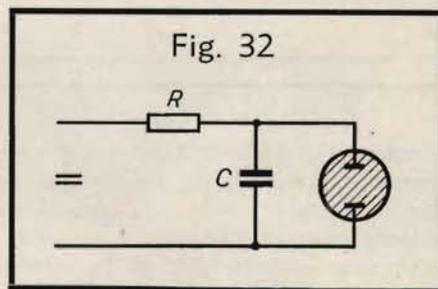
Con l'aiuto della fig. 29 può essere spiegato un altro particolare interessante. Per molti scopi è preferibile che il punto luminoso non cada, nella posizione di riposo, al centro dello schermo, ma che sia possibile spostarlo in senso orizzontale oppure verticale. Occorre applicare a questo scopo una tensione continua tra le placche di deviazione, tensione che può essere ora positiva, ora negativa, rispetto alla tensione dell'anodo. Viene in aiuto, per questa applicazione, il fatto che i raddrizzatori sono due, uno dei quali (quello del tubo catodico) fornisce una tensione negativa verso terra, mentre l'altro (quello delle amplificatrici) fornisce una tensione positiva. Come si vede nello schema, due potenziometri da 500 kΩ sono inseriti tra un punto del partitore sopra i 50 kΩ e il polo positivo del raddrizzatore per gli amplificatori. La tensione prelevata dai cursori dei potenziometri può essere variata a piacere tra un valore positivo ed il corrispondente valore negativo, in modo da spostare a volontà il punto luminoso su tutto lo schermo.

## b) L'asse dei tempi

Nella Dispensa precedente abbiamo parlato della tensione a dente di sega, da applicare alle placche orizzontali dell'oscilloscopio per ottenere la deviazione proporzionale al tempo, ossia quello che si chiama l'« asse dei tempi ». Si tratta di schemi che si ritrovano molto simili nella televisione, e perciò vale la pena che ce ne occupiamo un po' più per esteso. In tutti questi schemi si tratta sempre di caricare, più o meno rapidamente, un condensatore, e di scaricarlo poi con la massima velocità possibile. La fig. 32 mostra uno schema semplice con una resistenza in serie R ed un condensatore di carica C. Se non ci fosse la lampadina luminescente indicata a destra (osservatene il simbolo), il condensatore si caricherebbe semplicemente fino al valore della tensione continua applicata, dopodiché il passaggio della corrente dovrebbe cessare. La lampadina luminescente è costituita da due elettrodi freddi contenuti in un bulbo, dapprima evacuato e poi riempito con un cosiddetto « gas nobile » (neon, argon) a bassa pressione. Per queste lampadine luminescenti è caratteristico il fatto che la corrente comincia a passare soltanto quando la tensione raggiunge un determinato valore, chiamato « tensione d'innesco ». Avvenuto l'innesco, cioè l'accensione della lampada, questa rimane accesa anche se la tensione scende a valore più basso, e si spegne soltanto dopo che la tensione è scesa sotto un altro limite ben determinato, detto « tensione di spegnimento ». Cessa allora, naturalmente, anche il passaggio di corrente.

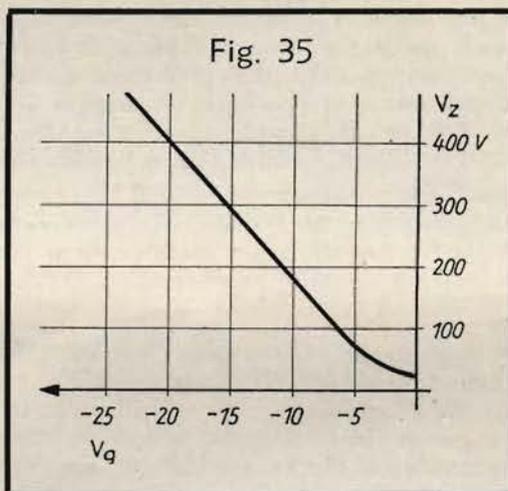
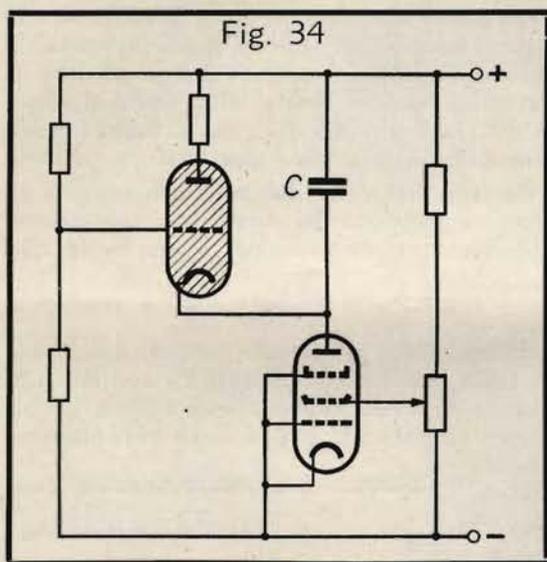
Possiamo ora descrivere il funzionamento dello schema della fig. 32. Il condensatore si carica attraverso alla resistenza, finché è raggiunta la tensione d'innesco della lampada a gas nobile. Incomincia allora la scarica, riconoscibile alla tenue luminescenza, per la qual cosa la tensione ai capi del condensatore diminuisce nuovamente; essa scende fino al valore di spegnimento, e allora ha termine la scarica del condensatore. Finito il passaggio di corrente attraverso alla lampadina, il condensatore ricomincia a caricarsi. Il valore della tensione ottenuta così, ai capi del condensatore, segue l'andamento rappresentato nella fig. 33. Si tratta dunque di una tensione a dente di sega, ma dotato di alcuni brutti difetti.

Intanto l'altezza dei denti, o ampiezza delle oscillazioni di rilassamento (così si chiamano queste speciali oscillazioni), dipende dalla differenza tra la tensione d'innesco e quella di spegnimento. Normalmente si ottengono da 20 fino, al massimo, 50 volt, pur lavorando con tensioni continue attorno ai 200 V. Il secondo difetto è



costituito dal fianco in salita del dente, che è incurvato. Il fianco in discesa è piuttosto ripido e pertanto la sua forma è senza importanza. Si comprende facilmente la causa della curvatura, quando si pensa al modo in cui avviene la carica del condensatore. Più numerose sono le particelle di elettricità riunite sulle armature del condensatore, e più difficile diventa per le successive particelle di depositarsi anch'esse. È un fenomeno simile a quello che si osserva pompando la gomma di una bicicletta. Quando la camera d'aria è tutta vuota, non si fa la minima fatica per gonfiarla un po', con qualche colpo di pistone. Ma più aria è stata pompata, e più diventa faticoso il farne entrare dell'altra, aumentando così la pressione. Anche nella carica di un condensatore, la tensione aumenta dapprima rapidamente, poi sempre più lentamente. Questa è la ragione per cui la salita della tensione (fig. 33) presenta un andamento incurvato.

Vedremo nello schema della fig. 34 come si rimedia a questi vari difetti. L'unica parte conservata della figura 32 è il condensatore da caricare  $C$ . La resistenza in serie è sostituita dal pentodo; infatti, come potete facilmente controllare, la corrente di carica del condensatore deve attraversare il pentodo. Per comprendere la ragione di questo dispositivo dobbiamo rifarci alla famiglia delle caratteristiche  $I_a - V_a$  del pentodo, riportata nella fig. 25 della Dispensa N. 14. La particolarità essenziale del pentodo è il fatto che la corrente anodica è pressoché indipendente dalla tensione anodica. Nello schema della fig. 34 abbiamo una tensione continua costante applicata alla serie delle resistenze ed al condensatore con il pentodo. La griglia-schermo del pentodo è allacciata, attraverso un partitore di tensione fisso, ma regolabile, a una tensione continua costante, il cui valore determina in misura preponderante la corrente anodica. È quindi indifferente quale sia la tensione del condensatore, cioè fino a che punto esso sia caricato, e quale tensione agisca tra l'anodo e il catodo della valvola; la corrente anodica comunque non varia. Si riesce così a caricare il condensatore con una corrente costante.

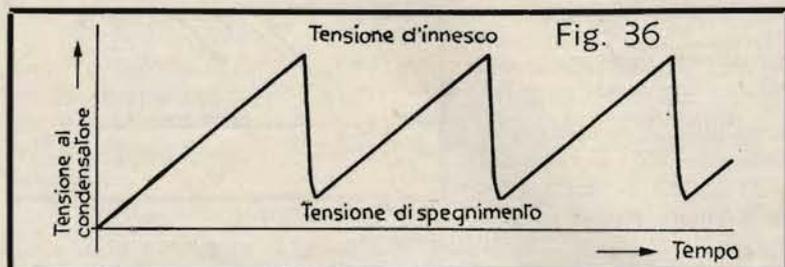


Ciò significa che la tensione del condensatore aumenterà in modo uniforme; la curvatura del fianco ascendente del dente di sega (fig. 33) è pertanto eliminata. Dopo avere spiegato la parte destra dello schema di fig. 34, è chiaro che il triodo con riempimento di gas, disegnato a sinistra, costituisce l'equivalente della lampadina luminescente della fig. 32.

Questa valvola speciale è un triodo con catodo a riscaldamento indiretto, riempito di gas nobile a bassa pressione. Semplificando, possiamo dire che esso si comporta come una lampada luminescente

nella quale la tensione d'innesco può essere regolata entro vasti limiti. Mentre la tensione di spegnimento rimane quasi costante, sui 20 volt, la tensione d'innesco  $V_z$  varia con la tensione di griglia  $V_g$ , com'è indicato graficamente nella fig. 35. L'ampiezza delle oscillazioni che si ottengono con 20 V di polarizzazione negativa di griglia raggiunge 400-20 V, ed è quindi rilevante. È interessante notare che la tensione di spegnimento è praticamente indipendente dalla polarizzazione di griglia. Avvenuto l'innesco, continua a passare corrente attraverso al triodo a gas, finché la tensione del condensatore arriva sotto il valore della tensione di spegnimento. La corrente che attraversa il triodo a gas è relativamente intensa, cosicché il condensatore si scarica rapidamente e si ottiene il dente di sega col fianco destro assai ripido.

Qual è dunque il risultato ottenuto con lo schema della fig. 34? Usando il pentodo come resistenza variabile in serie, si ottiene l'aumento uniforme della carica del condensatore. Il triodo a gas, a sua volta, consente di ottenere una grande ampiezza delle oscillazioni, data la forte differenza tra la tensione d'innesco e quella di spegnimento. In definitiva, si ottiene un andamento della curva corrispondente a quello di fig. 36.



Per poter usare la tensione a dente di sega nell'oscilloscopio a raggi catodici, è necessario altresì poter variare in modo facile la frequenza delle oscillazioni. Ci interessano qui le possibilità impiegate in pratica. Commutando il condensatore  $C$  si varia la frequenza a gradini grossolani. Per le basse frequenze occorrono grandi capacità, per le alte frequenze invece ci vogliono condensatori

di capacità piccola. La regolazione fine della frequenza si attua col potenziometro per la messa a punto della

tensione di griglia-schermo. Variando la polarizzazione della valvola a gas, e quindi il valore della *tensione d'innescò*, si mette a punto l'ampiezza delle oscillazioni. (Per non complicare troppo le cose, ci limitiamo, per ora, allo schema relativamente semplice della fig. 34). Quando si aggiungono le *frequenze molto alte* si va però incontro ad un nuovo inconveniente. Nelle *valvole a gas* il passaggio di corrente avviene per opera degli *atomi del gas nobile*, che sono di gran lunga più pesanti degli elettroni e si muovono quindi con maggior inerzia.

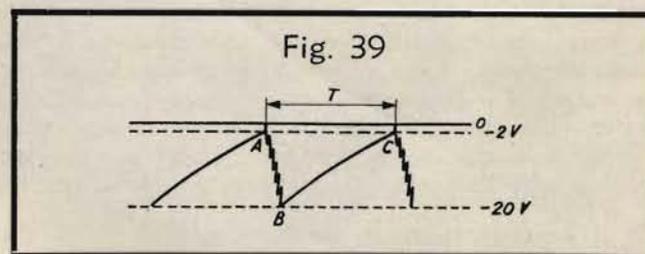
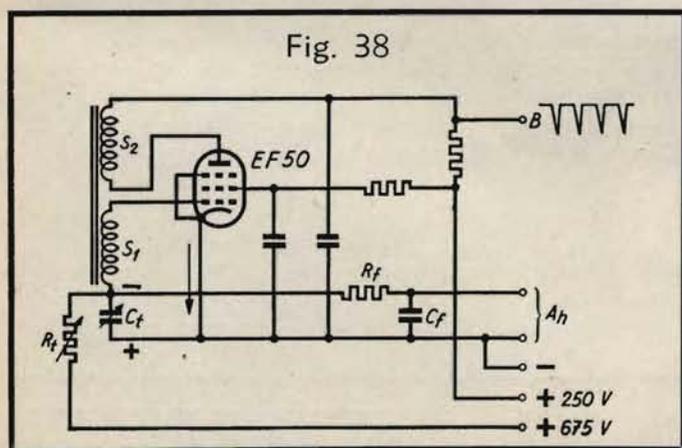
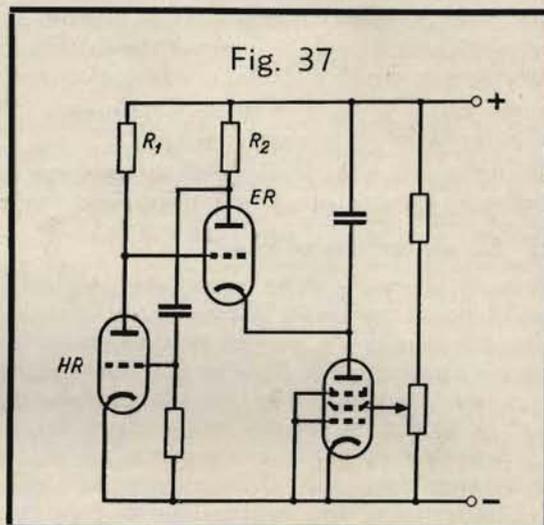
È perciò difficile usare queste valvole per frequenze superiori ai 100 kHz; nel campo dell'*AF* propriamente detta, non ne è possibile l'uso. Il piccolo apparecchio *Katograph* della Philips, ormai piuttosto antiquato, impiega un *triòdo a gas* per l'*asse dei tempi* e arriva, al massimo, alla frequenza di 20 kHz.

Per rispondere alle esigenze più spinte, bisogna riprodurre le proprietà del *triòdo a gas* mediante l'impiego di *valvole normali*; ciò si fa, per esempio, nell'*Oscilloscopio Philips GM 3152*.

Nella fig. 37 è riportato uno schema molto semplificato, per la spiegazione del principio fondamentale. La parte di destra, col *condensatore di carica* ed il *pentòdo* in serie, corrisponde esattamente alla fig. 34. Vediamo ora, in particolare, come mai le due valvole a sinistra siano in grado di assumere il compito del *triòdo a gas*.

La carica del *condensatore* avviene, come prima, attraverso il *pentòdo*. Quando la *tensione del condensatore* raggiunge un valore sufficiente, comincia a passare corrente attraverso la *valvola scaricatrice ER*. Durante la carica del *condensatore*, una piccola corrente attraversa la *valvola ausiliaria HR*. Quando comincia a passare la corrente in *ER*, si forma una caduta di tensione nella *resistenza R<sub>2</sub>*, e quindi si ha una diminuzione della *tensione anodica* di *ER*. Tale diminuzione si ripercuote, attraverso il *condensatore d'accoppiamento*, sulla griglia della *valvola ausiliaria*, producendo una diminuzione della *corrente anodica* di quest'ultima. La diminuzione della corrente in *HR* fa diminuire la caduta di tensione in *R<sub>1</sub>* e aumenta, di conseguenza, la *tensione di griglia* di *ER*.

Cresce quindi la *corrente anodica* di *ER*, agisce in maggior misura su *HR* e aumenta, di ritorno, ancora di più, fino a raggiungere la *massima intensità possibile*. Ciò avviene istantaneamente, grazie alla mancanza di inerzia dei tubi elettronici fino alle frequenze dell'ordine di 1 MHz. Il *condensatore* si scarica così in un tempo brevissimo; la corrente attraverso *ER* cessa, non appena la *tensione del condensatore* è scesa ad un valore abbastanza basso. Il *giuoco* ricomincia allora da capo; il *condensatore* si carica e così via. Anche con questo dispositivo si ottiene una *tensione a dente di sega*, come quella indicata nella fig. 36.



Per terminare questa parte, esaminiamo uno schema che si incontra ora piuttosto spesso. Negli *oscilloscopi a raggi catodici* esso si impiega soprattutto in quei casi, in cui è già previsto un *amplificatore* per le *placche di deviazione orizzontale*.

L'ampiezza delle oscillazioni è infatti limitata e deve perciò essere amplificata. Questo schema di *oscillatore a rilassamento con trasformatore* è usato, per esempio, nell'apparecchio Philips GM 3159. Lo schema di principio è indicato nella fig. 38.

I due *avvolgimenti S<sub>1</sub>* ed *S<sub>2</sub>*, accoppiati magneticamente tra loro, provocano dapprima la formazione di oscillazioni in *AF*. La forte reazione, esistente tra il *circuito anodico* e quello di *griglia*, fa sì che si sviluppino delle *oscillazioni fortemente deformate*, come accennato nella fig. 38, in alto a destra (accanto alla lettera *B*). La *parte essenziale* è però il *circuito di griglia della valvola*. Data la grande ampiezza delle oscillazioni, si manifesta una *forte corrente di griglia*, che carica il *condensatore C<sub>1</sub>*. Come sapete, la corrente non può fluire che nella direzione indicata dalla freccia; il *condensatore* si carica quindi con la polarità segnata. Di conseguenza la *griglia* diventa *talmente negativa*, da impedire l'oscillazione ad *AF* ed interrompe pertanto la carica di *C<sub>1</sub>*.

Entra allora in funzione un artificio studiato espressamente. Il *condensatore C<sub>1</sub>* si carica attraverso alla resi-

stenza  $R_t$  che porta alla tensione elevata di + 675 volt, in senso opposto a quello di prima; in altre parole, *il condensatore si scarica*. Quando la *tensione del condensatore* (e con essa la *polarizzazione di griglia*) è scesa a circa 2 volt, si produce nuovamente l'*oscillazione d'AF*. Forse chiederete come mai il condensatore possa caricarsi negativamente, quando è allacciato attraverso  $R_t$ , con una tensione positiva così alta. Ciò avviene perchè il valore ohmico di  $R_t$  è assai elevato, cosicchè la corrente che attraverso questa resistenza è piccola rispetto alla *corrente di griglia*, che provoca rapidamente la *carica negativa del condensatore*.

Nella fig. 39 è riprodotto l'andamento del fenomeno. La *carica* avviene qui *molto rapidamente* (tratto AB). La *scarica* avviene invece *in un tempo assai più lungo* (tratto BC). Da notare che la *scarica avviene in modo quasi rettilineo*, grazie alla contrapposizione delle tensioni applicate al condensatore  $C_t$ . Naturalmente su  $C_t$  si manifesta anche l'*oscillazione ad AF*. Per evitare che questa prosegua nell'*amplificatore*, si inserisce il noto *complesso filtrante* costituito dalla resistenza  $R_t$ . Ai terminali  $A_h$  è possibile così prelevare la *richiesta tensione a dente di sega*. Come vedete dalla fig. 39, l'*ampiezza massima* dell'*oscillazione* è di 18 volt, quindi non sufficiente a spostare il raggio elettronico per tutta la larghezza dello schermo luminescente.

Anche qui è possibile variare la frequenza. Regolando  $C_t$  e  $R_t$ , si può passare da 10 000 a 150 000 Hz, il che basta nella maggior parte dei casi.

Abbiamo così visto i principali sistemi per la produzione delle *oscillazioni a dente di sega*; rimane naturalmente sempre la possibilità di variare molti particolari degli schemi.

### c) La sincronizzazione

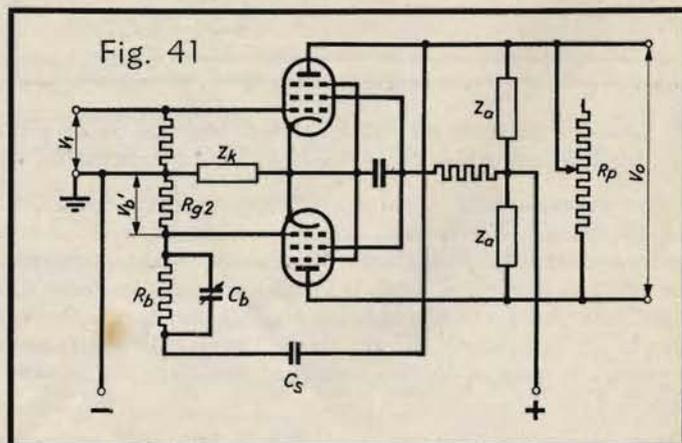
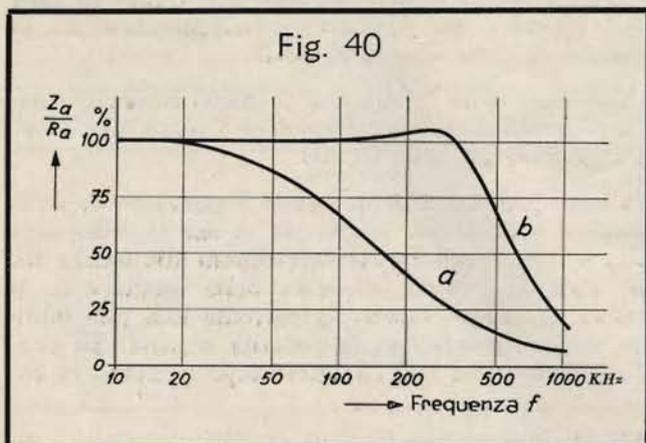
Volendo effettuare delle osservazioni sul *tubo a raggi catodici*, bisogna produrre delle *immagini immobili*. Come abbiamo constatato per le *figure di Lissajous*, occorre che le frequenze e le fasi delle tensioni applicate alle due coppie di *placche di deviazione* stiano tra loro in un rapporto ben determinato. La *tensione a dente di sega* applicata alle placche dell'*asse dei tempi* deve avere la medesima frequenza della tensione misurata, oppure una frequenza che sia una frazione intera. Per esempio, volendo osservare la forma della *tensione di rete*, a 50 Hz, si ottiene un'*immagine immobile*, costituita da *due alternanze sinusoidali*, qualora la *tensione a dente di sega* abbia la frequenza di 25 Hz. In generale, le *oscillazioni a rilassamento* sono abbastanza facili da sincronizzare, cioè da mantenere nel giusto rapporto con la frequenza di misura. Se il rapporto è inferiore a 1, si tratta di una suddivisione di frequenza.

Usando un *triolo a gas* si applica, per esempio, a questo scopo, una parte della tensione di misura alla griglia. È facile comprendere che l'innesco della valvola (chiamata anche « *thyatron* ») avviene nell'istante in cui la *tensione di misura* raggiunge il *massimo della semionda positiva*, poichè allora la *polarizzazione negativa di griglia* è ridotta al *minimo valore*. Con ciò il sincronismo è già realizzato. Se invece la *tensione di sincronizzazione* è troppo piccola, il *condensatore* continua a caricarsi, anche dopo aver oltrepassato il vertice della semionda, ma allora l'innesco avviene in corrispondenza del massimo della semionda successiva. In tal caso la *frequenza* risulta appunto *dimezzata*, come abbiamo accennato più sopra. Usando invece lo schema della figura 37, la sincronizzazione si attua sulla griglia di HR, poichè allora si forma una tensione maggiorata ai capi di  $R_t$ , provocando l'inizio della scarica. Anche lo schema delle fig. 38 può essere sincronizzato agendo sulla griglia.

Se l'*ampiezza disponibile* non è sufficiente per la sincronizzazione, o se l'*amplificatore per la deviazione verticale* non può essere caricato, bisogna prevedere un'*apposita valvola di sincronizzazione*. Questa può avere un fattore d'*amplificazione* anche basso (circa 10 volte); l'importante è che la sincronizzazione non provochi un carico supplementare della tensione da misurare. In ogni caso è indispensabile che la *frequenza dell'oscillazione a dente di sega* possieda già, per se stessa, un valore abbastanza vicino a quello voluto; è allora assai facile realizzare la sincronizzazione perfetta.

### d) L'amplificatore di deviazione

Quando si vogliono esaminare all'*oscilloscopio* delle *tensioni relativamente esigue*, è necessario usare un *amplificatore*, che deve, naturalmente, corrispondere a particolari esigenze. In primo luogo è importante che l'*amplificazione* sia, entro larghi limiti, indipendente dalla frequenza. Si noti però che, aumentando la fre-



quenza, si fa sentire sempre più l'effetto delle inevitabili *capacità* tra gli *elettrodi delle valvole*, che provocano la diminuzione dell'amplificazione. Un normale *amplificatore a resistenza* presenta il comportamento indicato dalla curva *a* della fig. 40. Questa riporta il valore dell'amplificazione riferito all'*amplificazione massima*. Senza occuparci dei dettagli schematici, facciamo osservare la curva *b*, che appartiene ad un amplificatore nel quale, per mezzo di accoppiamenti dipendenti dalla frequenza, si è ottenuta la linearizzazione della risposta entro un campo abbastanza vasto. È infatti raggiunta la costanza fin oltre i 200 kHz, ciò che costituisce un notevole progresso di fronte alla curva *a*, ove l'amplificazione diminuisce già oltre i 20 kHz. Se si rinuncia alla massima amplificazione possibile, si riesce a *linearizzare la curva di risposta fino ed oltre 1 MHz*.

L'esperienza nell'impiego degli *oscilloscopi a raggi catodici* ha dimostrato che si ottengono *immagini nette e non deformate*, soltanto quando *entrambe le placche presentano verso l'anodo e la custodia la medesima tensione, ma di polarità contraria*. Nella maggior parte dei casi, però, le *tensioni da misurare* sono riferite alla terra; esse vengono dette allora « *asimmetriche* », poichè bisognerebbe mettere a terra una placca, mentre l'altra soltanto sarebbe sottoposta alla tensione.

Dalle nostre spiegazioni sui vari tipi d'amplificatori, conoscete già l'*amplificatore in controfase*, che fornisce tra i due anodi una *tensione simmetrica* rispetto alla massa. Gli schemi considerati a suo tempo impiegavano, come elementi essenziali, dei *trasformatori con presa centrale*, che sono però quanto mai inadatti per l'amplificazione indipendente dalla frequenza. Come si vede nella fig. 41, è facile sostituire, in primo luogo, il *trasformatore anodico* per mezzo di *combinazioni di resistenze*, designate con  $Z_a$ . Più difficile è trovare il modo di applicare alle griglie delle *tensioni di fase opposta*. Prima ciò si faceva usando il *trasformatore di entrata*, che rendeva simmetriche le tensioni. Si potrebbe anche usare una *terza valvola*, per provocare l'inversione di fase della tensione applicata a una delle due *amplificatrici di controfase*. Nello schema di fig. 41 si ricorre invece ad un artificio analogo. La *tensione asimmetrica d'entrata*  $V_1$ , è applicata alla *griglia della valvola superiore*. Nel circuito anodico di questa valvola si presenta allora una *tensione sfasata di 180°* rispetto alla *tensione d'entrata*. Questa tensione, attraverso al *condensatore di separazione*  $C_s$  viene riportata sul *partitore* costituito da  $R_5-C_6$  e  $R_{g2}$ , e applicata con la giusta fase alla *griglia della seconda valvola*. La tensione  $V'_b$ , così ottenuta, è simmetrica rispetto alla terra per la tensione d'entrata  $V_1$ . L'elemento  $Z_k$ , costituito essenzialmente da un'impedenza d'*AF*, e il *condensatore*  $C_b$  in parallelo a  $R_b$ , servono per la *correzione di frequenza dell'amplificazione*. Non occorre che descriviamo, in questa occasione, l'esatta funzione di queste parti. Nel lato destro della fig. 41 si vede, inoltre, la *resistenza addizionale di griglia-schermo*, comunque per entrambe le valvole, nonchè il *condensatore* ivi necessario. Regolando la *resistenza in parallelo*  $R_p$ , è possibile estendere la linearità della curva di risposta dell'*amplificatore*, riducendone, nel contempo, l'amplificazione, come s'è detto.

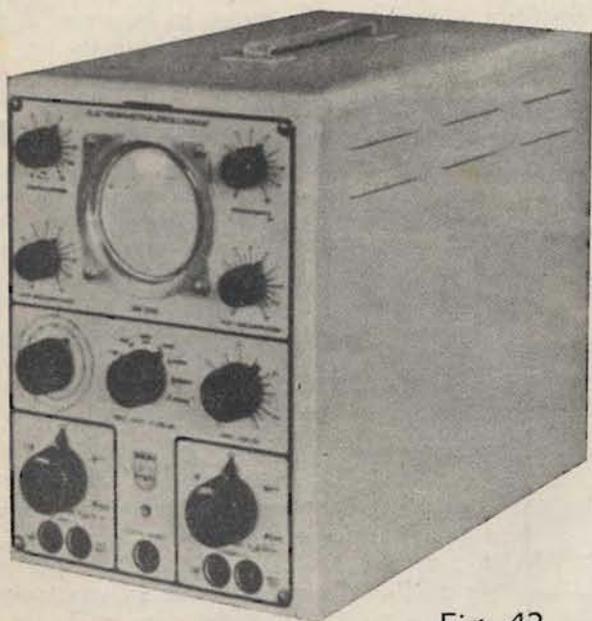


Fig. 42

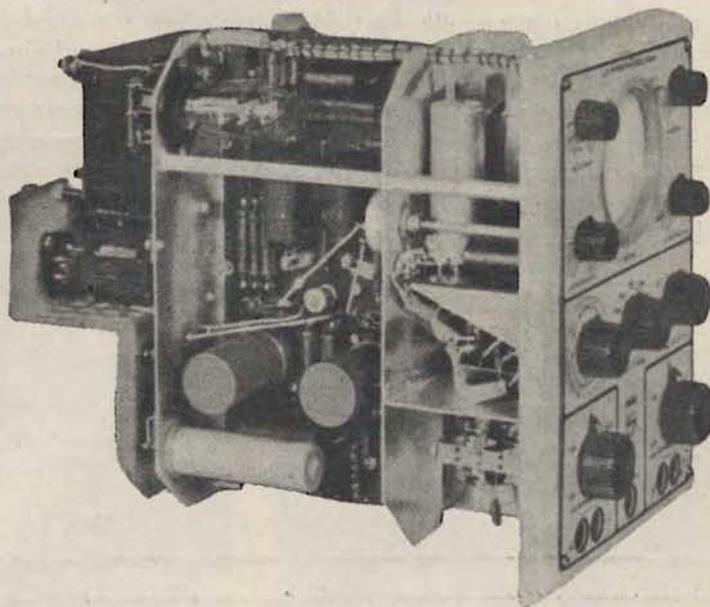


Fig. 43

Con ciò abbiamo terminato l'esame delle parti principali di un *oscilloscopio a raggi catodici* per usi normali. Riportiamo, per terminare, due fotografie del nuovo apparecchio Philips GM 3159, già citato.

La fig. 42 rappresenta la vista esterna dell'apparecchio. In alto, nel centro, è disposto il *tubo a raggi catodici*, circondato dai bottoni per la *regolazione della luminosità e della messa a fuoco*, nonchè per la *regolazione fine dell'amplificazione*, sia verticale che orizzontale. I tre bottoni seguenti in basso servono per la *messa a punto della tensione di sincronizzazione*, per la regolazione della frequenza della *tensione a dente di sega*. Infine le due ultime manopole, più in basso, servono per la *messa a punto grossolana degli amplificatori*, secondo l'ampiezza delle tensioni di misura disponibili. Del tutto in basso sono collocate le *boccole di inserzione per placche o per gli amplificatori di deviazione orizzontale e verticale*.

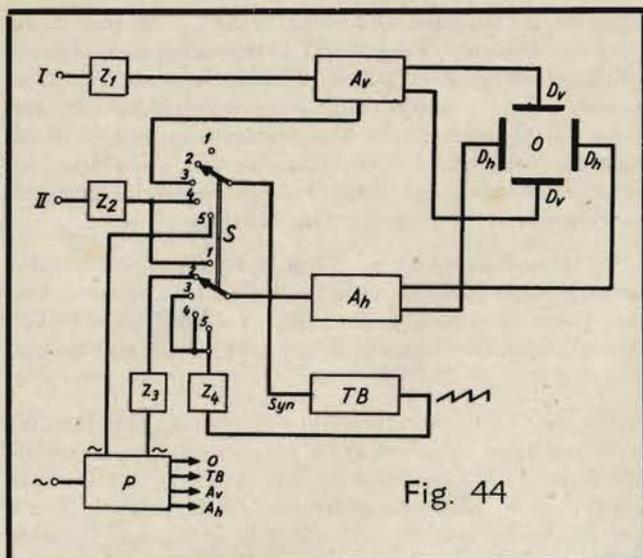


Fig. 44

La fig. 43 consente di gettare uno sguardo nell'interno dell'apparecchio. Risulta che questo è suddiviso in singole unità costruttive. Lo schema semplificato dell'apparecchio (fig. 44) mostra come collaborino i singoli organi. In alto, a destra, è rappresentato il tubo catodico con le placche di deviazione orizzontali ( $D_h$ ) e verticali ( $D_v$ ), alle quali sono allacciati i relativi amplificatori ( $A_h$  e  $A_v$ ). Il commutatore  $S$  a diverse posizioni simboleggia le possibilità di commutazione previste per l'apparecchio.  $TB$  è il generatore della tensione a dente di sega e  $P$  l'alimentatore dalla rete.  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$  e  $Z_4$  sono dei potenziometri, che consentono di regolare le tensioni d'entrata di entrambi gli amplificatori.  $Z_1$  si trova davanti all'amplificatore verticale,  $Z_2$  permette di regolare la tensione di deviazione orizzontale applicata direttamente ad  $A_h$ ,  $Z_3$  regola la tensione di deviazione a frequenza di rete, che occorre per certe osservazioni della rete, e infine  $Z_4$  serve a regolare l'ampiezza della tensione a dente di sega fornita da  $TB$ .

Abbiamo potuto esaminare così, con questo moderno oscilloscopio, un bell'esempio di costruzione ben riuscita e rispondente allo scopo. Per restare nei limiti della presente trattazione, abbiamo descritto soltanto le particolarità di interesse generale, rinunciando consapevolmente a tutti quei particolari, che riguardano soltanto il costruttore, e non colui che deve usare l'apparecchio per effettuare delle misure.

### e) Esempi di misure

Per terminare, ci occuperemo un poco dell'uso dell'oscilloscopio nelle misure pratiche. Come esempio prendiamo un caso semplice e di facile comprensione: la tensione di ronzo nei successivi punti di un raddrizzatore d'alimentazione a due vie.

Alcune cose vanno osservate già prima di accendere l'oscilloscopio. L'interruttore di rete spesso è combinato con la messa a punto della luminosità. Partendo dalla posizione di zero, la prima rotazione del bottone verso destra provoca l'accensione dell'apparecchio. È conveniente attendere qualche istante, finché le valvole sono accese, prima di inserire tutta la luminosità. Va osservata inoltre un'altra precauzione. Fintantoché non è collegata alcuna tensione alle bocche d'entrata per la deviazione verticale, e finché non è messo in funzione il generatore della tensione a dente di sega contenuto nell'apparecchio, compare sullo schermo soltanto un punto. Se il punto luminoso viene lasciato per un certo tempo immobile e messo bene a fuoco nello stesso posto, esso brucia la massa luminescente dello schermo e lascia un segno che non scompare più.

Nella fig. 45 è visibile l'alimentatore che vogliamo esaminare. Cominciamo col punto  $A$ . Poiché, oltre alla tensione di ronzo, è presente anche una tensione continua, cominciando a bloccare quest'ultima con un condensatore da circa  $0,1 \mu F$ , posto davanti all'entrata delle placche verticali o del relativo amplificatore. Per ottenere un'immagine fissa, si applica la tensione a dente di sega, prodotta nell'interno dell'apparecchio, alle placche orizzontali. Se il raddrizzatore della fig. 45 è alimentato dalla rete a 50 Hz, la più bassa frequenza di ronzo è di 100 Hz. Secondo il valore scelto e sincronizzato per la frequenza dell'asse dei tempi, si ottengono sullo schermo 4 oscillazioni complete (per dente di sega a 25 Hz) oppure due (50 Hz) o una sola (100 Hz). Per l'asse dei tempi a 50 Hz, che può essere sincronizzato anche direttamente dalla rete, si ottiene l'immagine riportata a fig. 46. La distanza della punta superiore da quella inferiore equivale ad una tensione di circa 5 volt. Vedete ora quale sia la curva corrispondente alla tensione di ronzo. La linea sottile, che attraversa l'immagine, è dovuta al ritorno del raggio catodico (a meno che questo non sia soppresso mediante comando automatico di oscuramento).

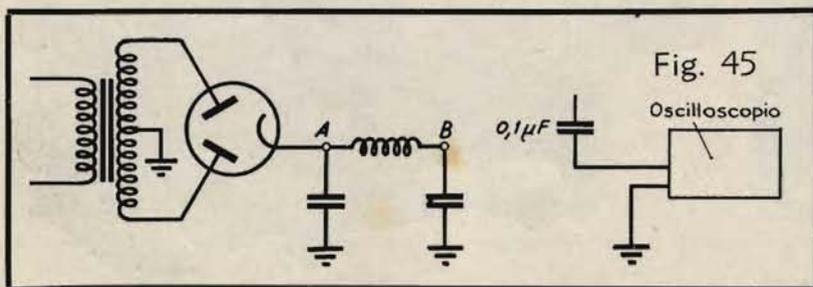


Fig. 45

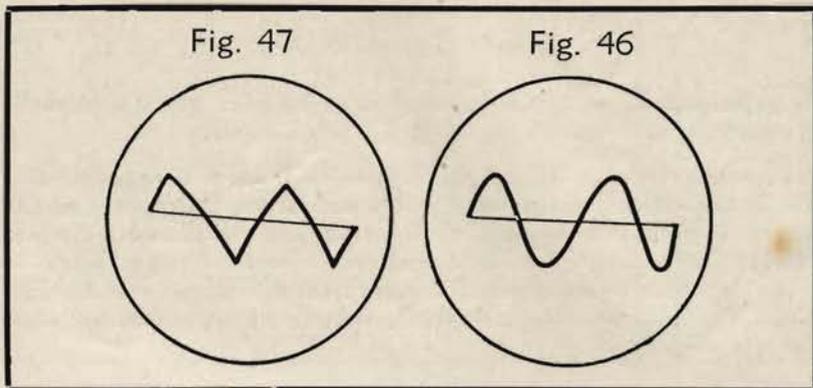


Fig. 47

Fig. 46

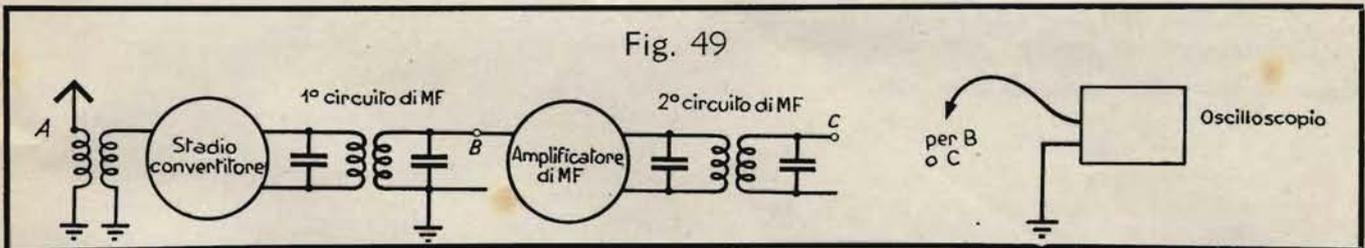
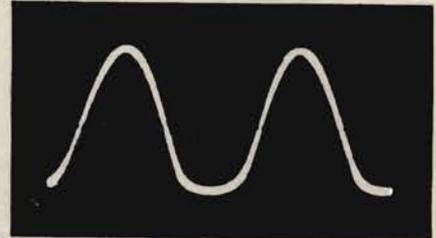
Il raggio passa come un lampo attraverso lo schermo, ma è sempre obbligato a ritornare nel punto di partenza. Naturalmente, essendo l'ampiezza del ronzo di soli 5 volt, è necessario mettere in funzione l'amplificatore verticale.

La misura diventa interessante nel momento in cui confrontiamo l'immagine ripresa nel punto *A* con quella del punto *B*, cioè dopo l'impedenza di livellamento (fig. 45). Per ottenere la medesima altezza dell'immagine, bisogna aumentare notevolmente l'amplificazione, portandola a circa 50 volte il valore di prima. L'asse dei tempi e la sincronizzazione rimangono invece immutati. Oltre ad essere quindi molto ridotta, la tensione di ronzio è divenuta, come risulta dalla fig. 47, di forma molto più sinusoidale. Qualora non si ritrovassero le immagini delle figure 46 e 47, oppure non si ottenesse il rapporto d'amplificazione indicato, ciò significherebbe che i condensatori non presentano la capacità nominale, oppure che l'impedenza è guasta. Delle misure molto semplici consentono quindi di fare delle importanti deduzioni.

Nella Dispensa N. 11, parlando delle caratteristiche delle valvole, abbiamo detto che, quando queste lavorano nel tratto incurvato della caratteristica, si presentano delle distorsioni. Con l'aiuto dell'oscilloscopio siamo ora in grado di riprodurre sullo schermo le figure che avevamo costruito geometricamente. La fig. 48 mostra ciò che avviene quando il punto di lavoro viene scelto troppo in basso sulla caratteristica. È ovvio che, per eseguire correttamente una misura di questo genere, bisogna applicare alla griglia della valvola amplificatrice una tensione alternata di forma perfettamente sinusoidale. La tensione amplificata e distorta viene prelevata ai capi della resistenza anodica. Per ottenere l'immagine fissa della fig. 48, bisogna che la tensione a dente di sega abbia una frequenza pari alla metà della frequenza di misura; si ottengono allora infatti due alternanze complete.

Svariate misure si possono effettuare anche nella parte ad *AF*, poichè il tubo a raggi catodici funziona correttamente anche fino a frequenze assai elevate. Bisogna soltanto che anche l'amplificatore e il generatore della tensione a dente di sega « ce la facciano ». È particolarmente interessante verificare l'aumento progressivo dell'amplificazione di un apparecchio radio. Si applica a questo scopo, alle prese dell'antenna, un piccolo trasmettitore di misura, un cosiddetto « generatore di prova per ricevitori », che eroga una tensione pari ad una piccola frazione di volt. Con l'amplificazione relativamente debole dell'oscilloscopio dapprima non si vede quasi nulla. Misurando però negli stadi successivi d'*AF*, per esempio nei punti *B* o *C* della fig. 49, si constata che la deviazione del raggio catodico va sempre aumentando. Poichè l'amplificazione teorica dei singoli stadi è nota, si può controllare subito quale di essi amplifica troppo poco, e si ha modo così di individuare molto più facilmente gli eventuali difetti.

Fig. 48



Voi chiederete a ragione quali siano le immagini che si presentano sullo schermo quando si effettuano queste misure.

Il generatore di prova dei ricevitori fornisce di solito un'*AF* modulata in ampiezza con la frequenza fonica di 400 Hz. Se non si tiene conto di questa circostanza, si forma l'immagine della figura 50. Se invece la tensione a dente di sega è sincronizzata sui 400 Hz e ha la frequenza di 100 Hz, compare l'immagine della figura 51. Le oscillazioni ad *AF* sono talmente rapide, da non lasciare che un riflesso luminoso sullo schermo, mentre le curve sinusoidali a 400 Hz, che le delimitano, risultano molto nitide. L'oscilloscopio ci mostra quindi nuovamente un'immagine che abbiamo già trovato nella fig. 1 della Dispensa N. 15. Ora sapete che si possono ottenere queste figure, e comprendete l'enorme importanza dell'oscilloscopio a raggi catodici.

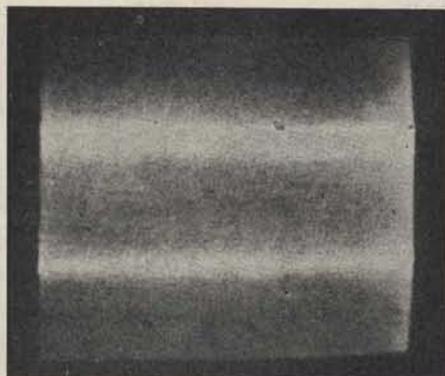


Fig. 50

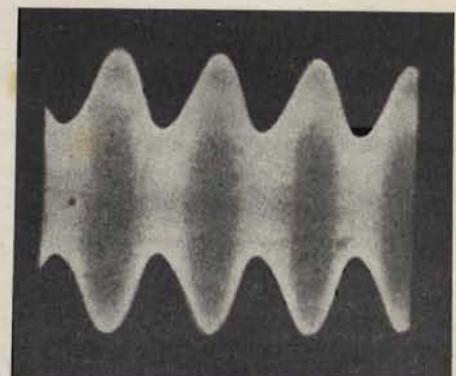


Fig. 51

#### Domande

1. Quali elettrodi del tubo a raggi catodici hanno una tensione regolabile?

2. Che tensione presentano verso la terra l'anodo ed il catodo del tubo di Braun?
3. Fino a quali frequenze si possono usare i triodi a gas rari, per produrre delle oscillazioni di rilassamento?
4. In che consiste la sincronizzazione nell'oscilloscopio a raggi catodici?

#### Risposte alle domande di pag. 11

1. Non è possibile inserire semplicemente un amplificatore in una linea telefonica, poichè l'entrata, cioè la griglia, verrebbe a trovarsi da un lato, mentre l'uscita, cioè la placca, sarebbe dall'altro lato. Non si potrebbe quindi ottenere l'amplificazione in entrambe le direzioni.
2. Vi sono due possibilità: gli amplificatori a due e quelli a quattro fili.
3. Il sistema a quattro fili può essere applicato a linee di qualsiasi lunghezza.
4. I dispositivo correttore delle distorsioni, negli amplificatori telefonici, è costituito da un assieme di bobine e di condensatori, collegati in modo da compensare il trattamento diverso che subiscono nel cavo le frequenze alte e quelle basse.
5. L'amplificazione di uno stadio amplificatore telefonico è di circa 3 neper, il che corrisponde ad un'amplificazione della tensione nel rapporto di 1 a 20.

#### Risposte alle domande di pag. 16

1. Tanto nella telefonia a frequenze vettrici, quanto nella radio, le differenti trasmissioni si distinguono soltanto per le differenti frequenze portanti. Le stazioni radiotrasmettenti emettono le loro onde nel medesimo etere; le conversazioni a frequenze vettrici sono inoltrate attraverso la medesima linea.
2. La modulazione a banda laterale unica presenta, rispetto alla modulazione d'ampiezza usata nella radio, il grande vantaggio di richiedere una minore larghezza di banda per ciascun canale.
3. Il modulatore è costituito da quattro raddrizzatori a secco collegati ad anello.
4. La banda vocale 300 . . . 3 400 Hz si tramuta, dopo la prima trasposizione di frequenza effettuata con la portante di 8 kHz, nella banda 7 700 . . . 4 600 Hz. Quest'ultima viene quindi trasportata, con l'aiuto di una portante di 56 kHz, nella banda richiesta di 48 300 . . . 51 400 Hz.
5. Nel lato trasmittente si inserisce un filtro molto selettivo, dopo la prima trasposizione di frequenza. Il filtro, posto dopo la seconda trasposizione di frequenza, è invece più semplice e meno selettivo.

#### Risposte alle domande di pag. 19

1. L'effetto piezoelettrico consiste nella formazione di cariche elettriche, che si presentano in certi cristalli, quando su di essi si esercita una pressione.
2. Nella tecnica dell'AF si adoperano come cristalli piezoelettrici il quarzo, il sale di Seignette e la tormalina.
3. L'oscillazione del quarzo si distingue per l'enorme costanza della frequenza.
4. I quarzi oscillanti servono per stabilizzare le onde portanti e per comandare gli orologi a quarzo.

#### Risposte alle domande di pag. 28

1. Nel tubo a raggi catodici sono regolabili le tensioni del cilindro di Wehnelt (luminosità) e dell'anodo ausiliario (messa a fuoco).
2. Generalmente, l'anodo del tubo di Braun è messo a massa. Perciò il catodo viene a trovarsi a una tensione negativa verso la massa e quindi verso la terra.
3. I triodi a gas rari servono per la produzione delle oscillazioni di rilassamento, fino alla frequenza di circa 100 kHz.
4. La sincronizzazione negli oscilloscopi a raggi catodici consiste nel far sì che la frequenza della tensione a dente di sega divenga uguale alla frequenza misurata, oppure uguale ad una parte intera della stessa (per esempio, se la frequenza del dente di sega è 1/3 di quella di misura, si ottengono sullo schermo tre complete alternanze della tensione misurata).

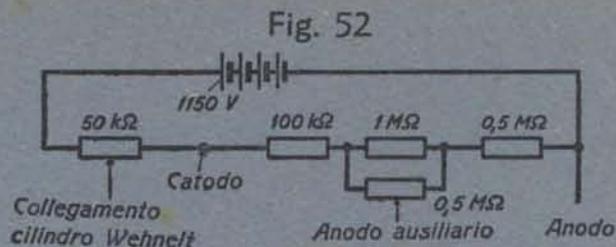
### COMPITI

1. Da che cosa dipende l'attenuazione di un cavo e come si tiene conto di ciò nella costruzione dei cavi?
2. Calcolate l'attenuazione per chilometro di un cavo, alla frequenza di 300 Hz. Qual è l'attenuazione complessiva di un cavo lungo 20 km? Calcolate inoltre l'impedenza caratteristica e l'attenuazione per chilometro nel campo di validità delle formule semplificate (alle frequenze più alte).  
(Induttanza =  $0,7 \frac{\text{mH}}{\text{km}}$ ; resistenza =  $73,2 \frac{\text{ohm}}{\text{km}}$ ; capacità  $33 \frac{\text{nF}}{\text{km}} = 33 \cdot 10^{-9} \frac{\text{F}}{\text{km}}$ ).
3. Spiegate, servendovi della fig. 9, come mai la conversazione dell'utente B' non venga udita dall'utente C', e quali condizioni debbano esser rispettate.
4. A che serve la linea artificiale nel sistema duplice? (Vedasi anche l'attenuazione d'auto-ascolto nella Dispensa N. 14).
5. Perché è meglio inserire degli amplificatori intermedi nel corso di una linea telefonica, e non limitarsi ad effettuare la necessaria amplificazione all'inizio ed al termine della linea?
6. Spiegate perché le conversazioni inoltrate per mezzo di un collegamento a frequenze vettrici risultano più naturali di quelle trasmesse attraverso ad una linea pupinizzata.
7. Quali sono le trasposizioni di frequenza subite dalla normale banda vocale (300 . . . 3 400 Hz) nella trasmissione a frequenze vettrici? (Considerare la portante di 28 kHz nel sistema a 12 canali).
8. Qual è il compito di un termostato, e perché occorre questo dispositivo col quarzo oscillante?
9. Citate le parti essenziali dell'oscilloscopio a raggi catodici e descrivetene il funzionamento.

10. Qual è la tensione massima tra l'anodo ausiliario ed il catodo, facendo uso delle resistenze parziali indicate nella fig. 52 qui a fianco, per una tensione complessiva di 1150 volt?

11. Descrivete la formazione delle oscillazioni a dente di sega, ottenute mediante condensatore di carica, pentodo in serie e triodo a gas.

12. Come mai nella sincronizzazione delle oscillazioni di rilassamento si può ottenere una suddivisione di frequenza?



### FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 20

Formula N.:	pag.
(67) $\beta = \frac{1}{2} \cdot \frac{\text{Resistenza del filo al km}}{\text{Impedenza caratteristica}}$ . . . . .	» 2
(68) $\beta = \sqrt{\frac{2 \pi \cdot f \cdot RC}{2}} \left[ \frac{\text{Neper}}{\text{km}} \right]$ . . . . .	» 2

---

**Stampato come manoscritto**

Ogni alienazione, prestito o diffusione in genere di questa Dispensa, anche in riassunto, è proibita.

Tutti i diritti, in particolare la traduzione in lingue straniere, sono riservati.

---

**TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI**

---

**OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO N. 9  
V A R E S E**

---

DISPENSA N°. 21

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

## INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 21

<b>Riassunto della materia trattata nella Dispensa precedente</b>	pag. 1
<b>Trasmissione d'immagini e televisione</b>	» 1
La telegrafia d'immagini	» 1
Il principio fondamentale della trasmissione d'immagini	» 2
La cellula fotoelettrica	» 2
La scomposizione dell'immagine	» 3
La ricomposizione dell'immagine	» 4
La trasmissione senza fili delle immagini	» 4
La modulazione di tempo	» 5
Domande	» 6
<b>Telefonia</b>	» 6
La selezione automatica	» 6
Il sistema della S.A. Hasler di Berna	» 6
La marcatura	» 6
Il cercatore Hasler a 100 posti	» 7
I marcatori	» 8
Formazione del collegamento	» 8
Domande e risposte	» 10
<b>Radiotecnica</b>	» 10
Il raddrizzatore a secco	» 10
<b>Telefonia</b>	» 11
La telediffusione sulle reti telefoniche	» 11
1. Telediffusione a bassa frequenza	» 11
2. Telediffusione ad alta frequenza	» 13
Domande e risposte	» 14
<b>Tecnica delle misure</b>	» 14
Il generatore di prova per radioricevitori	» 14
L'oscillatore a battimenti	» 16
Domande e risposte	» 18
<b>Radiotecnica</b>	» 18
Lo schema della supereterodina	» 18
L'alimentatore con produzione semiautomatica della tensione di griglia	» 20
Il circuito d'entrata	» 20
L'oscillatore	» 21
La demodulazione <i>AF</i>	» 22
L'amplificatore <i>BF</i>	» 23
Domande	» 25
<b>Telegrafia</b>	» 25
Apparecchi ausiliari	» 25
La perforatrice manuale	» 25
Il trasmettitore automatico	» 26
Domande e risposte	» 27
<b>Compiti</b>	» 28

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 21

## RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

La Dispensa N. 20 ha posto alcuni nuovi problemi, cosicchè è bene ripetere brevemente quanto in essa è stato spiegato.

I *cavi Krarup* e *Pupin* dimostrano che, aumentando l'induttanza, è possibile diminuire l'attenuazione. Studiando tale argomento avete appreso varie nozioni sulla struttura e sull'isolamento dei *cavi di telecomunicazione*. Successivamente sono stati descritti alcuni dispositivi che consentono di sfruttare meglio le linee, che sono così costose; si tratta dei *filtri passa-basso* e dei *filtri passa-alto* per la *telegrafia infracustica*, dei *collegamenti virtuali* e del *sistema duplex*.

Particolare attenzione meritano gli *amplificatori telefonici* impiegati nelle linee interurbane per le grandi distanze. Poichè gli amplificatori posseggono due morsetti d'entrata e due d'uscita, è necessario che le conversazioni provenienti dalle due direzioni vengano amplificate separatamente. Nell'esercizio a due fili, la linea si suddivide nella cosiddetta « *forcella* », della quale la *linea artificiale* costituisce la parte più importante. L'*amplificatore a quattro fili* richiede invece due linee bifilari, separate da cima a fondo per ciascuna direzione di conversazione; in compenso è molto più facile effettuare l'amplificazione e si richiedono due sole forcelle alle estremità della linea, necessarie perchè gli utenti sono collegati con le centrali per mezzo di linee a due soli fili. Gli amplificatori telefonici richiedono sempre uno speciale dispositivo, destinato a produrre una maggiore amplificazione di quelle frequenze foniche che, propagandosi lungo la linea, rimangono più fortemente attenuate. Tale dispositivo è denominato « *compensatore di distorsione* ».

Il sistema più moderno, per l'utilizzazione multipla delle linee, è conosciuto col nome di « *telefonia a frequenze vettrici* ». In un certo senso, essa non è altro che una *trasmissione radio inoltrata su linea*. Vengono impiegate delle onde lunghe, le quali sono però modulate in modo diverso da quelle della radio. Si tratta della *modulazione a banda laterale unica*, che presenta il vantaggio di consentire la trasmissione di un numero maggiore di conversazioni, entro un determinato campo di frequenze.

Il procedimento consiste nella *doppia trasposizione di frequenza*, la quale procura il vantaggio di poter impiegare dei filtri molto più semplici e quindi più economici. Nella stazione ricevente la trasposizione di frequenza avviene nell'ordine inverso, riproducendo le frequenze foniche originarie. Come base della nostra trattazione abbiamo preso il *sistema a 12 canali*, col quale si possono trasmettere contemporaneamente 12 conversazioni su un'unica linea bifilare.

Il *quarzo oscillante* di cui abbiamo quindi trattato, è un mezzo importantissimo per la stabilizzazione della frequenza. Il Capitolo era completato da un semplice schema e dalla descrizione dell'uso dei *crystalli piezoelettrici* nei microfoni e nei rivelatori fonografici. Un'altra applicazione delle esattissime oscillazioni del quarzo è il *cronometro a quarzo*.

Nell'ultimo Capitolo della Dispensa è stato descritto l'uso del *tubo a raggi catodici* nell'*oscilloscopio*, con particolare riguardo all'ottenimento dell'*asse dei tempi*. Poichè le *oscillazioni a rilassamento* sono usate anche in televisione, ci siamo occupati più dettagliatamente della loro generazione. Per terminare abbiamo esposto alcuni esempi di misure. Con ciò vi abbiamo fornito un'idea delle numerose possibilità d'impiego dell'*oscilloscopio a raggi catodici*, insegnandovi, nello stesso tempo, come esso venga usato.

E ora passiamo alla nuova Dispensa, che ci presenterà altri problemi d'attualità nella tecnica delle telecomunicazioni.

## TRASMISSIONI D'IMMAGINI E TELEVISIONE

### LA TELEGRAFIA D'IMMAGINI

Dopo aver descritto nella telescrivente un'apparecchiatura adatta per la trasmissione di notizie scritte, veniamo ora alla *trasmissione delle immagini*. Voi penserete naturalmente subito alla *televisione*, ma con ciò andate molto più in là del primo passo su questa via. Dalla semplice trasmissione di un'immagine, come quelle riportate ogni giorno sui giornali, alla riproduzione di un'immagine che si muove, nel ricevitore televisivo, c'è un lungo cammino. La *telegrafia d'immagini* anticipa, però, numerose idee, che stanno alla base della televisione e costituisce quindi un'importante tappa intermedia.

## Il principio fondamentale della trasmissione d'immagini

Pensiamo un po' come si possa realizzare la *trasmissione di un'immagine per via elettrica*. Nel primo momento siamo disorientati, poichè cerchiamo invano un organo che possa trasformare una figura in correnti elettriche, come avviene invece nel microfono per la parola e la musica. Il suono varia col tempo e dà origine solo in tal modo al linguaggio ed alla musica. Le immagini invece costituiscono un'impressione momentanea, che rimane immutata, e per la quale il tempo non ha alcuna importanza, a meno che si tratti di immagini in movimento. Che cosa rappresenta l'immagine per il nostro occhio?



Fig. 1



Fig. 2

in singoli punti. Pensate alla stampa delle figure nei libri. Anche nella riproduzione tipografica si applica lo stesso procedimento. I *clichés* si producono infatti con l'aiuto di speciali *retini*, coi quali si ottengono tanti punti, più o meno riempiti di nero. Osservate la fig. 1. Senza disporre di una lente d'ingrandimento voi non direste che l'immagine di questo fiore sia costituita da tanti piccoli quadratini, o diciamo semplicemente, da tanti *punti*, più o meno riempiti di nero, secondo il grado di illuminazione. La fig. 2, che rappresenta l'ingrandimento di una piccola parte del fiore, dice più di molte parole come dobbiamo procedere nella *telegrafia delle immagini*. Noi possiamo infatti trasmettere questi punti a uno a uno; in altre parole, abbiamo trovato il modo di trasformare, in un certo senso, una *successione di spazi in una successione di tempi*. Abbiamo ora bisogno di un organo che ci permetta di trasformare il *valore d'illuminazione* in una *corrente elettrica* o in una *tensione*: rimane quindi un problema che ci ricorda nozioni già apprese, che ci ricorda, cioè, la *telescrivente*. Quest'organo è la *cellula fotoelettrica*.

Evidentemente, detto in termini fisici, essa non è che una *serie di punti più chiari e più scuri*, se per il momento, nel caso più semplice, trascuriamo i diversi colori. L'accento ai *punti* più o meno chiari svela già il segreto principale della trasmissione delle immagini. È infatti possibile suddividere un'immagine in singoli punti ad illuminazione diversa, ottenendo tuttavia nel complesso, per effetto dei contrasti di luce, l'impressione dell'immagine primitiva. Forse avrete difficoltà a comprendere come si possa suddividere una immagine

### La cellula fotoelettrica

È detta anche « *fotocellula* »; come i normali tubi elettronici, è basata anch'essa sull'emissione di elettroni da parte di una superficie metallica. Com'è noto, nelle valvole termoioniche questo effetto è provocato dal riscaldamento del catodo. Nella *fotocellula* gli elettroni liberi hanno origine quando il *catodo*, che è costituito da un materiale speciale, è colpito dalla luce (fig. 3). La *fotocellula* è racchiusa anch'essa in un *bulbo di vetro*, nel quale viene fatto il vuoto per facilitare il movimento degli elettroni. Come per i catodi caldi sono stati trovati materiali particolarmente adatti, così anche per le *fotocellule* si è proceduto a esperimenti metodici, che hanno consentito di stabilire la forma ed il materiale più idonei. Oggi, per la formazione dei *catodi fotoelettrici*, è quasi universalmente adottato l'uso del *cesio*. Nei riguardi della scelta del materiale più conveniente, è di importanza capitale la necessità che, aumentando l'intensità luminosa, si ottenga un aumento continuo del flusso di elettroni. Ciò è indispensabile, affinché la trasformazione della luce in corrente elettrica avvenga in maniera univoca: in altre parole, a ciascuna intensità luminosa deve corrispondere una determinata, e una sola, intensità di corrente. Contrariamente alle valvole termoioniche, nelle quali si impiegano delle *griglie*, per comandare la corrente, nella *fotocellula* si desidera che gli elettroni vadano a finire tutti, o almeno nel maggior numero possibile, su un *elettrodo* che li raccoglie e che, anche in questo caso, è chiamato « *anodo* ».

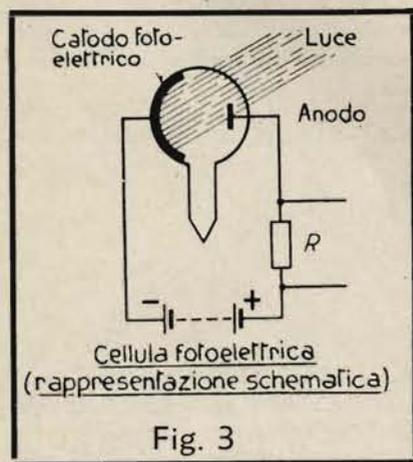
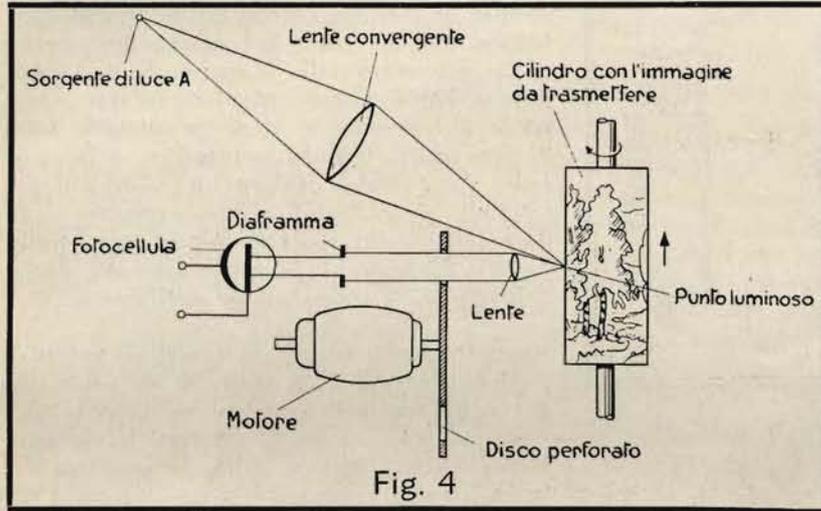


Fig. 3

La cosiddetta « *corrente fotoelettrica* », e quindi la relativa *tensione*, che si presenta ai capi della resistenza  $R$ , è molto piccola e va *amplificata*. Come risulta dalla fig. 3, la *caduta di tensione* agente in  $R$  è proporzionale alla *corrente fotoelettrica* e quindi all'*illuminazione*.

### La scomposizione dell'immagine

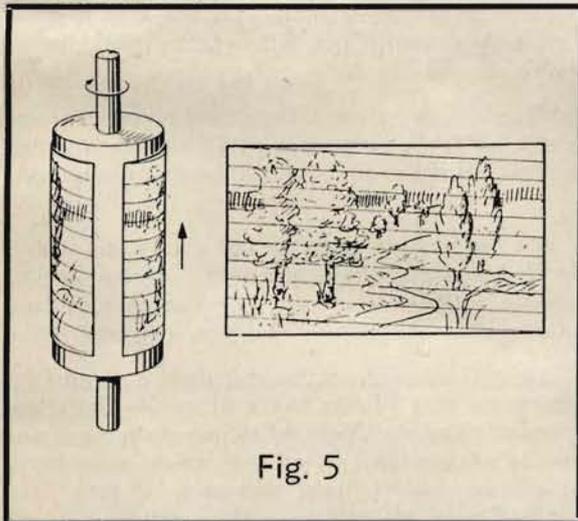
Come abbiamo spiegato prima, per trasmettere un'immagine bisogna che la luce, che colpisce la *fotocellula*, assuma successivamente un'intensità corrispondente ai vari punti dell'immagine. Consideriamo, per esempio, la



trasmissione di un'immagine qualsiasi o di una fotografia. In Europa sono in funzione svariati sistemi di *telegrafia delle immagini*, ma le parti essenziali sono tutte pressochè uguali. D'altronde, i diversi sistemi possono funzionare anche in collegamento tra loro. Vediamo un po' il sistema che è più usato in Svizzera, inventato dal francese Edouard Belin. Ne spiegheremo le caratteristiche essenziali con l'aiuto della figura schematica N. 4. L'*immagine da trasmettere* viene fissata a un *cilindro* del diametro di 66 mm, lungo 130 mm. Un *raggio di luce*, proveniente da una *sorgente luminosa A*, viene raccolto da una *lente convergente* e proiettato sul *cilindro*. Questo punto luminoso deve esplorare tutta l'immagine. Il mezzo più semplice consiste nel far ruotare il cilindro, spostandolo contemporaneamente in senso

*longitudinale*. Ne risulta quindi un *movimento a vite*.

Nella fig. 5 è indicata la traiettoria del punto luminoso sull'immagine; come si vede, l'esplorazione avviene successivamente, linea per linea. È ovvio che l'immagine trasmessa risulterà tanto più fedele all'originale, quanto maggiore sarà, per unità di lunghezza, il numero delle linee, nelle quali verrà scomposta l'immagine. In pratica bastano 4 o 5 linee per millimetro per ottenere una sufficiente finezza della riproduzione.



Prima abbiamo parlato di *punti*, mentre ora otteniamo delle *linee*. Però, se voi seguite il cammino dei raggi luminosi nella fig. 4, vedrete che, dopo una *seconda lente*, si trova un *disco perforato*. Esso è messo in rotazione da un *motorino*. Dietro al disco si trova la *cellula fotoelettrica*, contenuta in una *camera oscura* con una piccola *apertura*. Il *raggio luminoso* rimane *interrotto periodicamente* per un breve tempo dal *disco ruotante*; in tal modo le *linee* sono *suddivise in punti*.

L'immagine viene quindi ripresa dalla fotocellula per punti.

Gli impulsi di tensione, provocati nella resistenza  $R$  (fig. 3) dagli impulsi della *corrente fotoelettrica*, corrispondono ai singoli punti dell'immagine; poichè sono molto deboli, essi

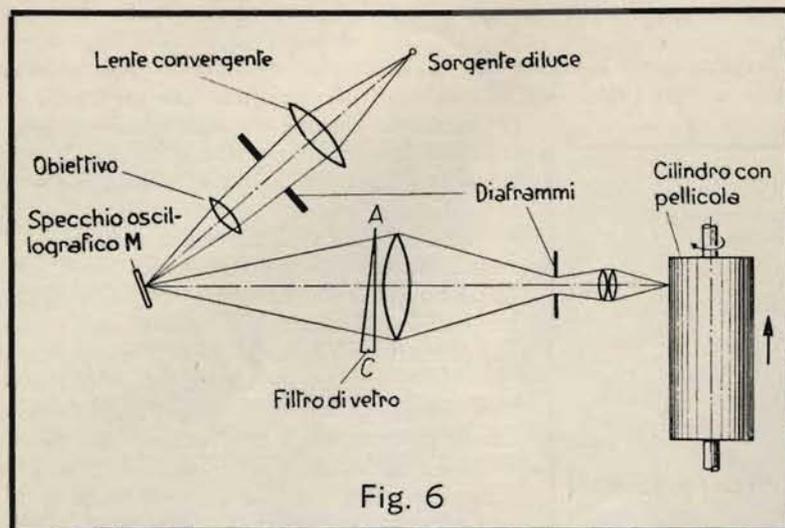
vanno successivamente *amplificati*.

Aggiungiamo alcune altre informazioni degne di nota. La *velocità di rotazione* del cilindro è relativamente *lenta*, poichè corrisponde a un *giro al secondo*. Pertanto (vedasi fig. 5) il dispositivo esplora, ogni *minuto secondo*, una *linea*. Il *disco ruotante*, da parte sua, produce *1000 impulsi luminosi o punti al secondo*. Dovendo trasmettere, per esempio, un'immagine del formato di 180 x 130 mm (il contorno del cilindro è di circa 200 mm) e supposto che si lavori con la spaziatura di 5 linee al millimetro, si ottengono  $130 \times 5 = 650$  linee. Poichè l'esplorazione di ciascuna linea richiede il tempo di un secondo, la suddivisione dell'immagine dura 650 secondi, ossia quasi 11 minuti. Ci ricorderemo di questo dato, quando tratteremo della *televisione*, poichè esso ci permetterà di fare degli importanti raffronti e di trarne le giuste deduzioni.

Prima di descrivere la *trasmissione dell'immagine esplorata*, che, come una comunicazione telefonica, può avvenire, in via di principio, tanto su un filo, quanto per via radio, vediamo come avviene la ricomposizione dell'immagine nella stazione ricevente.

## La ricomposizione dell'immagine

Consideriamo ora il procedimento inverso a quello che ha luogo nel trasmettitore. Si tratta della *trasformazione in luce degli impulsi di tensione amplificati*. I *dispositivi ottici* occorrenti sono semplicemente simbolizzati da alcune *lenti*, come nella parte trasmittente. Anche qui abbiamo un *sottile raggio di luce*, proveniente da una *sorgente luminosa* e raccolto attraverso *lenti e diaframmi*.



Questo raggio va a colpire uno *specchio mobile M*. Lo *specchio* è collegato con una *bobina mobile*, come nel galvanometro, che avete conosciuto nella Dispensa N. 8. La *bobina* è immersa nel campo di un *forte magnete permanente* e viene percorsa e fatta deviare dagli impulsi amplificati della *corrente fotoelettrica*. Questo dispositivo è denominato « *oscillografo elettromagnetico* ». La *deviazione dello specchio* è tanto più forte, quanto maggiore è la *luminosità del punto dell'immagine trasmessa in quell'istante*.

Successivamente il *raggio luminoso* incontra il *filtro grigio A-C*. Si tratta di un *prisma di vetro*, nel quale la *trasparenza* dipende dallo spessore. Presso lo spigolo *A* del *prisma* si ha la *massima trasparenza*; andando verso *C* aumenta lo spessore del vetro e quindi diminuisce la trasparenza. Quando la *corrente fotoelettrica* è forte e si ha la *massima deviazione dello specchio*, il *raggio* cade sullo spigolo *A*. In questo modo i raggi luminosi risultano, dopo il filtro, più o meno attenuati, secondo la deviazione dello *specchio*. Il sistema *Belin* impiega dunque una *sorgente di luce d'intensità costante* e realizza le variazioni di luminosità per mezzo dello *specchio mobile* e del *filtro a trasparenza progressiva*. Dopo la successiva *lente convergente*, abbiamo quindi un *raggio luminoso modulato nell'intensità*, il quale ci deve servire per riprodurre l'immagine trasmessa.

Mediante un altro *diaframma* ed un'altra *lente convergente*, il *raggio* viene diretto sul *cilindro ricevente*, identico naturalmente, nelle dimensioni, a quello trasmittente. Da quanto abbiamo spiegato è chiaro che il *cilindro ricevente* deve ruotare e spostarsi nell'identica maniera del *cilindro trasmittente*. Ritroviamo qui l'importante esigenza che già conoscete dalle telescriventi: il *sincronismo*.

Sul *cilindro ricevente* si applica della *carta sensibile*, ossia una *pellicola fotografica* sulla quale resta impressa l'intensità del raggio luminoso che la colpisce. Con lo *sviluppo* della pellicola ha termine l'operazione di trasmissione dell'immagine. Naturalmente il sistema consente di fare un numero qualsiasi di copie, utilizzando la *negativa fotografica*.

La *perfezione dell'immagine* riprodotta dipende, in primo luogo, dal *numero di punti* in cui essa viene suddivisa. Più il retino è fine e meglio risultano le sfumature e i piccoli particolari dell'immagine. Molto importante è anche il *filtro*, dal quale dipende se gli impulsi della *corrente fotoelettrica* sono ritrasformati in luce con fedeltà. Sono possibili anche *errori e difetti nelle lenti*, ma queste sono dispositivi che non ci riguardano.

Dobbiamo invece rivolgere la nostra attenzione al *sincronismo*. Gli *errori di sincronismo* mettono a soqquadro tutta l'immagine. Se, per esempio, il cilindro della stazione trasmittente gira più in fretta di quello della stazione ricevente, le linee non hanno termine nel punto giusto e i punti adiacenti dell'immagine primitiva non risultano quindi allineati l'uno sotto l'altro. Il comando del *motore d'azionamento* è quindi piuttosto complicato, in modo da assicurare il *sincronismo*. Senza entrare nei dettagli costruttivi, basti accennare al fatto che, per mantenere costante la *frequenza d'alimentazione* del motore, si impiegano dei *diapason*. Il *diapason* è quella *specie di forcilla metallica* che, percossa, emette una determinata nota e serve normalmente agli accordatori di pianoforte. L'utilità, per questi scopi, dei *diapason*, come quella dei *quarzi oscillanti*, è fondata sull'enorme *stabilità della frequenza di oscillazioni meccaniche*. I buoni *diapason* non danno deviazioni superiori al  $10^{-6}$ ; ciò significa, per esempio, che la frequenza di 1000 Hz è tenuta costante a meno  $10^{-3} = 0,001$  Hz. Per assicurare inoltre che le *linee* abbiano *inizio nel punto giusto*, si trasmettono dei *segnali di sincronismo*. Questi sbloccano, per effetto magnetico, un *arresto* che interviene ad ogni linea; in tal modo la rotazione del *ricevitore* risulta sempre *sincrona e in fase* con la rotazione del *trasmettitore*.

Il dispositivo ora descritto consente senz'altro di trasmettere le immagini in modo ineccepibile *attraverso linee*. Le caratteristiche delle linee non possono variare nel tempo di circa 11 minuti, occorrente per la trasmissione di un'immagine; pertanto la modulazione della luminosità non viene falsata.

## La trasmissione senza fili delle immagini

Come l'impiego delle normali telescriventi, così anche la *trasmissione delle immagini col sistema testè descritto* non è effettuabile, in pratica, per via radio.

Comprenderete certamente come mai non sia possibile usare le *correnti fotoelettriche* per modulare un'onda portante ad alta frequenza. La trasmissione di un'immagine dura circa 11 minuti. Durante questo periodo non dovrebbe avvenire alcun *fenomeno d'evanescenza (fading)*, poichè ciò determinerebbe delle variazioni supplementari dell'intensità luminosa. Bisogna ricorrere quindi a un sistema di modulazione che sia indipendente dall'ampiezza delle oscillazioni.

### La modulazione di tempo

Questo procedimento è stato ideato da Edouard Belin. *Gli impulsi fotoelettrici di intensità differente vengono tramutati in modo, che l'ampiezza rimanga costante, ma varii invece, in funzione dell'intensità della corrente fotoelettrica e quindi della luminosità, il tempo, ossia la durata degli impulsi stessi.*

La fig. 7 illustra come avviene questa trasformazione. Gli impulsi più forti corrispondono ai segnali più prolungati.

Il procedimento si inizia sempre con l'esplorazione dell'immagine e la trasformazione dell'intensità luminosa in correnti elettriche, come abbiamo visto prima. La *corrente fotoelettrica* viene ora applicata ad un *oscillografo elettromagnetico*, come quello descritto per il ricevitore, e provoca la deviazione dello *specchietto* (fig. 8). Il raggio riflesso dallo specchio va a colpire un *disco ruotante* dotato di *fenditure radiali rettangolari*, di larghezza costante. Segue una *lente*, che converge il raggio luminoso su una *cellula fotoelettrica*. Il trucco del congegno consiste nel fatto che *la velocità di rotazione del disco è minore al centro e maggiore alla periferia*. Quindi, *se il raggio luminoso cade sul disco nel punto A, esso passa attraverso la fenditura per un tempo più lungo, che non quando cade nel punto B*. Lo spo-

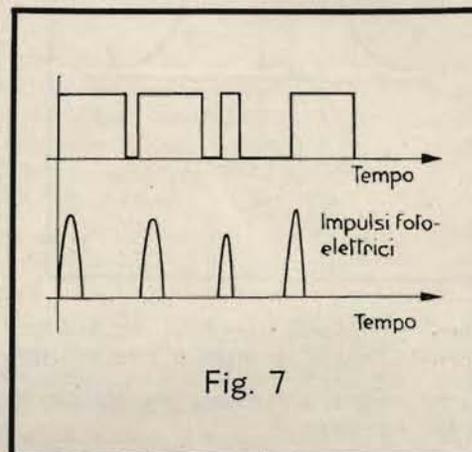


Fig. 7

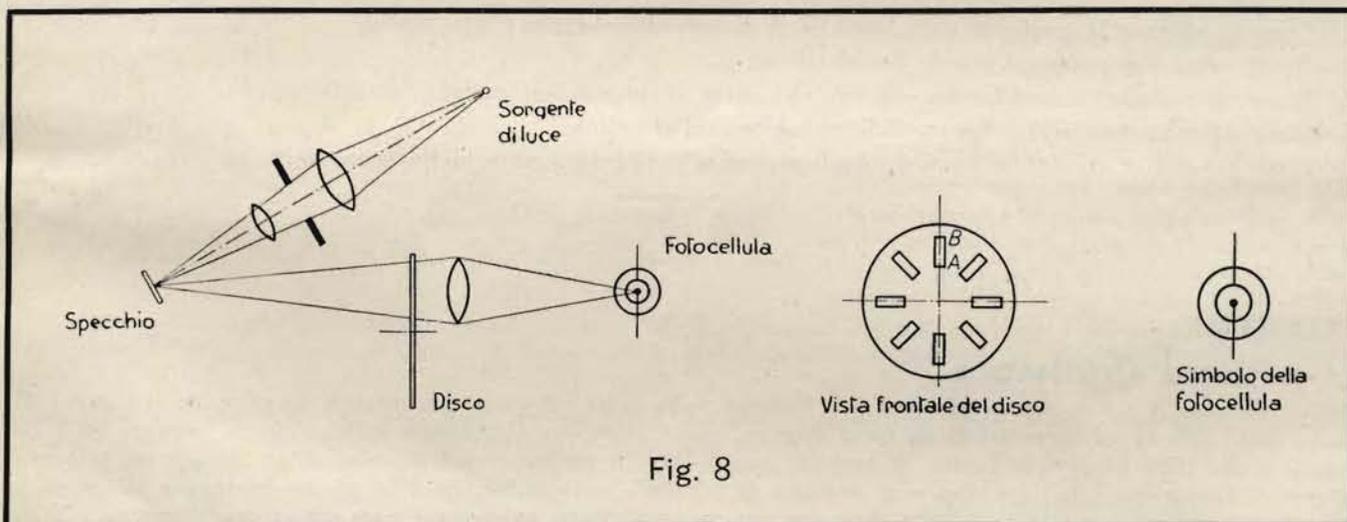


Fig. 8

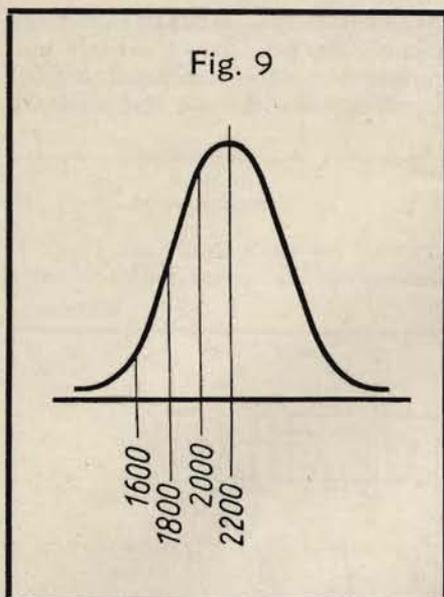
stamento del raggio da A a B dipende dalla posizione dello specchio e quindi dall'intensità della corrente fotoelettrica ottenuta nell'esplorazione. In tal modo è possibile realizzare l'effetto voluto, indicato dalla fig. 7.

E che cosa si ottiene con questa speciale modulazione? *Le variazioni d'ampiezza dell'onda portante non possono più disturbare la giusta distribuzione dei chiaroscuri, poichè la luminosità non dipende dall'ampiezza, ma unicamente dalla lunghezza degli impulsi.*

Un'altra possibilità è quella di realizzare una *specie di semplice modulazione di frequenza*. Ciò significa che *la frequenza può variare attorno a un valore medio; lo scostamento da tale valore determina la luminosità del punto dell'immagine considerato*. Per esempio, si fa corrispondere ad una *luminosità media* la frequenza di 1800 Hz.

I *punti oscuri* sono rappresentati dalla frequenza di 1 600 Hz, mentre il *bianco perfetto* corrisponde a 2000 Hz.

Accenneremo brevemente al metodo che consente questa *tramutazione della luminosità in variazione di frequenza*. La suddivisione dell'immagine in una successione di impulsi di corrente avviene per mezzo di una *fotocellula*, come sopra descritto. Le *correnti fotoelettriche* vengono *amplificate* e servono a spostare, secondo la loro intensità, il *nucleo ferromagnetico* della bobina di un *circuito oscillante*. Esse vengono inviate in un *avvolgimento ausiliario* e, quando sono più forti, fanno uscire maggiormente il *nucleo di ferro* dalla bobina del *circuito oscillante*. Ne deriva una diminuzione dell'induttanza e, di conseguenza, secondo la formula di Thomson (40), una *frequenza più elevata*. In base ai valori indicati più sopra, la *frequenza del circuito di risonanza*, inserito nel circuito anodico di una valvola, deve essere, per una *luminosità media*, uguale a 1800 Hz.



In via di principio si può impiegare lo schema della fig. 18 della Dispensa N. 17. Trattandosi anche qui di produrre un'oscillazione, come in qualsiasi radiotrasmittitore. Soltanto che i valori dell'induttanza e della capacità devono essere molto più elevati, date le basse frequenze in gioco. L'onda portante, usata per l'esercizio senza fili, viene ora modulata con la BF variabile, secondo la luminosità. In tal modo la luminosità, che distingue ciascun punto dell'immagine, dipende unicamente dalla frequenza di modulazione; le eventuali variazioni di ampiezza, che intervengono per effetto di fading, non arrecano più alcun disturbo.

Nel ricevitore bisogna ritrasformare le variazioni di frequenza in variazioni di corrente e quindi in valori di luminosità. La BF variabile può essere ricavata senza difficoltà dall'AF modulata impiegata per la radiotrasmissione; il sistema è identico a quello applicato nei radiorecettori a demodulazione diretta. Nel successivo stadio di amplificazione bisogna poi provvedere alla limitazione dell'ampiezza delle oscillazioni. Per ottenere la demodulazione senza rischio di errori, bisogna che le ampiezze delle frequenze che qui interessano, comprese cioè tra 1600 e 2000 Hz, siano tutte uguali. Le oscillazioni di frequenza variabile, ma di ampiezza costante, così ottenute, si adducono ora a un semplice circuito oscillante accordato, per esempio, su 2200 Hz. Come si vede nella fig. 9, aumentando la frequenza, si ottengono nel circuito oscillante ampiezze mag-

giori. Si procede quindi al raddrizzamento di queste correnti alternate, ottenendo la medesima variazione di corrente che è risultata nel trasmettitore.

Come vedete, con una certa abilità, è possibile evitare le difficoltà e ottenere una riproduzione ineccepibile delle immagini.

#### Domande

1. Come si effettua la trasformazione della luce in corrente elettrica?
2. Di che cosa è costituito il catodo fotoelettrico?
3. Come si realizza la suddivisione di un'immagine in impulsi di corrente fotoelettrica?
4. Come si ottengono i chiaroscuri dell'immagine nel ricevitore?
5. Quali sistemi di modulazione sono applicati nella radiotrasmissione delle immagini?

## TELEFONIA

### LA SELEZIONE AUTOMATICA

Nella Dispensa N. 19 ci siamo occupati per l'ultima volta della *selezione automatica*, descrivendo il *sistema rotativo Bell*. Ora ci occuperemo di un terzo sistema, che è stato completamente sviluppato in Svizzera ed è costruito dalla Ditta Hasler di Berna. Si troverà strano che, in un paese così piccolo, si sia riscontrata la convenienza di studiare e introdurre un terzo sistema di telefonia automatica, quando già ne esistevano ed erano in uso due, portati sul mercato da due ditte importantissime, l'una tedesca e l'altra americana (Siemens e Standard-Bell). Fatto sta che ciascun sistema presenta i suoi vantaggi, cosicchè non si può dare ad alcuno l'assoluta preferenza. Descriviamo il *sistema Hasler* per ultimo, perchè la spiegazione delle varie sue parti e del loro funzionamento risulta un po' più complicata che per il *sistema rotativo*.

Nei primi due sistemi abbiamo conosciuto molti organi d'importanza fondamentale, che si ripetono anche nel sistema Hasler con piccole modifiche. Faremo quindi una descrizione particolareggiata soltanto delle novità di questo sistema.

#### Il sistema della S.A. Hasler di Berna

Si tratta di un *sistema indiretto*. Ciò significa che gli impulsi emessi dal disco combinatore non vanno ad azionare direttamente i selettori. Troveremo quindi un *registratore*, che riceve gli impulsi e comanda i selettori.

#### La marcatura

L'idea nuova del *sistema Hasler* è la *marcatura*. Vi spiegheremo subito di che si tratti. Nei sistemi descritti finora i selettori, che realizzano il collegamento, vengono portati, a passo a passo, fino alla posizione richiesta. Ciò avviene o *direttamente*, o tramite il *registratore*. Nei *selettori a cento posti* del *sistema Hasler*, le lamelle di contatto, appartenenti al collegamento richiesto, vengono *marcate* per mezzo di una *tensione determinata*. I *selettori* ruotano, finchè incontrano la *posizione marcata*, nella quale si arrestano. Per questa ragione i *selettori* sono chiamati qui « *cercatori* ». Gli impianti Hasler necessitano perciò di *speciali circuiti di marcatura*. La parte principale di questi è costituita dai *marcatori*, che sono dei piccoli *selettori a rotazione*, i quali, pur senza effettuare il collegamento vero e proprio, *contrassegnano l'attacco richiesto*.

## Il cercatore Hasler a 100 posti

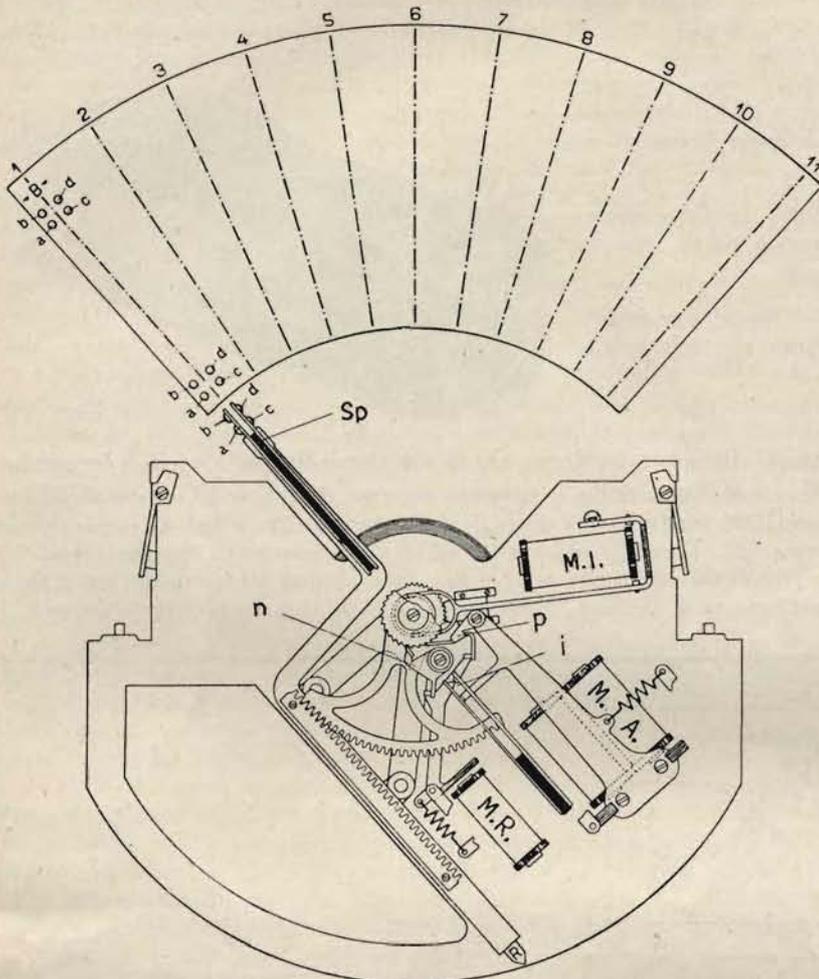


Fig. 10

dell'utente chiamato. Attraverso questo contatto, infatti, vengono inoltrati gli impulsi ai circuiti di marcatura. Quando l'utente chiamato solleva il ricevitore, il conteggio della conversazione avviene pure attraverso il contatto *d*.

Quando, al termine della conversazione, gli utenti riappendono i ricevitori, viene eccitato il *magnete di ripri-*

Prima di proseguire nell'esame dei principi su cui si basa il funzionamento di un impianto completo, osserviamo in dettaglio il *cercatore a 100 posti Hasler* (dell'anno 1931), servendoci della fig. 10. Come i *selettori Siemens*, così i *cercatori Hasler* sono azionati individualmente. Invece la *disposizione dei 100 posti d'attacco è differente*. Il *banco dei contratti* non si trova sulla superficie di un *cilindro*, come nei due sistemi già considerati, ma in un piano.

Il *cercatore* compie *due movimenti diversi*: dapprima una *rotazione*, quindi uno *spostamento longitudinale*. Quest'ultimo movimento è una specie di *scorrimento della spazzola*, che va a *tuffarsi* tra le *lamelle di contatto*.

Entrambi i movimenti sono provocati dallo stesso *magnete d'azionamento M.A.*, che attua dapprima la *rotazione* mediante il *puntone p*. Il *contatto di interruzione* *i* fa sì che, dopo ogni passo, il *puntone* ritorni ad innestarsi in un altro dente della ruota. Terminata la prima serie di impulsi, entra in azione il *magnete d'innesto M.I.*

Il movimento rotativo viene disinnestato ed entra in funzione il *settore dentato* che, ingranando nell'*asta a cremagliera*, provoca lo spostamento rettilineo in avanti della *spazzola sp*. Come vedete dalla figura, la *spazzola* chiude 4 *contatti (a, b, c, d)*, non più soltanto tre, come nel sistema *Siemens*.

I contatti *a* e *b* collegano le normali linee di conversazione, *c* serve, al solito, per la *prova della linea libera*. Il contatto *d* occorre, in un primo tempo, nella ricerca

l'utente chiamato. Attraverso questo contatto, infatti, vengono inoltrati gli impulsi ai circuiti di marcatura. Quando l'utente chiamato solleva il ricevitore, il conteggio della conversazione avviene pure attraverso il contatto *d*.

Quando, al termine della conversazione, gli utenti riappendono i ricevitori, viene eccitato il *magnete di ripri-*

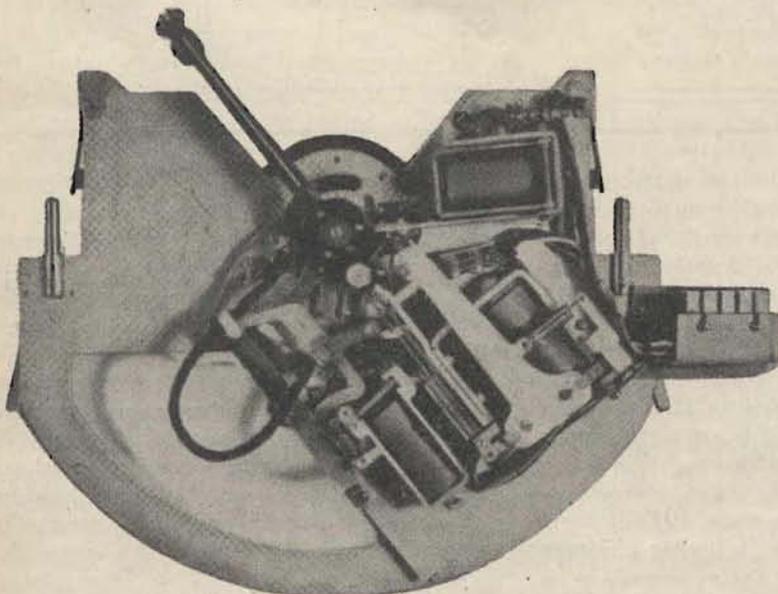


Fig. 11

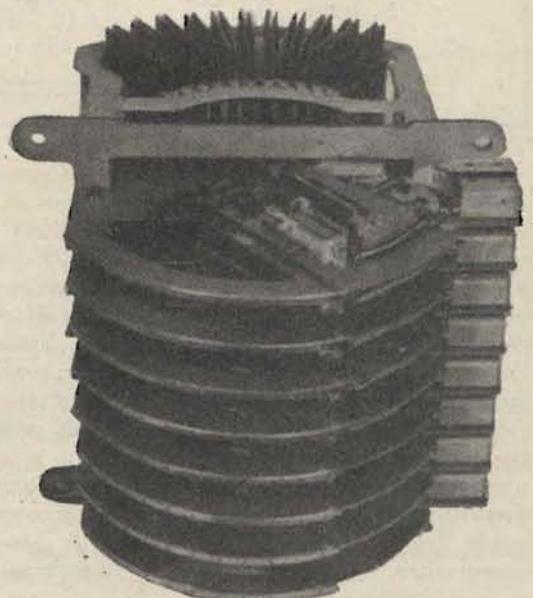


Fig. 12

stino M.R. Esso sblocca i *nottolini d'arresto n*, che impedivano il ritorno della *spazzola*; di conseguenza questa ritorna nella posizione iniziale per effetto delle molle di richiamo.

I *cercatori a 100 posti* (fig. 11) vengono uniti a 8 per volta in un unico telaio, e costituiscono un cosiddetto « *cestello* » (fig. 12).

### I marcatori

Gli speciali commutatori usati come *marcatori* sono di costruzione assai semplice.

Nella fig. 13 si riconosce il *tamburo di contatto* (nella parte anteriore del marcatore) che, ruotando a passo a passo, consente di eseguire i collegamenti necessari.

Per tutti i *marcatori* e *selettori di registratore* basta una sola *corona di dieci contatti*, non tre o quattro come nei selettori e cercatori normali.

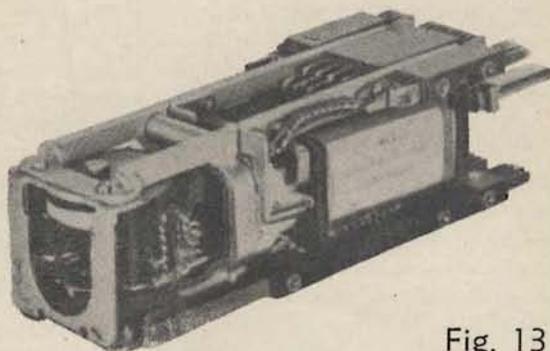


Fig. 13

### Formazione del collegamento

Naturalmente, anche nel *sistema Hasler* occorre il *disco combinatore*, che permette di formare le cifre decadiche. Nella fig. 14 è rappresentata schematicamente, cioè trascurando il numero enorme di *relè* e di *contatti*, la formazione di un collegamento in un impianto di 1000 utenti, ove i numeri sono quindi a tre cifre. Si suppone che l'utente numero 621 voglia parlare col numero 622. L'utente chiamante solleva il ricevitore; contrariamente al *sistema Bell*, i 7 o 8 *cercatori di chiamata a 100 posti*, che contengono nel loro *banco di contatti* un attacco proveniente dall'utente chiamante, non si mettono in rotazione. Frammezzo c'è infatti un piccolo *selettore*, il

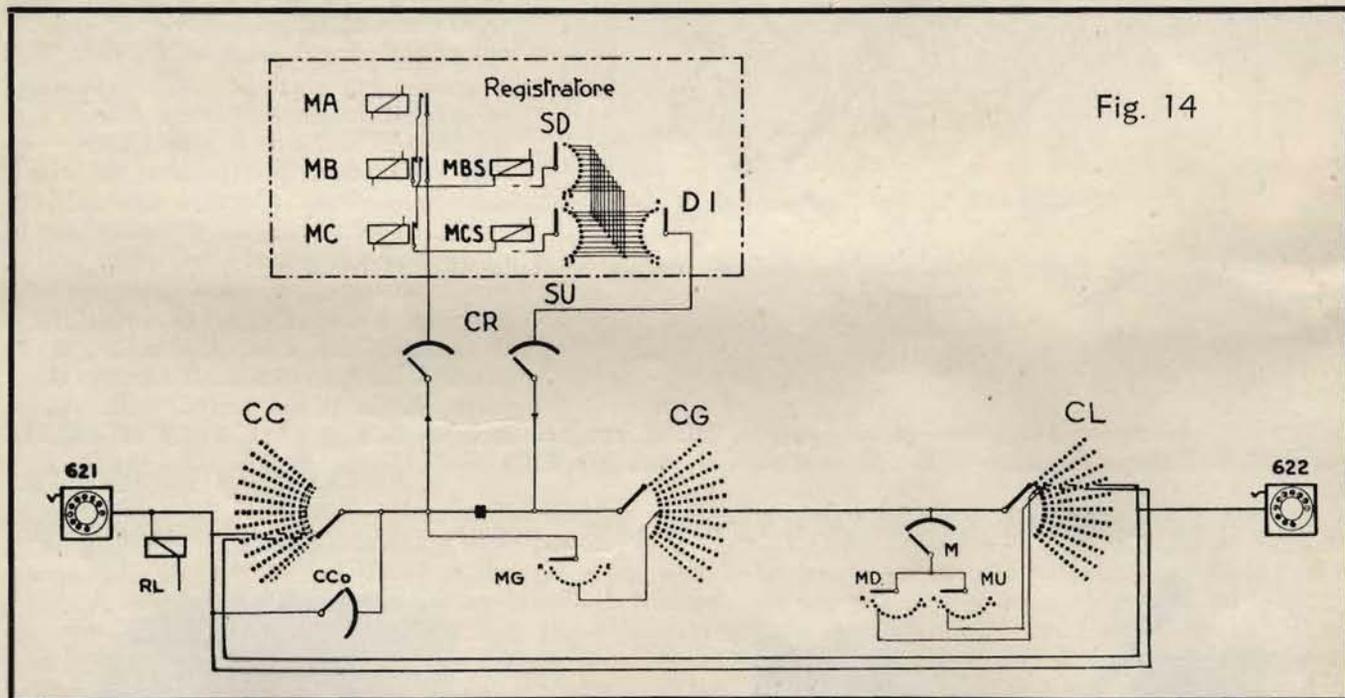


Fig. 14

cosiddetto « *cercatore di cordone* ». Come abbiamo detto, si impiegano dei *cercatori di chiamata a 100 posti*, che abbracciano 100 utenti. Per ognuno di questi gruppi di utenti è messo a disposizione un solo *cercatore di cordone*, che è un piccolo *selettore a dieci posti*, simile al *preselettore* del sistema Siemens. Quando l'utente solleva il ricevitore, si eccita il *relè di linea RL*, il quale mette in rotazione il *cercatore di cordone CCo*. I sette o otto *cercatori di chiamata* del gruppo sono allacciati alle uscite del *CCo*. Questo si ferma automaticamente, in corrispondenza del primo *cercatore di chiamata libero* che incontra; il *cercatore di chiamata CC* inizia la rotazione, andando in cerca dell'utente chiamante, contraddistinto dal fatto che è eccitato il relativo *relè di linea*. Con ciò è terminato il compito del *cercatore di cordone*, che rimane subito disponibile per altre operazioni, mentre il *cercatore di chiamata* è occupato per tutta la durata della conversazione. Contemporaneamente al *CC* viene impegnato anche un *cercatore di gruppo CG*, occorrente per il proseguimento del circuito. C'è poi un altro organo messo pure per breve tempo a disposizione dell'utente chiamante: il *registrazione*, inserito anch'esso per opera di un piccolo *selettore a rotazione CR*. Questo *cercatore di registratore CR* si mette in moto, subito dopo la fermata del *CC*, col quale è accoppiato come il *CG*; trova un *registrazione* disponibile, lo occupa e lo rende pronto a ricevere gli impulsi di selezione. L'utente chiamante riceve il segnale di centrale, trasmesso dal *registrazione*, e sa di poter iniziare la formazione del numero.

Il *registrazione*, del quale sono disegnati solo pochi *relè* e *selettori*, *raccoglie gli impulsi*. Nello schema della figura 14 la prima cifra, cioè il 6, non viene registrata, poichè il *cercatore di gruppo* si trova già a disposizione.

Avendo i *cercatori di linea* soltanto 100 attacchi, occorrono, anche nel sistema *Hasler*, i *cercatori di gruppo*, ma quando il numero degli utenti non supera il migliaio, ne basta un ordine solo. Pertanto la prima serie di impulsi agisce sull'apposito *marcatore MG*. Si tratta di un piccolo *selettore* che, a seguito dei 6 impulsi, va a disporsi sul *sesto contatto*. Con ciò viene applicata una *tensione caratteristica* al *sesto passo di rotazione del cercatore di gruppo*, il quale non può così superare tale posizione. Appena essa è raggiunta, agisce il *magnete d'innesto del CG* e la *spazzola* si infila nel *banco dei contatti*, ove sono allacciati tutti i *cercatori di linea* che servono gli utenti dei numeri dal 600 al 699. Il primo *cercatore di linea*, incontrato libero, viene subito occupato e risponde alle ultime due cifre del numero (22 di 622). La seconda e la terza cifra sono raccolte dal *registratore* anche se il *CG* non è ancora nella posizione definitiva. La seconda cifra aziona il *selettore delle decine SD* per mezzo del *relè MB* e del *magnete di rotazione MBS*. Nel nostro esempio, il *selettore* fa 2 passi. L'utente chiamante procede nella formazione del numero; avviene una commutazione nel *registratore*, per la quale, attraverso al *relè MC* ed al *magnete MCS*, viene ora azionato il *selettore delle unità SU*. Anche questo compie due passi, e così il numero dell'utente chiamato è immagazzinato nel *registratore*.

Nell'istante stesso in cui il *cercatore di gruppo* ha trovato un *cercatore di linea* libero, viene messo in funzione un *cercatore-marcatore M*. Questo cerca il *CL* occupato, collegandolo col *registratore* e coi *marcatori MD* e *MU*. Anche il *cercatore-marcatore* è un piccolo *selettore decadico a rotazione*; esso possiede però diverse corone di contatti, dato il numero maggiore di circuiti da commutare. Viene ora una parte interessante: il *comando dei marcatori* da parte del *registratore*. Serve a ciò il cosiddetto *datore d'impulsi DI* contenuto nel *registratore*. Anch'esso non è altro che un piccolo *selettore a rotazione, a 10 passi*, corrispondenti alle 10 cifre. Non appena il *cercatore-marcatore* ha designato il *CL* libero ed allacciato il *circuito di marcatura*, ha inizio la rotazione del *datore di impulsi*. Come risulta dallo schema di principio, le uscite dei *selettori* nel *registratore* e quelle del *datore di impulsi* sono collegate tra loro.

Come abbiamo visto, all'emissione della seconda cifra si mette in funzione il *selettore delle decine SD*, il quale va a disporsi sul secondo contatto (622), applicando ad esso la *tensione caratteristica*. Il *datore d'impulsi* inizia la rotazione ed emette ad ogni passo un impulso, che va ad azionare il *marcatore delle decine MD*. Quando arriva al contatto contrassegnato dalla *tensione caratteristica*, il *datore di impulsi* si ferma. In tal modo la posizione del *selettore SD* viene ripetuta dal *marcatore MD*. Segue una breve pausa, durante la quale il *datore di impulsi* ritorna nella posizione di partenza, mentre avviene l'azionamento del *selettore delle unità SU*, che va a disporsi sul secondo contatto (622). Anche nel *circuito di marcatura* è avvenuta, nel contempo, la commutazione dal *marcatore delle decine MD* a quello delle unità *MU*. Il *datore di impulsi* esplora quindi la posizione del *selettore SU*, emettendo due impulsi che vanno a comandare *MU*. Quando entrambi i *marcatori* sono in posizione, si mette in moto il *cercatore di linea CL*, il quale automaticamente si porta sul contatto corrispondente all'utente chiamato, essendo tale contatto marcato dalla posizione dei due *marcatori*. Il *marcatore delle decine* provoca infatti l'arresto della rotazione del *CL* dopo il secondo passo. Successivamente, il *marcatore delle unità* fa sì che lo spostamento longitudinale della *spazzola* abbia termine al contatto voluto. A questo punto, il collegamento tra gli utenti 621 e 622 è realizzato; il *registratore* e i *marcatori* hanno pertanto assolto il loro compito e si distaccano quindi dal collegamento per mettersi a disposizione di altri utenti chiamanti. Tutti questi dispositivi come i *registratori*, i *marcatori*, i *selettori-marcatori*, che rendono l'impianto apparentemente così complicato, occorrono soltanto in piccolo numero. La *formazione del collegamento dura generalmente solo pochi secondi*; per questa ragione, per un insieme di 8 *CC*, 8 *CG* e 8 *CL*, non si impiegano che 2 o 3 *registratori* e *circuiti di marcatura*.

Voi chiederete forse a che servono tante ripetizioni degli impulsi di chiamata, attraverso il disco combinatore, i *selettori* del *registratore*, i *marcatori* ed infine gli effettivi organi di collegamento. La ragione principale è che i *piccoli selettori, dotati di un solo banco di contatti, funzionano altrettanto facilmente di un comune relè, mentre risparmiano l'impiego di vari relè commutatori*. Inoltre abbiamo i medesimi vantaggi del *registratore*, che abbiamo già illustrato per il sistema *rotativo Bell*. Qui però questi vantaggi non si ottengono con l'aiuto di *relè*, ma mediante *selettori*.

A ciò si aggiunga che le *centrali Hasler* sono spesso impiegate nelle *reti rurali*, generalmente assai più estese di quelle urbane. Per le maggiori lunghezze delle linee di collegamento con gli utenti, gli impulsi di chiamata pervengono sovente alla centrale alquanto deformati. Questo fatto, come pure eventuali inesattezze nella rotazione del disco combinatore, potrebbero provocare dei disturbi. Tale possibilità è molto ridotta, quando gli impulsi del disco combinatore non vanno ad azionare direttamente i *selettori principali*, ma solamente i *piccoli selettori di registratore*, che rispondono più rapidamente e sicuramente.

Appena realizzato il collegamento con l'utente 622, viene applicata alla linea la *corrente alternata di chiamata*, come negli altri sistemi. La *suoneria* viene azionata ogni cinque secondi, finché l'utente chiamato solleva il ricevitore. In questo istante comincia a fluire nella linea la *corrente d'alimentazione*, la quale, attraverso un *relè*, provoca il distacco della *corrente di chiamata*.

Contemporaneamente il *contatore telefonico* registra la conversazione avvenuta, naturalmente tassando il solo utente chiamante. Al termine della conversazione, il collegamento si annulla, non appena l'utente chiamante ha riappeso il ricevitore. Il *relè di linea* non è più percorso da corrente e pertanto il *cercatore di chiamata* ri torna nella posizione di riposo. Nello stesso tempo vengono azionati i *magneti di ripristino dei CG* e *CL*. Tutti i *relè* si diseccitano e il collegamento è completamente annullato.

Nel caso che l'utente chiamato risulti occupato, il collegamento iniziato viene subito annullato. Il *registratore* ed i *marcatori* si distaccano, infatti, subito dopo la messa in posizione del *cercatore di linea*. Se questo incontra però una *linea occupata*, tanto il *cercatore di gruppo* che quello di *linea* si distaccano, mettendosi a disposizione di altri utenti. L'utente chiamante riceve da questo momento il segnale di *occupato*, che equivale

ad un invito a riappare il ricevitore. Non appena ciò avviene, si libera anche il *cercatore di chiamata*, come abbiamo spiegato più sopra, e il collegamento si annulla completamente, senza che in questo caso la comunicazione venga tassata.

Da quanto abbiamo spiegato in precedenza è ovvio che, per ampliare la centrale fino a 10 000 utenti, occorre inserire un *secondo cercatore di gruppo (II CG)*. In questo caso bisogna predisporre il *registratore* in modo che possa accogliere *tre cifre*. Il *II CG* è inoltre servito da un *marcatore semplice*. L'intero sistema è fondato su una *base decadica*, come il sistema Siemens. Il *registratore* non compie alcuna trasformazione numerica, contrariamente a quanto avviene nel sistema Bell per i selettori più grandi.

Terminiamo così la descrizione delle singole centrali telefoniche. In seguito esamineremo anche come avviene il funzionamento in collegamento tra centrali di differenti sistemi. Tale esigenza è divenuta indispensabile, dal momento che si sta introducendo anche nelle reti italiane la *chiamata celere*, che ora consente, almeno per le località viciniori, di formare direttamente il numero dell'utente chiamato anche nei collegamenti interurbani, senza necessità di richiedere lo smistamento manuale. Nella Svizzera, ove tale perfezionamento è ormai largamente diffuso, è oggi possibile, in pratica, telefonare automaticamente a qualsiasi località, come se tutto il paese costituisse una sola centrale automatica.

### Domande

1. Che tipo di sistema automatico è quello sviluppato dalla Ditta Hasler di Berna?
2. Quali sono gli organi d'azionamento del cercatore Hasler?
3. Qual è la caratteristica più saliente del sistema Hasler?
4. Quanti sono i marcatori che dirigono il cercatore di linea?

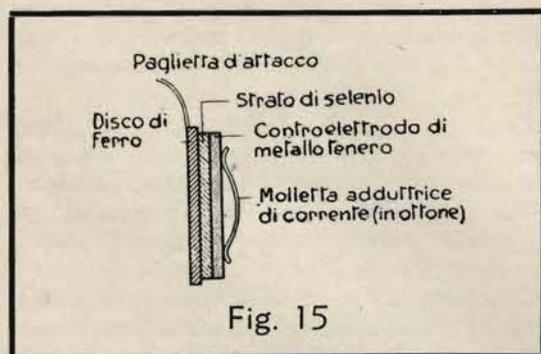
### Risposte alle domande di pag. 6

1. La trasformazione della luce in corrente elettrica avviene per mezzo della fotocellula.
2. Il catodo fotoelettrico è costituito da una piastrina d'argento coperta da un sottile strato di cesio.
3. La scomposizione dell'immagine in impulsi fotoelettrici si effettua, proiettando un raggio luminoso convergente su un tamburo ricoperto con l'immagine da trasmettere. Grazie al movimento elicoidale del tamburo, il raggio va a colpire successivamente ciascun punto dell'immagine. Il raggio riflesso dall'immagine attenuato più o meno, secondo la luminosità dei singoli punti, viene guidato su una fotocellula, nella quale subisce la trasformazione desiderata.
4. La variazione della luminosità nel ricevitore si ottiene, deviando il raggio luminoso mediante uno specchio oscillografico e attenuando il raggio con un filtro di vetro, in misura maggiore o minore, secondo il punto nel quale il raggio va a cadere, per la maggiore o minore deviazione dello specchio.
5. Nella trasmissione senza fili delle immagini si impiega la modulazione di tempo, oppure una specie di modulazione di frequenza semplificata.

## RADIOTECNICA

### IL RADDRIZZATORE A SECCO

Nel Capitolo sulla *telefonia a frequenze vettrici* abbiamo accennato ai *raddrizzatori a secco*, che servono per costruire i *modulatori ad anello*. In quel caso abbiamo una *modulazione o spostamento di frequenza*; gli identici elementi si utilizzano, però, anche semplicemente per *raddrizzare la corrente alternata*. Anche negli *apparecchi radio* si impiegano oggi in misura crescente i *raddrizzatori a secco* in luogo delle valvole raddrizzatrici. Il *vantaggio* enorme di questi raddrizzatori, rispetto alle valvole, è quello di *non richiedere l'accensione*; ne consegue pertanto una maggiore facilità nell'uso.



Il tipo oggi più impiegato è quello del *raddrizzatore a ferro e selenio* (più brevemente detto « *raddrizzatore al selenio* »), di cui esamineremo più dettagliatamente la struttura ed il funzionamento (fig. 15). L'impiego di questi elementi è fondato su un *effetto analogo a quello del detector a cristallo*. Un *elemento raddrizzatore* è costituito fondamentalmente da un *disco di ferro nichelato*, ricoperto da un lato con uno strato (ottenuto mediante applicazione a spruzzo) di *selenio*, un metallo grigiastro

e fragile. Applicando una *tensione continua* regolabile, l'elemento viene attraversato da una corrente dell'intensità indicata nel diagramma della fig. 16. Quando al disco di ferro è applicato il polo positivo, la corrente aumenta molto fortemente, a partire da 0,2 V. Si osserva quindi che la *resistenza dell'elemento*, nella direzione *dal ferro al selenio*, è *molto piccola*. Invertendo la polarità, le cose cambiano. Osservate che, nella fig. 16, è stata usata una scala completamente diversa per il grafico riferito a questa direzione della corrente. Fino a 4 volt non passa alcuna corrente; dopo si ha un lento aumento. In altre parole: *quando il selenio è positivo, la resistenza dell'elemento raddrizzatore è elevatissima*.

Se si applica ora una *tensione alternata*, si ottiene una *notevole corrente* solo durante la *semionda*, nella quale il ferro è *positivo rispetto al selenio*. Nell'altra direzione invece la corrente è *bloccata*.

La caratteristica riportata nel lato destro della fig. 16 assomiglia molto a quella di una *valvola raddrizzatrice*; dal lato sinistro della figura risulta invece che, a differenza di questa, si ha qui una *piccola corrente anche nella direzione inversa*. Mentre infatti le valvole possono bloccare senza difficoltà un'ampiezza della tensione alternata di alcune centinaia di volt, i *raddrizzatori a secco* ne portano solo 10-15 V. Per le tensioni più elevate bisogna mettere quindi in serie un numero di elementi sufficiente per sopportare l'ampiezza della tensione alternata nella direzione inversa. Come potete rilevare dall'unità di misura riportata nella fig. 16 presso l'asse verticale, *l'intensità di corrente dipende dalla superficie della piastra*. Più le piastre di selenio sono grandi, e maggiore è la corrente continua che si può prelevare. D'altra parte, maggiore è il numero degli elementi collegati in serie, e più elevato diviene il valore della tensione alternata raddrizzabile.

Per terminare vi mostriamo lo schema del cosiddetto «*ponte di Grätz*»,

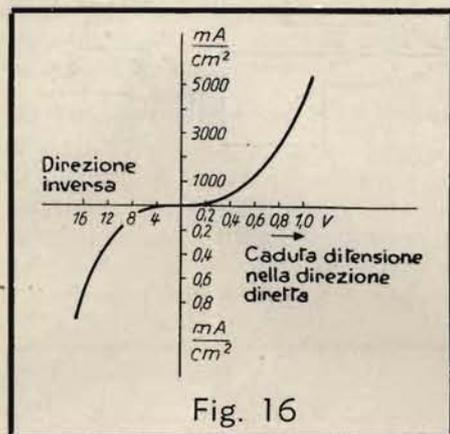


Fig. 16

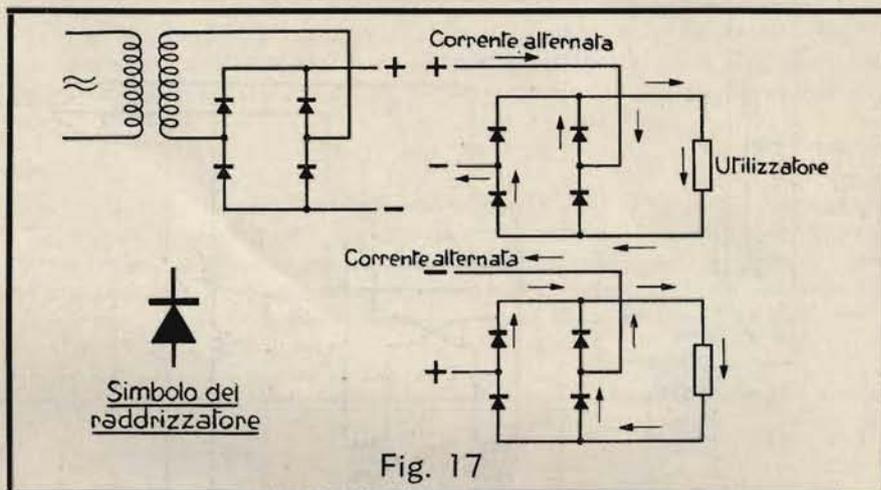


Fig. 17

molto usato con i *raddrizzatori a secco*. Collegando convenientemente *quattro elementi o quattro colonne di dischi* (quando le tensioni in giuoco sono più elevate), si può fare in modo che la corrente attraversi, ad ogni semionda, le resistenze di carico nella medesima direzione. Per far ciò non occorre alcun *trasformatore di controfase*. Si osservi che la successione degli *elementi raddrizzati*, nel *ponte di Grätz*, è differente da quella del *modulatore ad anello*. Gli schizzi della fig. 17 consentono di seguire con facilità la direzione della corrente nelle due semionde.

Avete conosciuto così ancora un altro organo molto importante, malgrado la sua semplicità, nella tecnica delle telecomunicazioni.

## TELEFONIA

### LA TELEDIFFUSIONE SULLE RETI TELEFONICHE

Per quanto la trasmissione per radio di notizie e di musica, realizzata senza fili, sia tecnicamente elegante, pure essa comporta diversi inconvenienti. Non occorre nemmeno che pensiamo ai temporali ed agli altri disturbi diretti, che alle volte possono rovinare completamente il godimento di una radioaudizione. Anche la *scarsità d'onde* ha fatto sì che le *bande di trasmissione* delle diverse stazioni abbiano dovuto essere molto *avvicinate tra loro*, e perfino che *alcune stazioni trasmettano programmi differenti con la medesima onda*. Ne conseguono spesso interferenze e disturbi reciproci tra le diverse stazioni. In questi casi non rimane altro che rinunciare ad ascoltare la stazione disturbatrice, anche se il suo programma ci interessava in modo particolare. Questi inconvenienti vengono evitati con la *telediffusione sulle reti telefoniche* che, particolarmente in Svizzera, ha raggiunto un certo grado di perfezione. (In Italia, fino ad ora, la *telediffusione* non è stata ancora introdotta).

La *telediffusione* non è altro che la *trasmissione dei programmi radiofonici per mezzo delle linee telefoniche*, e significa pertanto *assenza di disturbi e ricezione chiara*. Esistono due possibilità fondamentali per realizzare la *telediffusione*; in Svizzera sono impiegate entrambe.

#### 1) Telediffusione a bassa frequenza

Con questo sistema il programma viene trasmesso agli utenti come se fosse una comunicazione telefonica. Pertanto, sulla linea che collega l'utente alla centrale, può essere trasmesso *un solo programma per volta*, poiché non esiste un'AF modulata, la quale soltanto potrebbe rendere possibile la separazione di differenti trasmissioni, come avviene nella radio. La selezione del programma desiderato deve avvenire quindi nella centrale. È dunque necessario che i differenti programmi vengano inoltrati *per mezzo di linee* dagli *studi radiofonici alle centrali telefoniche*. Le vostre cognizioni di telefonia automatica vi permetteranno di indovinare facilmente che ad ogni abbonato alla *telediffusione* viene assegnato un piccolo *selettore*, situato nella centrale e allac-

Telediffusione a bassa frequenza. Schema delle connessioni

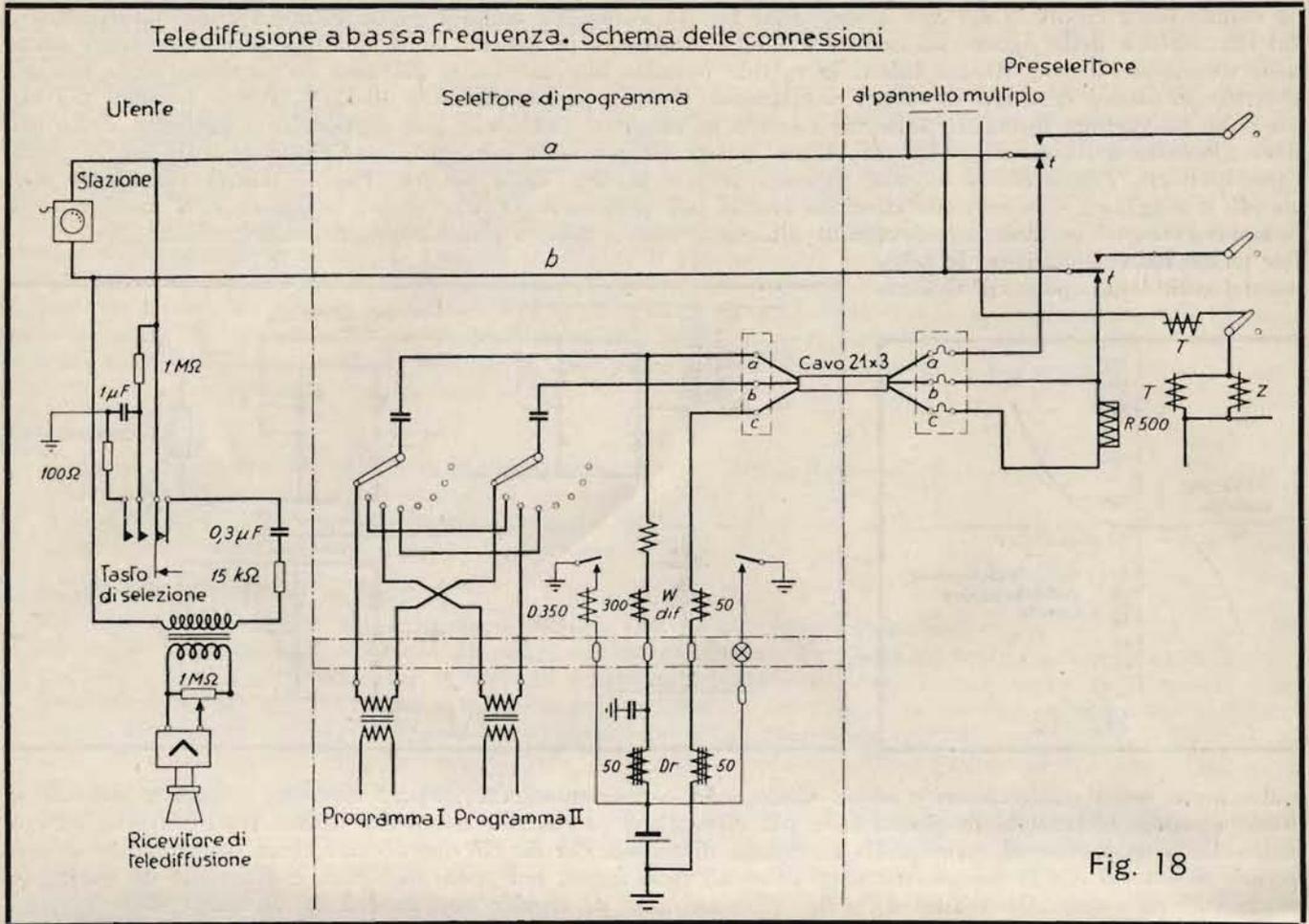


Fig. 18

ciato, con i contatti d'uscita, ai cinque o sei programmi trasmessi. Per l'utente telefonico abbonato alla *telediffusione a bassa frequenza*, si presenta però una difficoltà. È infatti impossibile telefonare e ascoltare la telediffusione nel medesimo tempo. Pertanto *le comunicazioni telefoniche, sia in partenza che in arrivo, interrompono la radioaudizione*. La realizzazione tecnica di questo sistema è assai interessante. La fig. 18 mostra come viene inserita la *telediffusione* in una *centrale automatica sistema Siemens e Halske*. Lo schema è suddiviso nella parte dell'utente con *apparecchio telefonico e ricevitore di telediffusione*, nella parte del *selettore di programma* e nella parte del *preselettore*. Per principio, in posizione di riposo, il *selettore di programma* è allacciato alla *linea dell'utente*; anche il *ricevitore di telediffusione* è collegato attraverso un *condensatore* con la *linea*. Per effettuare la selezione del programma, il filo *a* viene messo a terra, per mezzo del *tasto di selezione*.

La *commutazione* dalla *telediffusione* all'*esercizio telefonico* avviene ad opera del *relè differenziale W/dif* (circa a metà della figura). Il *relè differenziale* possiede *due avvolgimenti uguali* sul medesimo nucleo. Quando questi sono entrambi percorsi dalla corrente, si formano dei *campi magnetici opposti*, che si annullano, e perciò il *relè* non attrae. Il *relè* funziona quindi soltanto, quando la corrente attraversa un *solo avvolgimento*.

Quando si preme il *tasto di selezione* mentre il ricevitore dell'apparecchio telefonico è appeso, passa una corrente attraverso il filo *a* e attraverso l'*avvolgimento di sinistra* del *relè differenziale W/dif*. Il *relè* attrae, chiudendo il circuito del *magnete di rotazione D 350* del *selettore di programma*. Premendo il *tasto di selezione*, si fa quindi avanzare, a passo a passo, il *selettore di programma*, fino a trovare il programma desiderato. Quando invece l'utente vuole avere una comunicazione telefonica, egli solleva il ricevitore, chiudendo così il circuito microfonico. La corrente continua d'alimentazione circola allora tanto nel filo *a*, quanto nel filo *b*. Sono quindi eccitati *entrambi gli avvolgimenti* del *relè differenziale W/dif* e pertanto questo rimane in posizione di riposo.

Si eccita invece il *relè R 500*, allacciato al filo *b*. Esso inserisce il *preselettore*, il quale, a sua volta, va alla ricerca di un *selettore di gruppo* o di *linea libero*. Successivamente vengono azionati i *contatti t* del *relè T*, separando così dalla *linea* il *relè R* e il *selettore di programma*.

Anche quando l'utente è chiamato, viene azionato il *relè separatore T* ed eliminato così dal circuito il *selettore di programma* per la *telediffusione*. Il *ricevitore di telediffusione* non è altro, in questo caso, che un *amplificatore di BF*, come quello compreso in qualsiasi apparecchio radio nella parte *BF*.

Per usufruire della *telediffusione* basterebbe quindi, in via di principio, collegare con la *linea telefonica* le

boccole del grammofono di qualunque apparecchio radio. Poichè, però, la sensibilità dei vari ricevitori non è uguale, bisogna adattare l'apparecchio alla linea telefonica mediante un *traslatore*.

In Svizzera l'Amministrazione delle Poste, dei Telegrafi e dei Telefoni prescrive, per gli apparecchi destinati all'allacciamento alle linee di telediffusione a *BF*, l'osservanza delle seguenti norme:

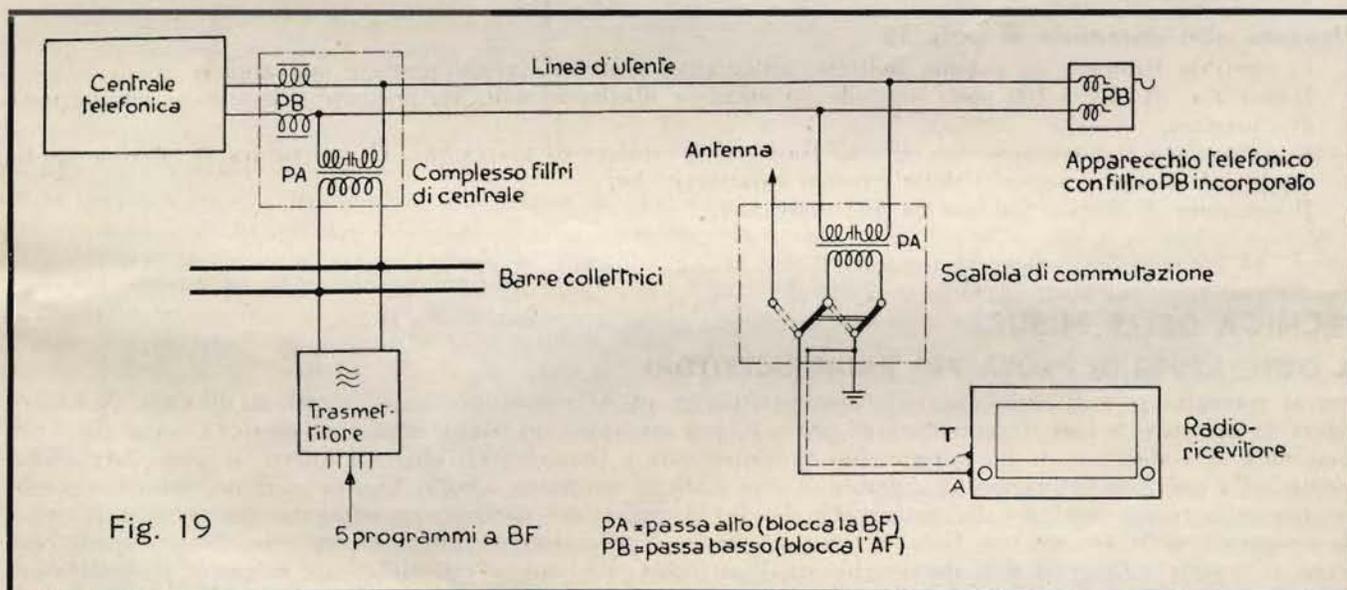
1. L'impedenza d'entrata dell'apparecchio deve avere un determinato valore.
2. L'apparecchio deve possedere un dispositivo di selezione con protezione contro i disturbi.
3. Il massimo volume sonoro producibile non deve superare un dato valore.

Per poter usufruire dell'ottima qualità della riproduzione ottenibile con la *telediffusione*, bisogna inoltre che la *banda utile di frequenza* del ricevitore comprenda una determinata ampiezza minima.

In generale, l'entrata « Fono » dei normali radioricevitori non corrisponde a tutte queste prescrizioni. L'Amministrazione delle Poste suddetta cede perciò, a nolo, delle speciali *cassette d'adattamento*, chiamate « *Radiofil* ». Esse contengono essenzialmente un *traslatore con condensatori di blocco della corrente continua*, un *dispositivo di selezione con dispositivo antidisturbi* e un *limitatore di volume*, costituito da un *potenziometro* inaccessibile dall'esterno.

## 2) Telediffusione ad alta frequenza

Mentre la *telediffusione a bassa frequenza* richiede l'impiego di speciali *selettori* e di altre parti collocate in centrale, con la *telediffusione ad AF* le cose sono più semplici. In questo caso è senz'altro possibile avere il *ricevitore di telediffusione* in funzione e usare nel medesimo tempo l'apparecchio telefonico. Inoltre è possibile trasmettere differenti programmi sulla medesima linea, utilizzando diverse frequenze portanti, proprio come nelle radiotrasmissioni trasportate dall'etere. Occorre badare soltanto che le comunicazioni telefoniche e l'*AF* non si disturbino a vicenda.



Come vedete dalla fig. 19, tutti i programmi sono immessi nelle *sbarre collettriche* dell'*AF*. Gli utenti di *telediffusione* sono allacciati a queste *sbarre collettriche* attraverso un *trasformatore d'AF* (passa-alto), con *condensatore di separazione*. È poi previsto un *filtro passa-basso* (PB), col compito di impedire che i disturbi provenienti dalla centrale locale si ricevano nella parte d'*AF*. Le *bobine d'impedenza* che formano il *filtro passa-basso* non costituiscono alcun ostacolo per la *BF* della conversazione telefonica. Sulla linea dell'utente vengono quindi trasmessi, oltre alla conversazione, anche i vari programmi di *telediffusione*, applicati mediante modulazione alle diverse *AF* portanti. Presso l'utente occorrono, naturalmente, altri *filtri passa-alto e passa-basso* per separare la *BF* dall'*AF* e inviarle ciascuna ai rispettivi ricevitori.

L'*AF* viene addotta attraverso un *trasformatore d'AF* (filtro passa-alto PA) alle *boccole d'antenna* e di terra dell'apparecchio radioricevente. L'*avvolgimento primario* del *trasformatore* è interrotto da un *condensatore*, occorrente per non mettere in cortocircuito la tensione continua, esistente sulla linea telefonica, provocando l'azionamento dei relè nella centrale. La *reattanza* del condensatore per l'*AF* è piccolissima; la *BF* invece non perviene, praticamente, affatto ai morsetti secondari del *trasformatore*.

Prima dell'apparecchio telefonico basta inserire delle *impedenze* per *AF*, che lasciano invece passare la *BF*. Sul lato del telefono è poi inserito un *condensatore* tra i due conduttori per eliminare completamente l'*AF* dal lato *BF*.

Purtroppo le alte frequenze non si propagano bene lungo le linee. Per questa ragione le frequenze portanti impiegate nella *telediffusione* sono scelte nella gamma delle *onde lunghe*, per le quali è ancora possibile una soluzione di compromesso accettabile. Le frequenze inviate nelle linee non sono dunque quelle emesse dalle stazioni radio; per la *telediffusione* si modulano invece delle *nuove onde portanti*, con i programmi trasmessi. Per

esempio, le onde usate per la trasmissione dei differenti programmi nelle reti svizzere di *telediffusione ad AF* sono le seguenti:

Beromünster	175 kHz — 1715 m
Sottens	208 kHz — 1444 m
Europa I	241 kHz — 1245 m
Europa II	274 kHz — 1096 m
Monte Ceneri	307 kHz — 978 m

L'utente abbonato alla *telediffusione ad AF* deve disporre di un normale apparecchio radio con gamma delle *onde lunghe*.

Il programma desiderato viene inserito manovrando il *bottono della sintonia*, come nella normale ricezione delle stazioni radio.

Il *trasformatore d'AF* col *condensatore di separazione* è contenuto nella *scatola di commutazione*, mentre le *bobine d'impedenza* sono collocate nella custodia dell'apparecchio telefonico. L'antenna e la terra dell'apparecchio radio si allacciano alla *scatola di commutazione*, l'apparecchio viene commutato sulle *onde lunghe* e la perfetta ricezione è assicurata.

Come vedete, in certi casi si preferisce fare, in un certo senso, un passo indietro, rinunciando alla trasmissione senza fili e ritornando al collegamento per linee. Ciò è consigliabile quando, altrimenti, la qualità della riproduzione lasciasse troppo a desiderare.

### Domande

1. Quali sono i sistemi di telediffusione in uso?
2. Quale dei due sistemi richiede un maggior numero di impianti?
3. Quali lunghezze d'onde si impiegano nella telediffusione ad *AF*?

### Risposte alle domande di pag. 10

1. La centrale Hasler è un sistema indiretto automatico (sistema a registrazione e marcatura).
2. Il cercatore Hasler a 100 posti possiede un magnete d'azionamento, un magnete d'innesto e un magnete di ripristino.
3. Il particolare caratteristico del sistema Hasler è il circuito di marcatura. La marcatura si effettua applicando agli attacchi prescelti delle tensioni caratteristiche.
4. Il cercatore di linea è guidato da due marcatori.

## TECNICA DELLE MISURE

### IL GENERATORE DI PROVA PER RADIORICEVITORI

Per la sorveglianza e il controllo delle apparecchiature ad *AF* occorrono diversi strumenti speciali. Nei laboratori di radioriparazioni il *generatore di prova* è, per esempio, un aiuto importantissimo. È raro che, per esaminare le condizioni di un apparecchio radiorecente e poterne individuare i difetti, si possa fare affidamento sulla ricezione attraverso all'antenna di una stazione emittente adatta. Questa stazione, infatti, dovrebbe, non soltanto trasmettere nella gamma d'onde che interessa, ma anche essere ricevuta con un'intensità tale, da consentire delle misure ben fatte. Si ricorre perciò al *generatore di prova per radiorecettori*, il quale consente di erogare all'entrata dell'apparecchio qualsiasi onda richiesta, e con sufficiente intensità. Il *generatore* presenta pure altri vantaggi. Quando con l'antenna si raccoglie un'onda, non si sa nulla della sua intensità.

Anche il volume sonoro non può essere una misura ben definita dell'ampiezza dell'onda; esso dipende infatti dal grado istantaneo di modulazione, ossia dalla circostanza che, in quel momento, venga trasmesso un *forte* oppure un *piano*. Anche se all'apparecchio si applicasse un oscilloscopio, non si potrebbe rilevare gran che. Le oscillazioni a *BF* della musica e della parola variano così rapidamente, di frequenza e d'ampiezza, che non si potrebbe ottenere un'immagine immobile, ma soltanto una mescolanza confusa e disordinata dalla quale potrebbe risultare ben poco.

Queste osservazioni consentono di descrivere in poche parole i requisiti di un *generatore di prova*. Esso deve poter erogare *tutte le frequenze delle onde usate nelle radiotrasmissioni, lunghe, medie e corte*. La frequenza deve essere *regolabile in modo continuo*; è consentita tuttavia la *commutazione da una gamma all'altra*. Dalla messa a punto dell'apparecchio si deve poter leggere il *valore della frequenza emessa*.

È inoltre importante di poter regolare l'ampiezza della tensione ad *AF* erogata e di poterne leggere il valore.

Affinchè le condizioni d'esercizio corrispondano all'effettivo impiego, bisogna che l'*AF* erogata dal *generatore* sia modulata. In tal modo è possibile controllare anche il modulatore e l'amplificazione di *BF*. Come *BF* modulante si impiega una *frequenza di 400 Hz* perfettamente sinusoidale, con la quale si modula l'*AF* per il 30%. Ciò significa che l'ampiezza della *BF* modulante sta all'ampiezza dell'*AF* pura, non modulata, come 30 : 100. Il *fattore di modulazione* equivale quindi al 30 %, ciò che corrisponde all'emissione di un'intensità sonora media.

Se vorrete osservare un'altra volta la fig. 25 della Dispensa N. 6, vedrete chiaramente che il volume sonoro dipende, in modo eminente, dall'ampiezza delle oscillazioni di *BF*. Vedrete inoltre che la riproduzione ragionevole del suono è soltanto possibile, se l'ampiezza della *BF* non supera quella dell'*AF*. La massima modula-

zione possibile corrisponde al 100 % e deve pertanto esser riservata per le massime intensità sonore da riprodurre.

Dopo questa piccola divagazione, nella quale abbiamo conosciuto il *fattore di modulazione*, esaminiamo lo schema più semplice di un *generatore di prova*. La novità essenziale, per voi, consiste nel *modulatore*, il quale, nel suo principio, è analogo a quello di una qualsiasi grande stazione trasmittente.

Nella fig. 20 si vede, in basso a destra, l'*alimentatore*. Trattandosi di un *generatore d'alta frequenza*, bisogna preporre all'*alimentatore* un *filtro di protezione* contro i disturbi provenienti dalla rete.

Esso è simile a quelli già descritti in precedenza (vedasi, per esempio, la fig. 10 della Dispensa N. 18).

L'*alimentatore* stesso funziona come *raddrizzatore a una via*, dovendo erogare soltanto una piccola corrente, circa 10 mA.

Per tale ragione è sufficiente usare una *semplice resistenza*, in luogo dell'*impedenza di filtraggio*, con notevole risparmio di spesa. Ciò comporta naturalmente una certa *caduta di tensione*, ma, data la piccolezza della corrente, essa rimane entro limiti sopportabili.

Il *generatore d'AF* vero e proprio funziona con un normale schema a reazione. Il *circuito oscillante* si trova sulla *griglia* e consente, grazie al *condensatore variabile*, la regolazione fine della frequenza.

La *bobina di reazione* riporta una tensione amplificata dal *circuito anodico* alla *griglia*, producendo e mantenendo così l'oscillazione.

Una novità è la *combinazione di resistenza e capacità* inserita presso la *griglia-pilota* della valvola. Essa serve a determinare un punto di lavoro favorevole. Data l'ampiezza relativamente forte delle oscillazioni d'AF, nella semionda positiva la *griglia* diventa per un breve istante *positiva*, per la qual cosa si manifesta una *corrente di griglia*. Questa corrente carica il *condensatore*, in modo che il lato allacciato alla *griglia* diventa *negativo*. Scegliendo adeguatamente la *resistenza* in parallelo, si ottiene il *punto di lavoro più adatto*, corrispondente a una debole polarizzazione negativa. Nei punti contrassegnati con *a, b, c, d* sono allacciate le varie *bobine di reazione e del circuito oscillante*, intercambiabili per la scelta del campo di misura. Anche nel *generatore di prova* non è infatti possibile di inserire le onde lunghe, medie e corte, manovrando unicamente il *condensatore variabile*.

Nella parte superiore, a destra, della figura 20, si vede il *partitore di tensione*, allacciato al *circuito oscillante di griglia* attraverso una resistenza. Quando il *commutatore* è spostato del tutto a sinistra (come nella figura cioè nella posizione « 1 x »), si ha la *minima tensione* ai capi del *potenziometro d'uscita*. La *massima tensione* all'uscita si aggira sui 30-70 mV. Non è molto, ma è sufficiente, se si pensa che bisogna collaudare degli amplificatori, i quali hanno appunto il compito di portare questa piccola tensione ad un valore molto maggiore. La ragion d'essere del *partitore* indicato nello schema deriva dalla *necessità di scegliere il valore della tensione erogata in base al grado d'amplificazione susseguente*. Non è infatti possibile che uno stadio amplificatore funzioni in modo soddisfacente, quando alla sua entrata è applicata una tensione troppo elevata, tale cioè da portare le valvole a saturazione.

Si vede infine, in basso, il *generatore di BF* per la *tensione di modulazione*.

Anche qui abbiamo un semplice schema a reazione con un trasformatore. Il *circuito oscillante* non si trova qui sulla *griglia*, bensì nel *circuito anodico*. Le *resistenze* allacciate alla *griglia* e al *catodo* servono anche qui per stabilire il punto di lavoro più adatto. Osserverete sicuramente che, in questo schema, la *resistenza catodica* non possiede un *condensatore in parallelo*. Agisce quindi una *controreazione*, poichè la tensione a BF, che si sviluppa ai capi della *resistenza catodica*, si presenta con fase inversa rispetto all'AF addotta alla *griglia* attraverso il *trasformatore*.

Ricordiamo quindi questo fatto importante:

Ogni resistenza catodica, che non abbia un condensatore in parallelo, agisce da controreazione.

Con ciò abbiamo illustrato le principali parti componenti del *generatore di prova*. Spieghiamo ora come avviene la modulazione.

La tensione anodica per il *generatore d'AF* non proviene direttamente dal *raddrizzatore*. La *bobina anodica* del *generatore d'AF* è infatti allacciata a una presa intermedia del *trasformatore di BF*. La *tensione di alimenta-*

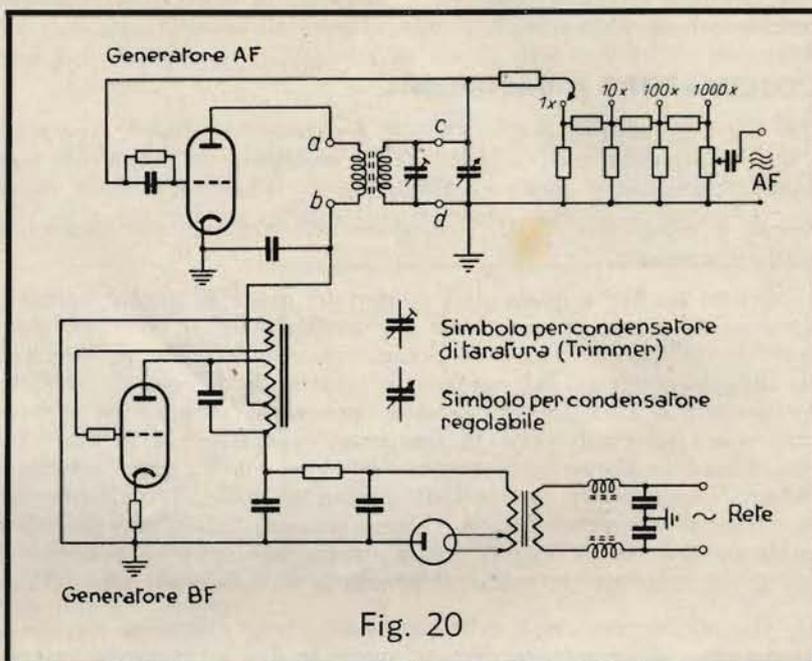


Fig. 20

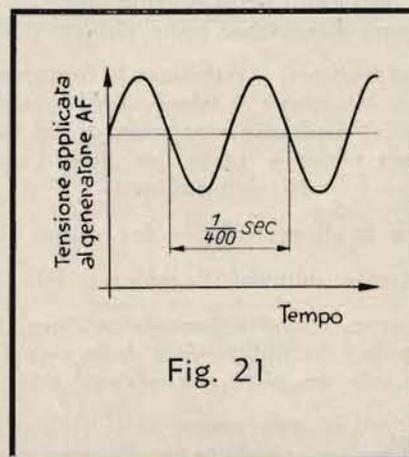


Fig. 21

zione applicata al generatore d'AF è costituita, quindi, da una tensione continua pulsante, che oscilla con la BF di 400 Hz (fig. 21).

L'ampiezza delle oscillazioni d'AF dipende naturalmente, in modo eminente, dalla tensione d'alimentazione anodica. Poichè questa oscilla nel ritmo di 400 Hz, si ottiene come risultato un'AF modulata in ampiezza, come occorre per la prova dei radiorecettori. Il diagramma di questa oscillazione d'AF modulata in ampiezza vi è già noto fin dalla Dispensa N. 6 (figg. 12 e 16) e dalla Dispensa N. 15 (fig. 1). L'applicazione dell'apparecchio è così ovvia, che non vale la pena di occuparcene.

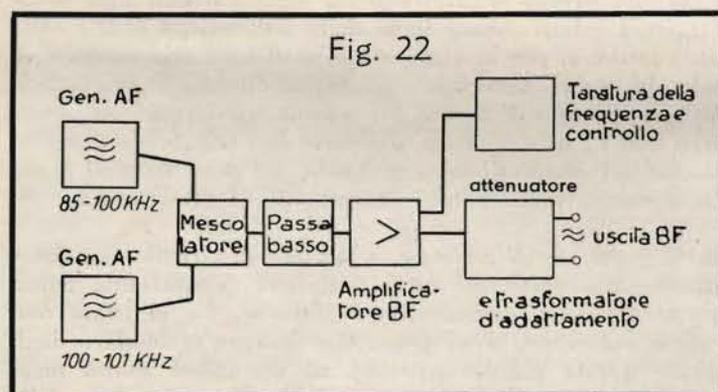
## L'OSCILLATORE A BATTIMENTI

Ciò che negli esperimenti d'AF è il generatore di prova, per i radiorecettori è rappresentato dall'oscillatore a battimenti nella tecnica della BF. L'oscillatore a battimenti non è altro che un generatore di BF, con frequenza variabile in modo continuo per tutto il campo delle basse frequenze.

Poichè le esperienze di BF richiedono delle tensioni più elevate, bisogna che l'oscillatore a battimenti sia in grado di erogarle.

Vi diremo tra breve quale sia l'origine del nome di questo apparecchio. Da quanto vi abbiamo spiegato sul generatore di prova, pensate forse che anche la BF si potrebbe generare nello stesso modo, regolando il valore della frequenza mediante condensatori variabili. Ma qui interviene una constatazione spiacevole: è infatti assai difficile costruire dei condensatori variabili di capacità sufficientemente elevata per la generazione delle oscillazioni a BF. Inoltre sarebbe necessario commutare molte volte la gamma di frequenza per poter generare senza intervalli tutte le frequenze comprese tra 10 Hz e 16 kHz, e tutte all'incirca con la stessa intensità. Con l'oscillatore a battimenti ciò è possibile, senza commutare la gamma di frequenza e impiegando dei comuni condensatori variabili di qualità normale. L'oscillatore a battimenti presenta una certa somiglianza col ricevitore a supereterodina. Anch'esso possiede infatti una valvola mescolatrice, alle griglie della quale vengono applicate due AF. Rileggete ora la spiegazione sulla generazione della media frequenza nella supereterodina: voi stesso indovinerete subito il principio di funzionamento dell'oscillatore a battimenti.

Le due AF vanno scelte in modo che la loro differenza sia una BF. Esse devono quindi appartenere al medesimo ordine di grandezza. Naturalmente le due AF vengono generate nell'apparecchio stesso. Come principio, la scelta del campo della AF sarebbe indifferente; per maggior semplicità tecnica si preferisce però disporle nel campo delle onde lunghe.



AF producono dei battimenti, intendendo con ciò la differenza delle due frequenze. Ecco perchè l'apparecchio che stiamo illustrando è chiamato « oscillatore a battimenti ».

Con l'aiuto dello schema semplificato della fig. 22 esaminiamo la costituzione dell'oscillatore a battimenti. Vengono dapprima, come abbiamo detto, i due generatori d'AF.

In certi casi si stabilizza la frequenza di uno dei due generatori, per esempio su 100 kHz, per mezzo di un quarzo. Se invece si rinuncia alla stabilizzazione, si fa in modo che la frequenza di questo generatore sia regolabile, mediante rotazione di un condensatore variabile, da 100 a 101 kHz. Con ciò si ottiene la possibilità di una messa a punto fine della bassa frequenza. Il secondo generatore, invece, eroga una frequenza variabile entro i limiti sopraindicati.

La larghezza relativa del campo di frequenza di questo generatore, ossia  $\frac{100}{85} = 1,176$ , è invece abbastanza ristretta, cosicchè l'ampiezza delle oscillazioni rese è praticamente costante.

Segue lo stadio mescolatore, ove, tra l'altro, si produce anche la differenza delle frequenze originarie. Poichè nella corrente anodica della valvola mescolatrice sono presenti anche le due AF, bisogna separare la BF mediante un filtro passa-basso, come quello descritto nella Dispensa N. 20.

Dopo la separazione della BF, si procede alla sua amplificazione. La potenza in BF, agente dopo lo stadio mescolatore, è infatti insufficiente per la maggior parte delle misure. È quindi indispensabile l'amplificazione in

uno o eventualmente due stadi. Trattandosi di un generatore di misura, bisogna che la BF amplificata sia puramente sinusoidale, affinché i risultati delle misure siano univoci.

Occorre inoltre fare in modo che l'uscita possa essere adattata ai più diversi consumatori. Infatti alle volte c'è un consumatore ad alta impedenza, altre volte a bassa impedenza, cosicché il generatore deve erogare ora tensione più elevata e corrente debole, ora viceversa. La soluzione più conveniente consiste nel dotare l'apparecchio di un trasformatore d'uscita con varie prese, adatte per le diverse esigenze. Ci sarà, per esempio, una presa contrassegnata con la scritta « 5 ohm ». Essa sarà favorevole per alimentare direttamente un altoparlante dinamico. Invece una cuffia telefonica verrà preferibilmente allacciata, secondo i casi, all'uscita per « 200 ohm » oppure per « 1000 ohm ».

Anche con questo apparecchio dovrà inoltre esser possibile variare in modo continuo il valore della tensione erogata. Serve, a questo scopo, un cosiddetto « attenuatore », costituito essenzialmente da un partitore di tensione con potenziometro variabile, come abbiamo già illustrato per il generatore di prova dei radioricevitori. Fin qui nulla di strano, visto che entrambi gli apparecchi sono destinati ad erogare tensioni e frequenze variabili e vengono impiegati per scopi di misura.

Di solito ci sarà anche un dispositivo di taratura, come si vede nella fig. 22. La stabilità dei circuiti oscillanti non è infatti tale che, dalla posizione dei condensatori variabili, si possa dire esattamente qual è la frequenza erogata. Occorre quindi che, prima di inserire l'apparecchio, si controlli la posizione relativa delle due AF. A tale scopo si mette l'apparecchio nella posizione di zero. Se le due AF sono entrambe esattamente uguali a 100 kHz, la differenza è zero e all'uscita non si riscontra alcuna BF. Se invece c'è una piccola deviazione, si vedono nello strumento di controllo i battimenti di questa piccola frequenza. Questi battimenti sono un segno che le frequenze sono quasi uguali. Per mezzo di un piccolo condensatore ausiliario di taratura si corregge quindi la frequenza di uno dei due generatori, in modo da annullare l'uscita. S'intende che questo dispositivo permette unicamente di mettere alla pari le posizioni di zero dei due generatori, ma non permette di regolare la frequenza esattamente sui 100 kHz.

Per terminare, consideriamo un esempio d'impiego dell'oscillatore a battimenti. Abbiamo un trasformatore per frequenze acustiche che presenta il rapporto di trasformazione nominale soltanto in un ristretto campo di frequenza. Interessa ora di conoscere l'andamento del rapporto di trasformazione con la frequenza. La disposizione degli apparecchi per la misura è indicata schematicamente nella fig. 23. Ai morsetti d'uscita del trasformatore è allacciato un cosiddetto « misuratore d'uscita » o « misuratore di output » (leggi « output »).

Questo misuratore di output non è altro che un voltmetro per corrente alternata. Si tratta di uno strumento a bobina mobile con raddrizzatore; esso funziona in modo uniforme per tutta la gamma delle BF. Generalmente si impiega per questi scopi un raddrizzatore a secco, che però non è costituito da ferro e selenio, bensì da uno strato doppio simile, e precisamente da rame e ossido di rame. Questo tipo di raddrizzatore è particolarmente adatto per gli scopi di misura.

Chiederete forse come mai questo strumento abbia un nome speciale. La parola inglese « output » ha il significato di « potenza d'uscita ». Il misuratore di output è quindi un misuratore della potenza d'uscita. Per poter effettuare una misura di potenza con un voltmetro, bisogna che questo sia, nello stesso tempo, un consumatore, cosicché, misurando la tensione alternata applicata ad esso, si possa anche dedurre la potenza consumata.

Lo strumento è dotato di vari campi di misura, ma in tutti si presenta la medesima resistenza interna dello strumento, per esempio 7500 ohm.

Se pertanto il misuratore di output segna 100 V, ciò significa che esso <sup>consuma</sup> la potenza di  $\frac{100^2}{7500} = 1,33$  watt.

Poiché nella tecnica delle telecomunicazioni (eccetto, tutt'al più, negli stadi finali delle grandi emittenti) si ha sempre a che fare con potenze minime, queste possono essere senz'altro dissipate nell'interno di uno strumento di misura appositamente previsto.

Anche nel campo di 15 V lo strumento suddetto avrebbe quindi 7500 ohm di resistenza; pertanto, quando esso indica 12 volt, la potenza consumata sarebbe di:

$$\frac{12^2}{7500} = \frac{144}{7500} = 0,0192 \text{ watt.}$$

Riportando in un diagramma la tensione letta sul misuratore di uscita alle differenti frequenze, con tensione d'entrata costante, si ottiene l'andamento ricercato (fig. 24). In modo analogo si può, per esempio, misurare l'attenuazione di una linea Pupin alle varie frequenze, ottenendo una curva simile a quella della fig. 25.

Recentemente è sorto un concorrente dell'oscillatore a battimenti,

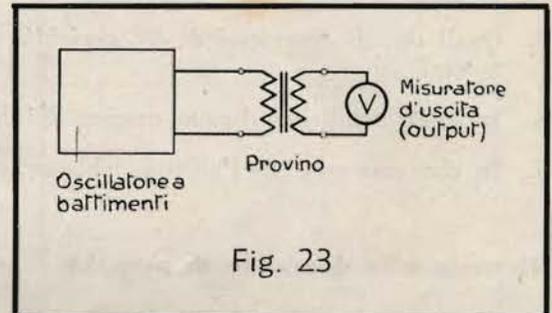


Fig. 23

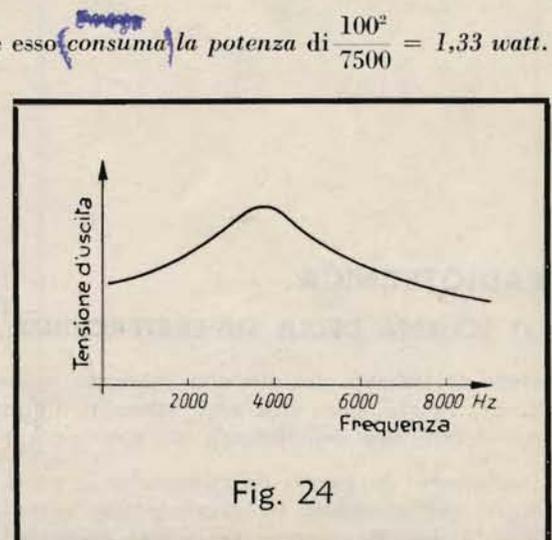


Fig. 24

sotto la forma del cosiddetto « *generatore RC* ». Come risulta dalla designazione, si tratta di un *generatore* nel quale sono impiegati soltanto *resistenze* e *condensatori*; non vi si trovano circuiti oscillanti. Mediante *speciale circuito di reazione* si ottengono delle oscillazioni a *BF* puramente sinusoidali; occorre però commutare alcune gamme di frequenza. Ci accontenteremo per ora di questo breve cenno, senza entrare nei particolari del circuito.

### Domande

1. Quali sono i requisiti di un generatore di prova per i radio-ricevitori?
2. In che modo è realizzata la modulazione d'ampiezza nel generatore di prova da noi esaminato?
3. Quali tipi di generatori di *BF variabile* sono usati generalmente?
4. In quali condizioni hanno origine dei battimenti?
5. In che cosa consiste l'affinità del generatore a battimenti con la supereterodina?

### Risposte alle domande di pag. 14

1. Si distingue tra la telediffusione a *BF* e quella ad *AF*.
2. La telediffusione a *BF* è quella che richiede un maggior impiego di mezzi nella centrale.
3. Nella telediffusione ad *AF* si impiegano le onde lunghe tra i 1000 e i 2000 metri.

### Risposte alle domande della presente pagina

1. Il generatore di prova per i radio-ricevitori deve poter erogare le differenti onde con tensione e frequenza regolabili.
2. Nello schema esaminato si realizza la modulazione d'ampiezza, derivando la tensione d'alimentazione anodica da una presa del trasformatore di *BF*; si ottiene così una tensione continua pulsante con la frequenza di 400 Hz.
3. Per produrre delle *BF* variabili, si impiegano oggi gli oscillatori a battimenti e i generatori *RC*.
4. Si formano dei battimenti, quando vengono sovrapposte delle oscillazioni di frequenza e di ampiezza quasi uguali.
5. Nella supereterodina si produce nello stadio mescolatore una nuova *AF*, partendo da due *AF*. Nell'oscillatore a battimenti, sempre partendo da due *AF*, si produce una *BF*.

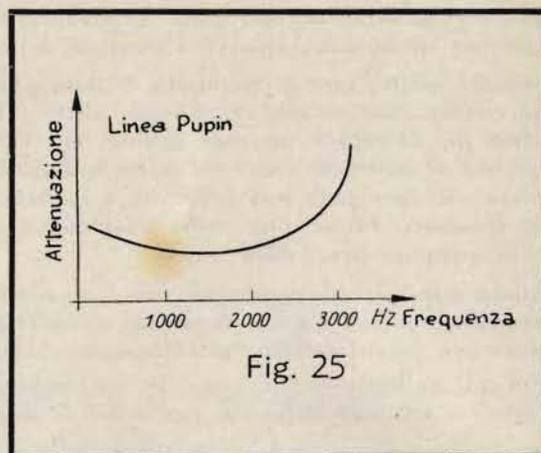


Fig. 25

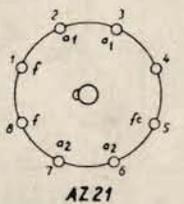
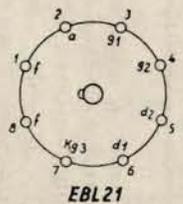
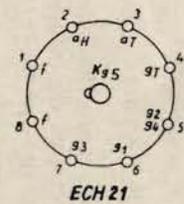
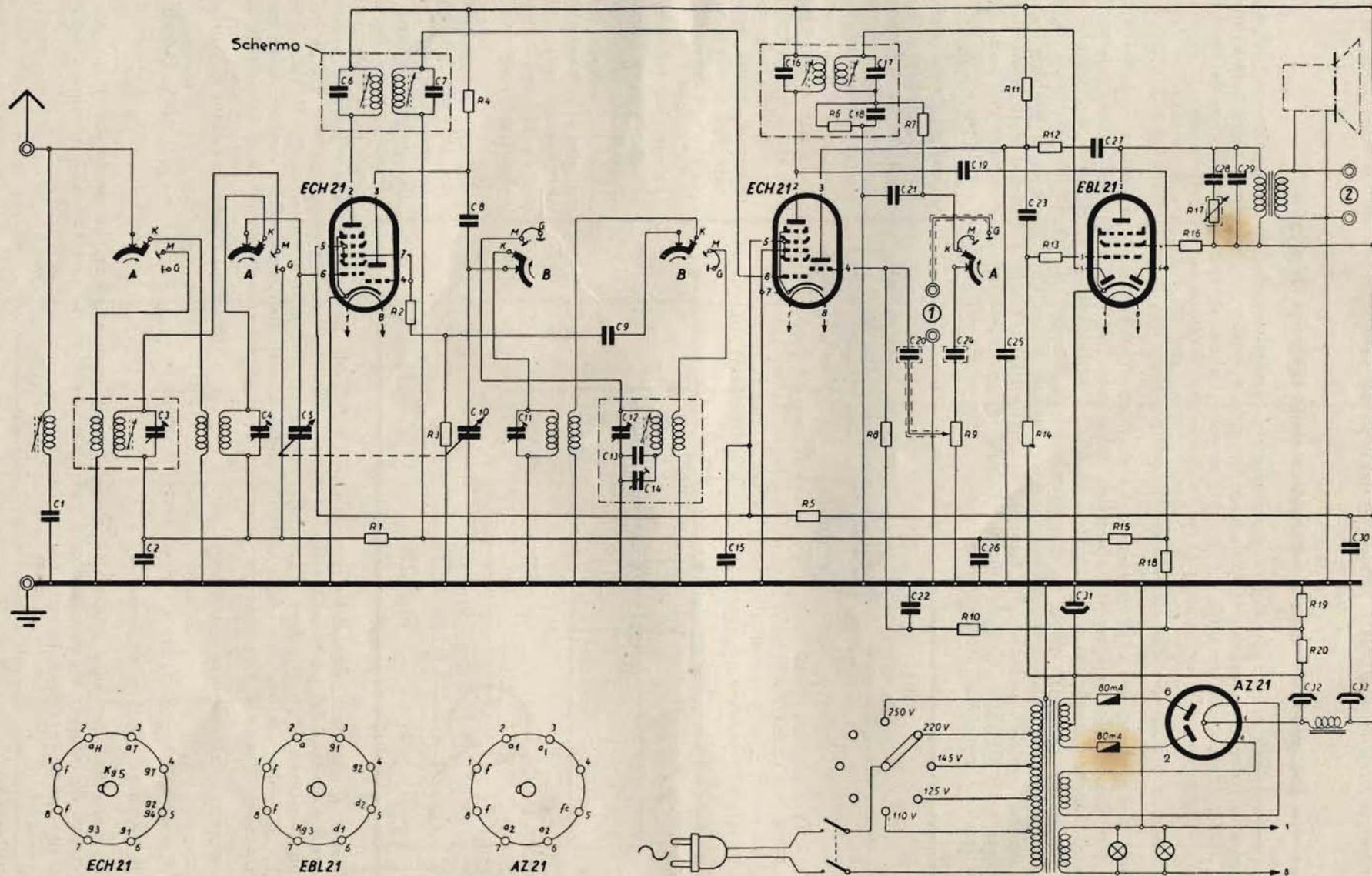
## RADIOTECNICA

### LO SCHEMA DELLA SUPERETERODINA

Avete certamente seguito con interesse le nostre spiegazioni sullo schema della *supereterodina*, nella Dispensa N. 19. Poichè però una cosa talmente importante non può essere appresa in una volta sola, vogliamo ora considerare nei suoi dettagli un apparecchio radio fabbricato da un'altra Casa.

Constaterete in questa occasione che le parti principali si ripetono, pur presentando questa o quella diversità. Ormai voi possedete sicuramente una certa pratica e vi basterà quindi un'occhiata superficiale allo schema (fig. 26) per riconoscere varie cose essenziali.

Fig.26 Radioricevitore TESA 61 (Autophon S.A.)



Zoccoli visti dalla parte inferiore

- ① Fono
- ② Presa per un secondo altoparlante da 5-15 ohm

L'esistenza del *trasformatore* e le sigle delle valvole fanno comprendere che si tratta di un apparecchio alimentato *in alternata*. È il ricevitore TESA 61 della ditta Autophon S.A. di Soletta (Svizzera). Abbiamo scelto questo ricevitore per ragioni particolari, benchè fin dal 1945 sia stato sostituito nella fabbricazione da tipi più perfezionati.

### L'alimentazione con produzione semiautomatica della tensione di griglia

La prima parte principale è costituita dal *trasformatore col cambio-tensione*. Nel *secondario* del trasformatore occorrono anzitutto *due avvolgimenti d'accensione*: uno da 6,3 volt per le *valvole amplificatrici* (osservate la sigla *ECH21*), allacciato ai contatti 1 e 8 degli zoccoli; l'altro, separato, da 4 V per la *raddrizzatrice* (*AZ21*). I 6,3 V servono, nello stesso tempo, per le *lampadine* d'illuminazione della scala.

Trattandosi di un *raddrizzatore a due vie*, occorre un *trasformatore con presa mediana*, per  $2 \times 250$  V.

Ciascuna metà dell'avvolgimento è allacciata ad uno degli anodi della *raddrizzatrice* attraverso un *fusibile* da 80 mA. La tensione continua positiva viene derivata dalla presa intermedia (5) del *catodo a riscaldamento diretto*. Segue il primo *condensatore di livellamento*  $C_{32}$ , l'*impedenza di filtraggio* (avvolgimento d'eccitazione dell'altoparlante elettrodinamico) ed il *condensatore di filtraggio*  $C_{33}$ . I condensatori sono da 32  $\mu$ F e l'*impedenza* da circa 15 H. L'*alimentatore* presenta la soluzione di un altro interessante problema: la cosiddetta « *produzione semiautomatica* » della tensione di griglia (fig. 27), che si distingue dalla *produzione automatica* spiegata nella Dispensa N. 15. Nella fig. 27 sono disegnate soltanto le resistenze che costituiscono il *partitore di tensione*, nonchè gli attacchi delle *griglie* e dei *catodi* delle *valvole amplificatrici* di BF.

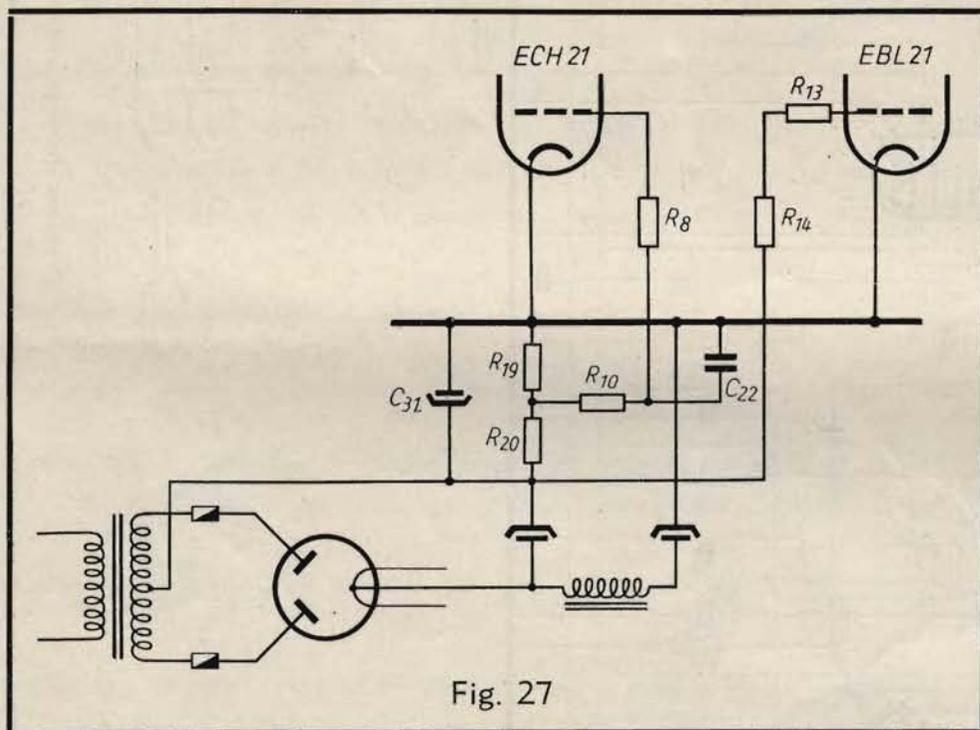


Fig. 27

Come vi è noto, nei *raddrizzatori a due vie* il polo positivo della tensione continua è costituito dal *catodo*, mentre il polo negativo è la *presa centrale del trasformatore*. Come risulta dalla figura 27, non si usano *resistenze catodiche*; la polarizzazione di griglia viene prelevata dal *partitore* costituito dalle *resistenze*  $R_{19}$  e  $R_{20}$ .

La massima tensione negativa verso massa (circa  $-6$  V) è applicata alla *griglia-pilota della valvola finale*, la quale è pertanto collegata attraverso alle *resistenze*  $R_{13}$  e  $R_{14}$  con la *presa mediana del trasformatore*.

Affinchè non si formi alcuna tensione alternata sulle resistenze del *partitore*, la *presa mediana* è collegata con la massa attraverso il *condensatore* elettro-

litico  $C_{31}$ . Poichè il sistema triodico della seconda *ECH21* richiede una polarizzazione negativa minore (solo  $-2$  V), questa si preleva dal *partitore* tra  $R_{19}$  ed  $R_{20}$ . La tensione negativa è portata alla *griglia del triodo* attraverso alle *resistenze*  $R_{10}$  e  $R_8$ , dove  $R_{10}$  con  $C_{22}$  costituisce un *filtro supplementare*. Il valore delle resistenze  $R_{19}$  e  $R_{20}$ , che sono percorse dalla corrente continua totale dell'apparecchio, è *determinato dalla massima polarizzazione di griglia*. Supposto che la somma delle correnti continue di tutte le valvole ammonti a 60 mA, occorre una *resistenza complessiva* pari a  $\frac{6 \text{ V}}{0,06 \text{ A}} = 100 \text{ ohm}$ . Poichè la caduta di tensione nella resistenza  $R_{19}$  dev'essere  $-2$  V, questa deve avere il valore di  $\frac{2}{0,06} = \frac{200}{6} = 33,3 \text{ ohm}$ . Quindi  $R_{20} = 100 - R_{19} = 100 - 33,3 = 66,7 \text{ ohm}$ .

La medesima polarizzazione della *griglia del triodo* si trova pure applicata all'*anodo del diodo per il controllo automatico di volume*; di ciò tratteremo più oltre. Fatte queste osservazioni preliminari, occupiamoci del circuito del ricevitore vero e proprio.

### Il circuito d'entrata

Questo apparecchio possiede solamente le *gamme delle onde corte e medie*. Pertanto esistono *due trasfor-*

matori d'entrata, che possono essere allacciati, a scelta, al condensatore variabile di sintonia  $C_5$ . Esaminiamo un po' più attentamente l'entrata del ricevitore nella posizione per le onde medie (fig. 28). Per maggior semplicità abbiamo tralasciato il commutatore d'onda, che sarebbe allacciato ai punti  $a$  e  $b$ . Abbiamo dapprima il circuito di risonanza in serie, allacciato tra l'antenna e la terra. Esso è accordato sulla media frequenza (471 kHz) e impedisce che frequenze vicine alla MF possano penetrare nel ricevitore, provocando dei disturbi. Il circuito  $L_1, C_1$  rappresenta infatti per la MF un'impedenza bassissima, praticamente un cortocircuito della bobina primaria del trasformatore d'entrata  $L_2$ . Alla griglia della valvola convertitrice di frequenza pervengono quindi soltanto le onde medie. Il circuito oscillante propriamente detto ( $L_3, C_3, C_5$ ) è accoppiato leggermente, come di consueto, attraverso ad  $L_2$  con l'antenna. Anche sostituendo l'antenna, l'influenza di questa sul circuito d'entrata rimane in tal modo assai ridotta (vedasi Dispensa N. 11). Mentre il condensatore variabile  $C_5$  è azionato dalla manopola della sintonia, la messa a punto dell'induttanza  $L_3$  e del compensatore  $C_3$  avviene soltanto in fabbrica, o in caso di revisione, per ottenere l'allineamento del circuito d'entrata con l'oscillatore (v. Dispensa N. 17).

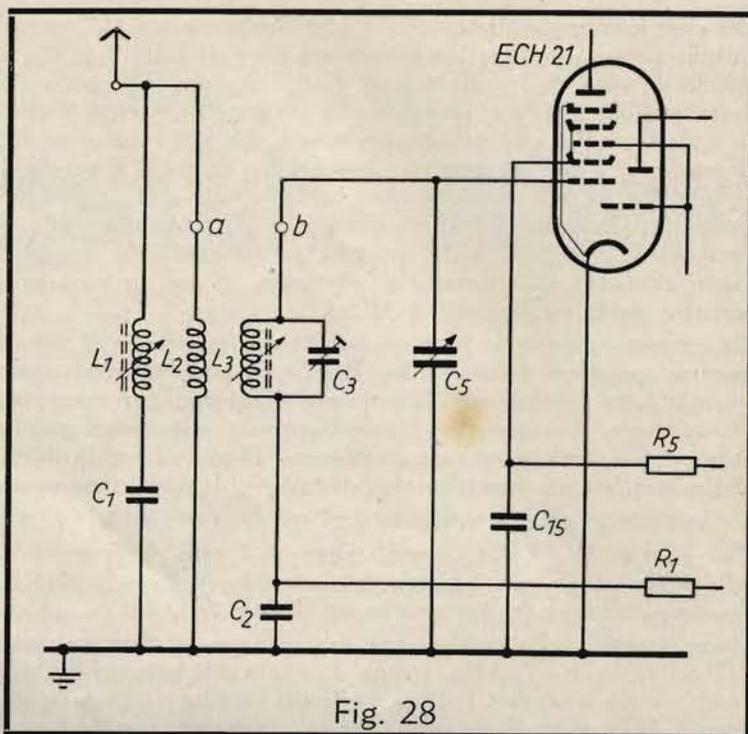


Fig. 28

Il condensatore  $C_2$  serve a separare la bobina  $L_3$  dalla massa, affinché si possa far pervenire alla griglia della ECH21 la tensione di controllo, attraverso  $R_1$  ed  $L_3$ . Il catodo della valvola d'entrata ECH21 è messo a terra, poichè la griglia-pilota riceve, oltre alla tensione di controllo, anche la polarizzazione. La tensione positiva per le griglie-schermo proviene attraverso alla resistenza  $R_5$ . Il condensatore  $C_{13}$  serve per eliminare le tensioni alternate dalle griglie-schermo.

### L'oscillatore

L'oscillatore, ossia il generatore d'oscillazioni, è rappresentato nella figura 29, anch'esso nella posizione delle onde medie. Il suo circuito oscillante è collegato con l'anodo del triodo attraverso al condensatore di separazione  $C_8$ . Affinchè però l'AF generata non venga messa in cortocircuito attraverso alla sorgente di tensione continua (ossia attraverso ai condensatori del filtro di livellamento), la tensione anodica continua è addotta attraverso alla resistenza  $R_4$ .

Il circuito oscillante stesso possiede ben quattro condensatori. In parallelo al condensatore variabile  $C_{10}$ , che assieme al variabile  $C_5$ , col quale è accoppiato, costituisce l'organo di sintonia, c'è il compensatore  $C_{12}$  per la taratura.

Il condensatore per l'allineamento (padding) non si trova qui in serie col condensatore  $C_{10}$ , ma con l'induttanza  $L_4$ .

È interessante il fatto che il padding può trovarsi in serie tanto al condensatore quanto alla bobina.  $C_{13}$  è l'effettivo condensatore di accorciamento, detto così perchè ha l'effetto di diminuire la capacità o l'induttanza

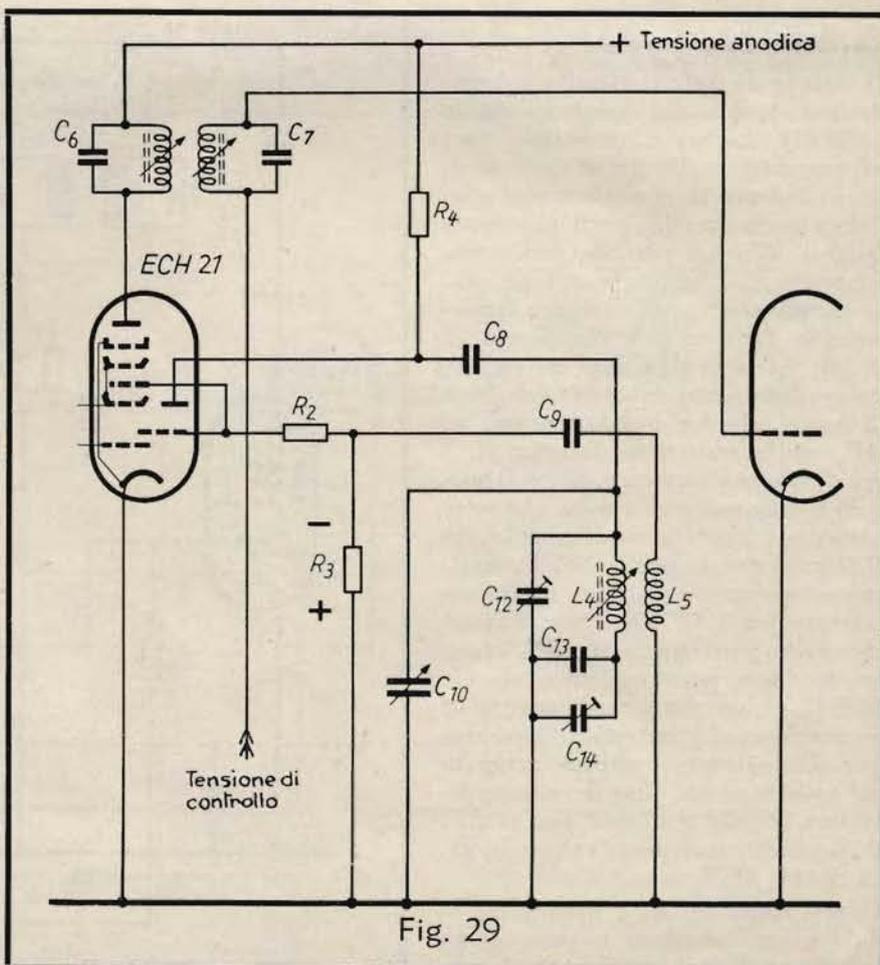


Fig. 29

del circuito. In parallelo a  $C_{13}$  c'è il compensatore  $C_{14}$  per la taratura esatta. Per ottenere l'allineamento sono quindi previsti nell'oscillatore tre organi variabili:  $C_{12}$ ,  $C_{14}$  e  $L_4$ . Naturalmente il condensatore di sintonia  $C_{10}$  non è da contare tra gli organi d'allineamento, che sono esclusivamente quelli che vengono messi a punto una volta tanto in fabbrica. La bobina di reazione  $L_5$  riporta l'oscillazione ad AF, attraverso al condensatore  $C_9$  ed alla resistenza  $R_2$ , alla griglia del triodo. La polarizzazione di griglia è determinata dalla resistenza  $R_3$ . Voi chiederete forse a che servano gli elementi  $R_2$ ,  $R_3$  e  $C_9$ , e perchè la bobina  $L_5$  non sia collegata direttamente con la griglia. La ECH21 contiene due sistemi elettronici, e perciò è preferibile mettere il catodo direttamente a massa, applicando cioè direttamente la polarizzazione alle griglie. La polarizzazione della griglia del sistema eptodico è costituita dalla tensione per il controllo automatico del volume. Per il triodo oscillatore invece, come abbiamo già rilevato in altri casi, si ha un passaggio di corrente nella griglia durante le semionde positive delle oscillazioni d'AF.

La corrente di griglia provoca però nella resistenza  $R_3$  una caduta di tensione, tale da costituire una polarizzazione negativa della griglia. Poichè la resistenza ohmica della bobina  $L_5$  è troppo piccola, questa viene separata dalla griglia, per la corrente continua, per mezzo del condensatore  $C_9$ . Si sceglie quindi il valore di  $R_3$  in modo da ottenere proprio la giusta polarizzazione. La resistenza  $R_2$ , infine, serve a impedire che si formino delle oscillazioni non desiderate. Il suo valore è di circa 1 000 ohm. Se non ci fosse  $R_2$ , si avrebbero delle oscillazioni parassite che disturberebbero il funzionamento di tutto l'apparecchio.

La seconda griglia di comando dell'eptodo (griglia 3) non è collegata internamente con la griglia del triodo.

Ciò affinché la ECH21, come vedrete nel caso della seconda valvola, possa esser impiegata anche come amplificatrice d'AF e, separatamente, di BF. Nel caso, però, dell'uso come valvola convertitrice di frequenza, bisogna collegare le due griglie tra di loro.

Come sapete, nella conversione di frequenza si formano nella valvola diverse AF. Occorre quindi filtrare la MF richiesta di 471 kHz, prima di applicarla alla griglia della valvola successiva. Ripetiamo ancora una volta come vanno accordati i diversi circuiti oscillanti, qualora si voglia ricevere, per esempio, la stazione di Milano I. Il circuito d'entrata va messo in sintonia con la frequenza di ricezione, uguale a 899 kHz. Per produrre la MF di 471 kHz occorre allora una frequenza dell'oscillatore di  $899 + 471 = 1270$  kHz.

La parte eptodica della seconda ECH21 non presenta novità degne di menzione. Non dovendosi effettuare altra conversione di frequenza, si collega la seconda griglia di comando (griglia 3) col catodo e quindi con la massa (fig. 30). La griglia-pilota riceve la tensione di controllo attraverso alla bobina del filtro di banda (figura 29). Nel circuito anodico di questa seconda ECH21 è inserito il secondo filtro di banda (fig. 30), per l'ottenimento della selettività necessaria. Il filtro di banda collabora con lo stadio demodulatore, che esamineremo ora nei dettagli.

### La demodulazione AF

Il doppio diodo è contenuto nel medesimo bulbo del pentodo finale (EBL21). Le parti essenziali sono rappresentate nella fig. 30, ove quelle costituenti il demodulatore sono disegnate in modo particolarmente chiaro, affinché possiate facilmente riconoscerle. Esse corrispondono quasi completamente allo schema fondamentale (Dispensa N. 15, figure 22 e 23). La demodulazione si ottiene col collegamento in serie del filtro di banda, che fornisce la tensione ad AF, con la resistenza di carico  $R_6$  e col diodo raddrizzatore.  $C_{18}$  è il piccolo condensatore di carica, che deve presentare una reattanza piccola per l'AF, ma grande per la BF.  $R_7$  costituisce, assieme a  $C_{21}$ , un complesso filtrante per l'AF, che serve a far sì che nelle parti successive dell'apparecchio non pervenga altro che la BF.  $C_{24}$  è un puro condensatore di separazione, che impedisce il passaggio alla corrente continua generata nel raddrizzatore. Esso deve possedere una piccola reattanza per la BF, il che si ottiene con un valore di circa 50 000 pF.

Il potenziometro  $R_9$  è quindi libero da tensione continua e serve come regolatore di volume. Secondo la posizione del potenziometro, varia la

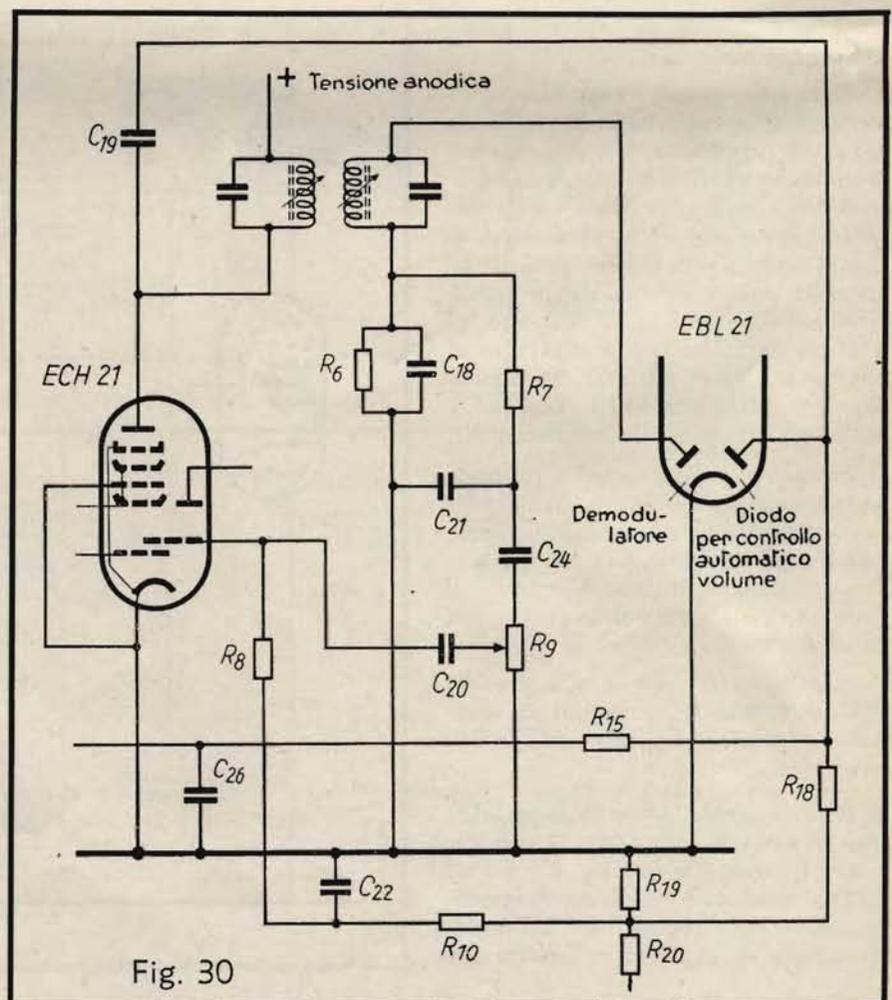


Fig. 30

ampiezza della tensione alternata applicata attraverso  $C_{26}$  alla *griglia-pilota del triodo* nella seconda *ECH21*.

La polarizzazione perviene alla *griglia* attraverso ad  $R_8$ , come s'è detto nella descrizione dell'*alimentatore*. In merito al *diodo demodulatore* non c'è molto da dire. L'*anodo* è allacciato al *filtro di banda*, mentre il *catodo* è a *massa*.

Il collegamento del *diodo* per il *controllo automatico del volume* è relativamente semplice, ma presenta tuttavia alcune divertenti particolarità. Come al solito, si utilizza l'inserzione in parallelo del *diodo raddrizzatore* con la *resistenza utile*  $R_{18}$ . Il *condensatore d'accoppiamento*  $C_{19}$  non è allacciato al *secondario del filtro di banda*, bensì all'*anodo dell'amplificatrice di MF*.

Con ciò si migliora la selettività, poichè l'attenuazione viene ripartita sui due lati del *filtro di banda*. Il collegamento a *massa* del *lato primario del filtro di banda* è realizzato nell'*alimentatore*, ove, attraverso ai *condensatori del filtro di livellamento*, l'*AF* va direttamente a *massa*. Una novità si ritrova nel modo in cui è inserita la *resistenza utile*  $R_{18}$ . Essa è infatti allacciata da un lato al *partitore di tensione*  $R_{19}$ ,  $R_{20}$ , sull'*alimentatore*; con ciò l'*anodo del diodo di controllo* rimane sottoposto alla medesima polarizzazione negativa di circa 2 V, come la *griglia del triodo amplificatore di BF*. Un semplice ragionamento dice quindi che soltanto le *AF* d'ampiezza superiore ai 2 V possono provocare il passaggio della corrente attraverso al *diodo*. Lo scopo di questo provvedimento è facile da comprendere. Si vuole che le onde più deboli subiscano la massima amplificazione possibile.

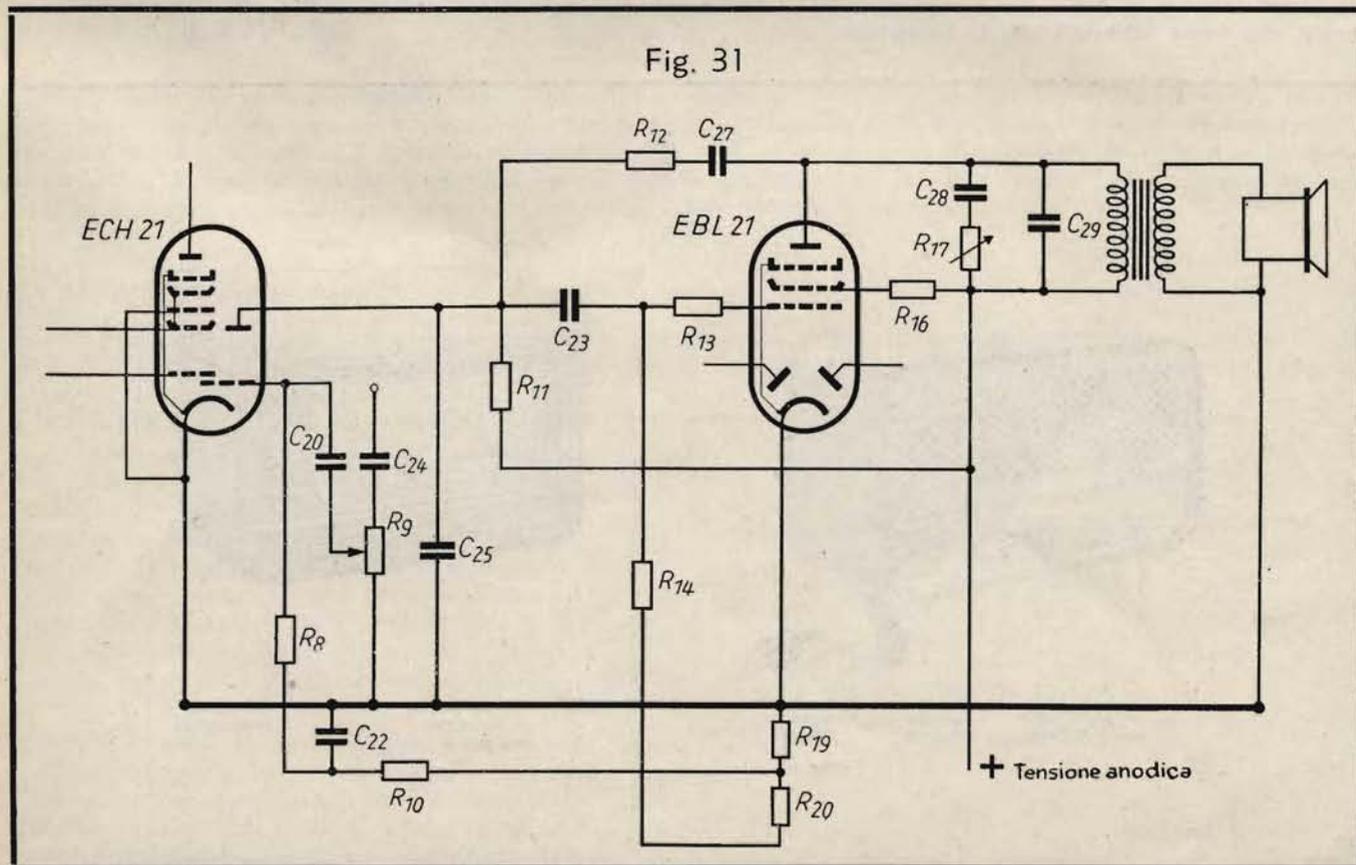
I circuiti sono quindi predisposti in modo che, in assenza della *tensione di controllo*, si abbia questa massima amplificazione. Il *controllo automatico del volume*, che si realizza unicamente mediante una diminuzione dell'amplificazione, interviene soltanto quando le onde ricevute superano una determinata intensità. Si parla perciò di « *controllo ritardato* ».

La *tensione di controllo* passa ai sistemi eptodici delle due *ECH21* attraverso alla *resistenza*  $R_{15}$ , che, assieme al *condensatore*  $C_{26}$ , costituisce un *complesso filtrante*; si tratta quindi di un *controllo all'indietro*.

### L'amplificatore di BF

L'apparecchio considerato TESA 61 possiede nella parte di *BF* un *triodo preamplificatore* e uno *stadio finale con pentodo*.

L'attacco per il *grammofono* (boccole (1) nella fig. 26) conduce alla *griglia del triodo di BF*. Per la riproduzione dei dischi si distacca la parte demodulatrice e si collega il *condensatore*  $C_{24}$ , col *potenziometro*  $R_9$  di regolazione del volume, alle boccole per il *grammofono*. La commutazione è attuata mediante il *commutatore*



d'onda (*A* nel circuito d'entrata e davanti al triodo *BF*, *B* nell'oscillatore). Nella fig. 31 sono disegnate separatamente le parti essenziali dell'amplificatore di *BF*, per potere spiegare più facilmente l'effetto della *controreazione* e della *regolazione della tonalità*.

Il circuito di griglia del triodo nella *ECH21* è già stato considerato; non c'è nulla da aggiungere. Esso funziona come amplificatore a resistenza con  $R_{11}$  come resistenza anodica.

Per eliminare completamente l'*AF* che pervenisse all'anodo del triodo superando il demodulatore, è inserito il condensatore  $C_{25}$  in parallelo ad  $R_{11}$ . L'impedenza del circuito anodico diventa per l'*AF* praticamente nulla, e con ciò è annullata l'amplificazione dell'*AF*.

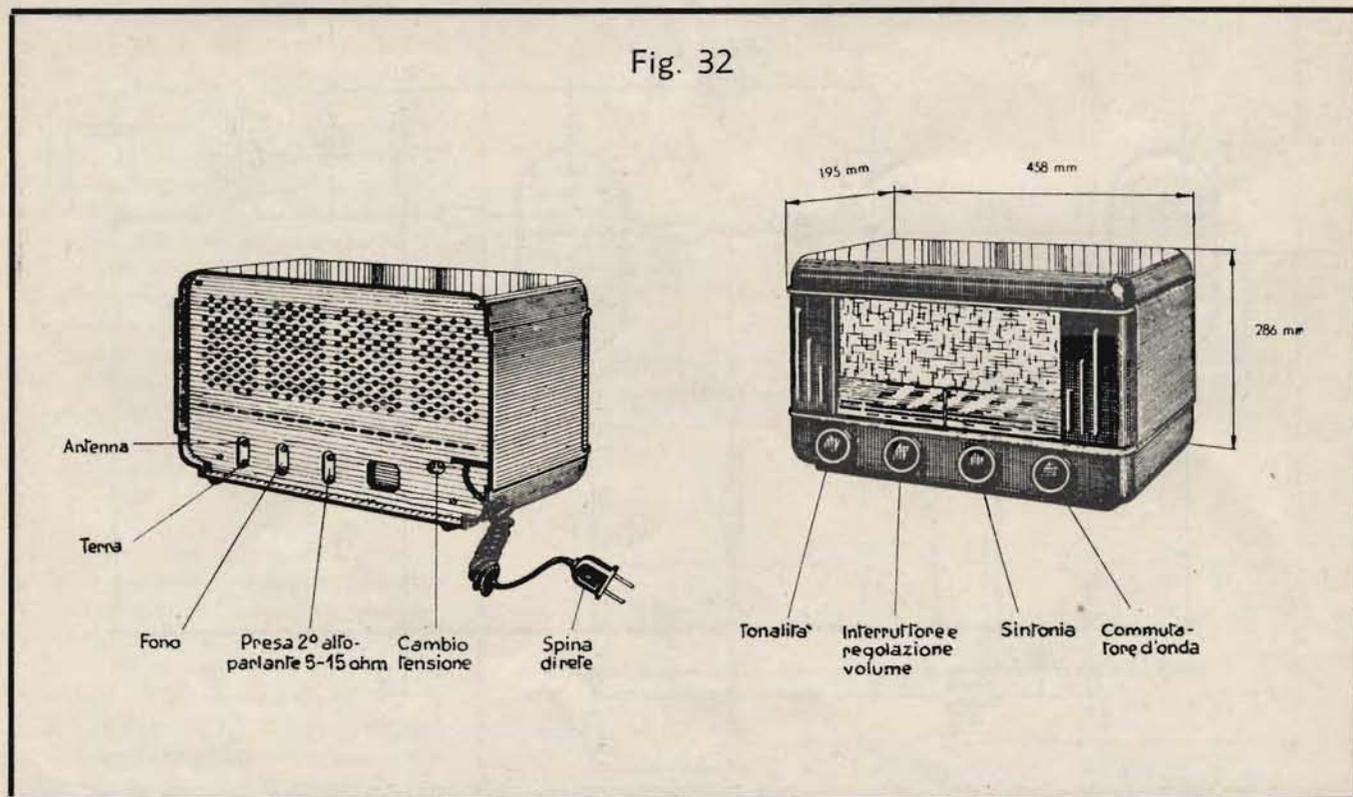
Il condensatore  $C_{23}$  porta la *BF* alla griglia-pilota della valvola finale. La polarizzazione di questa griglia proviene invece, come abbiamo già spiegato, dalla presa centrale del trasformatore, attraverso alle resistenze  $R_{14}$  e  $R_{15}$ . Il trasformatore d'adattamento per l'altoparlante dinamico è inserito nel circuito anodico della valvola finale (si veda la Dispensa N. 17).

Ora dobbiamo osservare alcune finezze. Tanto la griglia-pilota che quella di schermo del pentodo finale sono allacciate ognuna a una resistenza ( $R_{13}$  e  $R_{16}$ ). Il compito di queste resistenze consiste nel sopprimere la tendenza alla formazione di oscillazioni, che si presenta spesso nelle valvole finali ad alta pendenza. In serie alla griglia-pilota ci sono, generalmente, alcune migliaia, in serie alla griglia-schermo alcune centinaia di ohm.

La controreazione è realizzata come nel nostro esempio precedente. Abbiamo nuovamente una combinazione in serie di resistenza e capacità tra gli anodi delle amplificatrici di *BF*. L'effetto è sempre basato sul fatto che il condensatore  $C_{27}$  lascia passare più facilmente le frequenze superiori, le quali, attraverso ad  $R_{12}$ ,  $C_{23}$  ed  $R_{13}$ , pervengono alla griglia-pilota, provocando la controreazione. Si ottiene così un indebolimento delle frequenze superiori e quindi, indirettamente, un'esaltazione di quelle più basse. Infatti le frequenze inferiori, normalmente, sono meno amplificate, poichè incontrano sempre un certo ostacolo nei condensatori di separazione o di accoppiamento. La controreazione serve quindi a ristabilire l'equilibrio tra le varie frequenze acustiche.

C'è inoltre il controllo di tonalità, che permette di sopprimere le frequenze più elevate nel caso di fischi disturbatori. Esso è realizzato mediante il collegamento in serie del condensatore  $C_{28}$  col potenziometro  $R_{17}$ , i quali sono assieme in parallelo all'avvolgimento primario dell'altoparlante. Quando il potenziometro  $R_{17}$ , che è di alto valore ohmico, è completamente inserito, la corrente che attraversa  $C_{28}$  è praticamente nulla e non si ha alcuna variazione nella tonalità dell'altoparlante. Quando invece si diminuisce la resistenza di  $R_{17}$ , il condensatore  $C_{28}$  viene a trovarsi in parallelo al trasformatore d'uscita e diminuisce fortemente l'amplificazione della valvola finale per le frequenze più alte. Usando altri termini, si può anche dire che, a seconda della posizione del potenziometro, le frequenze alte vengono, più o meno, cortocircuitate.

Il condensatore  $C_{20}$ , infine, serve a compensare l'andamento del rapporto di trasformazione del trasformatore di uscita, che varia alquanto con la frequenza.



Le boccole (2) sono previste per l'allacciamento di un secondo altoparlante, per esempio da sistemare in un locale separato. Nella fig. 32 è visibile l'apparecchio intero e sono indicati i vari comandi e attacchi. Il commutatore d'onda, che nello schema è suddiviso in cinque parti, è naturalmente comandato da un unico asse.

Come vedete, separando le varie parti nello schema elettrico, si rende quest'ultimo molto più chiaro ed evidente.

Con questa seconda « passeggiata attraverso un apparecchio radio » avete certamente acquistato una maggiore sicurezza. Vi abbiamo spiegato il funzionamento di tutte le parti e avete senza dubbio compreso come esse collaborino le une con le altre. Ancora un po' di esercizio, e sarete capaci di interpretare lo schema di qualsiasi apparecchio radio di produzione industriale.

## Domande

1. Da che cosa si capisce se un apparecchio radio è previsto per l'alimentazione in corrente alternata?
1. Quali sono i sistemi a voi noti per la produzione della polarizzazione negativa di griglia?
3. Quanti e quali sistemi amplificatori sono contenuti nel ricevitore TESA 61 della Ditta Autophon?
4. Da che punto viene prelevata, nel ricevitore TESA 61, l'AF per il diodo del controllo automatico di volume?
5. A che cosa è allacciata, nell'apparecchio TESA 61, la seconda griglia di comando della seconda ECH21?
6. Come funziona il controllo delle tonalità nell'apparecchio TESA 61?

## TELEGRAFIA

### APPARECCHI AUSILIARI

Per completare le nostre spiegazioni sugli apparecchi telegrafici, dobbiamo accennare ad un'importante possibilità. Nell'esercizio normale le *telescriventi* e le *linee di telecomunicazione* non possono essere sfruttate completamente, poichè l'operatore è in grado di mantenere la massima velocità di trasmissione possibile solo per brevi istanti. Per lo sfruttamento completo delle possibilità di comunicazione, bisogna ricorrere alla *trasmissione meccanica*. A questo scopo bisogna preparare dapprima i telegrammi da trasmettere.

### La perforatrice manuale

La preparazione consiste nel riportare il testo dei telegrammi su un *nastro di carta perforato*, secondo un codice speciale. La *disposizione dei fori*, che rappresentano le singole lettere, corrisponde all'*alfabeto Murray*, come si vede nella figura 33 per la parola « SCHWEIZ » (Svizzera). La *perforatrice* si presenta esternamente come una *macchina da scrivere*. I *tasti* sono collegati con le *barre di codice*, che si spostano verso destra o verso sinistra, come nella telescrivente. Le *barre* comandano *cinque fustelle*, che tranciano nel *nastro di carta* una *combinazione di fori* corrispondente alla lettera da trasmettere. Per esempio, per la lettera J (fig. 33) lavorano la *seconda e la terza fustella*, mentre le altre rimangono ferme.

Il *nastro di carta* è munito di una *foratura uniforme* predisposta per il trasporto. Una *ruota a perni* ingrana in questi forellini e fa avanzare la carta di una divisione, dopo la tranciatura di ciascuna lettera. Non è difficile immagi-

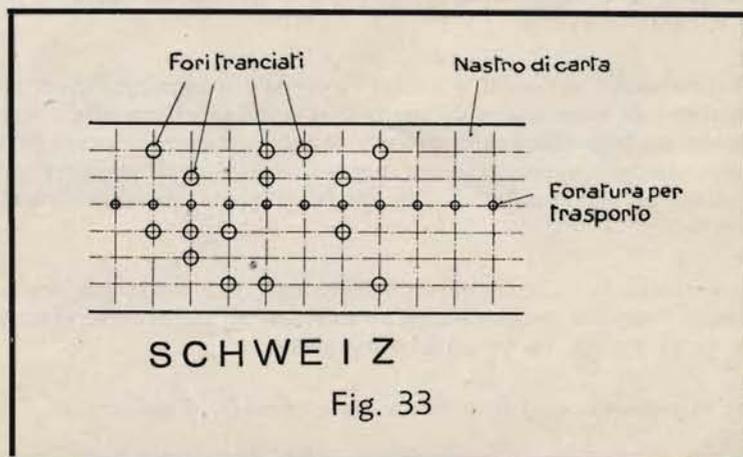
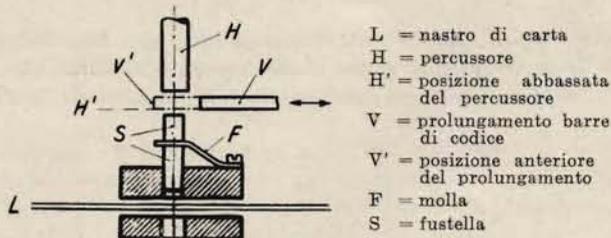


Fig. 33

Fig. 34



- L = nastro di carta
- H = percussore
- H' = posizione abbassata del percussore
- V = prolungamento barre di codice
- V' = posizione anteriore del prolungamento
- F = molla
- S = fustella

nare come la diversa posizione delle *barre di codice* possa liberare o bloccare le une o le altre *fustelle*, provocando la perforazione del *nastro* che si sposta nella macchina.

La fig. 34 mostra schematicamente questa parte della *perforatrice*. Il *percussore* (ve ne sono naturalmente cinque) si abbassa fino a trovarsi un po' sopra alla *fustella* S. Solo quando il prolungamento della *barra di codice* viene a trovarsi tra il *percussore* e la *fustella*, quest'ultima riceve il colpo e va a tranciare la carta.

Per gli impulsi di *assenza di corrente*, il prolungamento della *barra di codice* non si porta sotto al *percussore*; non viene quindi tranciato il foro. Eseguita la tranciatura, la *fustella* ritorna nella posizione iniziale per azione della *molla a lamina* F.

### Il trasmettitore automatico

La novità essenziale consiste nel modo, in cui il testo, registrato mediante perforazione, viene trasformato in impulsi di *corrente* e *assenza di corrente*. Esamineremo l'*apparecchio Siemens e Halske*, che permette di vedere in modo concettualmente chiaro come avviene la trasformazione.

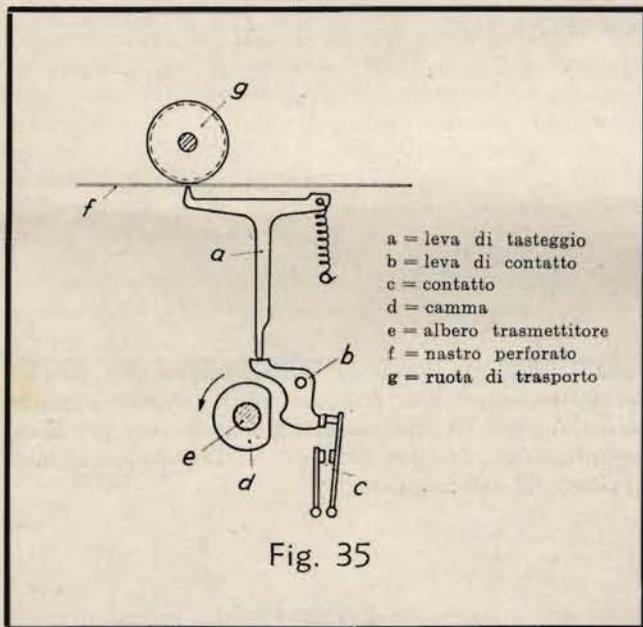


Fig. 35

- a = leva di tasteggio
- b = leva di contatto
- c = contatto
- d = camma
- e = albero trasmettitore
- f = nastro perforato
- g = ruota di trasporto

Gli organi rappresentati nella fig. 35 vanno immaginati ripetuti cinque volte. La *ruota di trasporto* g fa avanzare a scatti il *nastro perforato*. Nel breve tempo in cui il *nastro* si arresta davanti al *dispositivo di tasteggio*, le *leve di tasteggio* a si abbassano, se vengono a trovarsi in corrispondenza di un foro, mentre il prolungamento si sposta verso sinistra, sotto l'azione della *molla a trazione*. Rimane quindi libera la *leva di contatto* b.

Poichè il *trasmettitore automatico* trasmette il messaggio ad una comune *telescrivente*, è necessario che esso rispetti il prescritto *sincronismo*. Questo si manifesta nel fatto che, ad ogni giro dell'*albero trasmettitore* e, le *camme* d permettono alle *leve di contatto* b di spostarsi una volta sola. Naturalmente le *cinque camme* sono sfasate l'una rispetto all'altra, come nel trasmettitore della *telescrivente*, affinché gli impulsi di codice vengano emessi nella giusta successione. Come abbiamo detto, lo spostamento delle *leve di tasteggio* libera le *leve di contatto* b, le quali s'inclinano nel momento in cui passa la parte piatta della *camma*. In questo istante si chiude il *contatto* c e viene emesso l'*impulso di corrente*. Come avvenga l'*impulso di assenza di corrente*, è ovvio.

La *leva di tasteggio* non si sposta, perchè non incontra un foro, e pertanto la *leva di contatto* rimane bloccata e il *contatto* aperto.

Naturalmente è possibile anche *ricevere i telegrammi direttamente sul nastro perforato*. Invece del solito meccanismo di ricezione e di stampa, si applica allora alla *telescrivente* un *apparecchio perforatore*, costruito in modo analogo alla *perforatrice manuale* menzionata precedentemente. In questo modo i dispacci telegrafici possono essere ritrasmessi senza necessità di batterli un'altra volta. Inoltre il *nastro* dà la possibilità di conservare i dispacci per trasmetterli da qualsiasi posto, automaticamente, ripetendoli, se necessario, quante volte si voglia.

È ovvio inoltre che si possono fabbricare dei *nastri perforati* anche per il comune *telegrafo Morse*. Anche in questo caso col *trasmettitore automatico* si ottengono velocità di trasmissione che superano di gran lunga quelle raggiungibili da un abile telegrafista.

Se vi abbiamo così fornito un certo sguardo d'insieme sugli apparecchi telegrafici, sappiamo però benissimo

di aver descritto solamente alcuni degli apparecchi più importanti. La telegrafia è il ramo più antico della tecnica delle telecomunicazioni ed ha attuato varie realizzazioni, che possiamo però senz'altro trascurare.

Comunque, le nostre spiegazioni possono bastare affinché, all'occorrenza, possiate rapidamente orizzontarvi in questo campo, nei riguardi di speciali apparecchi.

### **Domande**

1. Quale necessità ha richiesto l'adozione dei nastri perforati?
2. A che si deve se, nella perforatrice manuale, viene tranciato un foro o no?

### **Risposte alle domande di pag. 25**

1. Si riconosce se un apparecchio radio è costruito per l'alimentazione in corrente alternata, dal fatto che possiede un trasformatore di rete e dalle lettere, che contraddistinguono l'accensione nelle sigle delle valvole (*A* oppure *E*).
2. In pratica, si usa di solito la modulazione automatica o semiautomatica della polarizzazione di griglia.
3. L'apparecchio TESA 61 contiene 4 sistemi amplificatori: la valvola convertitrice di frequenza (eptodo nella prima *ECH21*), la valvola amplificatrice di media frequenza (eptodo della seconda *ECH21*), la preamplificatrice di *BF* (triode nella seconda *ECH21*) e l'amplificatrice finale (pentodo della *EBL21*).
4. Nell'apparecchio TESA 61 l'*AF*, per il diodo del controllo automatico di volume, viene prelevata prima del secondo filtro di banda, dall'anodo dell'amplificatrice di *MF*.
5. La seconda griglia di comando della seconda valvola *ECH21*, nell'apparecchio TESA 61, è inutilizzata e viene semplicemente collegata con la massa.
6. Il controllo di tonalità nel TESA 61 si ottiene per mezzo di un potenziometro in serie ad un condensatore ( $C_{28}$ ). Quando il potenziometro è girato, in modo da presentare la minima resistenza, le frequenze superiori sono pressochè cortocircuitate attraverso al condensatore; la tonalità risulta cupa.

### **Risposte alle domande della presente pagina**

1. Per sfruttare meglio le linee telegrafiche bisogna effettuare la trasmissione meccanica. Ciò richiede la perforazione manuale del testo nel nastro di carta.
  2. Con la perforatrice manuale il foro viene tranciato quando il prolungamento della barra di codice è spostato in modo, da trovarsi tra il percussore e la fustella.
-

## COMPITI

1. Nella telegrafia d'immagini come è possibile trasmettere un'intera immagine mediante una sola linea a due fili?
2. Come mai nella telegrafia d'immagini occorre il sincronismo, e come si ottiene?
3. Che cos'è il cercatore di cordone nella centrale automatica Hasler? Qual è il suo compito? Quanto tempo rimane allacciato ad un determinato collegamento?
4. In che modo e attraverso quali stadi intermedi viene comandato il movimento del cercatore di linea nella centrale Hasler, seguendo gli impulsi di selezione?
5. Che cosa succede nella centrale Hasler, quando l'utente chiamato è occupato?
6. Perché l'elemento al ferro-selenio costituisce un raddrizzatore a secco?
7. Come è possibile che l'abbonato alla telediffusione in *BF* possa, a sua scelta, ascoltare i programmi di telediffusione oppure telefonare?
8. Che cosa occorre per l'abbonato alla telediffusione in *AF*?
9. Qual è la tensione indicata da un misuratore d'uscita con resistenza interna pari a 6000 ohm, quando la potenza d'uscita ammonta a 0,9 watt?
10. Che frequenza deve erogare il secondo oscillatore di un oscillatore a battimenti, per ottenere 1275 Hz, nel caso che il primo oscillatore emetta 99,5 Hz?
11. Che valore devono avere le resistenze del partitore di tensione usato per la produzione semiautomatica della polarizzazione di griglia, qualora la corrente complessiva assommi a 50 mA e le polarizzazioni richieste siano di  $-6,5$  e  $-1,8$  V?
12. Come vanno accordati i circuiti del ricevitore TESA 61, per ascoltare Radio Monte Ceneri?
13. Come si ripartiscono le tensioni, in una combinazione in serie di un condensatore da 250 pF con una resistenza da 100 k $\Omega$ , alle frequenze di 500 kHz e di 1500 Hz?  
Che cosa se ne deduce?
14. Nel trasmettitore telegrafico automatico Siemens come avviene la traduzione del testo perforato in impulsi di *corrente* e di *assenza di corrente*?

---

**Stampato come manoscritto**

**Ogni alienazione, prestito o diffusione in genere di questa Dispensa,  
anche per estratto, è proibita.**

**Tutti i diritti, in particolare il diritto di traduzione, sono riservati.**

---

TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI

---

OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO N. 9  
V A R E S E

---

DISPENSA N.º 22

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

# INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 22

<b>Riassunto della materia trattata nella Dispensa precedente</b>	pag. 1
<b>Televisione</b>	» 1
Confronti con la radiotelegrafia d'immagini e con il cinema- tografo	» 1
La scomposizione meccanica delle immagini	» 3
1. Il disco di Nipkow	» 3
2. Ruota a specchi e vite a specchi	» 4
L'esplorazione a raggi catodici	» 5
1. Il tubo disettore	» 5
2. L'accumulazione dell'emissione	» 5
3. L'iconoscopio	» 6
Domande	» 7
<b>Elettrotecnica generale</b>	» 7
La deviazione magnetica del raggio elettronico	» 7
L'elettrone nel campo magnetico	» 8
La deviazione magnetica	» 8
La lente elettromagnetica	» 9
Domande	» 9
<b>Televisione</b>	» 9
Il principio dell'« Orthikon »	» 9
L'Orthikon a immagine intermedia (Image-Orthikon)	» 10
La lastra dielettrica d'immagine	» 11
Moltiplicatori ed elettroni secondari	» 11
Il funzionamento dell'apparecchio completo	» 11
Domande	» 12
<b>Tecnica delle misure</b>	» 12
Misura della frequenza	» 12
L'ondametro a risonanza	» 13
L'ondametro a interferenza	» 13
Domande	» 14
Risposte	» 15
<b>Televisione</b>	» 15
Il comando del raggio e il sincronismo	» 15
I segnali di sincronismo	» 15
La fase negativa dell'immagine	» 16
Il sistema a linee alterne	» 16
La disposizione dei segnali di sincronismo	» 17
La separazione degli impulsi verticali e orizzontali	» 18
Gli oscillatori a rilassamento	» 19
L'oscillatore a interdizione	» 19
Il multivibratore	» 19
La corrente a dente di sega	» 20
Domande	» 21
Risposte	» 21
<b>Radar</b>	» 21
Radiogoniometria	» 21
La caratteristica direzionale	» 22
L'antenna direzionale	» 23
Il riflettore	» 24
L'antenna a dipolo	» 24
La parete di dipoli con riflettore	» 24
Domande	» 25
<b>Televisione</b>	» 26
Lo studio di ripresa e la stazione trasmittente di televisione	» 26
Domande	» 27
Risposte	» 27
<b>Compiti</b>	» 28

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 22

## RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Ci avviciniamo rapidamente alla fine del nostro Corso. Dobbiamo soltanto apportare ancora qualche complemento ad alcuni Capitoli e svolgerne altri che trattano delle ultimissime conquiste della tecnica delle telecomunicazioni. La Dispensa N. 21 si è già presentata con questo programma.

Il Capitolo sulla *telegrafia di immagini* rappresenta il ponte che collega i diversi sistemi di *telegrafia* alla *televisione*. Nella *fotocellula* voi avete conosciuto l'organo che consente di trasformare le impressioni luminose in correnti elettriche. Dato il lungo tempo occorrente per la trasmissione, si rese necessario escogitare degli *speciali sistemi di modulazione*, che rendessero possibile l'inoltro delle immagini per via radio. Tra questi sistemi è particolarmente interessante la *modulazione di tempo*, che consiste nel trasformare gli impulsi di corrente fotoelettrica, secondo la loro intensità, in impulsi elettrici di maggiore o minore durata, ma di ampiezza costante.

Per quanto concerne la *telefonia automatica*, avete conosciuto nella precedente Dispensa un *terzo sistema*, che è quello della *Società Hasler*. Esso pure è un sistema indiretto. Oltre al registratore, impiegato anche nel sistema rotativo Bell, si notano in esso i *circuiti marcatori*. Anche i *selettori* sono costruiti in un modo particolare; per il loro modo di funzionare, essi sono chiamati « *cercatori* ».

Nel Capitolo successivo avete fatto conoscenza col *raddrizzatore a secco*. L'elemento al ferro-selenio presenta, nella direzione dal ferro al selenio, una resistenza che è molte migliaia di volte minore di quella che ha nella direzione inversa. La corrente alternata passa quindi in un senso solo, e rimane raddrizzata.

Malgrado lo sviluppo enorme della radio, si apprezzano anche oggi le qualità delle trasmissioni inoltrate per filo. Si ricorre perciò alla *telediffusione* sulle reti telefoniche. Essa può essere realizzata a bassa oppure ad alta frequenza. In quest'ultimo caso si immettono tutti i programmi contemporaneamente sulle linee e si contraddistinguono, come nella radio, mediante differenti onde portanti.

Nel Capitolo sulla *tecnica delle misure* sono stati descritti alcuni apparecchi importanti per il laboratorio radio. Il *generatore di prova* per radiorecettori è un piccolo emittente d'*AF*, la cui frequenza può essere variata a piacere entro ampi limiti. Descrivendo tale apparecchio, abbiamo mostrato come si produce un'*AF* modulata in ampiezza. Un apparecchio analogo, ma destinato alle indagini in *BF*, è l'*oscillatore a battimenti*. Particolarmente importante è il fatto che, per produrre grandissime variazioni di *BF*, bastano modeste variazioni della frequenza di due generatori d'*AF*.

Seguiva la descrizione dello schema di una *supereterodina*, che vi ha procurato senza dubbio molto meno difficoltà di quella precedente. Anche in essa però si è incontrata qualche novità, per esempio la *produzione semiautomatica della tensione di griglia*. Nella parte in *AF*, invece, le principali componenti erano già note, e così pure, nella demodulazione e nella produzione della tensione per il controllo automatico del volume, si può dire che non ci fossero modifiche, rispetto allo schema precedentemente descritto. Anche l'applicazione della controreazione nell'amplificatore finale ci era già nota.

Nell'ultimo Capitolo avete infine conosciuto le macchine *perforatrici di zona*, che costituiscono un importante accessorio delle telescriventi, perchè consentono la veloce *trasmissione meccanica* dei dispacci. Con ciò l'argomento delle telescriventi è esaurito.

## TELEVISIONE

### CONFRONTI CON LA RADIOTELEGRAFIA D'IMMAGINI E CON IL CINEMATOGRAFO

Siamo ormai arrivati felicemente al punto in cui possiamo occuparci dei più moderni sviluppi della radiotecnica. Nella Dispensa precedente abbiamo già visto quali possibilità sostanziali esistano per la trasmissione elettrica senza fili di un'immagine. Ricapitoliamole.

L'immagine si scompone in singoli punti, ai quali si fa corrispondere, con l'aiuto di una fotocellula, un determinato valore di corrente, dipendente dalla luminosità. Le variazioni di luminosità dell'immagine sono quindi trasformate in fluttuazioni di corrente, ossia in correnti alternate. Queste possono essere trasmesse direttamente attraverso linee, oppure possono servire a modulare un'*AF*, per la trasmissione senza fili. In ogni caso, si possono così ottenere nella stazione ricevente delle correnti corrispondenti alla luminosità dell'immagine trasmessa. Bisogna infine ricomporre questi punti, in modo da ottenere l'immagine primitiva; a questo scopo

è importante il mantenimento del sincronismo tra la scomposizione e la ricomposizione dell'immagine. Si tratta di un'esigenza analoga a quella che si presenta nelle telescriventi.

Ora bisogna osservare che *le immagini trasmesse in televisione non sono fisse, ma devono muoversi*, ed è quindi naturale che si facciano dei ragionamenti analoghi a quelli su cui è basato il cinematografo. Voi sapete, senza dubbio, come si procede per ottenere sullo schermo delle figure animate. Si sfrutta l'inerzia dell'occhio umano. Si proiettano, con rapida successione, delle immagini, che si distinguono l'una dall'altra soltanto per un minuscolo spostamento di qualche particolare. Il procedimento è reso evidente soprattutto nei disegni animati. Si è trovato che, per dare l'impressione della *continuità dei movimenti*, bisogna presentare all'occhio almeno 25 immagini al secondo. Naturalmente la pellicola cinematografica non va fatta scorrere nella macchina di proiezione a velocità uniforme, poichè si avrebbe allora una gran confusione e non si potrebbe riconoscere assolutamente nulla. Si otterrebbe, tutt'al più, un'impressione analoga a quella data dal passaggio a piccola distanza di un corridore automobilistico, lanciato alla massima velocità. Nel cinematografo pertanto la pellicola deve muoversi a scatti. Ciascuna immagine deve restare ferma per un brevissimo istante. La stessa necessità si presenta durante la ripresa cinematografica, poichè anche allora la pellicola sensibile deve spostarsi a scatti. Le macchine da presa sono costruite in modo, da esporre la pellicola soltanto per dei brevissimi istanti, durante i quali l'oggetto è praticamente immobile.

Facciamo un po' di conti, per vedere quante immagini occorrono per un film della durata di 60 minuti. Calcolando 25 immagini al secondo, otteniamo in un'ora  $3600 \cdot 25 = 90\,000$  immagini.

Perciò, benchè ciascun'immagine misuri soltanto pochi centimetri, risultano delle pellicole lunghe dei chilometri!

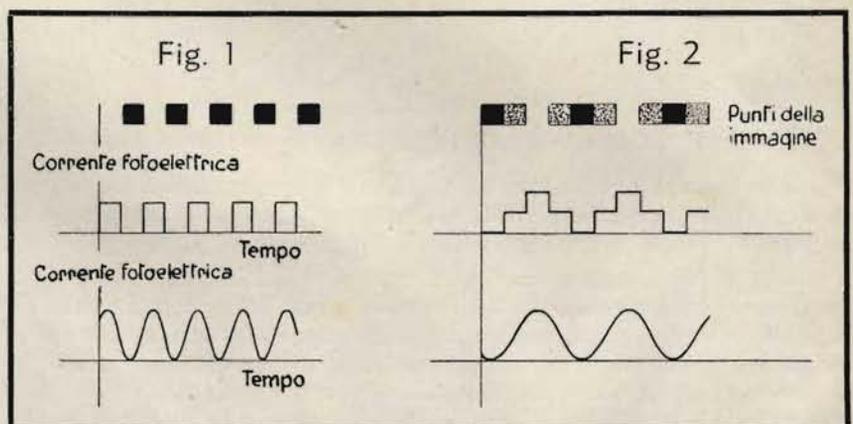
Dopo questa breve divagazione, torniamo alla *televisione*. Vediamo un po' di trasmettere le 25 immagini al secondo necessarie, col sistema della *telegrafia d'immagini*. Che delusione! ci accorgiamo che, per la trasmissione di una sola immagine, occorrono più di 10 minuti! La velocità di trasmissione nella *televisione* deve essere ben  $10 \cdot 60 \cdot 25 = 15\,000$  volte maggiore. Questo numero è molto eloquente: esso dimostra subito la *principale difficoltà della televisione*. Qualsiasi sistema lento di trasmissione d'immagini era perciò da escludere e si fu quindi costretti a cercare un sistema che consentisse di *scomporre più rapidamente le immagini*.

Per ottenere una riproduzione di qualità equivalente a quella della *telegrafia d'immagini*, bisogna ovviamente suddividere l'immagine in altrettante linee e punti. Per formarci un'idea consideriamo la norma usata oggi in Europa. L'immagine trasmessa ha la forma di un rettangolo con un rapporto dei lati (larghezza ad altezza) di 4 : 3. Essa è suddivisa in 625 linee orizzontali, e ciascuna di queste in  $\frac{625 \cdot 4}{3} =$  circa 833 punti. Calcoliamo il numero dei punti al secondo: troviamo che sono  $625 \cdot 833 \cdot 25 = 13.020.833$  punti. È un numero enorme e cercheremo di figurarci ciò che esso significa.

Ricordiamo anzitutto che dobbiamo trasmettere delle *fluttuazioni di corrente o di tensione elettrica*, ossia dei fenomeni di *corrente alternata*. La massima fluttuazione, che in pratica non capiterà mai, si avrebbe, se in una linea si avessero punti bianchi e neri susseguentisi alternativamente (fig. 1). Supponiamo che una fotocellula esplori questa linea: la corrente da essa erogata assumerà l'andamento rappresentato in mezzo. Poichè la linea viene esplorata con velocità uniforme, invece della distanza dei punti si può indicare sull'asse orizzontale il tempo. Risulta quindi che, ad ogni punto, corrisponde un intervallo di tempo pari a  $\frac{1}{13\,020\,833}$  secondi, ossia circa  $77 \cdot 10^{-9}$  secondi. L'andamento della corrente corrispondente a punti bianchi e neri alternati può essere interpretato, approssimativamente, come una sinusoidale (curva in basso). Del resto ciò corrisponde anche effettivamente alla realtà, poichè in qualsiasi immagine il passaggio dal chiaro all'oscuro è sempre graduale. Concludendo, vediamo che la successione di punti bianchi e neri viene rappresentata da un'onda sinusoidale col periodo di  $2 \cdot \frac{1}{13\,020\,833}$  secondi ossia  $0,154 \cdot 10^{-6}$  sec e quindi dalla frequenza di  $6,5 \cdot 10^6$  Hz ossia 6,5

MHz. Se invece nell'immagine ci fossero sempre 2 punti bianchi, uno dopo l'altro, e poi 2 punti neri, si otterrebbe la metà di tale frequenza, ossia 3,25 MHz.

Nella fig. 2 abbiamo, tra i punti bianchi e neri, anche un punto grigio. Misurando però la distanza, per esempio dal centro di un punto nero al centro di quello successivo, si contano ancora quattro punti, e si vede che la frequenza corrispondente è di 3,25 MHz. Considerando il fatto che il raggio elettronico non esplora punto per punto, ma che spazza con moto continuo l'immagine, e che esso, per quanto sottile, possiede una certa larghezza, si comprende che i punti adiacenti vengono automaticamente più o meno ugualizzati. La suddivisione dei chiaroscuri indicata nella fig. 1 ha d'altronde un valore puramen-



te teorico, per trovare la relazione con una determinata frequenza. Nelle immagini reali il passaggio dal chiaro allo scuro è quasi sempre lento e i posti, in cui tale passaggio avvenga repentinamente, sono rari. La frequenza di 6,5 MHz, da noi precedentemente calcolata, in pratica non si raggiunge quindi quasi mai.

È facile poi immaginare in che modo si formino le frequenze meno elevate. Se, per esempio, tutta una linea presenta la stessa luminosità, si ottiene una

corrente costante per un tempo di  $\frac{1}{625 \cdot 25} = \frac{1}{15625}$   
 $= 64 \cdot 10^{-6}$  sec, ossia 64 microsecondi. Se la luminosità variasse alternativamente da una linea all'altra, ne risulterebbe una frequenza di  $\frac{1}{2 \cdot 64 \cdot 10^{-6}}$   
 $= 7812 \text{ Hz} = 7,812 \text{ kHz}$ .

Con ciò abbiamo menzionato brevemente alcune frequenze, e particolarmente la *massima*, che possono intervenire nella modulazione delle trasmissioni televisive. È ovvio che, oltre a tali frequenze, si possono avere tutte le frequenze intermedie.

Risulta da questi ragionamenti che la banda di frequenze necessaria per la *televisione* comprende alcuni megahertz e presenta pertanto un'ampiezza quasi mille volte maggiore di quella occorrente per le *radiotrasmissioni*. Nella fig. 3 è rappresentato graficamente l'andamento della luminosità di una linea in un'immagine. Come vedete, in televisione non avviene più la scomposizione per punti, ma si ottengono delle variazioni continue lungo una linea. Infatti non si presenta qui l'esigenza, che esiste invece nella *telegrafia d'immagini*, di produrre un retino direttamente utilizzabile per la stampa. Le *fluttuazioni della corrente* contengono la *modulazione*, ossia il cosiddetto « *segnale d'immagine* ».

Per terminare questi ragionamenti d'ordine generale dobbiamo dare un breve cenno sulle *frequenze portanti* usate in *televisione*. Effettuando la *modulazione* di un'AF portante col *segnale d'immagine*, si ottiene naturalmente una *banda di ampiezza doppia*, quindi circa 13 MHz. Se volessimo caricare questa banda, per esempio, su una *frequenza delle onde medie*, otterremmo una bella confusione, perchè la frequenza modulante sarebbe maggiore della frequenza portante! Tutto quanto il campo delle *onde medie* non è sufficiente per contenere un'unica trasmissione televisiva! Le *fluttuazioni della frequenza* sarebbero poi relativamente tanto forti, da rendere impossibile la *sintonia* mediante circuiti accordati e perfino un'emissione uniforme attraverso l'antenna trasmittente. Soltanto nel campo delle *altissime frequenze* si possono avere a disposizione le larghe bande di frequenza occorrenti per la *televisione*.

Una semplice regola empirica dice che, per realizzare una discreta trasmissione televisiva, occorre una frequenza portante equivalente a 10-20 volte l'ampiezza della banda di modulazione. Ponendo come massima frequenza di modulazione circa 4 MHz, si viene a richiedere una portante situata per lo meno nel campo da 40 a 70 MHz, che appartiene alle cosiddette « *onde ultracorte* ». Diverse stazioni televisive, attualmente già in esercizio, lavorano effettivamente in questo campo, per es. *Londra*, con la portante per l'immagine di 45 MHz.

## LA SCOMPOSIZIONE MECCANICA DELLE IMMAGINI

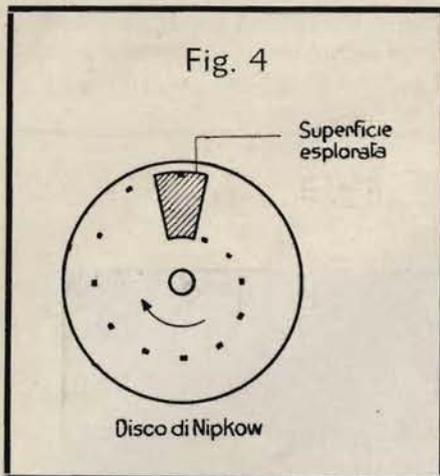
Facciamo una piccola ricapitolazione storica e consideriamo le singole tappe dello sviluppo della *televisione*. I primi *dispositivi per la scomposizione delle immagini* non erano altro che dei perfezionamenti delle apparecchiature per la *radiotelegrafia d'immagini* e funzionavano pertanto *meccanicamente*. In altre parole, possedevano delle parti che dovevano essere azionate da un motore.

### 1. Il disco di Nipkow.

Questo *disco* fu inventato da Paul Nipkow nel lontano 1884. Si tratta di un procedimento semplice, eppure elegante, per *scomporre un'immagine in linee*. Il principio risulta dalla fig. 4. Un *disco* circolare porta una

Fig. 3





serie di *fori*, disposti su una *linea a spirale*. Il settore tratteggiato nella figura rappresenta l'immagine da *esplorare*, posta dietro al *disco di Nipkow*. Quando il disco gira, il *primo foro* esplora la *prima linea* in alto dell'immagine. Il *secondo foro* è disposto in modo, da iniziare l'esplorazione della *seconda linea* esattamente nell'istante, in cui il primo foro esce a destra dalla superficie dell'immagine. La *distanza radiale dei fori* deve quindi corrispondere alla *larghezza del punto ossia della linea*.

La *distanza dei fori sull'arco di cerchio* corrisponde invece alla *larghezza dell'immagine*. È facile comprendere che l'esplorazione dell'immagine avviene *linea per linea*, procedendo dall'alto verso il basso. È ovvio poi che il *numero dei fori* deve essere *uguale al numero delle linee*. Il *numero di giri al secondo* del disco corrisponde invece al *numero d'immagini*. Per assicurare l'uniformità dell'esplorazione, poichè la velocità dei fori è diversa, secondo la loro distanza dal centro del disco, bisogna che la grandezza del disco non sia inferiore a un dato valore. Il *raggio del disco* dev'essere uguale a *circa cinque volte l'altezza dell'immagine*: in tal caso quest'ultima risulta pressochè rettangolare.

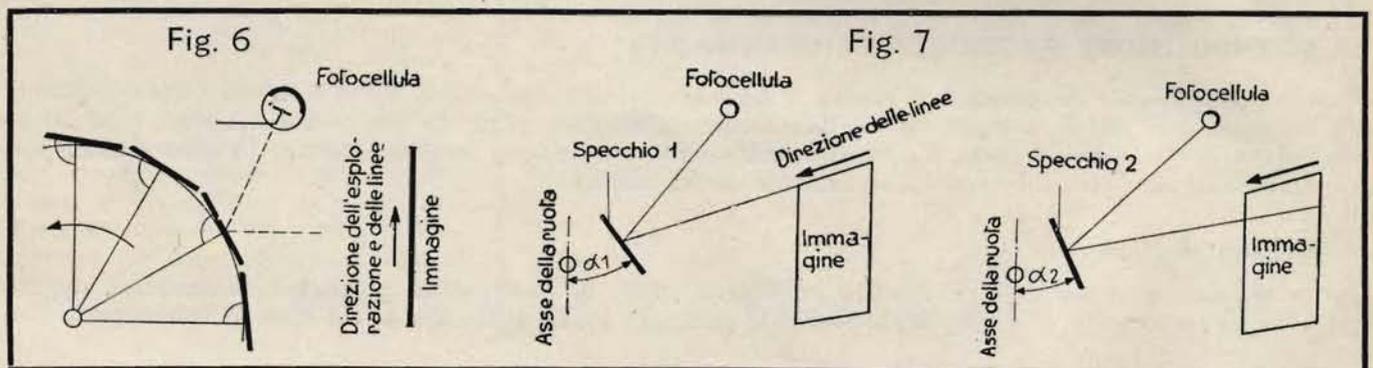
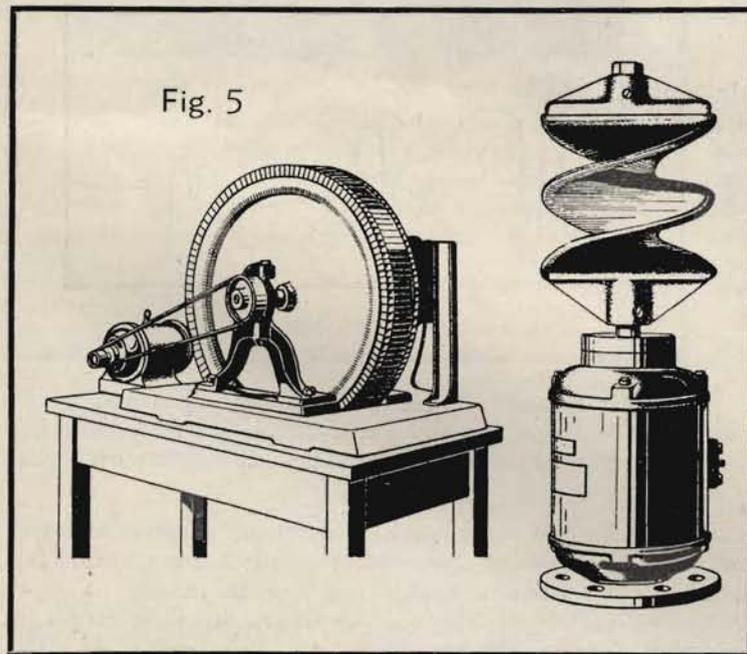
L'esplorazione avviene mentre il *disco di Nipkow* gira a velocità costante davanti all'immagine illuminata uniformemente. Il *raggio* che attraversa il disco, e la cui intensità corrisponde alla luminosità dell'immagine, viene convogliato da una *lente convergente* ad una *fotocellula sensibile*, che lo trasforma in *corrente elettrica*. Nel 1939 venne realizzata un'apparecchiatura basata su questo principio, che lavorava con 441 linee, un numero non sensibilmente inferiore all'attuale norma. La principale difficoltà nel *disco di Nipkow* consiste nell'*elevata precisione* necessaria per la foratura. Perfezionando il sistema, si passò alla *foratura su spirale doppia*, effettuando l'esplorazione con 2 giri per ciascuna immagine e riducendo il numero di fori, per ciascuna spirale, alla metà. È inutile però che approfondiamo maggiormente la cosa, poichè oggi si impiegano altri sistemi.

## 2. Ruota a specchi e vite a specchi

Questi altri due sistemi sono basati sulla *rotazione di specchi* (fig. 5). Trattandosi per entrambi del medesimo principio, basta che consideriamo la *ruota a specchi*. Sulla circonferenza di una *ruota* sono disposti tanti *specchi piani*, quante sono le linee in cui va scomposta l'immagine. L'*inclinazione degli specchi* rispetto all'*asse*

della ruota deve *aumentare da uno specchio all'altro*, in modo che quello successivo rifletta la linea successiva, inviandone l'intensità luminosa alla *fotocellula*. Inoltre gli *specchi* devono esser disposti in modo che, quando la ruota gira, il *raggio luminoso*, che colpisce la *fotocellula*, provenga sempre *da un solo punto di uno specchio*, esplorando così *linea per linea*. Nella fig. 6 si vede come varia l'inclinazione degli specchi, per poter esplorare tutte le linee; dalla fig. 7 si riconosce in che modo si effettua lo spostamento del raggio. A sinistra si vede il *primo specchio*, che fa cadere sulla *fotocellula* la luce proveniente dalla *prima linea*, mentre invece il *secondo specchio*, a destra, avendo un'altra inclinazione, riflette la *seconda linea*. L'inclinazione degli specchi è stata naturalmente esagerata in queste figure, per renderle più comprensibili.

Queste brevi descrizioni sono sufficienti per soddisfare il vostro interesse storico. La qualità della riproduzione richiesta oggi presuppone dei sistemi di scomposizione più sufficienti, che vedremo ora.



## L'ESPLORAZIONE A RAGGI CATODICI

Malgrado le costruzioni più raffinate, quando si usavano dei sistemi meccanici non era possibile, nella scomposizione delle immagini, superare un determinato limite. Poichè per esplorare una superficie con un raggio luminoso occorreva muovere uno *specchio* oppure un *diaframma*, si dovevano, per forza, subire le limitazioni dovute all'inerzia della materia. Potendo invece spostare il solo raggio con una forza adatta...

Certamente vi è venuta ora un'idea. Se il *raggio luminoso* fosse un *raggio di elettroni*, esso potrebbe essere spostato con l'aiuto di *campi elettrici* (e, aggiungiamo noi, anche di *campi magnetici*, come vedremo tra breve). Voi pensate all'*oscillografo a raggi catodici*, dove il *raggio di elettroni*, viene infatti spostato attraverso lo schermo dalle tensioni applicate.

Nel vostro entusiasmo siete però andato troppo in là, dimenticando che, dapprima, si tratta di risolvere il problema della trasformazione di un *raggio di luce* in un *raggio di elettroni*. Tuttavia il lavoro preliminare è già fatto.

Nella Dispensa precedente abbiamo conosciuto la *fotocellula al cesio*. Quando la luce cade sul *catodo di cesio*, vengono emessi degli *elettroni*, in quantità dipendente dall'intensità luminosa.

### 1. Il tubo dissettore

Parleremo dapprima di questo dispositivo, che rafforza bene le nostre considerazioni. Esaminandone i difetti, troveremo meglio la strada verso i dispositivi più perfezionati. La particolarità di questo apparecchio consiste nel *catodo fotoelettrico a vasta superficie*, il quale è ricoperto di *cesio*. Un sistema di *lenti* proietta l'immagine da trasmettere su questo catodo. *Il numero di elettroni, emesso in ciascun punto, dipende dall'intensità luminosa dell'immagine*. Con ciò è risolta la prima parte del problema; l'*immagine ottica* è trasformata in una *immagine costituita da raggi elettronici*.

Ora viene l'esplorazione. Serve a ciò, anche in questo sistema, un *diaframma*; con la differenza, però, che qui non è il *diaframma che ruota*, ma il *fascio di raggi elettronici contenente l'immagine, che viene spostato elettricamente*. Descriveremo in seguito più dettagliatamente come avviene tale spostamento. Per ora basti dire che il *raggio viene guidato rapidamente davanti al diaframma per mezzo di una tensione a dente di sega, che lo fa spostare orizzontalmente*. Nello stesso tempo un'altra *tensione a dente di sega agisce verticalmente, per portare davanti al diaframma tutti i punti del fascio di raggi elettronici*. Non è difficile comprendere che la *frequenza dello spostamento orizzontale equivale al numero di linee moltiplicato per il numero di immagini al secondo, mentre lo spostamento verticale dipende soltanto dal numero di immagini*.

Si viene così a guidare il *fascio di elettroni in modo, che tutti i punti dell'immagine, contenuti in esso, vadano a cadere, una volta in ciascuna esplorazione, sopra un diaframma fisso*. Non si muovono quindi che gli *elettroni*; tutte le parti dell'apparecchiatura sono fisse e pertanto l'inerzia della massa non ha più alcun effetto.

Come ultima operazione, bisogna *raccogliere gli elettroni che attraversano il diaframma, provocando un impulso di corrente corrispondente alla luminosità del punto esplorato*. Ecco così che le *variazioni dell'intensità luminosa sono trasformate in questa corrente variabile nel tempo, che può costituire la modulazione di un trasmettitore di televisione*.

Per quanto questo sistema appaia, a prima vista, chiaro e vantaggioso, esso possiede tuttavia un *grave difetto*. La *corrente di modulazione* è formata infatti *soltanto da quegli elettroni che vengono emessi nell'istante dell'esplorazione*. Data, per esempio, un'immagine quadrata a 625 linee, ciascun punto partecipa all'erogazione degli elettroni soltanto per  $\frac{1}{625 \cdot 625} = \frac{1}{390\,625}$  del tempo di esplorazione di un'immagine. *La sensibilità del tubo*

*dissettore è quindi bassissima*; per rendere possibile la riproduzione televisiva, occorre un'intensissima illuminazione del soggetto, che procuri quella minima intensità del *segnale d'immagine*, indispensabile per poter poi procedere all'amplificazione. Di qui la necessità di costruire delle *apparecchiature di ripresa dell'immagine particolarmente sensibili*. Per la trasmissione di *dispositivi* e di *pellicole* il tubo dissettore può invece esser impiegato molto bene e viene spesso usato anche oggi.

### 2. L'accumulazione dell'emissione

Per aumentare la sensibilità del tubo per la ripresa televisiva si cercò un sistema che permettesse di usufruire di tutti gli elettroni emessi dal *catodo fotoelettrico* per l'intera durata dell'esposizione. Si tratta, in sostanza, di tenere in serbo questi elettroni fino alla successiva esplorazione. *In teoria* si otterrebbe un *aumento di sensibilità*, rispetto al *tubo dissettore*, pari al numero dei punti dell'immagine, ossia di *circa 200 000 volte*. In pratica, nel tubo costruito secondo questi concetti, chiamato « *iconoscopio* », non ci si avvicina nemmeno lontanamente a ciò; purtuttavia il *guadagno rimane enorme*.

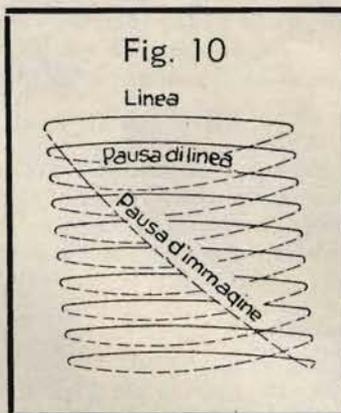
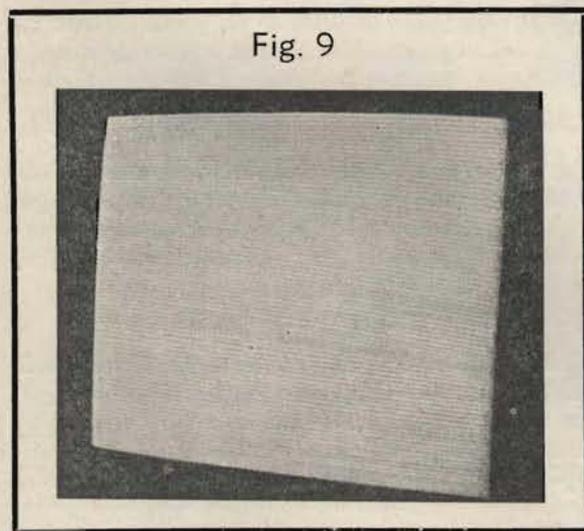
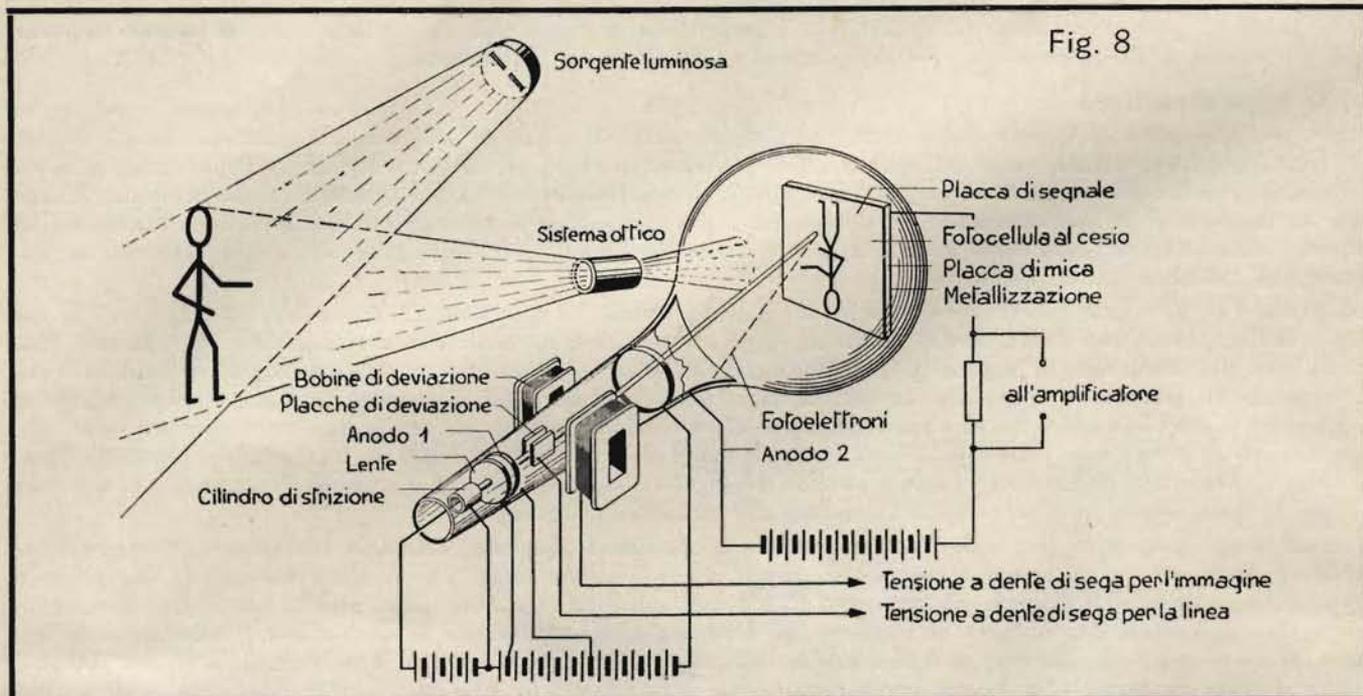
Ora ci interessa il principio che consente di *tenere in serbo* gli elettroni. L'esposizione del catodo alla luce provoca l'emissione di elettroni. Lo *strato attivo* perde quindi degli elettroni e assume perciò una *carica positiva*. Più lunga è la durata dell'illuminazione, e maggiore diviene il numero degli elettroni emessi e quindi la *carica positiva del catodo fotoelettrico*. Bisogna soltanto *fare in modo che gli elettroni emessi vengano subito assorbiti, affinché non possano causare dei disturbi*.

Successivamente si fa passare sopra l'*elettrodo caricato positivamente* un *raggio catodico di esplorazione*. In tal modo si forniscono nuovi elettroni alla *placca fotoelettrica*, neutralizzando le cariche positive. La *corrente di neutralizzazione* determinata dal raggio di esplorazione contiene il *segnale d'immagine*; è sfruttata così, come si voleva, una *durata assai più lunga di esposizione*. Esamineremo ora un tubo di questo genere, per studiare l'applicazione dei precedenti ragionamenti, per constatarne i risultati pratici e trovarne gli eventuali difetti.

### 3. L'iconoscopio

L'apparecchio sul quale vogliamo studiare l'applicazione del principio sopra descritto è rappresentato schematicamente nella fig. 8. Come tutti i tubi elettronici, anche l'*iconoscopio* è contenuto in un *bulbo di vetro evacuato*, e ricorda da molti punti di vista il tubo a raggi catodici. Il collo del bulbo (in basso a sinistra) contiene le medesime parti del tubo di Braun: *catodo emittente, cilindro di Wehnelt, lente elettrica, costituita da anodo e anodo ausiliario*.

A differenza dal tubo a raggi catodici, nel quale si distingue tra le *placche di misura* e *quelle dell'asse del tempo*, qui *entrambe le coppie di placche producono la deviazione del raggio automaticamente*. Una delle due coppie è anzi *sostituita da bobine*; ciò significa che *la relativa deviazione avviene per effetto magnetico*. Spiegheremo tra breve come ciò sia possibile. Del resto si fa sovente uso della possibilità di comandare i raggi elettronici mediante campi magnetici.



Le parti finora considerate servono esclusivamente per produrre e guidare il raggio esplorante. Nelle figure 9 e 10 si vede la traiettoria percorsa dal raggio sopra l'immagine. La parte più importante del tubo è costituita dalla *placca di segnale*, visibile in alto a destra, nella testa del bulbo. Questa placca è costituita da *tre strati*; in ciò risiede il segreto del dispositivo, ma anche le difficoltà della sua fabbricazione.

Il supporto di base è una *placca isolante di mica*. Sulla faccia nascosta della placca (verso destra) è applicato uno *strato d'argento*, che serve da *elettrodo sensibile*. La faccia anteriore della *placca di mica* porta invece il *catodo fotoelettrico* propriamente detto. Questo non

è però uno strato omogeneo e continuo; è costituito invece da un *finissimo mosaico o retino di microscopiche gocce di ossido di cesio, giacenti sulla mica e isolate le une dalle altre*. L'oggetto da trasmettere per televisione viene riprodotto, mediante un sistema ottico di lenti, su questa *placca a mosaico*. Ciò avviene, come principio, nello stesso modo come in un apparecchio fotografico. Il quantitativo di elettroni emessi dipende dall'intensità luminosa. Questi elettroni vengono assorbiti dall'*anodo 2*. Sulla placca rimane il *mosaico, caricato positivamente*, dato che le singole cellule che lo compongono sono isolate le une dalle altre. Ripetiamo che, durante tutta la durata dell'esposizione, vengono emessi elettroni fotoelettrici da tutta quanta la superficie dell'immagine, producendo così, nell'annesso *circuito amplificatore*, una *corrente continua* proporzionale alla luminosità media. Durante l'esplorazione ciascuna cellula del *mosaico* assorbe tanti elettroni, quanti ne occorrono per neutralizzare la propria carica positiva. Ciascuna particella del *mosaico*, che assieme allo *strato d'argento*

costituisce un *piccolo condensatore*, viene scaricata. Le *correnti di scarica* attraversano la *resistenza d'entrata dell'amplificatore*, producendovi una *tensione*. Questa costituisce appunto il *segnale d'immagine*, dato che la carica di ciascuna cellula era proporzionale alla corrispondente luminosità. È ovvio che il *numero delle particelle* costituenti il *mosaico* fotoelettrico dev'essere per lo meno uguale al *numero di punti* nei quali si vuole scomporre l'immagine. In realtà le goccioline di cesio sono notevolmente più piccole di un punto dell'immagine.

Da quanto abbiamo visto finora, l'*iconoscopio* sarebbe un apparecchio ideale di elevata sensibilità; ma purtroppo c'è un guaio, dovuto agli *elettroni secondari*.

Il *raggio esplorante* deve *spazzare* molto rapidamente l'immagine ed è pertanto costituito da *elettroni velocissimi*.

Colpendo il *catodo fotoelettrico*, essi producono degli *elettroni secondari*, cosicchè non solo non si annulla la carica positiva, ma questa viene addirittura aumentata. È interessante però il fatto che l'*esplorazione* provoca sempre un aumento della carica fino ad una tensione determinata, di circa + 3 volt, rispetto all'anodo 2. Sarete deluso nel constatare che la speranza di poter conservare le cariche accumulate durante l'esposizione non si sia potuta realizzare come si voleva: tuttavia vediamo meglio come vanno le cose.

Come risulta dalla fig. 11, l'*andamento della tensione* tra due successive esplorazioni è differente, a seconda che si tratti di una cellula esposta o non esposta alla luce. Immediatamente dopo l'esplorazione la tensione è uguale in tutte le cellule, ma un istante prima dell'esplorazione successiva vi è una sensibile differenza.

Vorrete giustamente sapere come sia possibile che le *cellule* modifichino la loro carica, dal momento che sono tutte isolate le une dalle altre. Abbiamo parlato poco fa degli *elettroni secondari*, spiegando come essi siano fastidiosi, ma senza dire ove essi vadano a finire. Le *cellule fotoelettriche*, subito dopo l'esplorazione, hanno una *carica positiva* e attraggono perciò gli *elettroni secondari*, emessi dalle *cellule adiacenti* per effetto del raggio esplorante. La tensione delle varie cellule ha quindi la tendenza di livellarsi. Intanto, assorbendo gli elettroni liberi, la tensione delle *cellule* diminuisce. Se però una cellula è esposta alla luce, essa emette elettroni per effetto fotoelettrico e di conseguenza la sua tensione diminuisce più lentamente, come risulta dalla curva superiore della fig. 11.

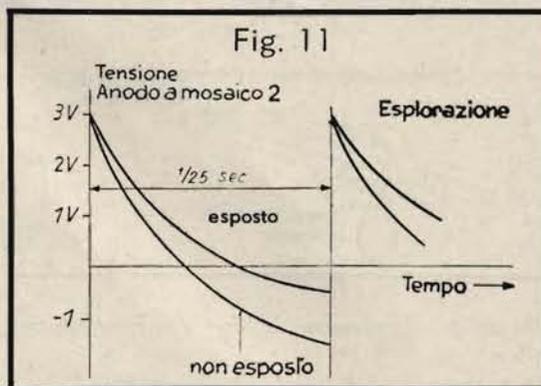
La differenza tra la tensione di una cellula esposta e quella di una cellula non esposta alla luce costituisce il *segnale d'immagine*. Il segnale si ottiene per il fatto che il raggio esplorante produce meno elettroni secondari in una cellula esposta che in una cellula illuminata. La carica assorbita da ciascuna cellula, nell'istante dell'esplorazione, determina un'analogo corrente attraverso all'elettrodo d'argento ed alla resistenza d'entrata dell'amplificatore.

Vediamo quindi che, malgrado l'esistenza degli *elettroni secondari*, si ottiene ugualmente un *segnale di immagine*, anche se la sensibilità del dispositivo non raggiunge l'elevato valore teorico risultante dall'accumulazione degli elettroni fotoelettrici, emessi tra un'esplorazione e l'altra.

Comunque la sensibilità è già buona; d'altronde l'*iconoscopio* ha successivamente subito dei miglioramenti.

## Domande

1. Quali dispositivi meccanici sono stati usati in televisione per la scomposizione delle immagini?
2. Come avviene l'esplorazione delle immagini col disco di Nipkow?
3. Da che cosa dipende il valore della massima frequenza di modulazione ottenuta nella televisione?
4. Per quali ragioni i dispositivi di esplorazione a raggi elettronici sono superiori ai dispositivi meccanici?
5. Da che cosa dipende la maggiore sensibilità dell'iconoscopio nei confronti del tubo disettore?
6. Qual è il maggior difetto dell'iconoscopio?



## ELETTROTECNICA GENERALE

### LA DEVIAZIONE MAGNETICA DEL RAGGIO ELETTRONICO

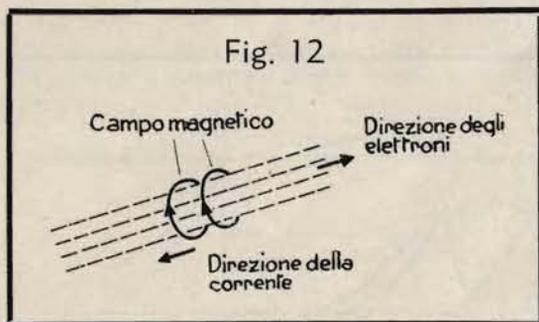
Abbiamo accennato varie volte al fatto che il *raggio di elettroni* può essere deviato anche magneticamente. Per spiegare questo effetto, dobbiamo ripetere alcune nozioni. È noto che, portando all'incandescenza un catodo caldo, questo emette degli elettroni. Sotto l'azione della tensione acceleratrice, gli elettroni si dirigono verso l'anodo positivo. La valvola è quindi attraversata dalla medesima corrente che circola nel circuito esterno; anche gli *elettroni volanti* costituiscono infatti un *flusso di corrente*, come gli elettroni che scorrono nei fili.

In precedenza avete appreso che un *conduttore percorso da corrente* è deviato, quando si trova in un *campo magnetico*. È ovvio che gli elettroni circolanti nel conduttore contribuiscono attivamente a creare questo effetto. I *raggi catodici* non sono altro che *fasci di elettroni* lanciati attraverso il tubo di Braun, e vengono perciò devianti dal campo magnetico come un conduttore percorso dalla corrente. Valgono pertanto le stesse leggi che abbiamo conosciuto nella Dispensa N. 4. La cosiddetta « *Regola della mano sinistra* » consente di stabilire la direzione nella quale il raggio viene deviato. Dobbiamo però tener presente che la *direzione convenzionale della corrente va dall'anodo al catodo*, cioè nel senso inverso al moto degli elettroni. Dal fatto che gli *elettroni in movimento* costituiscono una *corrente* si può trarre anche un'altra conclusione, e cioè che ogni *elet-*

trone in movimento, come ogni conduttore percorso da corrente, produce un campo magnetico. L'azione del campo magnetico sugli elettroni in movimento si riduce quindi ad un esempio del noto fenomeno dell'attrazione o della repulsione tra i campi o i poli magnetici. D'altro canto, possiamo fare un'importante constatazione:

*Gli elettroni immobili non subiscono alcun'azione da parte dei campi magnetici.*

Poichè il campo magnetico circonda come un anello il raggio elettronico che lo produce, le linee di forza magnetiche si trovano nei piani perpendicolari alla direzione del moto degli elettroni. Anche in questo caso la Regola del cavatappi per il conduttore diritto consente di determinare la direzione delle linee di forza magnetiche (fig. 12) (vedasi Dispensa N. 5).



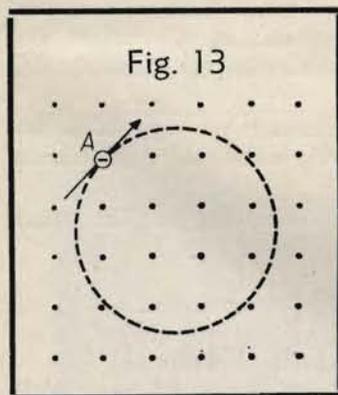
Affinchè un campo magnetico costante possa esercitare la massima forza su un singolo elettrone in moto, e quindi su tutto il fascio di elettroni, bisogna che il campo agisca parallelamente alle linee di forza prodotte dall'elettrone stesso, ossia perpendicolarmente alla traiettoria di quest'ultimo. Se il campo magnetico è parallelo al fascio di elettroni, l'effetto è nullo. Si possono poi avere tutti i valori intermedi, a seconda dell'angolo tra il campo magnetico ed il fascio di elettroni.

Prima di esaminarne le due applicazioni più importanti per la televisione, vediamo un caso relativamente semplice.

### L'elettrone nel campo magnetico

Nella fig. 13 i punti significano le linee di forza di un campo magnetico uniforme, il cui polo nord si trova sopra il piano del disegno, mentre il polo sud è supposto al di sotto. La direzione dell'elettrone nel punto A è indicata dalla freccia. Secondo la Regola della mano sinistra, l'elettrone viene deviato verso destra. Supponiamo che, in mancanza del campo magnetico, l'elettrone segua a velocità costante una traiettoria rettilinea. Poichè il campo magnetico esercita la sua forza soltanto perpendicolarmente alla direzione del moto dell'elettrone, essa non ne può modificare la velocità. L'effetto di questa forza si traduce unicamente nella curvatura della traiettoria dell'elettrone, mentre la velocità rimane costante. Riassumendo, possiamo formulare la seguente importante legge fisica:

*Il campo magnetico non altera la velocità degli elettroni, ma provoca unicamente la curvatura della loro traiettoria.*

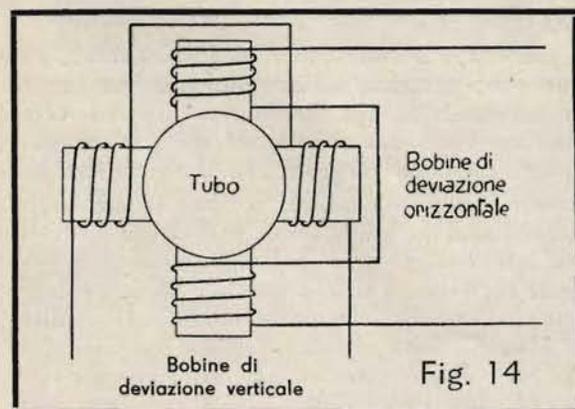


Ne consegue la semplice constatazione che, per modificare la velocità di un elettrone, ossia per accelerarlo o frenarlo, bisogna agire con una tensione, ossia con un campo elettrico.

Come risulta dalla fig. 13, un elettrone, che si muove in un campo magnetico perpendicolare alla direzione del moto, traccia un'orbita circolare. Ciò, supposto naturalmente che non agisca alcun campo elettrico. Che l'orbita debba essere un cerchio, è evidente, a condizione che tanto la velocità dell'elettrone, quanto l'intensità del campo rimangano invariate. Infatti la forza deviatrice ha in qualsiasi punto dell'orbita la stessa grandezza, cosicchè si ottiene ovunque la medesima curvatura e quindi un movimento circolare. Il raggio del cerchio aumenta, se la velocità dell'elettrone è maggiore, oppure se l'intensità del campo è minore. Ciò è ovvio, se si pensa che, quando il campo si annulla, l'elettrone segue una linea retta, la quale può essere considerata equivalente ad un cerchio con raggio di grandezza infinita.

### La deviazione magnetica

Dopo queste riflessioni, consideriamo il dispositivo per la deviazione magnetica di un raggio elettronico. Invece delle placche di deviazione, usate nel tubo a raggi catodici, abbiamo delle bobine percorse da corrente. Come per la deviazione elettrica del raggio di elettroni occorre una tensione a dente di sega, così per la deviazione magnetica ci vuole una corrente a dente di sega.



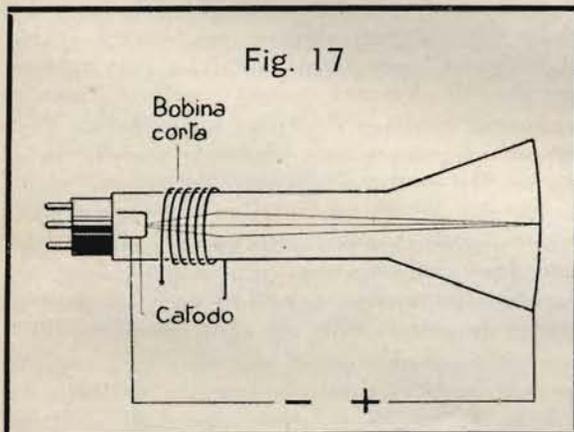
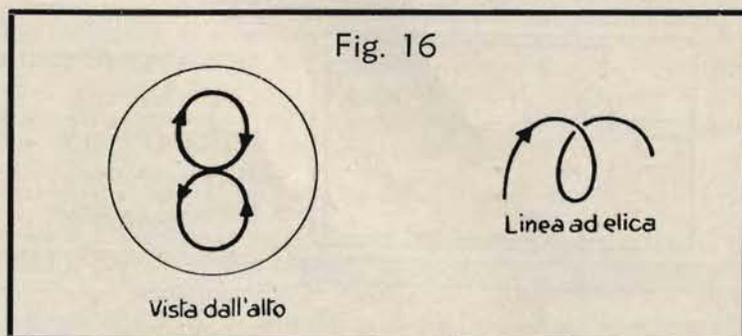
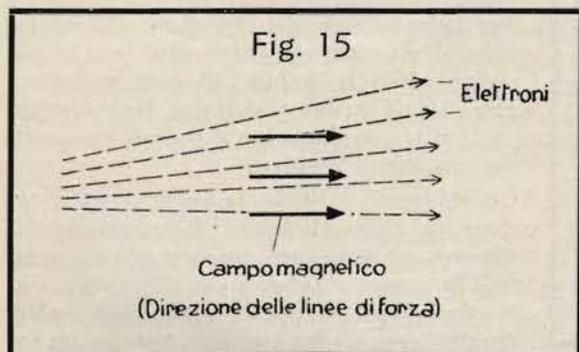
La fig. 14 mostra schematicamente la disposizione delle bobine magnetiche. Le bobine opposte creano assieme un campo magnetico. Da quanto abbiamo spiegato più sopra, sapete come agiscono le bobine. Poichè la deviazione avviene nella direzione perpendicolare alle linee di forza ed al movimento degli elettroni, le bobine collocate orizzontalmente fanno spostare il raggio in senso verticale, e viceversa. Si intende che il movimento degli elettroni va immaginato perpendicolare al piano del disegno, diretto verso l'osservatore. Mentre le placche di deviazione dovevano essere montate nell'interno del tubo, le bobine di deviazione possono essere semplicemente appoggiate esternamente. È però necessario evitare con la massima cura che dei campi magnetici dispersi possano penetrare nell'interno del tubo e deviare il raggio in modo indesiderato. Si provvede perciò ad una speciale schermatura

delle bobine mediante un involucro di ferro. Il cosiddetto « giogo di deviazione », che porta le bobine, diventa così nell'aspetto simile allo statore di un piccolo motore elettrico.

Sovente la deviazione complessiva del raggio, per l'esplorazione della superficie intera dell'immagine, si attua in un senso magneticamente, nell'altro elettricamente.

### La lente elettromagnetica

Il tubo di Braun per scopi di misura possiede una lente elettrica, costituita dall'anodo e dall'anodo ausiliario, che serve a mettere a fuoco il raggio, cioè riunisce gli elettroni in un fascio sottilissimo. Data la possibilità di agire sugli elettroni con un campo magnetico, non vi stupirà di apprendere che si può mettere a fuoco il raggio catodico anche magneticamente.



La messa a fuoco, o concentrazione del raggio, è indispensabile, perchè gli elettroni, emessi dal catodo ed attratti dall'anodo, hanno la tendenza di allontanarsi gli uni dagli altri; infatti essi si respingono a vicenda, com'è mostrato nella fig. 15. Vediamo un po' quale dev'essere la direzione del campo magnetico per ottenere l'effetto desiderato. Gli elettroni che si muovono esattamente nel centro del raggio non devono essere influenzati dal campo magnetico, perchè seguono la giusta direzione. Se produciamo quindi un campo, le cui linee di forza siano parallele alle traiettorie mediante degli elettroni, queste non saranno deviate. Invece i raggi divergenti, che non sono quindi paralleli al campo magnetico, vengono deviati in direzione perpendicolare al campo magnetico ed al movimento degli elettroni. Poichè queste due ultime direzioni non sono più perpendicolari tra loro, non si ottengono delle traiettorie circolari; si ha invece un movimento circolare e, nello stesso tempo, un notevole spostamento

nella direzione primitiva. La composizione dei due moti, di spostamento rettilineo e di rotazione, produce un movimento elicoidale; e realmente gli elettroni che si scostano dal centro del raggio, vi ritornano seguendo una linea ad elica.

Nella fig. 16 si vedono le traiettorie degli elettroni che girano attorno alla retta mediana del raggio e, nel contempo, avanzano, seguendo una linea a spirale. Gli elettroni non sono sempre nel centro del fascio, ma vi ritornano ad ogni giro. Regolando l'intensità del campo magnetico, si può stabilire il punto nel quale gli elettroni si riuniscono tutti nel centro del raggio.

Il campo magnetico, orientato assialmente nella stessa direzione degli elettroni, si produce mediante una bobina avvolta concentricamente attorno al tubo elettronico. Si potrebbe ritenere, a tutta prima, che la bobina dovesse esser avvolta su tutta la lunghezza del tubo, attraversata dal raggio elettronico. In realtà basta invece, nella maggioranza dei casi, una bobina corta, la quale consente infatti ugualmente di far tornare gli elettroni nel centro, alla giusta distanza (fig. 17).

Dopo aver conosciuto il principio delle lenti elettromagnetiche, possiamo esaminare come sono costruiti i tubi televisivi che fanno uso del comando magnetico dei raggi elettronici.

### Domande

1. Quali sono i metodi che permettono di comandare i raggi elettronici?
2. Quale traiettoria viene percorsa da un elettrone proiettato perpendicolarmente in un campo magnetico?
3. Quale direzione deve presentare il campo magnetico usato per la messa a fuoco del raggio elettronico?

## TELEFONIA

### IL PRINCIPIO DELL' "ORTHIKON,,

Nell'ultimo paragrafo abbiamo visto che gli elettroni secondari impediscono nell'iconoscopia di utilizzare intieramente le cariche accumulate nel periodo dell'esplorazione. Per aumentare la sensibilità del tubo televisivo bisognava dunque sviluppare un sistema che sopprimesse gli elettroni secondari. Come sapete, gli elettroni se-

condari vengono prodotti dall'urto di *elettroni veloci* contro un adeguato materiale solido. Gli *elettroni* relativamente *lenti* non presentano questo inconveniente. C'è però un'altra difficoltà, e cioè che non è facile raccogliere in un fascio e mettere a fuoco gli *elettroni* cosiddetti « *lenti* », anche se essi posseggono una velocità che, normalmente, si considera enorme, essendo di qualche centinaio fino a 1000 chilometri al secondo.

Qualsiasi *dispositivo elettrico* per la messa a fuoco produce una *forte accelerazione degli elettroni*. Che avviene invece se la messa a fuoco si fa *magneticamente*?

Abbiamo già conosciuto un'importante proprietà del *campo magnetico*: esso *devia gli elettroni senza modificarne la velocità*. È questa la ragione, per la quale oggi si adottano volentieri le *lenti magnetiche*. Nel *tubo televisivo « Orthikon »* si impiegano degli *elettroni lenti* ed è perciò necessario che la *bobina di concentrazione* racchiuda l'intera traiettoria degli *elettroni*. Tutto l'apparecchio è quindi ricoperto da una *lunga bobina*.

Questa non è però che la particolarità esteriore del *tubo Orthikon*. È interessante il sistema adottato per *guidare gli elettroni nell'interno del tubo*, e che seguiremo servendoci della fig. 18. Il sottile *raggio elettronico* esce da un normale *catodo incandescente*, seguito da una *griglia* che funge

da *diaframma*, limitando cioè la *larghezza del raggio*. Segue un *anodo*, costituito da un *cilindro aderente alla parete del tubo* e portato alla tensione di qualche centinaio di volt. Gli *elettroni* attraversano questo spazio con la velocità che corrisponde a tale tensione, ossia *circa 10 000 km/sec*. La *concentrazione* del raggio avviene per effetto dell'apposita *bobina magnetica*, la quale impedisce così che gli *elettroni* vadano a colpire l'*anodo*. All'estremità del tubo, immediatamente prima del *catodo fotoelettrico a mosaico*, è situato uno *speciale elettrodo*, la cui tensione è identica a quella del *catodo emittente*. Di conseguenza, questo *elettrodo* esercita un'*azione frenante* sugli *elettroni*, *diminuendone la velocità fin quasi a zero*. Gli *elettroni*, divenuti *lenti*, sono molto adatti per l'esplorazione del *catodo fotoelettrico*.

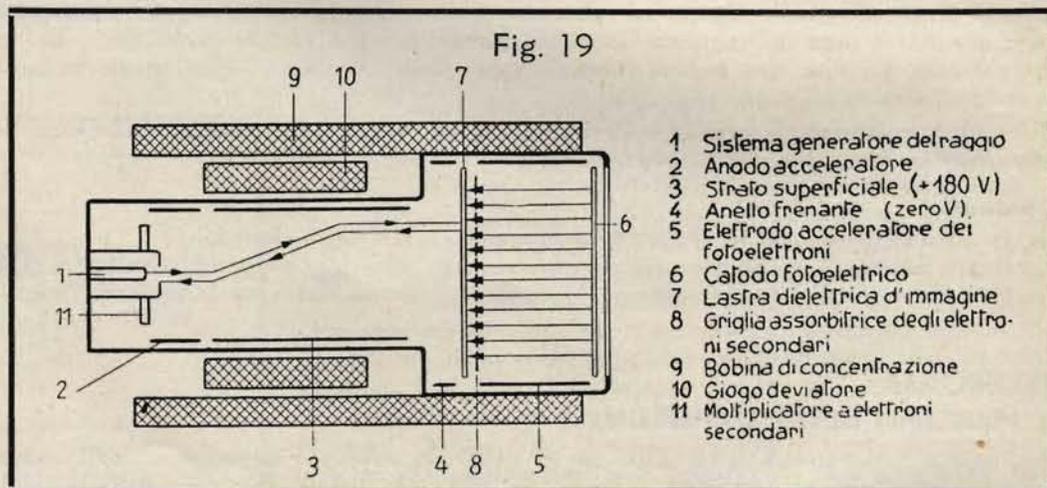
Ora viene una cosa importante, ma quasi ovvia. Gli *elettroni frenati* vengono *attratti dalle cariche positive del mosaico* e, depositandosi su questo, le *neutralizzano*. Poiché, però, queste cariche sono più o meno forti, secondo l'illuminazione del punto considerato, ne consegue che il raggio deve fornire, secondo i casi, un numero maggiore o minore di *elettroni*; in altre parole, non sempre verranno impiegati tutti gli *elettroni* disponibili. Appena la carica positiva è *neutralizzata*, gli *elettroni* non vengono più attratti; *quelli che sono in sovrappiù invertono quindi la loro direzione e tornano indietro*. Infatti agisce ora sugli *elettroni* la tensione del *cilindro anodico*, accelerandoli nella direzione inversa. Subendo l'effetto della *bobina di concentrazione*, gli *elettroni* superstiti si dirigono verso il *catodo*, da cui sono stati emessi e in vicinanza del quale vengono catturati da un apposito *elettrodo*.

Il *raggio emesso* possiede in qualsiasi istante la *medesima intensità*. Il *raggio che ritorna* è invece *attenuato più o meno*, secondo il valore della carica compensata in quell'istante sul *mosaico fotoelettrico*. L'*attenuazione del raggio* è *proporzionale alla luminosità dell'immagine* e contiene quindi il *segnale d'immagine*.

Nel prossimo paragrafo esamineremo uno degli apparecchi più moderni che funzionano su questo principio.

### L'Orthikon a immagine intermedia (Image-Orthikon)

Con questo apparecchio, rappresentato schematicamente nella fig. 19, l'evoluzione si può considerare giunta ad un certo termine. È stata infatti raggiunta una *sensibilità ormai molto vicina a quella dell'occhio umano*. Questo apparecchio consente perfino la *ripresa d'immagini di notte all'aperto*. Si può apprezzare il significato di questo fatto, se si pensa all'intensa illuminazione che occorre invece per



le riprese cinematografiche e le fotografie. Sono state superate così le maggiori difficoltà che si opponevano alle trasmissioni televisive di spettacoli teatrali e di manifestazioni sportive.

### La lastra dielettrica d'immagine

Possiamo ora discutere le altre aggiunte riportate nella fig. 19. Per quanto riguarda la sensibilità, il *catodo fotoelettrico a mosaico* non è una soluzione particolarmente favorevole. L'effetto è molto maggiore, se si impiega un *catodo fotoelettrico continuo*, senza suddivisioni. Un *catodo* di questa specie può essere *sottilissimo*, anzi addirittura *trasparente*, e allora è possibile proiettare l'immagine ottica sulla *faccia posteriore del catodo fotoelettrico*, senza ridurre sensibilmente il rendimento della trasformazione della luce in elettricità. In modo contrario a quello dell'*iconoscopio*, un tubo costruito secondo questo principio può essere di *forma dritta* e venire quindi *orientato direttamente verso l'immagine da riprendere*. Ma ecco l'artificio interessante. Mediante una *tensione positiva*, si accelerano gli elettroni emessi dal *catodo fotoelettrico* e si fanno cadere con forte velocità sulla *lastra dielettrica d'immagine intermedia*. Si provoca così l'emissione di *elettroni secondari* da parte di questa *lastra*, che costituisce la *parte più importante e più sensibile di tutto il tubo*. *Gli elettroni secondari sono in numero maggiore degli elettroni primari provenienti dal catodo fotoelettrico, e perciò sulla lastra dielettrica (che è fatta di vetro) si viene a costituire una carica diffusa corrispondente in tutto all'immagine ottica proiettata sul catodo fotoelettrico, la quale è in tal modo trasformata in un'immagine formata da cariche elettriche.*

I *requisiti tecnici* per questa *lastra di vetro* sono quanto mai severi. Lo *spessore della lastra* è di circa  $\frac{1}{200}$  mm, eppure essa deve essere *perfettamente piana e uniforme*. L'*isolamento superficiale* deve essere così eccellente, da garantire che *le cariche non possano livellarsi durante il periodo di esplorazione* (1/25 di secondo). D'altro canto *si vuole esplorare la lastra a mezzo di un raggio elettronico proiettato sul lato posteriore*. Affinchè ciò sia possibile, bisogna che *la lastra presenti una notevole conduttività elettrica attraverso il suo spessore*. Per conservare le qualità richieste d'*isolamento* e di *conduttività*, è necessario *mantenere la lastra a temperatura costante*. Durante l'*esplorazione*, gli *elettroni proiettati dal raggio catodico si fermano sulla superficie posteriore della lastra in quantità maggiore o minore, a seconda della carica positiva accumulatasi sulla superficie anteriore*. *Le cariche allora si neutralizzano e successivamente, per effetto dell'esposizione alla luce, si formano nuove cariche positive da utilizzare per il successivo ciclo di esplorazione.*

### Moltiplicatori ed elettroni secondari

Prima di considerare il funzionamento dell'apparecchio nel suo complesso, ne discuteremo una parte che trova frequente applicazione proprio nella *televisione*; si tratta del cosiddetto « *moltiplicatore a elettroni secondari* ».

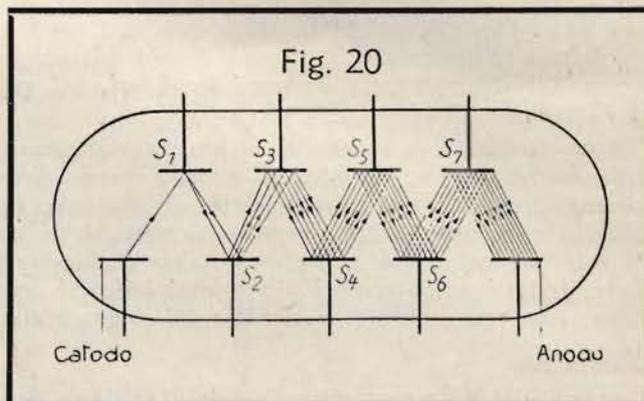
Non è sempre possibile amplificare con *amplificatori a valvole* le *correnti momentanee, estremamente deboli*, che si presentano, per esempio, nell'*esplorazione delle immagini televisive*. Si segue, in questi casi, una via differente. La *corrente di elettroni* viene *amplificata* sfruttando l'effetto della formazione di *elettroni secondari*. Si accelerano gli *elettroni primitivi* e si fanno cadere su un *elettrodo*, ove essi sprigionano degli *elettroni secondari*. Questi raggiungono il *prossimo elettrodo*, costituendo una *corrente elettronica di maggiore intensità*, ma sempre proporzionale alla corrente primitiva. Il *giuoco* si ripete varie volte, ottenendo sull'*ultimo elettrodo* una *corrente elettronica che costituisce un multiplo della corrente iniziale*.

La fig. 20 dimostra in modo schematico e facile il procedimento. *La tensione aumenta da un elettrodo all'altro, fino all'anodo, ove l'amplificazione ottenuta è già notevole*. Il vantaggio precipuo sta nel fatto che gli *elettroni primari* non devono esser condotti attraverso elementi esterni, come negli *amplificatori a valvole*, subendovi svariati effetti di disturbo, come per esempio il fastidioso *fruscio* delle *resistenze*. Gli *elettrodi di rimbalzo* sono coperti da uno *strato di cesio*, che è particolarmente favorevole per l'*emissione di elettroni secondari*.

### Il funzionamento dell'apparecchio completo

Il funzionamento dell'intero apparecchio della fig. 19 è ora facile da comprendere. Vediamo il procedimento seguito nella realtà. La *scena da trasmettere per televisione* viene proiettata, attraverso un *sistema di lenti ottiche*, sul *catodo fotoelettrico piano* (6). Lo *strato di cesio*, applicato sul lato posteriore della *lastra* uniforme e non suddivisa, emette degli *elettroni fotoelettrici*. Sotto l'influenza della *bobina di concentrazione* (9), gli *elettroni procedono in linea retta*, accelerati dall'*elettrodo* (5). Essi attraversano la *griglia* (8) e cadono sulla *lastra dielettrica d'immagine intermedia* (7), dalla quale liberano degli *elettroni secondari*. Questi non devono, naturalmente, ricadere sulla *lastra*, altrimenti cancellerebbero l'immagine elettrica. Compito della *griglia*, che dista dalla *lastra dielettrica* soltanto circa 2 centesimi di millimetro ed è costituita da un gran numero di *finissime maglie*, è di *assorbire gli elettroni secondari*. La *griglia* possiede, a questo scopo, una lieve *tensione positiva* verso la *lastra di vetro*, che le permette di attirare gli elettroni.

L'*immagine ottica proiettata sul catodo fotoelettrico* è *riprodotta così sulla lastra di vetro sotto forma di immagine costituita da cariche elettriche positive*. Si può quindi procedere all'*esplorazione di quest'immagine*.



Per seguire il procedimento usato per l'esplorazione, partiamo dall'estremità sinistra dell'apparecchio. Il *catodo di emissione* (1) produce un *sottile raggio elettronico*, nel modo che già conosciamo. Il raggio viene messo in moto dall'*anodo d'accelerazione* (2) e dallo *strato superficiale* (3), che corrisponde al *cilindro anodico* della fig. 8, e viene diretto verso la *lastra d'immagine intermedia*. Il *campo magnetico* prodotto dalla *bobina di concentrazione* (9) fa sì che gli *elettroni* procedano sempre riuniti in un *raggio sottile*. Il *giogo di deviazione* (10) è costituito dalle coppie incrociate di bobine, che abbiamo conosciuto nel paragrafo sulla *deviazione magnetica*. Qui il raggio viene deviato in modo da esplorare linea per linea tutta l'immagine.

Abbandonati i *campi magnetici di deviazione*, il raggio procede nuovamente in direzione parallela all'asse del tubo, grazie all'influenza della *bobina di concentrazione*. Come sapete, il campo prodotto da questa bobina, essendo orientato in senso assiale, guida gli elettroni lungo delle ripide *traiettorie ad elica*. Poco prima che gli elettroni colpiscano la *lastra dielettrica*, la loro velocità viene ridotta fortemente per effetto dell'*anello frenante*. Allo stesso modo, come una *tensione positiva* (quella diretta dal *catodo* all'*anodo acceleratore*) imprime agli elettroni una determinata velocità, così una *tensione diretta in senso contrario* (dall'*anodo acceleratore* all'*anello frenante collegato col catodo*) ne provoca la *frenatura*. Quando gli elettroni colpiscono la *lastra d'immagine intermedia*, la loro velocità è talmente ridotta, da escludere qualsiasi pericolo di disturbi per emissione di *elettroni secondari*.

Come è stato descritto più sopra, il *raggio di elettroni lenti* cede l'esatto numero di elettroni occorrenti per neutralizzare la carica positiva localizzata sull'altro lato della lastra. Naturalmente *bisogna che il raggio possa fornire tanti elettroni da compensare anche le cariche più forti, che corrispondono ai punti chiari dell'immagine*. Il raggio, così ridotto, *inverte la propria direzione* e ritorna ad attraversare la zona permeata dai *campi magnetici di concentrazione e di deviazione*. Gli elettroni vengono accelerati nella direzione inversa dallo *strato metallico positivo* applicato alla *parete del tubo* e si dirigono parallelamente verso il *catodo*. Però, nel frattempo, il *campo di deviazione* si è *modificato*. Un piccolo calcolo dimostrerà ciò che è avvenuto nel tempo impiegato dal raggio per andare e tornare dalla *lastra dell'immagine intermedia*. Senza timore di sbagliare in troppo, possiamo ammettere una *velocità media di 1000 km/sec* (corrispondenti ad una *tensione di accelerazione di poco meno di 4 V*, vedasi formula 66). Data una *lunghezza utile del tubo di 10 cm*, il raggio impiega

per l'andata e il ritorno un tempo di  $\frac{2 \cdot 10 \text{ cm}}{1000 \text{ km/sec}} = \frac{2 \cdot 10 \text{ cm}}{10^6 \text{ m/sec}} = \frac{2 \cdot 10}{10^8} \text{ sec} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ sec}$ . Con 625 linee

per immagine e 25 immagini al secondo, l'esplorazione di una *linea dura*  $\frac{1}{625 \cdot 25} \text{ sec} = \frac{1}{15625} \text{ sec} = 0,64 \cdot 10^{-4}$  secondi.

Nel tempo di  $2 \cdot 10^{-7} \text{ sec}$  viene quindi *esplorato un tratto pari a*  $\frac{2 \cdot 10^{-7}}{0,64 \cdot 10^{-4}} \approx 3 \cdot 10^{-3}$  ossia 3 millesimi di una *linea*. Dunque, nel tempo impiegato dal raggio per tornare al *moltiplicatore*, il *campo* è variato un pochino, sì; ma praticamente così poco, da potersi completamente trascurare. Il raggio attraversa dunque nuovamente il *moltiplicatore a elettroni secondari*, nel quale si ottiene una *notevole moltiplicazione degli elettroni di ritorno*.

È bene ripetere che, mentre il *catodo fotoelettrico* emette un *numero di elettroni maggiore* quando è illuminato più fortemente, il *raggio di ritorno* invece *diventa più debole*, quanto più numerosi sono gli elettroni occorrenti per la neutralizzazione delle cariche sulla *lastra dell'immagine intermedia*. Il *segnale d'immagine* è quindi, in un certo senso, *invertito*; si tratta di un segnale *negativo*. È un fatto che dobbiamo ricordare, se pure per il momento non abbia importanza per la trasformazione dell'immagine in correnti elettriche. Con ciò siamo arrivati a conoscere i più recenti sviluppi dei *tubi per la ripresa televisiva*; sappiamo ora in che modo l'immagine venga suddivisa in *valori di corrente elettrica*.

### Domande

1. Qual è la differenza essenziale dell'Orthikon rispetto all'iconoscopio?
2. Quali esigenze si richiedono per la lastra d'immagine intermedia del sistema Image-Orthikon?
3. Qual è il principio del moltiplicatore a elettroni secondari?
4. Nel sistema Image-Orthikon, alla maggiore luminosità dell'immagine corrisponde una corrente d'uscita maggiore o minore?

## TECNICA DELLE MISURE

### MISURA DELLA FREQUENZA

Con lo sviluppo della tecnica dell'alta frequenza, le gamme d'onde impiegate andarono sempre più estendendosi. Si presentò quindi la necessità di *misurare le lunghezze d'onda*, tanto più che la *frequenza* è la grandezza che, nella moderna tecnica dell'AF, riveste importanza fondamentale. Furono escogitati dei procedimenti sempre più sensibili, per poter corrispondere alle sempre maggiori esigenze di precisione. Il *frequenziometro* costituisce naturalmente un requisito indispensabile di qualsiasi laboratorio di studio. Le conclusioni teoriche si possono formulare soltanto, quando si è in possesso dei risultati di misure esatte. L'intera scienza delle comunicazioni elettriche non è altro che una *tecnica della trasmissione di bande di frequenze variabili*, sovrapposte mediante modulazione a frequenze vettrici costanti.

Fra i comuni apparecchi usati per la *misura della frequenza*, esamineremo soltanto quelli che presentano una grande importanza nel campo dell'AF. Lo strumento usato nella tecnica delle *correnti forti*, il *frequenziometro a lamine*, è stato già descritto nella Dispensa N. 4. Le *lamine d'acciaio*, capaci di vibrare meccanicamente,

sono sottoposte all'azione di un *elettromagnete* percorso dalla corrente alternata. Come si vede nella fig. 38 della Dispensa N. 4, una delle lamine vibra fortemente, indicando il valore della frequenza.

Nella tecnica delle *misure acustiche*, invece, si impiegano spesso delle *reti speciali*, composte da *resistenze e capacità*, simili al *ponte di Wheatstone*; esse si *azzerano* manovrando degli elementi variabili. Dalla posizione degli *organi d'azzeramento*, quando è ottenuto l'equilibrio, si determina il *valore della frequenza* incognita.

Desideriamo menzionare infine un apparecchio, nel quale il *valore della frequenza* si legge direttamente su una *scala*, senza dover compiere alcuna operazione di messa a punto. L'idea è semplice, ma convincente. Come sapete dalla Dispensa N. 10, la *reattanza capacitiva* dei condensatori diminuisce col crescere della frequenza. Ciò è espresso particolarmente dalla formula (29). Se si misura quindi la corrente che attraversa un dato *condensatore*, mantenendo costante la tensione sinusoidale applicata, si ottiene un *valore direttamente proporzionale alla frequenza*. Lo strumento di misura, che è generalmente uno *strumento a bobina mobile con raddrizzatore a secco*, può essere tarato direttamente in hertz. In pratica si manifestano tuttavia alcune difficoltà, per la qual cosa la precisione del *frequenziometro a indicazione diretta* non è molto elevata. Per la tecnica dell'*AF* esistono apparecchi molto migliori.

### L'ondametro a risonanza

Mentre nel campo delle frequenze basse e industriali si parla generalmente di « *frequenziometri* », nella tecnica dell'*AF* è usata l'espressione « *ondametri* ». Si pensa infatti più alla *lunghezza delle onde* che alla *frequenza delle oscillazioni*. Naturalmente *non esiste alcuna differenza sostanziale tra le due espressioni*. Nel campo delle *frequenze più elevate*, nel quale si impiegano numerosi circuiti oscillanti accordati, si è cercato appunto di servirsi del *fenomeno della risonanza*.

La fig. 21 mostra un semplice schema adatto allo scopo, del quale esamineremo ora il funzionamento. La parte essenziale del dispositivo è costituita dal *circuito risonante*, formato dalle *induttanze*  $L_1$  ed  $L_2$ , nonché dal *condensatore variabile*  $C$ , collegati in serie. La *massima ampiezza della corrente* nel circuito si ottiene per la

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{C(L_1 + L_2)}}$$

Il *condensatore variabile* può essere dotato naturalmente di una *scala* tarata in unità di *lunghezza d'onda*. La distanza tra le divisioni della scala dipende dalla forma delle armature del condensatore. Se però accoppiamo rigidamente le bobine  $L'$  e  $L_3$  al *circuito oscillante*, andiamo incontro ad un'amara sorpresa, perchè la *frequenza di risonanza cambia*; il dispositivo darebbe quindi indicazioni errate. Per questa ragione l'*accoppiamento* delle bobine  $L'$  ad  $L_1$  e  $L_2$  ad  $L_3$  dev'essere *leggerissimo*; in tal modo si evita qualsiasi reazione sul *circuito risonante*. Lo strumento indicatore dev'essere quindi un *galvanometro sensibilissimo a bobina mobile*, dotato di un *raddrizzatore di misura*, in modo da indicare la *corrente alternata ad AF*. Come *raddrizzatore* si impiega un *detector a cristallo* oppure un *diodo*. Quest'ultimo presenta l'inconveniente di richiedere l'accensione. I *detector a cristallo* si possono oggi regolare in modo così stabile, da garantire un'indicazione sicura.

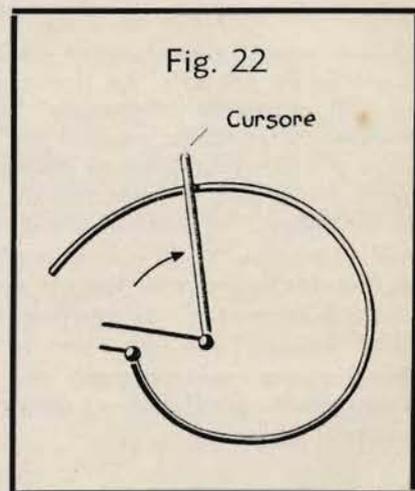
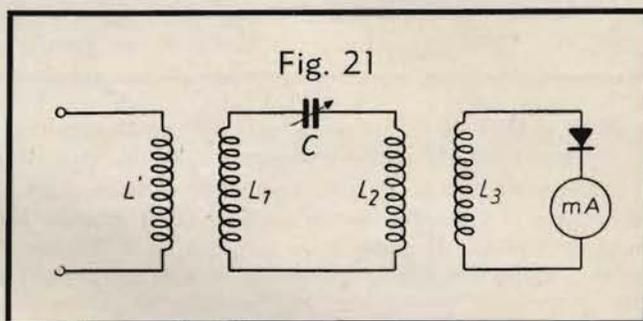
Per la misura si allaccia la bobina  $L'$  alla sorgente della tensione ad *AF*. Spesso basta addirittura avvicinare l'intero apparecchio alla sorgente, senza necessità di alcun collegamento. Successivamente si gira il *condensatore variabile* fino ad ottenere un'indicazione apprezzabile. Qualora l'*ondametro* dovesse servire per una vasta gamma di frequenza, bisogna prevedere la possibilità di commutare le bobine, come negli apparecchi radio.

Per le *onde cortissime* si impiegano generalmente dei *condensatori fissi* e si modifica l'*induttanza*. Il funzionamento può essere spiegato con l'aiuto della fig. 22. Un *corsore* scorre sopra un *arco di filo di rame nudo*. È possibile in tal modo scegliere un *valore d'induttanza variabile* a piacere. Il passaggio da un campo di misura all'altro si fa *commutando il condensatore*.

Per questo apparecchio si usa la denominazione di « *ondametro ad assorbimento* ». Esso infatti assorbe energia per effettuare la misura, cosicchè non può essere impiegato quando l'energia disponibile è troppo scarsa. Benchè la precisione di questo dispositivo di misura non sia molto elevata, tuttavia esso è usato assai spesso per la sua costruzione semplicissima, soprattutto dove si richieda un *controllo rapido*.

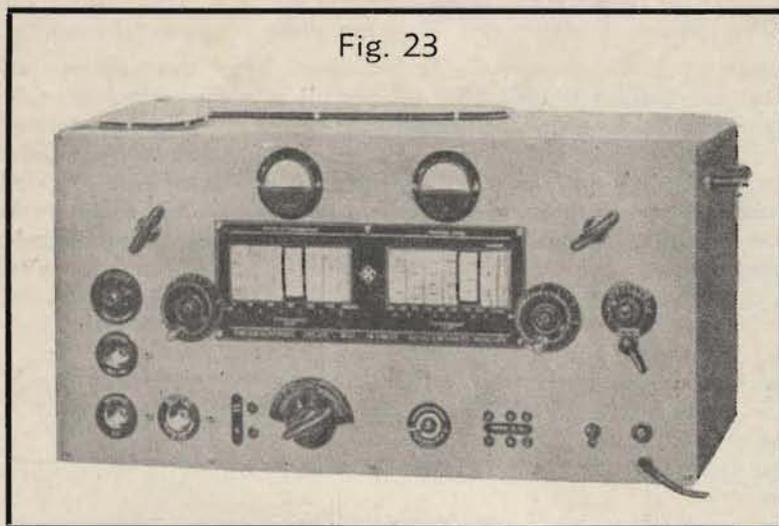
### L'ondametro a interferenza

L'*ondametro a interferenza* consente di ottenere una *precisione sensibilmente superiore*. Esso funziona, in fondo, sullo stesso principio dell'*oscillatore a battimenti*. Si mescolano due oscillazioni ad alta frequenza, si separa per mezzo di filtri la *BF* che si forma, e la si rivela con uno strumento indicatore. Mentre nell'*oscillatore a battimenti* si mantiene sempre una certa differenza tra le due *AF*, per produrre la voluta *BF*, nell'*ondametro*



invece si fa in modo che le due frequenze siano identiche. Di queste due AF una è quella che si vuole misurare, l'altra invece è una frequenza regolabile, generata nell'apparecchio stesso, il valore della quale può essere determinato dalla posizione delle manopole.

Fig. 23



Vediamo ora come si presenta e come funziona un apparecchio costruito secondo questo principio. La fig. 23 presenta una fotografia dell'apparecchio chiamato WIP, della nota ditta Rohde e Schwarz di Monaco. Sono chiaramente visibili i tamburi graduati, le boccole di collegamento e gli strumenti di misura. Ecco alcuni dati caratteristici dell'apparecchio: Campo di misura 50 kHz-30 MHz; precisione: per misure grossolane  $8 \cdot 10^{-3}$ ; per misure fini  $5 \cdot 10^{-5}$ ; minima tensione d'entrata 10 mV.

L'apparecchio contiene tre diversi generatori. Il primo è regolabile in sei campi da 50 kHz fino a 30 MHz e serve per la misura grossolana. La precisione dell'indicazione è, per esempio, di 8 kHz per 1 MHz, il che naturalmente non basterebbe per misurazioni esatte. La misura si effettua come s'è detto.

Con una cuffia telefonica, allacciata all'uscita dopo i filtri di BF, si ascolta la BF corrispondente alla differenza tra la frequenza del generatore e quella da determinare. Il suono è dapprima acuto, poi, migliorando la messa a punto, diviene sempre più basso. Il generatore per le misure fini serve a controllare l'altro sopramenzionato, cioè quello per le misure grossolane. Esso è costituito da un oscillatore di grande precisione ed estrema costanza. Ciò si ottiene limitandone la frequenza alla sola gamma da 2,5 a 3,75 MHz, suddivisa però in otto campi. Voi sarete sorpreso e chiederete in che modo sia allora possibile il confronto con tutte le frequenze del generatore grossolano. Ciò avviene come segue: si inseriscono nel circuito degli stadi produttori di distorsione. Scopo di questi è di produrre dei multipli interi delle frequenze d'entrata. Ciò è facile da ottenere: basta applicare ad un amplificatore delle tensioni sinusoidali d'ampiezza così grande, da far lavorare l'amplificatore anche nei tratti curvi della caratteristica. Ricorderete infatti che, quando la tensione alternata di griglia è eccessiva, la corrente anodica, anziché presentare un andamento puramente sinusoidale, rimane deformata. La deformazione, o distorsione, equivale alla formazione di frequenze più alte, che sono però sempre multipli interi della frequenza fondamentale e vengono chiamate « armoniche superiori ».

Volendo eseguire la misura fine, per esempio, di 750 kHz, si sovrappone la quarta armonica, cioè  $750 \cdot 4 = 3000 \text{ kHz} = 3 \text{ MHz}$ , con i 3 MHz del generatore fine. Se invece si vogliono misurare 4,8 MHz, si raddoppia la frequenza portandola a 9,6 MHz, e si confronta con la terza armonica di 3,2 MHz del generatore fine. Vedete che in tal modo, pur avendo una gamma relativamente ristretta, il generatore fine permette di misurare nell'intero campo d'impiego dell'ondametro con la precisione di  $5 \cdot 10^{-5}$ . Ciò significa che, dovendo misurare per esempio 2 MHz, si ha un'incertezza non superiore a  $2 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-5} = 100 \text{ Hz}$ , il che è una precisione rispettabile e sufficiente per quasi tutte le misure.

L'apparecchio contiene infine anche un dispositivo accessorio di taratura costituito da un generatore campione a quarzo da 100 kHz. La precisione del quarzo oscillante è di  $\pm 2 \text{ Hz}$ , il che è certamente sufficiente per le normali misure di laboratorio. La frequenza del quarzo viene moltiplicata nel modo descritto più sopra; le frequenze armoniche servono per il paragone col generatore fine. Semplici manipolazioni consentono di formare tutte le combinazioni possibili tra il generatore per misura grossolana, quello per la misura fine, l'oscillatore a quarzo e la frequenza di misura. L'uso dell'apparecchio è facile e i valori di frequenza sono direttamente indicati sui tamburi graduati.

Nella Dispensa N. 19 abbiamo già accennato alla possibilità di confrontare le frequenze per mezzo del tubo di Braun. Questo procedimento è stato portato alla massima perfezione e consente di effettuare esatissimi confronti di frequenze, coi quali si possono determinare differenze di frazioni di hertz su qualche centinaio di kHz.

Questi accenni agli strumenti per la misura delle frequenze nella tecnica dell'AF può bastare per ora. Avendo conosciuto le possibilità esistenti per misurare le frequenze, ci sarà più agevole raccappezzarci tra le numerose gamme d'onda.

### Domande

1. Su quale principio è basato il frequenziometro a indicazione diretta?
2. Che specie di strumento indicatore si impiega nell'ondametro a risonanza?
3. Per quale ragione nell'ondametro a risonanza vanno evitati gli accoppiamenti rigidi?
4. Quanti e quali generatori sono contenuti nell'ondametro a interferenza WIP?
5. Qual è la precisione del quarzo oscillante impiegatovi?

### Risposte alle domande di pag. 7

1. Per la scomposizione dell'immagine in televisione si sono usati il disco di Nipkow, la vite a specchi e la ruota a specchi.
2. L'esplorazione dell'immagine per mezzo del disco di Nipkow avviene grazie a dei forellini praticati nel disco stesso. Questi sono disposti su una spirale, in modo che, in qualsiasi momento, vi sia un foro che si sposta lungo una linea dell'immagine.
3. La massima frequenza di modulazione occorrente per la televisione è determinata dal numero dei punti e, conseguentemente, delle linee, nonché dal numero d'immagini al secondo.
4. I dispositivi d'esplorazione elettronici sono superiori a quelli meccanici, perchè richiedono il movimento dei soli elettroni, che sono, in pratica, privi d'inerzia, e non di parti meccaniche come diaframmi o specchi.
5. La maggiore sensibilità dell'iconoscopio è dovuta all'accumulazione delle cariche. Teoricamente, esso consente di sfruttare, per l'emissione degli elettroni, l'intero periodo d'esposizione, mentre nel tubo disettore si utilizzano i soli elettroni prodotti nell'istante dell'esplorazione di un punto.
6. Il principale difetto dell'iconoscopio è dovuto al fatto che, per l'esplorazione del mosaico fotoelettrico, occorrono degli elettroni assai veloci, accelerati da un'elevata tensione anodica. Di conseguenza vengono prodotti degli elettroni secondari, che annullano in parte i vantaggi derivati dal principio dell'accumulazione delle cariche.

### Risposte alle domande di pag. 9

1. Il raggio di elettroni può essere deviato sia dai campi elettrici, che da quelli magnetici.
2. Un elettrone proiettato perpendicolarmente, con velocità uniforme, in un campo magnetico, descrive una traiettoria circolare.
3. Il campo magnetico usato per la concentrazione del raggio deve presentare la stessa direzione del moto degli elettroni.

### Risposte alle domande di pag. 12

1. La differenza essenziale tra Orthikon e iconoscopio sta in questo: che gli elettroni impiegati per l'esplorazione, nell'Orthikon, sono lenti; nell'iconoscopio, invece, veloci.
2. La lastra dell'immagine intermedia nell'Orthikon dev'essere sottilissima, perfettamente piana e uniforme. Inoltre si richiede una certa conduttività attraverso lo spessore, mentre quella superficiale deve essere minima.
3. Il moltiplicatore a elettroni secondari è basato sul fatto che gli elettroni, colpendo una superficie di materiale adatto, producono degli elettroni secondari. Il numero degli elettroni secondari è superiore a quello dei primari, ma direttamente proporzionale ad esso.
4. All'uscita dell'Image-Orthikon le correnti più deboli corrispondono ai punti più luminosi e viceversa.

## TELEVISIONE

### IL COMANDO DEL RAGGIO E IL SINCRONISMO

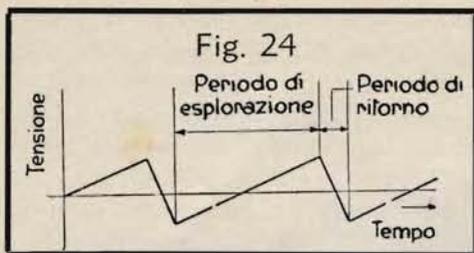
Dopo aver descritto brevemente l'evoluzione dei sistemi d'esplorazione, ci occuperemo dei più moderni apparecchi per la ricomposizione dell'immagine. Intanto notiamo la cosa più importante, e cioè che per la riproduzione delle immagini si impiega un tubo di Braun. Diremo in seguito dei requisiti speciali di questo tubo. Ad ogni modo vediamo che, tanto nel trasmettitore, per la scomposizione dell'immagine, quanto nel ricevitore, per la sua ricomposizione, si lavora sempre con l'aiuto degli elettroni.

Nella fig. 10 vi abbiamo mostrato la traiettoria descritta dal raggio nel tubo di ripresa. Per la riproduzione, il raggio segue sullo schermo la medesima traccia. Per ora il sistema col quale viene prodotta una luminosità più o meno intensa non ci interessa; constatiamo unicamente la necessità di seguire col raggio una traccia ben determinata, identica a quella percorsa per la scomposizione dell'immagine.

Sappiamo che il raggio viene deviato con l'aiuto di tensioni a dente di sega, applicate alle placche di deviazione, oppure di correnti a dente di sega, circolanti nelle bobine di deviazione. Come principio sarebbe perfettamente possibile trasmettere, assieme al segnale d'immagine, anche le oscillazioni a rilassamento occorrenti per la deviazione. Si potrebbero, per esempio, inoltrare separatamente su un'apposita onda portante. Questo metodo non è però in uso, poichè richiederebbe l'adozione di appositi amplificatori supplementari. Inoltre si dovrebbe trovare il modo di mantenere la giusta relazione di fase tra le oscillazioni a rilassamento ed il segnale d'immagine, per non tagliare le linee e l'immagine in un posto sbagliato.

### I segnali di sincronismo

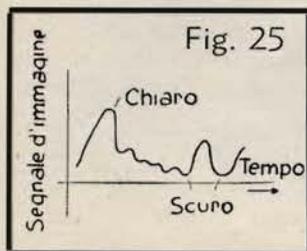
Si preferisce quindi trasmettere dei segnali di sincronismo sulla medesima onda portante del segnale d'imma-



gine. Osservando l'oscillazione a rilassamento della fig. 24, la soluzione del problema balza subito agli occhi. Il segnale d'immagine si ricava e si trasmette soltanto nel periodo di esplorazione della linea. Nel periodo di ritorno non si deve esplorare l'immagine nel trasmettitore, nè tracciare alcun segno sullo schermo del ricevitore. Il raggio di elettroni durante il periodo di ritorno perciò si sopprime, applicando una forte tensione negativa al cilindro di Wehnelt o all'elettrodo di comando che segue il catodo. Il periodo di ritorno rimane perciò disponibile per trasmettere degli impulsi di comando o di sincronismo.

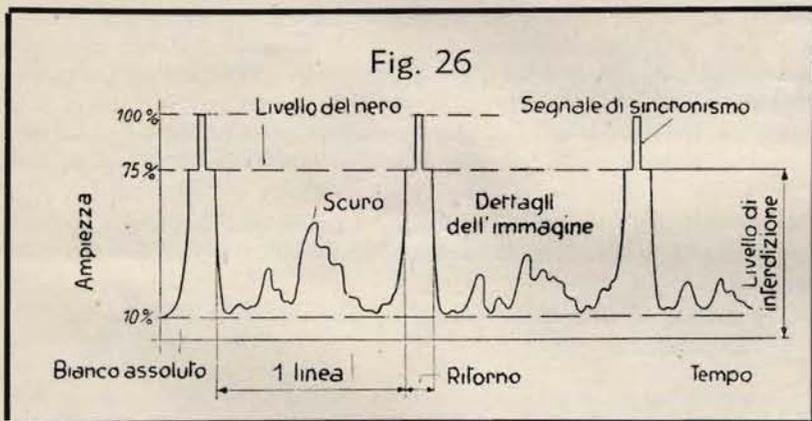
### La fase negativa dell'immagine

In questa descrizione ci atteniamo alle norme generalmente accettate per la televisione. Prima di andare a modulare l'onda portante, il segnale d'immagine viene convertito nella cosiddetta « fase negativa ». Mentre nella fase positiva (fig. 25) i punti chiari corrispondono ad un valore elevato della tensione, nella fase negativa è il contrario. Questo procedimento è stato scelto, tra l'altro, per la seguente ragione: gli eventuali disturbi che si presentano nella trasmissione producono delle sovratensioni e quindi delle chiazze luminose nella fase positiva, mentre nella fase negativa si presentano delle macchie scure, che disturbano meno.



Impiegando la fase negativa, la minima tensione di modulazione corrisponde dunque al bianco perfetto. Quando invece il segnale di modulazione supera un determinato valore, si ottiene il nero. Valori maggiori del segnale non possono provocare alcuna variazione nella luminosità dell'immagine, poichè non si può fare di

più che sopprimere completamente il raggio di elettroni. Questo valore (corrispondente alla soppressione del raggio) si chiama « valore del nero » oppure « livello del nero ».



È ovvio che, durante il periodo di ritorno, debba esserci il nero completo. Da questa esigenza deriva la forma tipica del segnale d'immagine per la fase negativa (figura 26). Le ampiezze minime corrispondono al bianco; più alte sono le punte e più scura è l'immagine. La tensione d'interdizione è di valore e durata tali, da assicurare che il ritorno del raggio risulti invisibile, quando la luminosità della riproduzione è regolata normalmente.

Voi chiederete a che cosa servano le punte sopra la tensione d'interdizione, dato che un nero più intenso del nero non è possibile. Com'è notato sulla figura, queste punte servono da segnali di sincronismo. Il fatto che a questi segnali si

facciano corrispondere i valori massimi della tensione, denota la loro importanza.

Immaginate ora che un'onda portante sia modulata con questo segnale negativo d'immagine. Riferiti alla massima ampiezza della portante, il bianco più chiaro corrisponde al 10 %, la tensione d'interdizione al 75 %. In questo intervallo devono essere contenute tutte le sfumature ed i chiaroscuri dell'immagine. Come capite, il rimanente margine sopra il livello del nero è riservato per i segnali di sincronismo. Questi brevissimi impulsi servono per sincronizzare l'oscillazione a rilassamento generata nel ricevitore.

Fino ad ora abbiamo considerato soltanto i segnali per la sincronizzazione della deviazione per le linee. È ovvio che il raggio elettronico, essendo guidato da una tensione a dente di sega, richieda un certo tempo per tornare dall'orlo inferiore a quello superiore, dopo aver percorso tutte le linee. Anche in questo caso il tempo di ritorno equivale a una determinata frazione (circa 10 %) del periodo d'esplorazione.

Naturalmente anche durante il ritorno del raggio dal basso all'alto, bisogna che esso rimanga oscurato. Pertanto, terminata l'esplorazione di tutte le linee, segue un lungo periodo d'interdizione. A questo si sovrappongono i segnali di sincronismo per la deviazione verticale.

Prima di considerare i segnali di sincronismo nel periodo del ritorno verticale, dobbiamo conoscere un altro artificio molto importante.

### Il sistema a linee alterne

Il sistema che abbiamo finora presupposto nelle nostre spiegazioni, dotato cioè di 625 linee e 25 immagini al secondo, consente di ottenere immagini in movimento come nel cinematografo, ma presenta purtroppo un forte e fastidioso sfarfallamento o scintillio. Se si volesse semplicemente aumentare il numero delle immagini al secondo, mantenendo immutata la definizione, cioè la finezza di scomposizione dell'immagine, si dovrebbe aumentare ancora di più la banda di frequenza della modulazione televisiva, già tanto larga. Il sistema a linee alterne costituisce un rimedio allo sfarfallamento, senza richiedere un aumento della banda di modulazione.

Esso è basato sul ragionamento che, *suddividendo l'immagine in due metà, è possibile far apparire il numero doppio di immagini al secondo*. A questo scopo si esplorano dapprima le linee dispari, partendo dall'angolo sinistro superiore (fig. 27). Dal punto B, a metà dell'ultima linea, si effettua il ritorno del raggio al punto C, in mezzo in alto. Avviene quindi l'esplorazione delle linee pari, contenute sempre in mezzo a due dispari. Il raggio percorre quindi un'altra volta l'immagine, fino ad arrivare nell'angolo inferiore destro D. Quindi ritorna in A, ed inizia l'esplorazione successiva. In questo modo si esplora 50 volte al secondo l'intera immagine, mentre il numero di linee al secondo è rimasto immutato. Lo sfarfallamento è fortemente ridotto, perchè l'occhio rimane ingannato dalle due successive esplorazioni parziali. Senza aumentare il numero delle linee, è raddoppiato il numero d'immagini. Per poter realizzare il sistema nel modo sopra descritto, bisogna che le linee siano in numero dispari, poichè solo in tal modo l'ultima linea dispari finisce in mezzo e la prima pari comincia in mezzo. Ciò è necessario, affinchè le linee pari cadano esattamente tra quelle dispari.

È chiaro che questo sistema di trasmissione debba richiedere una enorme precisione del sincronismo. Si tratta infatti di incastrare l'una nell'altra due immagini parziali. Bisogna pertanto che il generatore a rilassamento per la deviazione orizzontale non solo funzioni in modo ineccepibile per conto proprio, ma presenti altresì sempre la giusta relazione di fase col generatore per la deviazione verticale.

Per ottenere con sicurezza questo effetto si impiega un oscillatore pilota nel trasmettitore. Esso parte dal doppio della frequenza occorrente per la deviazione delle linee, cioè  $625 \cdot 25 \cdot 2 = 31250$  Hz.

Mediante suddivisione della frequenza, si ottiene la frequenza delle linee  $\frac{31250}{2} = 15625$  Hz e quella d'immagine  $\frac{31250}{625} = 50$  Hz.

Essendo tutte derivate da un'oscillazione primitiva (31 250 Hz), la frequenza di linea (15 625 Hz) e quella di immagine (50 Hz) vengono così ad avere anche la giusta relazione di fase. Non è il caso di entrare qui in maggiori particolari.

### La disposizione dei segnali di sincronismo

Dalle nostre spiegazioni sul sistema a linee alterne, risulta che gli impulsi verticali della prima e della seconda semi-immagine devono presentare determinate differenze. Come abbiamo detto, gli oscillatori a rilassamento del ricevitore vengono mantenuti in sincronismo soltanto dagli impulsi di sincronismo. È necessario pertanto che questi impulsi non subiscano interruzioni. Ciò è particolarmente difficile da realizzare nell'istante in cui si deve iniziare il ritorno verticale. Bisogna infatti trasmettere in questo istante l'impulso di sincronismo per la deviazione verticale. Mentre perdura l'impulso verticale, avvengono circa 20 deviazioni di linea, che in pratica vanno quindi perdute per l'esplorazione dell'immagine. Tuttavia bisogna che gli appositi impulsi mantengano in sincronismo l'oscillatore a rilassamento per la deviazione orizzontale. Ciò si ottiene suddividendo l'impulso verticale, di per se stesso più lungo, nel modo indicato nella fig. 28. Per ottenere il sincronismo nello spostamento orizzontale non importa che l'impulso rettangolare sia più lungo o più corto.

L'essenziale è che esso abbia inizio nell'istante giusto, poichè l'oscillatore per la deviazione orizzontale è sincronizzato dal fianco ascendente dell'impulso di sincronismo. Nella fig. 28 si vedono dapprima, a sinistra, alcune esplorazioni di linea in fase negativa, separate dalla tensione d'interdizione per il ritorno e dall'impulso di sincronismo per la deviazione orizzontale. Si arriva così in fondo all'immagine, cioè al punto D della fig. 27.

Viene quindi il periodo d'interdizione, nel quale si hanno dapprima alcuni brevi impulsi di compensazione, di cui vedremo tra breve lo scopo. Segue l'impulso verticale, che però è suddiviso da varie brevi interruzioni, fatte in modo da ottenere un fianco ascendente nel giusto istante, necessario per la sincronizzazione della deviazione orizzontale. Terminato l'impulso verticale, ci sono ancora degli impulsi di compensazione e, per la rimanenza del periodo d'interdizione, degli impulsi orizzontali puri. Come risulta dalla fig. 27, dal punto D il raggio deve tornare nel punto A; la prima linea rappresentata nella fig. 28 deve quindi essere esplorata dall'inizio.

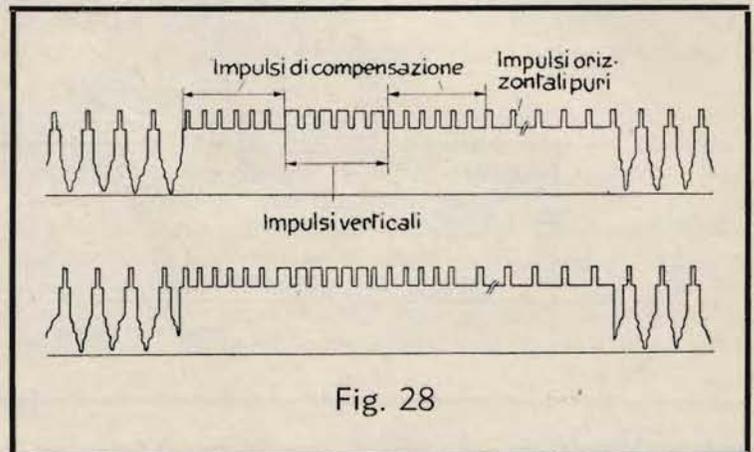
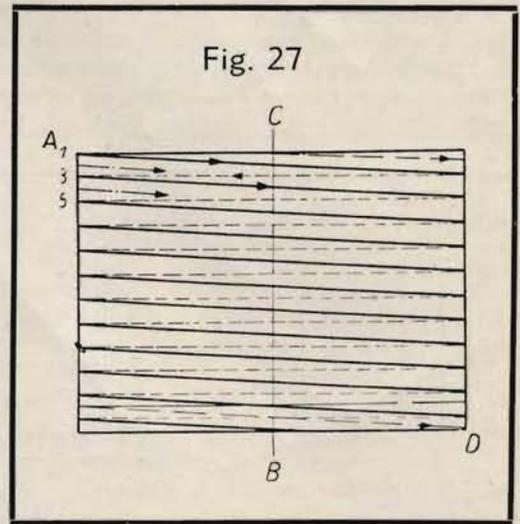
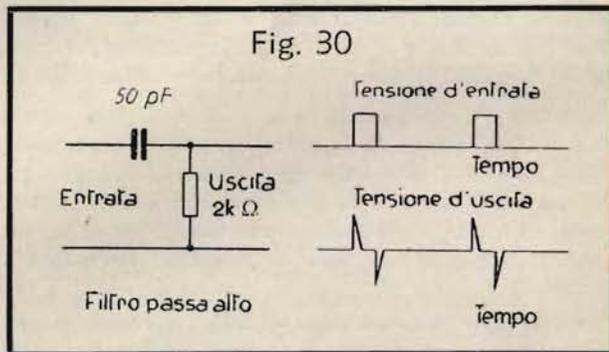
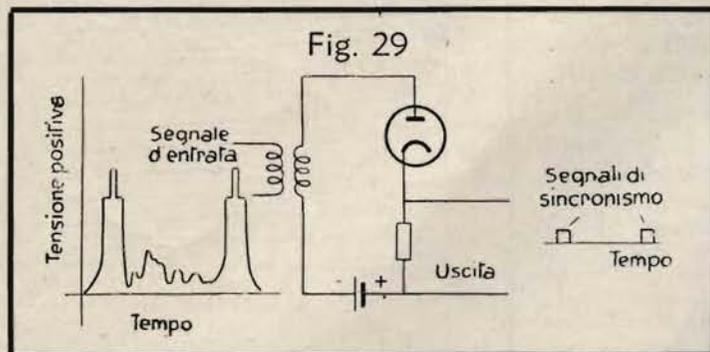


Fig. 28

La curva inferiore della fig. 28 rappresenta invece il ritorno dal punto B a C (fig. 27). Anche qui vedete che la sincronizzazione orizzontale non viene mai interrotta, grazie agli impulsi di compensazione ed alle interruzioni nell'impulso verticale, anche se la tensione d'interdizione viene applicata o tolta a metà della linea. Tutto questo è possibile data la proprietà degli oscillatori a rilassamento di essere sensibili soltanto agli impulsi che intervengono nel momento giusto.

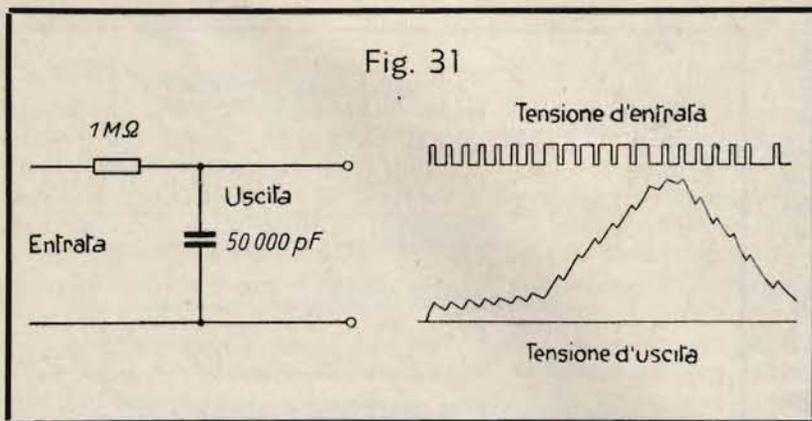
### La separazione degli impulsi verticali e orizzontali

Ora vorrete giustamente sapere come si faccia a distinguere gli impulsi e ad inviarli all'organo adatto, in modo da sincronizzare tanto la deviazione orizzontale che quella verticale. Non ci vuol molto per spiegare come avvenga la separazione dei segnali di sincronismo dal segnale d'immagine. Si polarizza un diodo (fig. 29) in modo che non passi corrente finché la tensione è inferiore a quella d'interdizione.



Solo i segnali di sincronismo, che sono « più neri del nero », possono provocare il passaggio della corrente nel diodo; nella resistenza di carico di quest'ultimo si manifestano perciò gli impulsi di sincronismo. Questa funzione può essere anche svolta da valvole a una o più griglie, ma ciò per ora non ha importanza.

Un filtro passa-alto (fig. 30), cui vengano applicati gli impulsi di tensione, si comporta come segue: nell'istante in cui la tensione aumenta, il condensatore viene caricato con un brevissimo impulso di corrente, mentre invece, alla fine dell'impulso d'entrata, cioè alla discesa della tensione, il condensatore si scarica rapidamente attraverso alla resistenza. Le correnti di carica e di scarica producono nella resistenza delle punte di tensione positive o negativa. Ad ogni variazione della tensione applicata, si ottiene così una punta positiva o negativa. Quando vedremo gli schemi degli oscillatori a rilassamento, spiegheremo come vengano usate queste brevi punte per il comando degli oscillatori, e come mai solamente gli impulsi applicati nel modo giusto possano costringere il dispositivo ad oscillare.



L'utilizzazione dell'impulso verticale è un po' più difficile da spiegare. Esso viene separato da un filtro passa-basso, costruito esattamente al contrario del filtro passa-alto (fig. 31). Ad ogni impulso orizzontale si ha una breve corrente che va a caricare il condensatore. Finché arrivano i normali impulsi tra le linee, essi sono così distanziati che il condensatore fa in tempo a scaricarsi completamente tra un impulso e l'altro. Durante la normale esplorazione delle linee non si forma quindi una tensione ai capi del condensatore. Quando invece sopraggiungono i rapidi impulsi di compensazione, si forma una piccola tensione, che però, dopo pochi impulsi, si ferma ad un determinato livello. Per questa

ragione, quando incominciano gli impulsi più lunghi, non ha più importanza il fatto che l'intervallo tra l'ultimo impulso orizzontale ed il primo impulso di compensazione sia stato di una mezza oppure di un'intera larghezza di linea. In ogni caso, l'impulso verticale che si inizia a questo punto, parte sempre da un livello di tensione ben determinato.

Durante l'impulso verticale vero e proprio le interruzioni di tensione sono brevissime, cosicché, da impulso a impulso, il condensatore continua a caricarsi. Si arriva infine così ad avere applicata al condensatore una tensione di valore sufficiente perchè possa servire da segnale di comando per l'oscillatore a rilassamento della deviazione orizzontale. I successivi impulsi di compensazione iniziano la scarica del condensatore, che è quasi ultimata al sopraggiungere degli impulsi orizzontali.

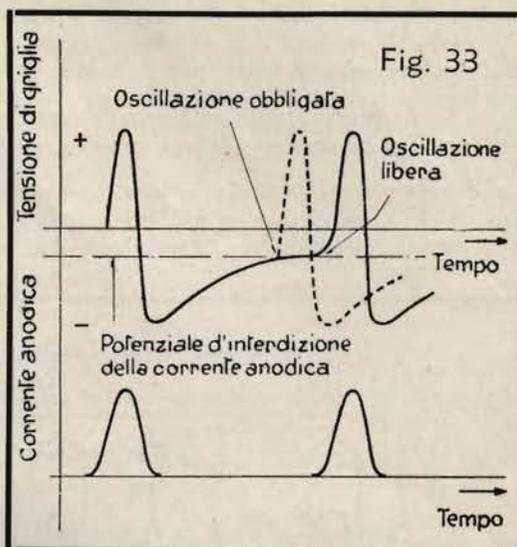
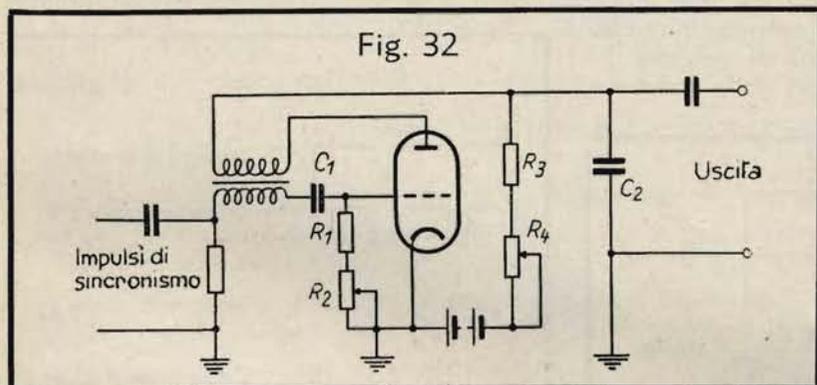
Siamo arrivati così ad avere una buona visione di tutte le difficoltà che comporta la sincronizzazione nel sistema a linee alterne. Vi sarete accorto com'era importante che studiasimo prima bene tutte le parti singole e gli schemi separati, come è avvenuto nelle Dispense precedenti. Ora basta un semplice cenno per farvi comprendere il nocciolo delle questioni.

## Gli oscillatori a rilassamento (o generatori a rilassamento)

Per chiudere le nostre spiegazioni sul sincronismo descriveremo brevemente gli schemi dei moderni oscillatori a rilassamento (detti anche « generatori a rilassamento »), impiegati nella tecnica della televisione. In particolare vi mostreremo in che modo si possa realizzare il sincronismo, trasmettendo dei brevi impulsi di corrente.

### L'oscillatore a interdizione

Questo schema è basato sullo stesso principio di quello della fig. 38 della Dispensa N. 20. Quando la corrente anodica comincia ad aumentare (fig. 32), essa produce, grazie alla reazione attraverso al trasformatore, un aumento della tensione di griglia; di conseguenza, la corrente anodica aumenta rapidissimamente. Si produce allora una corrente di griglia, che carica il condensatore  $C_1$ , facendo diventare negativa la griglia e bloccando così la corrente anodica. La scarica di  $C_1$  avviene più o meno rapidamente, secondo il valore delle resistenze  $R_1$  ed  $R_2$ . Appena il condensatore si è scaricato sotto la ten-



sione d'interdizione, la corrente anodica ricomincia a crescere. La reazione provoca un impulso positivo sulla griglia (fig. 33). La corrente di griglia carica il condensatore  $C_1$ . La griglia diventa negativa e la corrente anodica ritorna a zero. Se invece si applica alla griglia un impulso positivo di sincronismo, com'è indicato con la curva tratteggiata della fig. 33, la tensione d'interdizione viene superata un po' prima e si anticipa così il flusso della corrente anodica. Naturalmente bisogna però che l'impulso arrivi soltanto quando  $C_1$  si è già quasi completamente scaricato fino alla tensione d'interdizione. Usando questo schema per produrre le tensioni a dente di sega per la deviazione orizzontale o quella verticale, bisogna scegliere i valori del condensatore e delle resistenze in modo, che l'impulso di sincronismo arrivi prima che il condensatore si sia scaricato fino alla tensione critica. Regolando  $R_2$ , la durata della scarica del condensatore  $C_1$  può essere variata leggermente; si ha così la possibilità della messa a punto esatta. Questo potenziometro è chiamato, nei ricevitori televisivi, « regolatore del sincronismo » (orizzontale oppure verticale).

Gli impulsi di corrente anodica rappresentati nella fig. 33 non sono però ancora delle tensioni a dente di sega. Per ottenere tale andamento della tensione, sono previsti  $C_2$ ,  $R_3$  e  $R_4$  (fig. 32). Finché la corrente anodica è bloccata, il condensatore  $C_2$  si carica lentamente attraverso alle resistenze  $R_3$  ed  $R_4$ . Quando comincia a passare la corrente anodica, si forma una caduta di tensione nelle resistenze  $R_3$  e  $R_4$ , mentre il condensatore si scarica rapidamente attraverso alla valvola. Appena il condensatore è scarico e la valvola nuovamente interdetta, il giuoco ricomincia da capo. Le volute oscillazioni di rilassamento si manifestano quindi nel condensatore  $C_2$ ; scegliendo adeguatamente le dimensioni dei vari elementi, si ottiene un tratto ascendente discretamente rettilineo. Poiché il potenziometro  $R_4$  regola il valore della tensione alla quale si carica il condensatore  $C_2$  e quindi l'ampiezza dello spostamento del raggio, esso è chiamato « regolatore dell'altezza » o « regolatore della larghezza » dell'immagine.

### Il multivibratore

Anche questo schema funziona secondo il principio illustrato in precedenza. Il trasformatore è però sostituito da una seconda valvola. Come sapete, considerando una valvola isolata, si trova che la tensione anodica diminuisce quando aumenta la tensione di griglia; perciò, se si usano soltanto dei condensatori e delle resistenze è possibile realizzare la controreazione, ma non una reazione positiva. Se si vuole ottenere una reazione positiva per generare delle oscillazioni, bisogna invertire la fase, inserendo un trasformatore, oppure riportando la tensione dall'anodo di una seconda valvola alla griglia della prima.

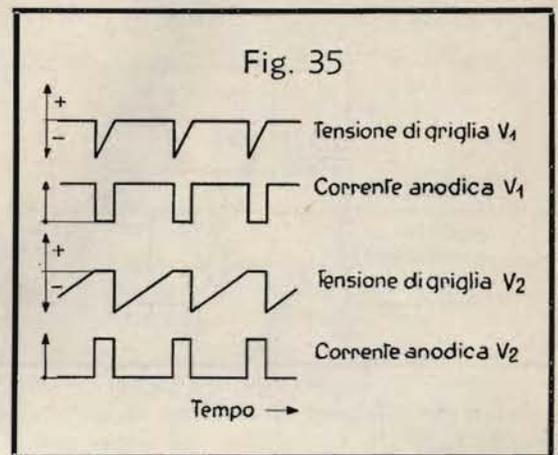
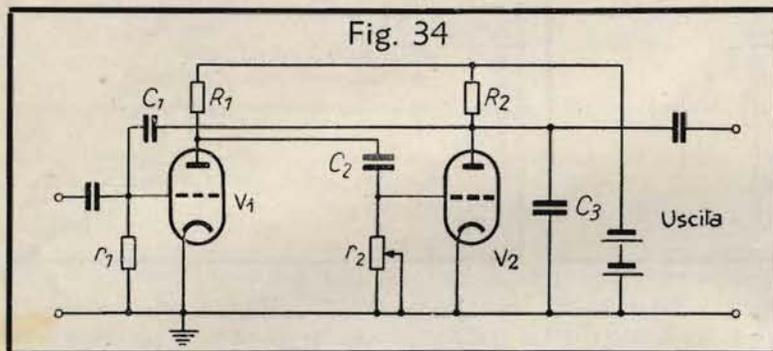
Con l'aiuto della fig. 34 esamineremo anche quest'ultima possibilità, che è pure applicata nei ricevitori di televisione. Il condensatore  $C_3$  è di nuovo il condensatore che si carica e si scarica. Le valvole sono collegate in modo da produrre un breve impulso di corrente anodica nella seconda valvola, per scaricare rapidamente il condensatore  $C_3$ .

Esamineremo dapprima il funzionamento dello schema senza  $C_3$ . Supponiamo di nuovo che nella seconda valvola ( $V_2$  della fig. 34) la corrente anodica cominci a crescere e che, nello stesso istante, la prima valvola non sia interdetta. Nella resistenza anodica  $R_2$  si formerà una caduta di tensione, che andrà aumentando. La ten-

sione anodica di  $V_2$  va quindi diminuendo e viene riportata attraverso  $C_1$  alla griglia della valvola  $V_1$ , ove si manifesta come tensione negativa. Di conseguenza diminuisce la corrente anodica di  $V_1$ , e quindi anche la caduta di tensione in  $R_1$ , mentre aumenta la tensione anodica di  $V_1$ . Quando la tensione della placca di  $V_1$  va aumentando, il condensatore  $C_2$  trasmette una tensione positiva alla griglia di  $V_2$ . Come nello schema della fig. 37, nella Dispensa N. 20, la reazione attraverso le due valvole provoca l'improvviso aumento della corrente in  $V_2$  fino al suo massimo, mentre la valvola  $V_1$  rimane bloccata, perchè attraverso a  $C_1$  viene applicata una forte tensione negativa alla sua griglia. La corrente in  $V_2$  non può crescere oltre un determinato valore e rimane quindi, per intanto, costante, com'è rappresentato dal grafico della fig. 35. Quando la corrente della valvola  $V_2$  è costante, il condensatore  $C_1$  non può trasmettere alcuna tensione negativa; anzi esso si scarica, riducendo la tensione negativa della griglia di  $V_1$ , fino al punto in cui ricomincia a passare la corrente anodica in  $V_1$ . Allora la caduta di tensione nella resistenza  $R_1$  provoca la diminuzione della tensione anodica di  $V_1$ .  $C_2$  trasmette quindi una tensione negativa alla griglia di  $V_2$ . Mentre la corrente nella prima valvola aumenta improvvisamente, la valvola  $V_2$  rimane quindi bloccata.

$V_1$  e  $V_2$  hanno pertanto invertito le loro funzioni. Il risultato dello schema della fig. 34 è quindi un impulso rettangolare di corrente, che attraversa alternativamente le due valvole (fig. 35).

La durata di un periodo intero, cioè della corrente rettangolare in  $V_1$ , più quella in  $V_2$ , nonché la durata di ciascuno dei due impulsi rettangolari, dipendono dai valori delle resistenze



e delle capacità. Per esempio per ottenere la deviazione delle linee (15 625 Hz) si usano sovente i seguenti valori:

$$r_1 = 220 \text{ k}\Omega, \quad r_2 = 100 \text{ k}\Omega, \quad R_1 \approx 47 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 500 \text{ k}\Omega$$

$$C_3 = 500 \text{ pF}, \quad C_1 = 0,001 \text{ }\mu\text{F}, \quad C_2 = 0,005 \text{ }\mu\text{F}.$$

Si impiega la valvola americana 6N7 (doppio triodo). La scelta opportuna dei valori delle resistenze e dei condensatori collegati con  $V_1$  e  $V_2$  consente di ottenere la differente lunghezza dell'impulso nelle due valvole.

L'intero dispositivo produce una tensione a dente di sega ai capi del condensatore  $C_3$ . Nel periodo d'interdizione della valvola  $V_2$ , il condensatore  $C_3$  si carica. Quando la valvola conduce,  $C_3$  si scarica rapidamente. Ecco fatta così l'oscillazione a dente di sega. La sincronizzazione si attua applicando un impulso negativo alla griglia di  $V_1$ , oppure positivo alla griglia di  $V_2$ , nel periodo in cui  $V_1$  è attraversata dalla corrente. In tal modo si blocca il passaggio di corrente nella valvola  $V_1$ , cosicchè, se nello stesso istante la tensione negativa della griglia di  $V_2$  è già sufficientemente diminuita, la corrente comincia subito ad attraversare quest'ultima valvola e a scaricare il condensatore  $C_3$ . Anche in questo caso è importante che l'impulso di sincronismo arrivi alla griglia della valvola  $V_2$  un poco prima che questa abbia raggiunto la tensione d'interdizione.

Gli schemi ora considerati consentono senz'altro di effettuare la deviazione elettrostatica del raggio, ossia quella applicata nei tubi dotati di placche di deviazione. Poichè però spesso si fa uso della deviazione magnetica, vogliamo vedere come si fa per inviare nelle bobine di deviazione una corrente a dente di sega.

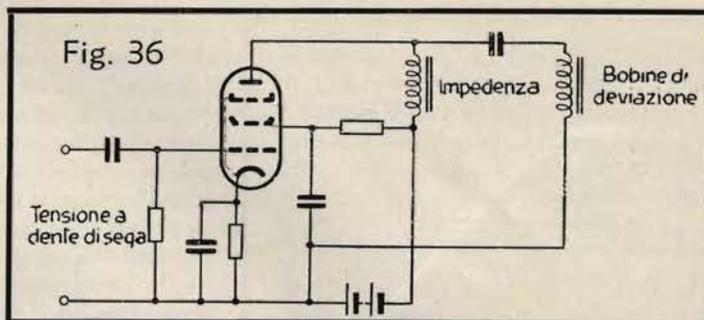
### La corrente a dente di sega

Applicando la deviazione elettrostatica, il carico dell'oscillatore a rilassamento è costituito unicamente dalla piccola capacità delle placche di deviazione. Se la tensione a dente di sega dovesse spingere la corrente soltanto attraverso ad una resistenza ohmica, questa corrente avrebbe anch'essa la forma di un dente di sega.

Ma poichè ogni bobina è da considerare come un collegamento in serie di resistenza e d'induttanza, a ogni variazione della corrente si manifesta l'autoinduzione; ciò in misura tanto maggiore, quanto più piccola è la resistenza ohmica rispetto all'induttanza del circuito. Un rimedio abbastanza semplice consiste nell'applicare la tensione a dente di sega alla griglia-pilota di un pentodo. Data l'elevata resistenza interna di questo tipo di valvola, si ottiene una corrente a dente di sega, anche se nel circuito anodico si inserisce una bobina induttiva; ecco pertanto realizzata la deviazione magnetica. In linea di principio si potrebbe impiegare anche un triodo, ma questo darebbe un risultato assai meno soddisfacente, data la sua scarsa resistenza interna. Bisognerebbe cambiare alquanto la forma della tensione a dente di sega applicata alla griglia.

Interviene però una nuova difficoltà. La *corrente continua* della *valvola* darebbe origine ad una *magnetizzazione supplementare della bobina* e quindi ad una *deviazione non desiderata*. Ciò può essere evitato mediante l'impiego di un *trasformatore*, che trasporti nelle *bobine di deviazione* soltanto le *variazioni della corrente*, non la *corrente continua*.

Nella fig. 36 è indicata inoltre un'altra possibilità, consistente nell'inserzione di una *bobina d'impedenza* e nell'allacciamento della *bobina di deviazione* attraverso un grande *condensatore*.



Abbiamo così dato una scorsa ad una parte importantissima del *ricevitore televisivo*: la *separazione dei segnali di sincronismo* e gli *oscillatori a rilassamento*. Tanto la *deviazione orizzontale* che quella *verticale* richiedono entrambe un apposito *oscillatore a rilassamento*: è un complesso ingente di valvole e apparecchiature che non occorre nei ricevitori per la semplice radioaudizione e che costituisce una spesa non indifferente, contribuendo ad aumentare il costo degli apparecchi per la *televisione*.

### Domande

1. Come si fa a guidare il raggio elettronico esplorante negli apparecchi per la ripresa e la riproduzione televisiva?
2. Come è possibile trasmettere i segnali di sincronismo e di immagine su un'unica onda portante?
3. Come si chiama e come funziona il sistema per la soppressione dello sfarfallamento, senza aumento della banda di frequenza trasmessa?
4. Come si separano i segnali di sincronismo per la deviazione orizzontale da quelli per la deviazione verticale?
5. Quali sono gli schemi impiegati nei ricevitori di televisione per gli oscillatori a rilassamento?
6. Come si attua la reazione nell'oscillatore a interdizione?
7. Come si evita la trasmissione dell'immagine durante il ritorno del raggio?

### Risposte alle domande di pag. 14

1. Il frequenziometro a indicazione diretta è basato sul fatto che, a tensione costante, la corrente che attraversa un condensatore è proporzionale alla frequenza. Qualsiasi valore della corrente si trova quindi in una determinata relazione con la frequenza, per la qual cosa lo strumento può essere direttamente tarato in hertz.
2. Nell'ondametro a risonanza si usa come indicatore uno strumento a bobina mobile con raddrizzatore. Quest'ultimo può essere costituito da un diodo, oppure da un detector a cristallo.
3. È impossibile fare un accoppiamento rigido nell'ondametro a risonanza, perchè ciò farebbe uscire dalla sintonia il circuito oscillante, causando degli errori di misura.
4. L'ondametro WIP contiene 3 generatori, e precisamente quello per le misure grossolane (50 kHz - 30 MHz), quello per le misure fini (2,5 - 3,75 MHz), ed il quarzo di taratura per 100 kHz.
5. La precisione del quarzo oscillante impiegato è di  $2 \cdot 10^{-5}$  ossia  $\pm 2$  Hz su 100 kHz.

## RADAR

### RADIOGONIOMETRIA

Nei tempi passati, i fari erano insostituibili per la navigazione. Essi servivano per contrassegnare le coste e consentivano ai naviganti di dirigersi con sicurezza verso la meta anche di notte. Inoltre, facendo il rilevamento della direzione di due fari contemporaneamente visibili, era possibile determinare la propria posizione.

Con l'aiuto della fig. 37 spiegheremo come si faccia questo rilevamento. I punti cardinali sono conosciuti, grazie alla bussola. Sulla carta nautica si legge la posizione esatta dei fari. Con l'aiuto di un *sestante* si determinano gli angoli compresi tra le direzioni nelle quali si vedono i fari e la direzione nord. Un calcolo trigonometrico consente allora di determinare le distanze  $S-L_1$  e  $S-L_2$  ( $S$  è la nave,  $L_1$  ed  $L_2$  i fari). La posizione della nave è allora stabilita in modo univoco. Se invece non si conoscesse l'esatta direzione nord, bisognerebbe osservare *tre fari*, rilevandone la posizione dalla carta.

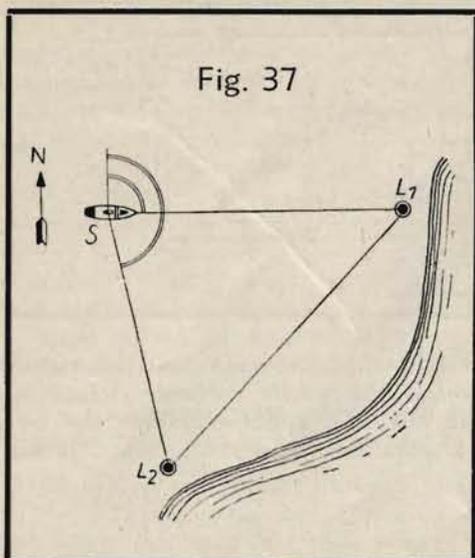


Fig. 37

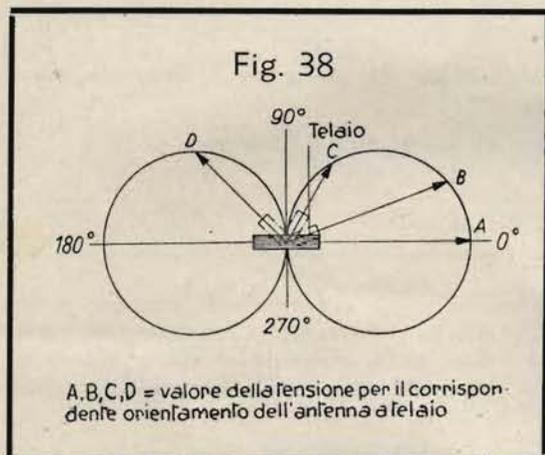
« A che serve questa divagazione in un campo completamente diverso dal nostro? » voi chiederete. Ve lo diciamo subito: i fari erano utili e comodi col bel tempo, ma proprio quando se ne aveva maggior bisogno, nella nebbia e nelle tempeste, non si sceglievano che a piccola distanza. Dopo la scoperta delle onde elettromagnetiche, si trovò ben presto che la loro propagazione non era quasi disturbata dalla nebbia e dalla pioggia. Si pensò quindi di sostituire i fari luminosi con dei radiofari, che risentono molto meno delle condizioni del tempo. Di qui la necessità di trovare il sistema per determinare la direzione nella quale si trovano questi radiofari. Dobbiamo perciò renderci conto, dapprima, del funzionamento di un sestante, per poter immaginare un dispositivo analogo adatto per le onde radio. L'uso del sestante è fondato sul principio che, dirigendo un cannocchiale verso un faro, noi ne stabiliamo nello stesso tempo l'esatta direzione. Occorre quindi un apparecchio elettrico che consenta di stabilire in modo univoco una direzione.

### La caratteristica direzionale

Nella Dispensa N. 14, abbiamo conosciuto l'antenna a telaio, che presenta una spiccato effetto direzionale. Nella fig. 38 è disegnata la cosiddetta « caratteristica orizzontale » dell'antenna a telaio. Questa ca-

ratteristica può essere calcolata teoricamente o rilevata sperimentalmente. In quest'ultimo caso si monta l'antenna a telaio su un piedestallo girevole, munito di una graduazione in gradi angolari. Si allaccia l'antenna a un generatore d'AF di misura. A sufficiente distanza (almeno alcune lunghezze d'onda) si colloca una semplice antenna ricevente. Si allaccia a quest'ultima un voltmetro a valvole, eventualmente attraverso ad un amplificatore, per misurare la tensione fornita dall'antenna. Si orienta quindi il telaio in direzione dell'antenna ricevente e si mette l'indice goniometrico (cioè quello che segna l'angolo) su zero. Supponiamo che lo strumento allacciato all'antenna ricevente segni 100 mV. Se si cambia l'orientamento dell'antenna a telaio, l'indicazione del voltmetro diminuisce, com'è rappresentato nella fig. 38, la quale però non riporta alcun valore. Compiuta una rotazione di 90°, la tensione nell'antenna ricevente scende a zero. Continuando la rotazione, la tensione aumenta di nuovo. In un giro completo, essa descrive la curva della fig. 38.

Facciamo ora un nuovo esperimento, portando più lontano l'antenna ricevente. Nella posizione di zero otteniamo un valore minore, ma compiendo l'intera rotazione ricaviamo di nuovo la stessa curva della fig. 38, però più piccola.



Finalmente facciamo una terza prova. Colleghiamo il generatore d'AF a quella che prima era l'antenna ricevente e misuriamo col voltmetro elettronico l'intensità delle onde raccolte dall'antenna a telaio. Ruotando l'antenna e riportando radialmente i valori misurati, otteniamo un'altra volta la caratteristica della fig. 38. Questa caratteristica non è univoca. Le indicazioni per 0° e 180° sono identiche, e così pure per 90° e 270°.

Non è quindi possibile stabilire se il trasmettitore si trova nel punto S<sub>1</sub> oppure in S<sub>2</sub> (fig. 39). Troveremo però presto anche il modo di ottenere delle caratteristiche univoche.

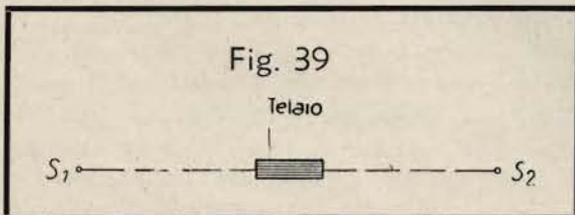


Fig. 39

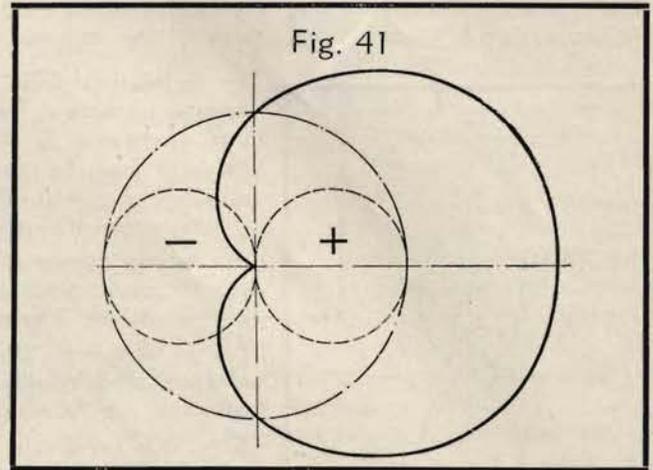
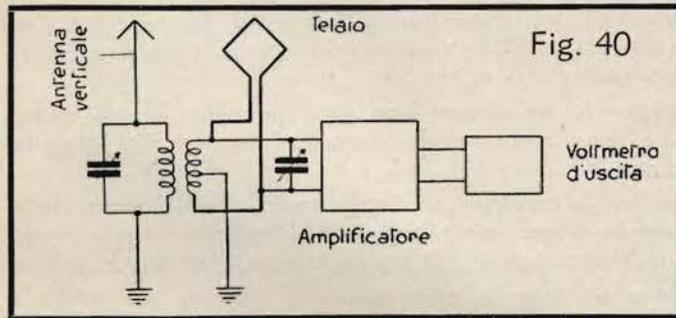
Per ora vediamo un po' se, in via generale, quest'antenna a telaio può essere utilizzata per i rilevamenti radiogoniometrici. Quando una nave si avvicina alla costa (fig. 37), possedendo una carta e la bussola, non si può essere in dubbio se il radiofaro L<sub>1</sub> si debba ricercare a oriente o a occidente.

Ora prendiamo la nostra antenna a telaio e mettiamo a punto la sintonia e facciamo ruotare l'antenna finché abbiamo individuato il trasmettitore L<sub>1</sub>, riconoscibile dalla particolare modulazione. Cerchiamo di orientare il telaio, basandoci sul valore massimo della caratteristica, che corrisponde a 0° o a 180° (fig. 38). Ci accorgiamo che, in prossimità del massimo, le variazioni d'intensità sono molto piccole, cosicché è estremamente difficile stabilire con precisione la direzione cercata. Voi penserete quindi di abbandonare questo sistema, visto che non è abbastanza preciso. Un momento, però! Non vogliamo provare a determinare la posizione della ricezione minima, che corrisponde a un angolo di 90° o 270°? Facciamo questo esperimento e subito vediamo con sorpresa che l'indicazione dello strumento cade improvvisamente a zero e, continuando la rotazione, aumenta di nuovo assai rapidamente. Possiamo così determinare, senza difficoltà, con la precisione di un grado, la posizione del minimo e comprendiamo che, in questo modo, è facile eseguire il rilevamento radiogoniometrico. L'importante è di ottenere dapprima un'indicazione ben evidente e di azzerarla poi, orientando l'antenna sul minimo. Più l'escursione iniziale dello strumento è ampia, e più facile è l'esecuzione del rilevamento. Non dubitiamo che avrete compreso le nostre spiegazioni e

sarete ora convinto che i *radiofari* sono, per molte circostanze, più efficienti dei fari luminosi.

Ci disturba però ancora il fatto che questo sistema non consenta di determinare in modo univoco la direzione del faro. Quali possono essere le differenze esistenti tra le due posizioni di minimo? Evidentemente, l'unica differenza, data la simmetria del dispositivo, è costituita dall'*inversione dei collegamenti nei riguardi della direzione del trasmettitore*. Lo scambio dei collegamenti equivale sempre all'*inversione di fase, ossia a uno sfasamento di 180°*. Ora, i confronti di fase non si possono fare in altro modo, che ricevendo l'alta frequenza proveniente dal *trasmettitore* anche attraverso un'altra via Pensate in proposito a quanto è stato detto della *reazione* nella Dispensa N. 15.

Con questo artificio infatti la cosa è possibile. L'apparecchiatura modificata è rappresentata nella fig. 40. È stata aggiunta una semplice *antenna verticale*, che presenta sempre la stessa intensità di ricezione, per

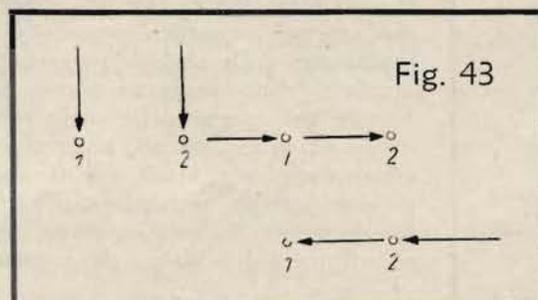
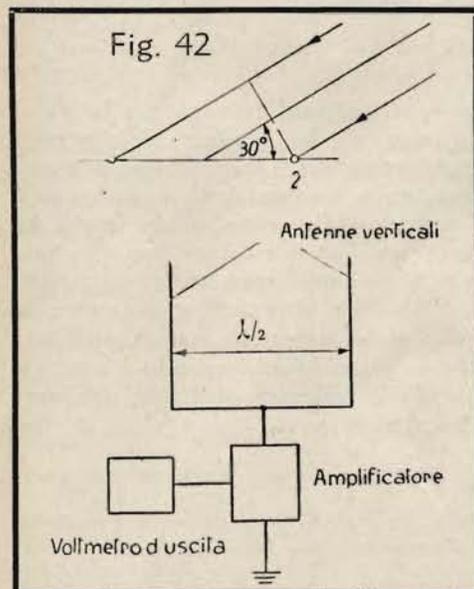


quanto venga fatta ruotare. Si dice perciò che l'*antenna verticale* ha una « *caratteristica circolare* ». Le due antenne si accoppiano induttivamente attraverso i circuiti di sintonia. Ruotando l'*antenna a telaio* di 180°, essa fornisce una *tensione sfasata di 180°* rispetto a quella dell'*antenna verticale*.

Per ottenere un funzionamento ineccepibile bisogna porre un'altra condizione. Sia l'*antenna verticale* come quella a *telaio* devono raccogliere, ciascuna per conto proprio, la *medesima energia*. La fig. 41 riporta un'altra volta le *caratteristiche* singole. I segni di *più* e di *meno*, nei due cerchi dell'*antenna a telaio*, esprimono lo *sfasamento di 180°* rispetto all'*antenna verticale*, che interviene durante la rotazione. La *combinazione delle due curve* costituisce la cosiddetta « *cardioide* », cioè una *curva a forma di cuore*. Come vedete, da un lato le due *caratteristiche* si sommano, dall'altro si sottraggono. Ora la *caratteristica del minimo* è divenuta *inequivocabile* e il *rilevamento non può essere sbagliato*. Il minimo è un po' meno marcato, ma intanto la *direzione indicata è una sola*. Se si vuole poter godere della maggior precisione dell'*antenna a telaio* da sola, basta fare in modo che l'*antenna verticale* possa essere esclusa. Si comincia allora a *determinare la direzione del radiofaro con approssimazione, ma in modo univoco, servendosi della combinazione delle due antenne*. Quindi si *effettua il rilevamento esatto con l'antenna a telaio da sola*.

### L'antenna direzionale

Prima di considerare gli altri *sistemi radiogoniometrici*, vogliamo descrivere come è costruita fondamentalmente un'altra semplice *antenna direzionale*. Abbiamo visto l'importanza che riveste la relazione di fase tra le tensioni in due diverse antenne riceventi, L'effetto essenziale può già essere rilevato con due semplici *antenne verticali*, collocate una accanto all'altra ad una certa distanza. Per semplificare maggiormente il problema ammettiamo che le due *antenne verticali* della fig. 42 siano situate esattamente alla distanza di una *mezza lunghezza d'onda* ( $\lambda/2$ ). Ricordiamo qui che nella Dispensa N. 11 abbiamo introdotto la lettera minuscola greca  $\lambda$  (lambda) per esprimere la *lunghezza d'onda*. Supponiamo inoltre che, dal centro del collegamento orizzontale tra le due antenne, si diparta la linea comune che porta all'*amplificatore* (fig. 42).



*maggior tempo per raggiungere l'antenna 1*. Si tratta naturalmente soltanto di un tempo brevissimo; esso tuttavia è sufficiente, affinché la *fase dell'oscillazione nell'antenna 1 risulti in ritardo* rispetto a quella

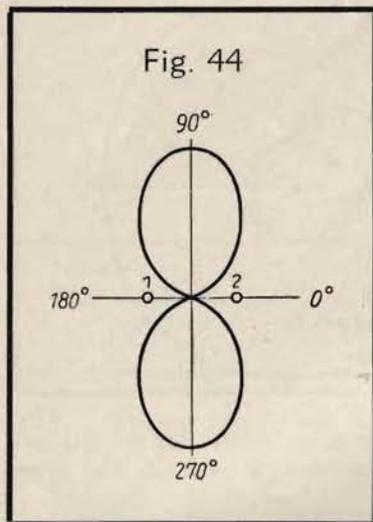
Supposto che le onde elettromagnetiche provengano da una *direzione inclinata di 30°* rispetto alla retta congiungente le due antenne, ne risulta che, per arrivare all'*antenna 1* l'onda deve percorrere un *cammino maggiore* che per colpire l'*antenna 2*. L'*onda impiega quindi*

dell'antenna 2. Naturalmente l'ampiezza dell'onda ricevuta può essere considerata identica per entrambe le antenne.

Esaminiamo l'effetto dello spostamento di fase nel caso delle direzioni principali.

Se le onde arrivano con angolo di  $90^\circ$  (fig. 43), il tempo di propagazione è uguale per l'una come per l'altra antenna e non si ottiene sfasamento.

Si ha unicamente il raddoppiamento della tensione ricevuta. I due casi seguenti sono opposti, ma essenzialmente identici. Una delle due antenne presenta un ritardo di fase, che equivale al tempo impiegato dall'onda per percorrere la distanza che separa le due antenne.



La definizione della lunghezza d'onda dice che essa corrisponde ad un'oscillazione sinusoidale completa. Una mezza lunghezza d'onda equivale quindi ad uno sfasamento di  $180^\circ$ . Non importa se sia l'antenna 1 o 2 che presenta il ritardo di fase; in entrambi i casi si ottiene una differenza di fase di  $180^\circ$ . Ciò significa che nelle direzioni  $0^\circ$  e  $180^\circ$  le tensioni ricevute si annullano e che il misuratore d'uscita non indica alcuna tensione.

Anche con questo dispositivo le indicazioni non sono univoche, perchè tanto per  $90^\circ$  come per  $270^\circ$  si ottiene la somma delle tensioni, mentre per  $0^\circ$  e per  $180^\circ$  si ottiene il minimo.

Per le direzioni intermedie, la tensione risultante nella combinazione delle antenne varia conformemente al grafico della fig. 44. Il minimo non è molto spiccato, ma in compenso il massimo è più esatto che nell'antenna a telaio.

Benchè la caratteristica non sia univoca, esiste un modo elegante per renderla tale. Da quanto spiegheremo in seguito, vedrete che ci si giova spesso di questo metodo.

### Il riflettore

Volendo rendere univoca la caratteristica di un'antenna, si impedisce la ricezione dalla direzione che disturba. Per questo scopo si sfrutta la favorevole proprietà delle lastre metalliche conduttrici di riflettere le onde elettromagnetiche. Dietro al riflettore le onde non sono quasi più rilevabili. Si tratta del medesimo effetto che permette di schermare i conduttori che portano l'alta frequenza. Ragionamenti teorici ed esperienze pratiche hanno dimostrato che si ottiene una caratteristica favorevole, quando la distanza tra il riflettore e la combinazione d'antenne è uguale all'incirca ad un quarto della lunghezza d'onda.

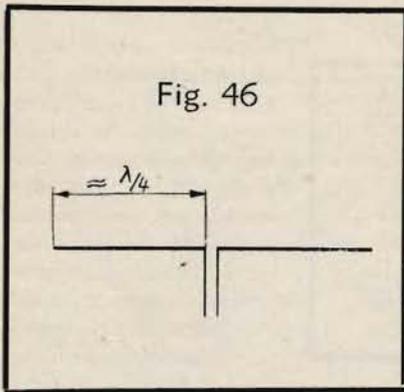


Il risultato ottenuto col riflettore è rappresentato nella fig. 45. La parte posteriore della caratteristica è eliminata, mentre la forma della curva si è modificata solo pochissimo.

In pratica non è molto conveniente usare una lamiera intera per costituire la parete riflettente. Fortunatamente, ciò non è nemmeno indispensabile; basta anche una rete metallica. Si può anzi usare come riflettore addirittura una seconda antenna doppia, identica a quella usata per il rilevamento e disposta dietro ad essa, alla distanza di un quarto di lunghezza d'onda. Il riflettore non richiede alcun collegamento con l'antenna ricevente, nè alcuna alimentazione;

basta la sua presenza per influenzare la caratteristica dell'antenna nel modo desiderato.

### L'antenna a dipolo



Nella Dispensa N.° 13, descrivendo le normali antenne riceventi per la radio, abbiamo osservato che, scegliendo adeguatamente la lunghezza dell'antenna la si rende selettiva per una determinata frequenza. Questa messa a punto dell'antenna è particolarmente semplice nella tecnica delle onde corte e soprattutto delle onde ultracorte. Per accordare l'antenna, le due metà del dipolo si fanno lunghe un quarto di lunghezza d'onda ciascuna, ossia  $l = \lambda/4$ . Mentre nel campo delle onde medie si usano nei trasmettitori esclusivamente antenne verticali, nella tecnica delle onde ultracorte si preferisce la disposizione orizzontale del dipolo. Nelle onde corte, che stanno tra l'uno e l'altro campo, si impiegano entrambe le disposizioni, secondo i casi. La fig. 46 mostra lo schema di un dipolo, che è collegato mediante una normale linea a due fili col trasmettitore od il ricevitore.

### La parete di dipoli con riflettore

Conviene considerare subito un esempio. La fig. 47 mostra la disposizione schematica della cosiddetta « antenna ad albero di Natale », un'antenna direzionale per le onde corte.

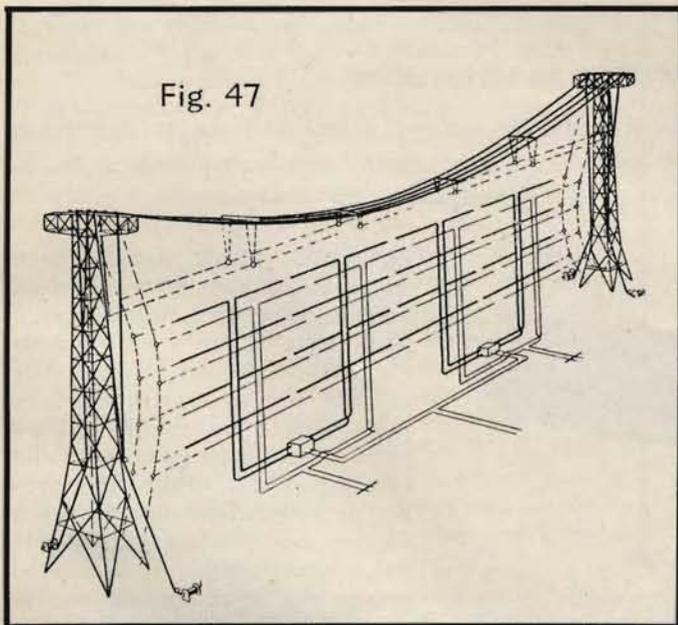


Fig. 47

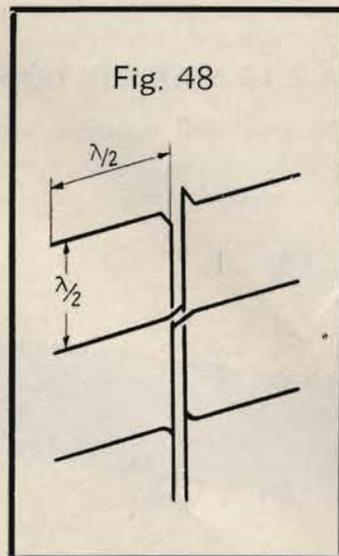


Fig. 48

Come vedete, i *dipoli* sono disposti *orizzontalmente*. Inoltre noterete che dietro all'*antenna* propriamente detta, è collocato un *altro sistema analogo*, che funge da *riflettore* per ottenere l'irradiazione in una direzione ben determinata.

Il tutto è sospeso per mezzo di funi tese tra due piloni.

Veniamo ora all'*antenna* stessa. Per migliorare le condizioni della trasmissione, i *dipoli* non sono costituiti da aste lunghe  $\lambda/4$ , ma

da *pezzi equivalenti ad una mezza lunghezza d'onda*.

Anche questa è una dimensione favorevole, poichè determina un *massimo* dell'energia irradiata o assorbita, per la lunghezza d'onda considerata.

Interessante è anche il modo come vengono riuniti i vari *dipoli*. Nello schizzo della fig. 47 si nota che, in ogni secondo *dipolo*, i due bracci orizzontali formano una linea unica, senza interruzione nel mezzo. Il dettaglio riportato nella fig. 48 illustra come sono eseguiti in realtà i collegamenti. Il braccio destro e quello sinistro sono allacciati alternativamente alle due linee d'alimentazione. Solo disponendo i collegamenti con questa giusta regola si ottiene l'effetto direzionale voluto.

Nel nostro esempio ci sono parecchi *dipoli*, uno accanto all'altro, in senso orizzontale e verticale. L'effetto in direzione orizzontale è indicato nella fig. 49.

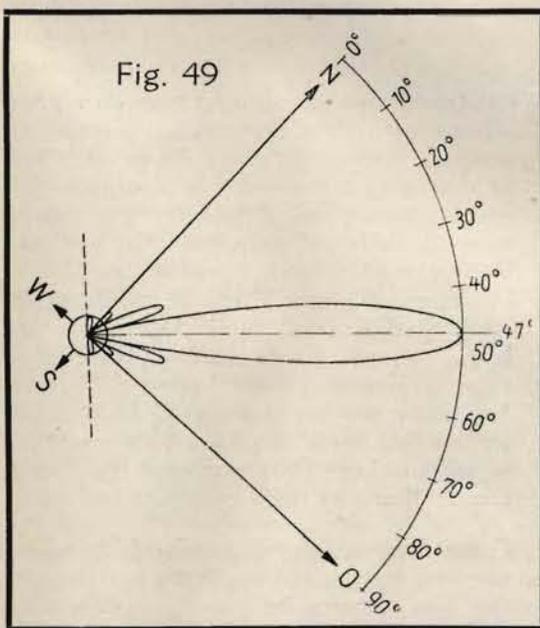


Fig. 49

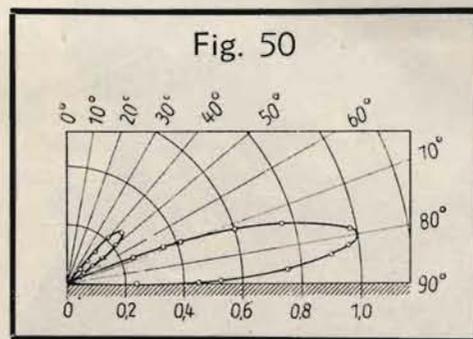


Fig. 50

no frontale, risulta percorso da un'intensa irradiazione. La fig. 50 mostra, analogamente l'effetto in *direzione verticale*. In ogni caso per la *direzione verticale* bisogna curare che l'*antenna* sia collocata sul suolo in modo tale, che la *caratteristica* abbia come *massimo* un *valore* sotto i  $10^\circ$ , a partire dal piano orizzontale. Ciò si può comprendere facilmente. Le onde irradiate, oppure raccolte, vanno dirette, oppure provengono dall'alto, con un certo angolo.

Concludendo, ripetiamo che *questi sistemi direzionali* sono particolarmente favorevoli per le onde corte o cortissime. Nella tecnica delle onde ultracorte, l'*antenna direzionale* è predominante. Incontreremo questi problemi d'*antenna* tanto nella *televisione* che nella *radio a onde ultracorte*. Ma l'applicazione principale di questi problemi è nel campo che oggi è universalmente noto col nome di « Radar ».

## Domande

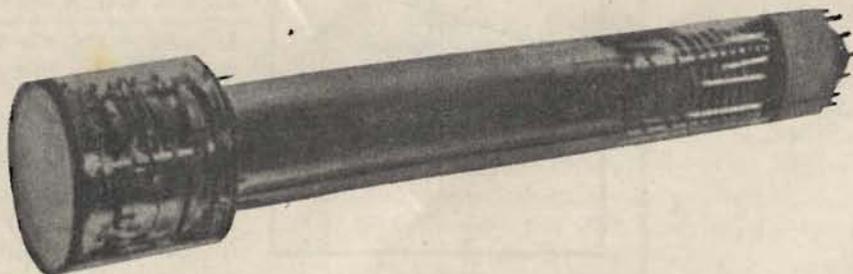
1. Che cos'è la radiogoniometria?
2. Come si rileva, mediante misurazione, la caratteristica direzionale di un'antenna?
3. Come si fa per rendere univoca la caratteristica di un'antenna a telaio?
4. In che modo si sopprime l'irradiazione nelle direzioni indesiderate, o la ricezione?

## TELEVISIONE

### LO STUDIO DI RIPRESA E LA STAZIONE TRASMITTENTE DI TELEVISIONE

L'evoluzione della radio ha seguito il cammino inverso di quello del cinema. Prima fu realizzata la trasmissione delle parole e della musica, poi la televisione. Il cinema invece cominciò come trasmissione muta. La adozione della *parte sonora* costituì un importante progresso ed un completamento indispensabile.

Fig. 51

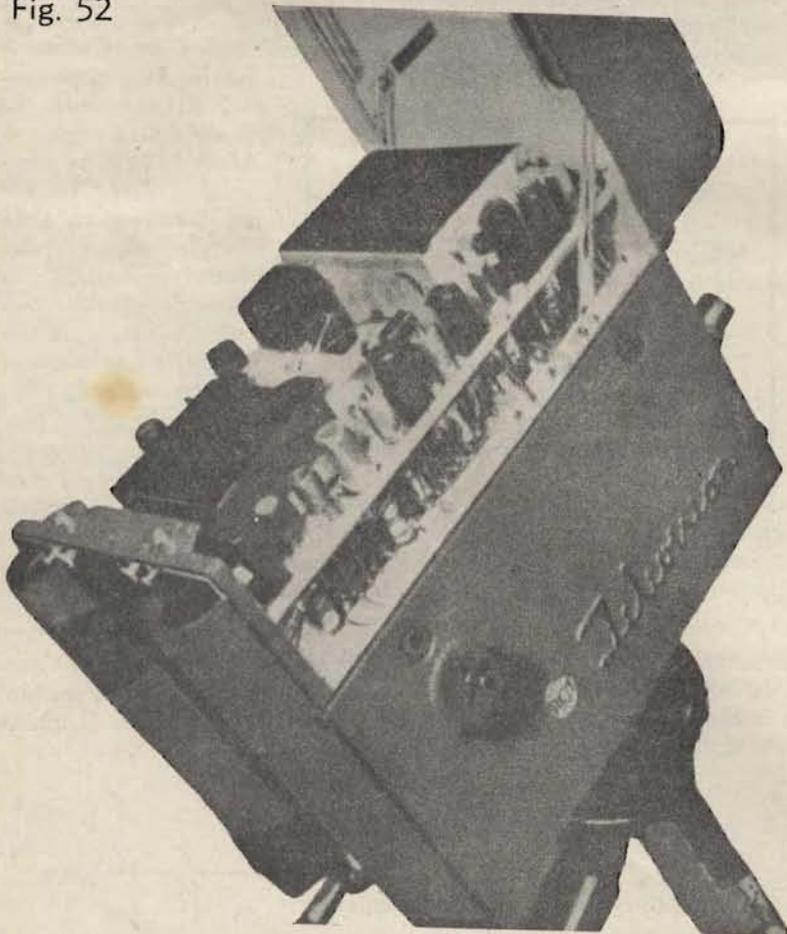


Lo studio per le radioaudizioni non aveva nessun esempio su cui basarsi e dovette svilupparsi completamente in un campo nuovo; l'attrezzamento delle più moderne sale per la ripresa sonora è basato infatti unicamente sui più recenti perfezionamenti dell'*elettroacustica*. Lo studio di ripresa per la *televisione* poté invece adottare molte soluzioni già usate dal cinematografo. È inutile ripetere che *ogni trasmissione te-*

*levisiva è sempre corredata dal relativo accompagnamento sonoro, sia parola o musica. È vero che nella televisione il sonoro passa un po' in secondo ordine, tuttavia si cerca sempre di ottenere una trasmissione buona anche dal punto di vista acustico.*

Da quanto avrete letto in merito agli studi cinematografici, saprete che occorre una *grossa macchina da ripresa* ed una *forte illuminazione*. Nello studio televisivo, invece della macchina da ripresa cinematografica col suo complesso sistema ottico e col dispositivo per l'avanzamento della pellicola sensibile, abbiamo la *camera di ripresa televisiva*, con il *tubo d'immagine*, preferibilmente un *Orthikon*,

Fig. 52



come quello visibile nella fig. 51. Vi abbiamo spiegato che la scena da trasmettere viene proiettata sullo schermo dell'*Orthikon* attraverso un sistema di lenti. Il *segnale d'immagine amplificato* serve poi per la modulazione della portante. La fig. 52 mostra l'*interno della camera televisiva*.

Come il cinematografo, anche la *televisione* viene sempre più applicata per trasmettere non soltanto delle scene riprese nello studio, tra le quinte, ma anche scene all'aria aperta, immagini della vita. Si tratti di una gara sportiva, di uno spettacolo teatrale, di una rivista militare o di un quadro della natura, la *televisione* deve sempre dare allo spettatore l'impressione di assistere direttamente alla scena trasmessa.

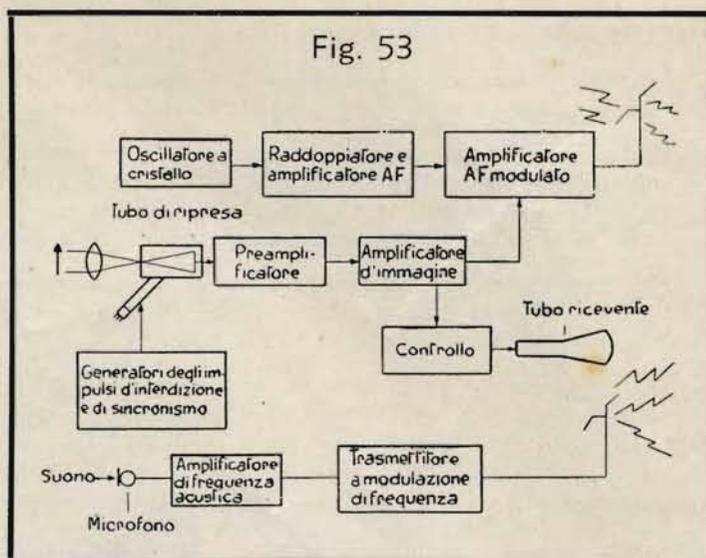
È quasi superfluo dire che è possibile trasmettere anche *pellicole cinematografiche*, cioè immagini registrate. Occorre però un *apposito dispositivo accessorio* che consenta di effettuare l'esplorazione con l'esatto procedimento.

Naturalmente anche in *televisione* bisogna sorvegliare la trasmissione, curando particolarmente l'*illuminazione dello sfondo e dei particolari* e l'*ottenimento dei giusti contrasti*. Come nelle *radioaudizioni* c'è il

*direttore del suono*, così nella *televisione* c'è il *direttore dell'immagine*. Di solito la scena viene ripresa con più macchine, e il direttore sceglie per la trasmissione quella che ritiene migliore.

Spiegheremo quindi lo schema funzionale (fig. 53) di una *moderna stazione trasmittente di televisione*.

All'uscita dal *tubo di ripresa* si ottiene il *segnale d'immagine*. Attraverso vari *stadi amplificatori* si ne aumenta l'ampiezza, fino al valore occorrente per la *modulazione*. Prima però si aggiungono al *segnale d'immagine* gli *impulsi di sincronismo*. La *frequenza portante* proviene da un *oscillatore a quarzo*. Uno *stadio raddoppiatore di frequenza* trasforma la frequenza stabilizzata del quarzo nell'*onda ultracorta* occorrente per la trasmissione. Quando lo *studio di ripresa* ed il *trasmettitore* sono vicini, l'inoltro del *segnale d'immagine* non procura difficoltà. Se invece sono lontani, bisogna *trasmettere il segnale attraverso un cavo*; in questo caso bisogna però usare una *frequenza vettrice modulata col segnale d'immagine*. La *trasmissione diretta del segnale d'immagine non è possibile*, data la sua grande larghezza di banda. L'attenuazione risulterebbe diversa secondo le frequenze e pertanto verrebbero soppresse tutte le finzze dell'*immagine*.



Dopo la *modulazione dell'onda portante*, si effettua la *parziale soppressione di una delle due bande laterali*. Poichè le due bande occupano complessivamente l'enorme estensione di 9 MHz, è conveniente di sopprimerne una, per risparmiare campo di frequenza ed energia di trasmissione. Per ultimo c'è un *amplificatore di trasmissione a più stadi*, che fornisce l'energia necessaria da addurre all'*antenna trasmittente*.

Oltre ad effettuare l'importante *controllo diretto dell'immagine*, si eseguisce spesso anche un *controllo senza fili*. Si raccoglie l'emissione con un'*antenna ricevente* e se ne verifica la qualità con un normale *ricevitore televisivo*.

La *parte sonora delle trasmissioni televisive* costituisce un argomento a sè. Nel *trasmettitore* tutto avviene separatamente; tutt'al più si utilizza *la stessa antenna*. Secondo le raccomandazioni del CCIR (Comitato Consultivo Internazionale per le Radiocomunicazioni), la *portante per il suono deve trovarsi 5,5 MHz sopra la portante dell'immagine*.

Così, per esempio, la progettata *stazione di televisione* per la città di Zurigo funzionerà con una frequenza per l'*immagine* di 62,25 MHz. Poichè l'ampiezza della banda di modulazione è di 4,5 MHz, la banda superiore, utilizzata per la trasmissione, sarà compresa tra 62,25 e 66,75 MHz, mentre la portante del suono sarà a 67,75 MHz.

Nel campo delle *onde ultracorte* non si impiega più, per il *suono*, il sistema, a noi noto da tempo, della *modulazione d'ampiezza*. In questo campo si è fatta un'ottima esperienza con la cosiddetta « *modulazione di frequenza* », la quale richiede però una *banda di frequenza notevolmente più larga*. D'altro canto l'ampiezza della banda occorrente per la *trasmissione del suono*, pur misurando dai 100 ai 150 kHz, è sempre piuttosto esigua nei confronti della *banda per l'immagine*, larga 4 MHz.

Per quanto riguarda la *ripresa del suono*, lo *stadio modulatore* e l'*amplificazione* non c'è nulla da aggiungere. In merito alla *modulazione di frequenza* daremo in seguito maggiori spiegazioni.

## Domande

1. Qual è la banda laterale utilizzata nella televisione?
2. Qual è la distanza raccomandata tra la frequenza portante dell'immagine e quella del suono?
3. Come si chiama il sistema di modulazione usato per il suono?

## Risposte alle domande di pag. 21

1. Il comando del raggio esplorante nel tubo di ripresa e in quello di riproduzione avviene per mezzo di tensioni a dente di sega, applicate alle placche di deviazione, oppure mediante correnti a dente di sega inviate nelle bobine di deviazione.
2. La trasmissione simultanea del segnale d'immagine e degli impulsi di sincronismo sopra un'unica onda portante è possibile, perchè il segnale d'immagine utilizza il tempo della deviazione uniforme del raggio, mentre i segnali di sincronismo sono emessi nel breve tempo di ritorno del raggio.
3. Per sopprimere lo scintillio, senza aumentare l'ampiezza della banda di frequenza, è stato introdotto il sistema delle linee alterne. Si esplorano dapprima tutte le linee dispari, poi tutte le pari. L'occhio ha così l'impressione di un numero doppio di immagini al secondo, e lo sfarfallamento appare notevolmente ridotto.
4. La separazione dei segnali di sincronismo, per la deviazione orizzontale e verticale, si effettua, introducendo un filtro passa-alto (orizzontale) ed un passa-basso (verticale).
5. Come oscillatori a rilassamento, nei ricevitori televisivi, si impiegano preferibilmente il multivibratore e l'oscillatore a interdizione.
6. La reazione nell'oscillatore a interdizione avviene attraverso ad un trasformatore, che trasporta le variazioni della tensione anodica alla griglia.
7. Per evitare l'esplorazione e la riproduzione dell'immagine durante il ritorno del raggio, esso viene soppresso mediante applicazione di una tensione negativa d'interdizione al cilindro di Wehnelt o di comando.

### Risposte alle domande di pag. 25

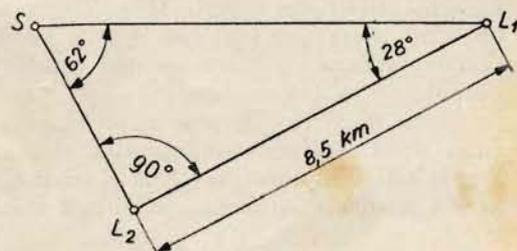
1. La radiogoniometria è la tecnica che consente il rilevamento della direzione e della posizione di mezzi naviganti (navi o aerei), con l'aiuto delle onde elettromagnetiche.
2. Per rilevare la caratteristica direzionale di un'antenna ricevente, si dirige su di essa l'onda emessa da una antenna trasmittente collocata alla distanza di alcune lunghezze d'onda. L'antenna ricevente viene posta su un supporto girevole, munito di graduazione in gradi angolari. All'uscita dell'antenna si applica un voltmetro a valvole, e si misura la tensione ricevuta secondo l'angolo di rotazione.
3. Per rendere univoca la caratteristica direzionale di un'antenna a telaio, si sovrappone induttivamente la tensione raccolta dal telaio con quella di una normale antenna verticale. La caratteristica corrisponde allora alla fig. 41.
4. Per sopprimere l'irradiazione in una certa direzione, oppure la ricezione da una certa direzione, si pone dietro all'antenna un riflettore. A questo scopo è indifferente che si impieghi una parete riflettente continua oppure dei singoli *dipoli riflettenti*.

### Risposte alle domande di pag. 27

1. Nella televisione si utilizza la banda di modulazione superiore.
2. La portante per il suono dovrebbe trovarsi 5,5 MHz sopra la portante dell'immagine.
3. La portante del suono è generalmente modulata di frequenza.

### COMPITI

1. Qual è la frequenza del segnale d'immagine, nel caso di un'immagine costituita da una successione di punti neri e bianchi separati da un punto grigio, supposto di usare la norma americana di  $525 \times 525$  punti e 30 immagini al secondo?
2. Spiegate in base a quali ragionamenti si pervenga a stabilire le frequenze portanti nella televisione.
3. Grazie a quale fenomeno è possibile effettuare l'esplorazione elettronica delle immagini?
4. La tensione delle placche di deviazione di un tubo a raggi catodici può essere sostituita da un campo magnetico generato da bobine. Per quale ragione non è possibile sostituire, in modo analogo, anche la tensione anodica?
5. Quali sono i progressi che hanno contribuito a conferire all'Image-Orthikon una sensibilità essenzialmente superiore a quella dell'iconoscopio?
6. Qual è l'amplificazione di un moltiplicatore a elettroni secondari, supposto che in 6 stadi di rimbalzo si ottengano 2 elettroni secondari per ogni elettrone incidente?
7. Come si fa a verificare la frequenza del generatore grossolano nell'ondametro a interferenza WIP della Rhode e Schwarz, impiegando la frequenza di 4,2 MHz nel generatore di misura fine? La frequenza del generatore grossolano sia inferiore ai 12 MHz.
8. Quante linee vanno perse per l'esplorazione secondo la norma europea, se il ritorno verticale richiede l'8 % dell'intero periodo dell'oscillazione a rilassamento?
9. In che modo devono agire i vari elementi del multivibratore, per ottenere il breve impulso di scarica del condensatore?
10. Come mai è abbastanza facile ottenere il sincronismo nell'oscillatore a interdizione e nel multivibratore?
11. Che cos'è la caratteristica direzionale di un'antenna ricevente?
12. Come si fa ad ottenere una caratteristica direzionale univoca, realizzando nel contempo un raggio sufficientemente concentrato?
13. Che avviene del segnale d'immagine ottenuto all'uscita dell'apparecchio di ripresa, prima che esso venga irradiato dall'antenna?
14. Posto che nella fig. 37 valgano i valori indicati nello schizzo a fianco, calcolate le distanze  $SL_1$  e  $SL_2$ .





**TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI**

---

**OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO N. 9  
V A R E S E**

---

DISPENSA N° 23

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

## INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 23

<b>Riassunto della materia trattata nella Dispensa precedente</b>	pag. 1
<b>Elettrotecnica generale</b>	» 1
Particolarità delle onde ultracorte	» 1
Domande	» 4
<b>Telefonia</b>	» 4
La formazione di gruppi di reti telefoniche ed il loro traffico	» 4
La distribuzione delle centrali	» 4
L'equipaggiamento delle centrali	» 5
La teleselezione	» 5
Il contatore di tempo e di zona	» 6
Il gruppo di reti telefoniche sistema Hasler	» 6
Domande	» 7
<b>Radar</b>	» 7
La misura dell'eco	» 7
Misura di tempi brevissimi col tubo di Braun	» 8
Misura di distanze con le onde elettromagnetiche	» 9
Radar	» 10
Domande	» 11
<b>Radiotecnica</b>	» 11
La radiodiffusione a onde ultracorte	» 11
La modulazione d'ampiezza nella radio	» 11
La modulazione di frequenza	» 12
Lo schema del modulatore	» 13
Domande	» 14
Risposte	» 15
<b>Televisione</b>	» 15
Gli amplificatori di televisione	» 15
Il preamplificatore d'AF	» 15
Il generatore di oscillazioni	» 16
Lo stadio convertitore di frequenza	» 16
L'amplificatore di MF dell'immagine	» 17
Domande	» 20
Risposte	» 20
<b>Radiotecnica</b>	» 20
La demodulazione delle oscillazioni modulate in frequenza	» 20
Il discriminatore	» 21
Il demodulatore di quoziente (Radio-detector)	» 22
Il detector di fase	» 23
Domande	» 24
Risposte	» 25
<b>Radar</b>	» 25
La produzione delle onde centimetriche	» 25
Il magnetron	» 25
La modulazione ad impulsi	» 26
Domande	» 27
Risposte	» 27
<b>Compiti</b>	» 28

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 23

## RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Se ripensate alla Dispensa N. 22, il vostro pensiero va subito alla *televisione*. Vogliamo riassumere qui i principali aspetti di questo ramo specialissimo della tecnica. Nel primo Capitolo sono state illustrate le esigenze della tecnica televisiva, per quanto riguarda il numero di punti per immagine ed il numero di immagini per secondo; a questo scopo abbiamo fatto dei raffronti con la *telegrafia d'immagini* e col *cinematografo*. Rammentiamo la *norma europea* che stabilisce 625 linee e 25 immagini intiere al secondo. Per descrivere i sistemi meccanici di scomposizione dell'immagine bastava una breve rassegna storica, poichè oggi non entrano in considerazione che gli strumenti elettronici. Lo *spostamento degli elettroni* avviene per effetto di *campi elettrici* o *magnetici* e, a differenza dei diaframmi e degli specchi mossi meccanicamente, praticamente senza alcuna inerzia. Applicando il principio elettronico nel *tubo dissettore*, si sposta l'immagine, trasformata in *fascio di raggi catodici*, sopra un *diaframma*; in tal modo essa viene *scomposta in punti*. L'inconveniente dell'insufficiente sensibilità del *tubo dissettore* venne superato dapprima nell'*iconoscopio*. La parte principale e caratteristica di questo tubo è il *catodo fotoelettrico a mosaico*.

Il successivo Capitolo, che trattava dell'*effetto dei campi magnetici* sui raggi elettronici, era di particolare importanza. Ricordiamo che esistono queste due principali applicazioni:

- 1) *deflessione del raggio* per l'esplorazione dell'immagine nel tubo di ripresa, o la sua proiezione nel tubo di produzione;
- 2) utilizzazione del campo magnetico come *lente convergente*, per la concentrazione dei raggi.

Vi abbiamo poi mostrato in che modo nell'*Orthikon* si faccia uso del campo magnetico per guidare il raggio.

Soltanto grazie a questo artificio si riesce a realizzare l'esplorazione mediante *elettroni lenti*, evitando così la formazione di *elettroni secondari* e ottenendo una sensibilità molto maggiore di quella dell'*iconoscopio*. Il tubo americano *Image-Orthikon* raggiunge una sensibilità pressochè uguale a quella dell'occhio umano, grazie al *catodo fotoelettrico continuo* ed alla *lastra dielettrica per l'immagine intermedia*. Il *moltiplicatore a elettroni secondari*, generalmente incorporato nello stesso tubo di ripresa, costituisce il primo *stadio amplificatore* per il *segnale d'immagine*.

Nel Capitolo sugli *ondametri a risonanza* e *ad interferenza* avete conosciuto due metodi importanti per la misura delle alte frequenze.

Il Capitolo successivo trattava nuovamente della *televisione*. La formazione del *segnale d'immagine* e il modo in cui esso viene ritrasformato nell'immagine sono importantissimi, agli effetti di una buona riproduzione. Senza dubbio avete compreso la ragion d'essere dei *segnali di sincronismo*. Vi è stato poi mostrato come, grazie al *sistema a linee alterne*, sia possibile ottenere un'immagine pressochè priva di scintillio, senza aumentare il numero di punti o di immagini al secondo. Dopo aver trattato della *separazione dei segnali di sincronismo di linea* da *quelli d'immagine*, abbiamo descritto gli schemi di principio dei *generatori d'oscillazioni a rilassamento*. La proprietà essenziale dell'*oscillatore a interdizione* e del *multivibratore* è la facilità con la quale essi possono essere sincronizzati. Poichè anche nei ricevitori si fa spesso uso della deflessione magnetica del raggio, è stata esaminata la possibilità di ottenere una *corrente a dente di sega* in una *bobina magnetica*.

L'ultimo Capitolo era di introduzione ai principi del *radar*. Le *antenne direzionali* consentono di effettuare i *rilevamenti radiogoniometrici*. Soprattutto per le *onde corte* ed ultracorte si possono costruire dei buoni sistemi direzionali, utilizzando dei *dipoli con riflettori*. I grafici, rappresentanti la *caratteristica direzionale* ottenibile con queste antenne, confermano la possibilità pratica d'impiego.

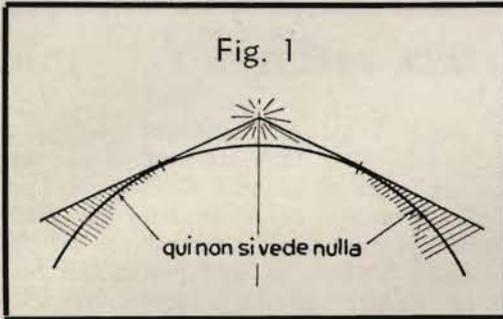
## ELETTROTECNICA GENERALE

### PARTICOLARITÀ DELLE ONDE ULTRACORTE

Nel passaggio dalle *onde medie* a *quelle corte* si manifestano delle *differenze di comportamento*, che diventano ancor più evidenti quando si procede al campo delle *onde ultracorte*. In primo luogo si osserva che *la propagazione segue delle leggi differenti*. Più le onde diventano corte, e più le loro proprietà si avvicinano a quelle della *luce*. Tutti sappiamo che la luce si propaga in linea retta. Se tra la sorgente e l'osservatore c'è un oggetto, nessun raggio diretto può colpire l'occhio dell'osservatore.

È invece possibile *riflettere* o *rifrangere* la luce; questi fenomeni sono determinati soprattutto dalle proprietà del corpo impiegato, per esempio dalla levigatezza della superficie che riflette la luce.

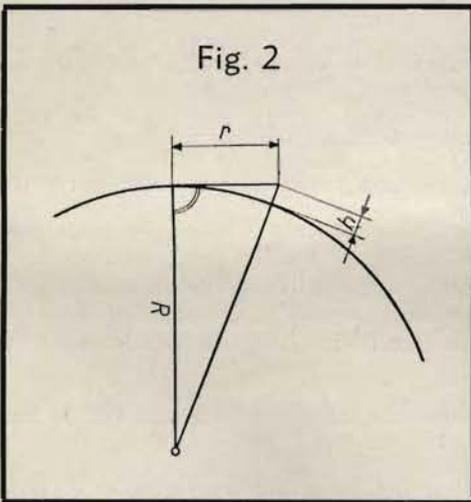
Le onde elettromagnetiche ultracorte si comportano in modo sempre più simile a quello della luce, quanto più alta è la loro frequenza. Per esempio, affinché un'antenna ricevente per onde ultracorte possa captare le trasmissioni di una stazione emittente, bisogna che da essa l'antenna trasmittente sia visibile, almeno col canocchiale. Se questa condizione non è rispettata, anche la massima energia di trasmissione non serve a nulla, a meno che non ci sia una via indiretta.



Poichè la Terra ha la forma di una sfera, la distanza, fino alla quale se ne vede la superficie da un punto più o meno alto, è limitata. Come risulta dalla fig. 1, da un punto elevato sopra la superficie terrestre si può vedere solo fino alla distanza, alla quale i raggi incontrano tangenzialmente la superficie della Terra. Salendo sopra una montagna l'orizzonte si allarga molto; d'altra parte le montagne alte, le torri o gli alberi delle navi sono visibili anche a grande distanza.

Le onde normali della radio, soprattutto le lunghe e le medie, seguono invece la curvatura della Terra, propagandosi lungo il terreno, oppure vengono riflesse dal cosiddetto « strato di Heaviside » o ionosfera, uno strato d'aria situato tra i 100 e i 250 km d'altezza, tornando così alla superficie terrestre. Questa riflessione avviene soprattutto per le onde medie e per quelle corte. Per le trasmissioni nella gamma delle onde ultracorte non resta essenzialmente altra possibilità che quella della propagazione rettilinea. Infatti le onde che seguono il terreno sono assorbite o disperse molto rapidamente dagli ostacoli giacenti sulla superficie terrestre (case, alberi, monti), mentre la riflessione della ionosfera diminuisce aumentando la frequenza.

Per questa ragione le stazioni trasmettenti di televisione vengono sempre collocate nei punti più elevati. A New York, per esempio, l'antenna della stazione di televisione è situata in cima all'« Empire State Building », l'edificio più alto del mondo; a Parigi, in cima alla Torre Eiffel.



Per collocare le antenne trasmettenti di televisione, si scelgono dunque le sommità più alte, siano di edifici o di monti. In Italia, come in Svizzera, non mancano montagne dalle quali si possano irradiare vaste regioni; tutt'al più può presentarsi l'inconveniente che le onde non possano penetrare nel fondo di qualche vallata.

Trascurando le ineguaglianze della superficie terrestre e supponendo che la Terra sia una sfera liscia, è possibile calcolare matematicamente la portata di un'antenna trasmittente in linea retta. Il risultato di questi calcoli vale quindi soltanto in pianura oppure sopra il mare.

Supponiamo dapprima di innalzare un'antenna direttamente sul suolo. L'altezza dell'antenna sia  $h$ . Nella fig. 2 otteniamo un triangolo rettangolo, al quale si applica il teorema di Pitagora (vedasi Dispensa N. 13). L'ipotenusa del triangolo rettangolo è costituita dalla somma

del raggio terrestre  $R$  e dall'altezza  $h$  dell'antenna. I due cateti sono la portata  $r$  ed il raggio terrestre  $R$ . Il valore medio di quest'ultimo è di 6366,5 km. Al suo confronto, l'altezza  $h$  è sempre molto piccola, il che risulterà nel calcolo. Secondo il teorema di Pitagora si ha:

$$(R + h)^2 = R^2 + r^2, \text{ ossia: } R^2 + 2Rh + h^2 = R^2 + r^2$$

Sottraendo da entrambi i membri  $R^2$ :

$$r^2 = 2Rh + h^2, \text{ ossia: } r = \sqrt{2Rh + h^2}$$

Prima di adattare la formula nel modo più pratico, calcoliamo un esempio facile. Calcoliamo la portata per un'altezza di 50 metri. Per ottenere il risultato in chilometri, bisogna inserire naturalmente i valori di  $R$  e di  $h$  in km.

$$r = \sqrt{2 \cdot 6366,5 \cdot 0,05 + 0,05^2} = \sqrt{6366,5 \cdot 0,1 + 0,0025} = \sqrt{636,65 + 0,0025}$$

Ora fermiamoci un momento e diamo un'occhiata alla Tabella delle Radici nella Dispensa N. 5. La differenza tra  $\sqrt{630}$  e  $\sqrt{640}$  non è grande e quindi possiamo tralasciare il valore  $\sqrt{0,0025}$  senza fare un errore sensibile. Otteniamo perciò  $r = \sqrt{636,65} = 25,22$  km.

Il raggio terrestre è noto e può essere ritenuto costante (trascuriamo il cosiddetto « appiattimento ai poli », avendo adottato il valore medio. La formula può essere perciò semplificata.

Se misuriamo  $h$  in metri e vogliamo ottenere  $r$  in km, dobbiamo aggiungere il fattore  $10^{-3}$ . Allora otteniamo:

$$r = \sqrt{2 \cdot 6366,5 \cdot h \cdot 10^{-3}} = \sqrt{12,733 \cdot h}$$

$$r = 3,57 \cdot \sqrt{h}$$

Formula (69)

In questa formula otteniamo  $r$  in *km* mettendo  $h$  in *metri*. Nell'esempio precedentemente considerato si ottiene ora semplicemente:

$$r = 3,57 \cdot \sqrt{50} = 3,57 \cdot 7,071 = 25,22 \text{ km}.$$

Interessa inoltre anche il caso, importante in pratica, che sia l'*antenna trasmittente*, come quella ricevente, si trovino ad un'altezza determinata sopra il suolo. Come risulta dalla fig. 3, la massima distanza possibile tra le due antenne è quella per cui il raggio che le collega è tangente alla superficie terrestre. Dallo schizzo si deduce facilmente che la portata è  $r+r'=3,57\sqrt{h}+3,57\sqrt{h'}$  e la si ottiene perciò addizionando le due portate singole. Se quindi la nostra antenna ricevente avesse l'altezza di 9 metri, la portata complessiva diverrebbe

$$r + r' = 25,22 + 3,57 \sqrt{9} = 25,22 + 3,57 \cdot 3 = 25,22 + 10,71 = 35,93 \text{ km}.$$

Queste considerazioni sono assai utili per scegliere il luogo più opportuno ove collocare le antenne per onde ultracorte. D'altra parte le relazioni rappresentate da queste formule non hanno una validità assoluta; per le lunghezze d'onda comprese tra qualche metro e circa 10 metri, la portata delle trasmissioni supera sovente il limite della visibilità; ciò è da attribuire a fenomeni di diffrazione causata dalle creste montane. In certe giornate, in cui sussistono condizioni particolarmente favorevoli per la propagazione, è possibile la ricezione di stazioni distanti fino a 500 km. Questo fenomeno non può essere più spiegato con la diffrazione delle onde per effetto delle montagne, ma dipende dalla rifrazione delle onde negli strati d'aria tra i mille ed i 10 000 metri d'altezza, i quali costituiscono la cosiddetta « troposfera » e sono fortemente influenzati dalle condizioni meteorologiche. Poichè però queste condizioni favorevoli sono eccezionali, non possono esser messe a fondamento di calcoli di valore generale.

Bisogna menzionare anche un'altra particolarità delle onde ultracorte. Mentre quelle più lunghe tra le onde ultracorte attraversano la nebbia e la pioggia, quelle più corte subiscono delle riflessioni. È pertanto possibile determinare la posizione delle nubi da grandine e dei rovesci d'acqua mediante le onde ultracorte. Le onde ultracorte vengono riflesse inoltre dalle montagne e, in genere, da tutti gli oggetti di grandi dimensioni, cosicchè a volte possono penetrare nei luoghi più impensati.

Finora abbiamo parlato delle questioni riguardanti la propagazione. È chiaro però che anche i tubi elettronici e gli amplificatori, destinati all'impiego con le onde ultracorte, dovranno presentare delle notevoli differenze di costruzione, rispetto a quelli per le onde medie. Accenneremo solo brevemente a questi problemi. Parlando delle valvole abbiamo già fatto notare che le capacità tra gli elettrodi producono dei disturbi. È ovvio che con le onde ultracorte, le quali posseggono una frequenza altissima, queste capacità si facciano sentire molto maggiormente. È perciò di importanza fondamentale, nella tecnica delle onde ultracorte, di ridurre il più possibile tutte le capacità parassite, sia nelle valvole che nei collegamenti. Cercando la soluzione di questo problema, penserete dapprima senz'altro ad aumentare tutte le distanze tra i vari elettrodi della valvola. Prima di aderire a questa proposta, dobbiamo però esaminare un'altra questione.

Gli elettroni volano con una velocità enorme dal catodo all'anodo. Negli amplificatori per la gamma delle onde medie, il tempo occorrente agli elettroni per andare dal catodo all'anodo è piccolissimo, in confronto al periodo delle oscillazioni; pertanto si può ritenere che il comando della corrente anodica avvenga senza alcuna inerzia. Nel campo delle onde ultracorte, invece, il tempo impiegato dagli elettroni diventa di grandezza paragonabile alla durata del periodo di oscillazione; la conseguenza di questo fatto è che diviene sempre più difficile effettuare l'amplificazione.

Un semplice esempio chiarirà meglio le cose. In un diodo la distanza tra il catodo e l'anodo sia di cm 0,5; la velocità media degli elettroni sia di 5 000 km/sec =  $5 \cdot 10^8$  cm/sec.

Vogliamo calcolare a quale frazione del periodo corrisponda il tempo di spostamento degli elettroni a 1 MHz e a 500 MHz (60 cm).

$$\text{Tempo di spostamento degli elettroni: } \frac{0,5}{5 \cdot 10^8} = 10^{-9} \text{ sec}$$

Durata del periodo a 1 MHz:  $10^{-6}$  sec.

$$\text{a 500 MHz: } 2 \cdot 10^{-9} \text{ sec}$$

Mentre alla frequenza di 1 MHz passa soltanto  $\frac{10^{-9}}{10^{-6}} = 10^{-3} = \frac{1}{1000}$  di periodo, durante il tempo di sposta-

mento degli elettroni, a 500 MHz passa invece  $\frac{10^{-9}}{2 \cdot 10^{-9}} = \frac{1}{2}$ , quindi mezzo periodo! Le relazioni di fase non sono allora più giuste e l'amplificazione viene abolita.

Questo breve calcolo deve servire unicamente a farvi comprendere la necessità di costruire valvole di piccole dimensioni. Non è la mania dei « record », ma unicamente l'assoluta necessità che ha indotto a costruire dei sistemi elettrodici che sono veri gioielli di precisione. Solo questi sistemi piccolissimi rispondono alla duplice esigenza di possedere piccole capacità e rendere possibili dei brevi tempi di spostamento degli elettroni. L'in-

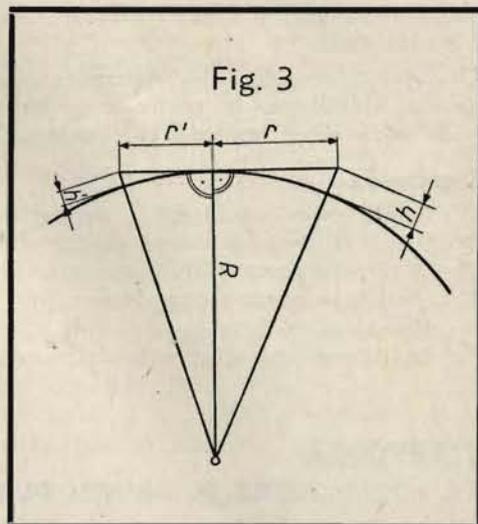


Fig. 3

conveniente che si presenta è quello dei *più elevati carichi specifici dei materiali*; ad esso si ovvia usando nuovi materiali, di qualità migliore.

I *collegamenti delle valvole* costituiscono delle *induttanze* che nel campo delle *onde ultracorte* si fanno notare. Anche questa ragione costringe a costruire apparecchiature compatte e di dimensioni minuscole, perchè altrimenti si ottengono delle *reattanze d'accoppiamento induttive* che crescono con la frequenza, guastando tutti i calcoli fatti.

Con questi accenni, che riguardano tanto la struttura dei tubi elettronici quanto il loro montaggio e collegamento, chiudiamo le nostre considerazioni. Abbiamo così richiamato la vostra attenzione sulle esigenze delle *onde ultracorte*, rendendovi comprensibili molte cose che, a tutta prima, parrebbero strane.

### Domande

- 1) In che cosa consistono le somiglianze nella propagazione della luce e delle onde ultracorte?
- 2) Quale circostanza limita principalmente la portata delle onde ultracorte?
- 3) Qual è la portata di un'antenna per onde ultracorte alta 120 metri?
- 4) Qual è la portata complessiva per il collegamento tra l'antenna della domanda 3 e un'antenna ricevente alta 15 metri?
- 5) Le dimensioni minuscole delle valvole per onde ultracorte sono dettate dalla mania di « record »?

## TELEFONIA

### LA FORMAZIONE DI GRUPPI DI RETI TELEFONICHE ED IL LORO TRAFFICO

La descrizione dei tre principali sistemi di *telefonia automatica*, introdotti in Svizzera, vi ha fornito una certa visione d'insieme sulla composizione delle *centrali locali*. Abbiamo chiarito il modo in cui, in linea di principio, si stabiliscono i collegamenti anche nelle centrali più grandi. Vi abbiamo però già detto che in Svizzera la maggior parte degli utenti del telefono può essere chiamata automaticamente da qualsiasi località di tutto il paese. In Italia lo sviluppo non è ancora pervenuto a questo punto, ma esistono già *unità regionali*, nei limiti delle quali la chiamata diretta e automatica è possibile anche da una rete locale all'altra. È ovvio che il collegamento diretto tra tutti gli utenti di un paese sarebbe senz'altro possibile, se essi fossero tutti allacciati ad un'unica, gigantesca centrale. Bisognerebbe allora che ciascun utente fosse collegato con un'apposita linea a due fili con la centrale, e tutte le comunicazioni passerebbero attraverso a questa. Applicando questo ragionamento, si giungerebbe però a conseguenze paradossali. Supponiamo che la centrale si trovasse a Roma. Nel caso che un utente di Milano volesse parlare con Torino, il collegamento dovrebbe passare per Roma! È ovvio che una siffatta conformazione della rete telefonica non sarebbe economica. Quindi l'unica soluzione logica è quella di costruire tante *singole centrali* che comprendano ciascuna una città o una piccola regione. La conseguenza della suddivisione della rete nazionale in tante *reti locali* è che, volendo realizzare la chiamata diretta e automatica da una rete all'altra, gli impulsi del disco combinatore devono poter comandare dei *selettori collocati in località differenti*.

### La distribuzione delle centrali

Come in tutte le cose, anche nella *telefonia automatica* bisogna seguire la giusta via di mezzo. Si costruiscono delle centrali locali di maggiore o minore estensione, secondo le necessità locali; queste centrali non sono però tutte parificate agli effetti della formazione di comunicazioni interurbane.

Per comprendere meglio cosa ciò significhi, conviene che consideriamo a titolo d'esempio, i numeri di chiamata usati in Svizzera per le comunicazioni interurbane.

L'inizio della *chiamata interurbana* (o *teleselezione*) ha luogo con la formazione della *cifra zero*. Con ciò rimane stabilito che l'utente *desidera parlare con un utente di un'altra rete*.

Segue la *cifra che contraddistingue la regione*. A questo scopo la Svizzera è stata suddivisa in 8 regioni, che si raggruppano essenzialmente attorno alle maggiori città. Queste regioni sono contraddistinte con le cifre da 2 a 9, che vengono dopo lo zero. Per esempio 2 è la regione di Losanna-Ginevra, 3 Berna, 5 Zurigo, ecc. Le regioni sono ulteriormente suddivise in *gruppi minori*, contraddistinti dalle cifre 1, 2, 3 . . . 9, 0, che seguono al terzo posto. Per esempio, per chiamare un utente della città di Winterthur, che appartiene alla regione di Zurigo, bisogna formare dapprima le tre cifre 052, dove il due contraddistingue il gruppo di Winterthur, al quale appartengono le reti urbane di Winterthur stessa, nonché altre. L'essenziale è che il collegamento arrivi fino al gruppo di centrali al quale appartiene l'utente da chiamare.

Le *centrali più importanti* sono quelle che costituiscono i *nodi di collegamento interurbano*: esse sono collegate tra loro e tutte le chiamate interurbane devono passare attraverso ad esse. Esse sono collocate nelle maggiori città, ove si svolge la maggior parte del traffico interurbano. Si possono anche chiamare « *centrali regionali* ».

Seguono, in ordine d'importanza, le *centrali terminali interurbane*, le quali circondano come satelliti le *centrali regionali*. Le *centrali terminali interurbane* e le *centrali regionali* sono, nello stesso tempo, *centrali principali* dei propri gruppi di reti. Seguono le *centrali intermedie*, che adempiono ad una funzione intermedia nell'ambito di un gruppo. Infine ci sono le *centrali terminali*, che sono allacciate direttamente, oppure attraverso alle *centrali intermedie*, alla *centrale principale del gruppo*. Le designazioni delle singole centrali possono variare alquanto, secondo il sistema di selezione automatica impiegato, ma ciò è di secondaria importanza.

## L'equipaggiamento delle centrali

Naturalmente le grosse centrali principali sono equipaggiate con tutti i selettori o cercatori occorrenti I SG, II SG, III SG, inoltre SL (o corrispondenti cercatori). Le centrali regionali posseggono inoltre l'equipaggiamento occorrente per il traffico interurbano in partenza, in arrivo ed in transito; quest'ultimo non esiste invece nelle centrali terminali.

Ora però non vogliamo descrivere l'equipaggiamento in sè, bensì esaminare ciò che può mancare nell'una o nell'altra centrale. Cominciamo perciò coi gruppi di reti e consideriamone l'esercizio interno. Prendiamone la più piccola unità, la centrale terminale, e supponiamo che essa sia collegata direttamente con la centrale capogruppo. Quando l'utente della centrale terminale solleva il ricevitore, esso occupa un registratore libero della centrale locale (qui supponiamo di avere il sistema Hasler). Contemporaneamente rimane però occupato anche un registratore nella centrale capogruppo. Come sappiamo, la prima cifra indica già se la comunicazione richiesta è interurbana o locale. In quest'ultimo caso il collegamento con la centrale capogruppo si interrompe, al più tardi dopo la formazione della terza cifra, mentre il numero è raccolto dal registratore locale. Trattandosi di una piccola rete rurale, essa non avrà naturalmente numeri di cinque cifre, per la qual cosa verranno soppresse due o eventualmente tre cifre.

Secondo la grandezza della centrale terminale basterà un solo cercatore di linea o, tutt'al più, ancora un cercatore di gruppo. Invece nell'ambito del gruppo occorrono, per la selezione di numeri a 5 cifre, I CG, II CG, III CG e CL. Come vedete, nella centrale terminale si possono fare delle economie. Se il numero degli utenti non supera il centinaio, basta un solo CL. Occorre però anche un I CG, il quale deve decidere, all'inizio della selezione, se si tratta di chiamata interurbana o di collegamento nell'interno del gruppo. Se l'estensione della centrale terminale è maggiore, occorre anche un II SG oltre al SL. Ciò basta, come sapete, per 1000 utenti.

Un altro caso semplice è quando si chiede un collegamento dal centralino terminale con la centrale capogruppo. La prima parte della selezione avviene come sopra. Il registratore della centrale capogruppo raccoglie l'intero numero di cinque cifre. Le prime cifre denotano che l'utente richiesto fa parte della rete della capogruppo: il registratore occupa pertanto gli occorrenti SG. Nel contempo, il registratore del centralino terminale si distacca, poichè devono intervenire nella selezione soltanto i cercatori della centrale capogruppo.

Il collegamento relativamente più complicato si ha quando si vuol parlare da un centralino terminale ad un altro centralino terminale. Anche in questo caso si occupano dapprima un registratore nel centralino terminale ed uno nella centrale capogruppo. Le prime cifre comandano ora i I CG nella centrale capogruppo, in modo da effettuare il collegamento col centralino terminale richiesto. Le due o tre cifre occorrenti per provocare il collegamento nel centralino terminale vengono raccolte anche dal registratore di quest'ultimo, oltrechè da quelli del centralino chiamante e della centrale capogruppo. Finalmente entrano in azione i cercatori del centralino terminale richiesto, individuano l'utente chiamato e, effettuata la prova di linea libera, stabiliscono il collegamento. Questo è dunque il caso in cui sono in funzione cercatori e registratori di diverse centrali.

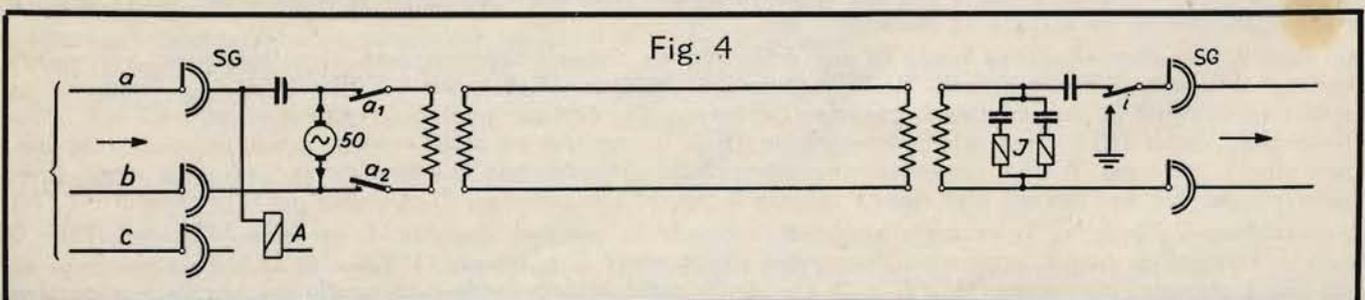
Naturalmente il funzionamento diviene ancora più complicato, qualora i centralini terminali siano allacciati attraverso centralini intermedi. Allora il collegamento attraversa tutte le tappe intermedie ed entrano in azione non meno di cinque registratori. Mentre per il traffico in partenza occorrono dei registratori completi per tutti gli ordini di cercatori, nel traffico in arrivo bastano dei registratori per un numero di cifre adeguato al numero degli utenti del centralino. Ecco qui un altro vantaggio del registratore.

Il sistema a selezione diretta è più semplice, perchè non richiede i registratori, ma bisogna però che tutti i selettori siano immediatamente liberi, per evitare di trovare la linea occupata.

Per consentire il collegamento reciproco tra centrali automatiche appartenenti a tutti e tre i sistemi impiegati in Svizzera, l'Amministrazione delle Poste, dei Telegrafi e dei Telefoni ha fissato delle Norme, che prescrivono l'adozione dei registratori o di organi analoghi per i collegamenti interurbani. Questo compito è assolto nel sistema a selezione diretta dai cosiddetti « ripetitori d'impulsi ».

## La Teleselezione

Nel traffico locale la selezione non comporta alcuna difficoltà, perchè i relè rispondono con sufficiente sicurezza alle interruzioni della corrente di riposo provocate dal disco combinatorio. La cosa è differente quando si devono superare grandi distanze, magari attraversando delle stazioni d'amplificazione. Per la selezione nelle comunicazioni interurbane si ricorre pertanto alla corrente alternata; in Svizzera è prescritta a questo scopo la frequenza di 50 Hz. Nella fig. 4 è dimostrato come avviene la trasformazione degli impulsi di corrente continua in impulsi di corrente alternata, nonché l'inoltro di questi. Le interruzioni di corrente continua, che pervengono attraverso al filo a ai selettori di gruppo, fanno funzionare il relè A. Un condensatore separa il



*circuito a corrente continua da quello a corrente alternata.* Ogni qualvolta il relè *A* rimane senza corrente a seguito delle interruzioni provocate dal *disco combinatore*, viene immesso nella linea, che alla estremità è allacciata attraverso dei trasformatori, un impulso di *corrente alternata* a 50 Hz, il quale provoca l'attrazione del relè *J* nella centrale opposta.

Anche questo relè è reso insensibile alla corrente continua per mezzo di *condensatori*, i quali nello stesso tempo servono ad accordarlo con la frequenza di 50 Hz. Il *contatto di riposo* *i* del relè *J* trasmette ai *selettori di gruppo del circuito d'entrata* le medesime interruzioni, che sono state inviate dal *disco combinatore* al relè *A*. Queste interruzioni agiscono di nuovo in *circuiti a corrente continua*. È quindi possibile trasmettere gli impulsi di selezione con *corrente alternata*, evitando di inviare *corrente continua* nella linea interurbana.

Nei casi in cui si trasmettono varie comunicazioni (da 12 a 48) attraverso due coppie di un cavo (ossia nella *telefonia a frequenze vettrici*), non è possibile usare *corrente alternata* a 50 Hz. In questi casi si impiega in Svizzera una frequenza di 3 000 Hz. La trasmissione degli impulsi avviene nell'identico modo, soltanto che il relè *J* viene eccitato attraverso un *amplificatore* con filtro accordato su 3 000 Hz.

## Il contatore di tempo e di zona

Qualsiasi comunicazione telefonica costituisce un servizio reso dall'amministrazione telefonica e, cometa, soggetto a tassazione. Per le conversazioni locali si applica una tariffa unitaria, indipendente dalla durata. Osservazioni protrattesi per anni hanno dimostrato che *la durata media delle conversazioni locali è di 2 minuti*; ciò ha consentito di fissare un prezzo relativamente esiguo. Le *comunicazioni interurbane* invece sono tassate in base alla loro *durata* ed alla *distanza* tra gli utenti collegati. È ovvio che, volendo realizzare la selezione automatica anche nelle comunicazioni interurbane, bisognava attuare un dispositivo che registrasse automaticamente la tassazione prescritta, non appena la comunicazione avesse luogo. Per non complicare eccessivamente la costruzione dei contatori, si fissò per le *comunicazioni interurbane* una *tariffa composta da unità fondamentali*. Queste tariffe valgono tutte per una *durata* della comunicazione di 3 minuti.

Il *contatore* assomiglia, come principio, ad un *selettore a passo a passo*, per esempio al *preselettore Siemens*. Esso è dotato inoltre di un *numeratore* simile a quelli universalmente noti dei *contachilometri* oppure dei *contatori di energia elettrica*. Nelle *comunicazioni locali*, per esempio, viene inviato al contatore un impulso che lo fa avanzare di un passo, registrando un'unità minima di tassazione. Nelle *comunicazioni interurbane*, viene inserito nel circuito il *contatore di tempo e di zona*. Esso emette ogni tre minuti una *serie di impulsi*, il cui numero dipende dalla *distanza tra le centrali collegate*. Supponiamo, per esempio, che una conversazione tra due località distanti 20 km abbia la durata di 5 minuti. La tariffa per tre minuti viene applicata *due volte*; il costo della telefonata è quindi il doppio dell'unità di tariffa. Il *contatore* riceve per *due volte tre impulsi* che, secondo il sistema, vengono emessi all'inizio oppure alla fine di un periodo di tre minuti.

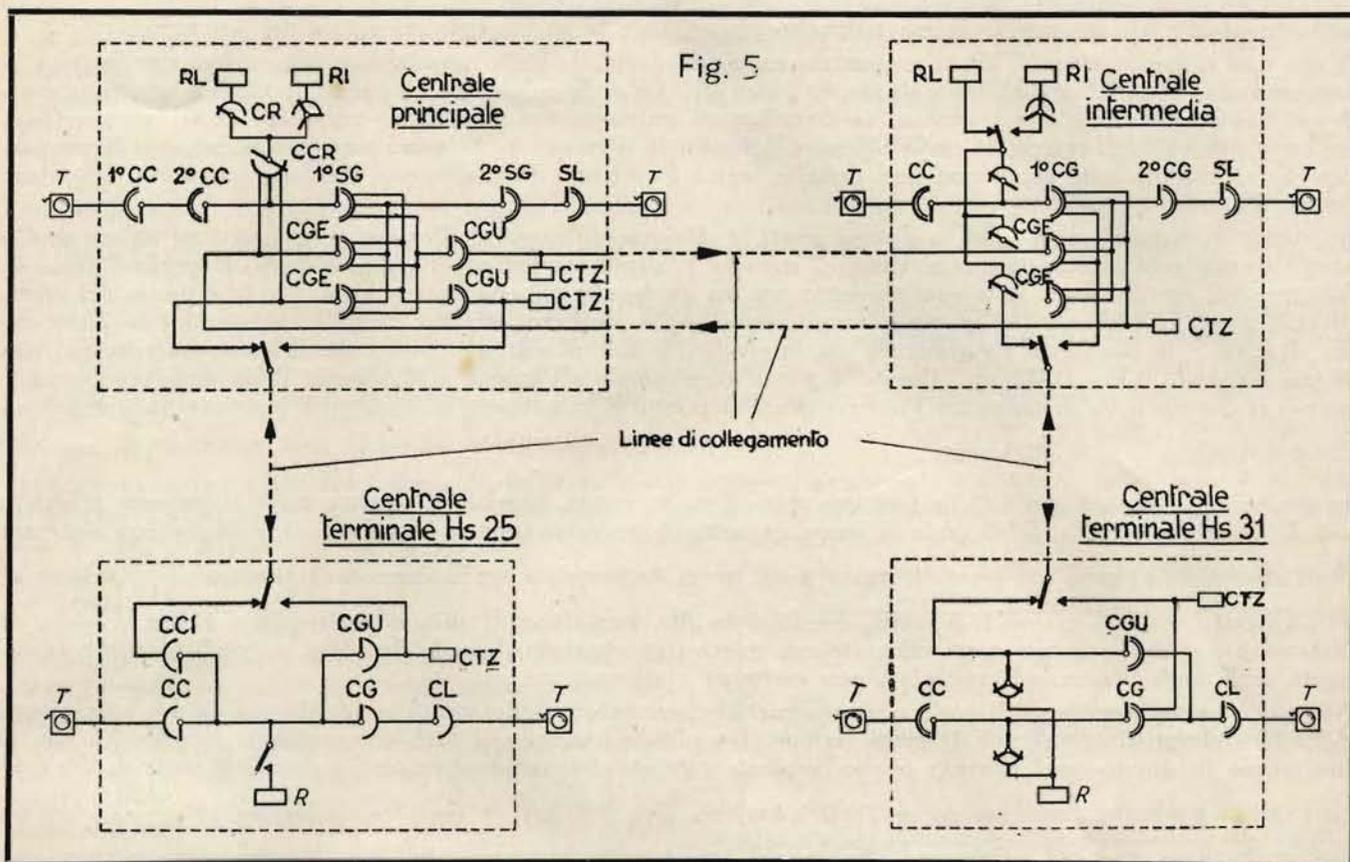
Un'altra specialità del sistema svizzero è la *tariffa ridotta nelle ore notturne*, dalle 18 di sera alle 8 di mattina, per le *comunicazioni interurbane*. Con ciò si vuole ottenere uno sfruttamento più uniforme delle linee. La doppia tariffa si effettua provocando una *commutazione dei contatori nelle ore notturne*, per la qual cosa essi emettono un numero minore di impulsi.

Come vedete, l'uso di uno *speciale trasmettitore d'impulsi*, costituente il *contatore di tempo e di zona*, consente di applicare senza difficoltà la tariffa per le *comunicazioni interurbane* usando il semplice *contatore di comunicazione* impiegato per il *traffico locale*.

## Il gruppo di reti telefoniche sistema Hasler

Come esempio di un *gruppo di reti telefoniche collegate* consideriamo il caso del *sistema Hasler*. Nella fig. 5 sono riportate una *centrale principale (capogruppo)*, una *centrale intermedia* e due *centraline terminali*. Trattandosi di uno schema semplificato, mancano tutti i dettagli; sono indicati unicamente i *cercatori*, i *registratori*, i *contatori di tempo e di zona* e gli *apparecchi d'utente*. Gli *organi di commutazione* sono disegnati, per semplificare con un solo polo, mentre in realtà, come sapete, i *cercatori Hasler* posseggono 4 banchi. Un altro segno speciale è costituito dalle *frecche direzionali*. Esse significano che le linee di collegamento nella direzione dalla *centrale principale* alla *centrale intermedia* sono separate da quelle per la direzione dalla *centrale intermedia* alla *centrale principale*. Invece le linee di collegamento con le *centraline terminali* vengono usate *nei due sensi*, ma subiscono una *commutazione*. Nella figura esse sono disegnate nella posizione corrispondente ad una comunicazione proveniente dalla *centralina terminale*. Qui non si tratta, naturalmente, della separazione tra le due direzioni d'inoltro della conversazione, come nelle linee a due e a quattro fili, ove tale separazione è resa necessaria dagli *amplificatori*. Si tratta unicamente del fatto che, quando la chiamata proviene dalla *centrale principale*, si effettua il collegamento sulla *linea superiore*, quando invece proviene dalla *centrale intermedia*, si utilizza la *linea inferiore*.

Nel caso di una *comunicazione locale* in una delle quattro centrali rappresentate, il collegamento avviene attraverso ai *cercatori* riportati sulla linea orizzontale che unisce i *due utenti T*. Per la selezione vengono inseriti i *registratori R*. Nelle *centrali principali e intermedie* esistono però dei *registratori separati* per le *comunicazioni locali (RL)* e per quelle *interurbane (RI)*. Il *registratore nella centrale principale* entra in funzione anche nel caso di una *comunicazione interurbana che attraversa la centrale principale*, pur senza che vi partecipi uno dei suoi utenti. Per questa ragione è previsto un *cercatore di chiamata* per il *registratore (CCR)*. Come abbiamo già detto, la *centrale principale* richiede la maggior quantità di *cercatori* differenti. Dato il maggior numero di utenti, occorrono *due ordini di cercatori di chiamata* (1° CC e 2° CC). La stessa cosa discasi per i *cercatori di gruppo* (1° CG e 2° CG) nella *centrale principale* e in *quella intermedia*. La *centrale*



principale contiene inoltre i cercatori di gruppo d'entrata (CGE) e d'uscita (CGU). Una comunicazione proveniente dalla centrale principale e diretta alla centralina terminale passa attraverso al CGU; invece la comunicazione proveniente dalla centralina terminale e diretta alla centrale principale passa attraverso al CGE, al 2° CG ed al CL per raggiungere l'utente T. Una comunicazione tra la centralina a sinistra in basso e la centrale intermedia entra nella centrale principale attraverso il CGE ed esce attraverso il CGU. È facile comprendere la funzione dei CGE contenuti anche nella centrale intermedia e in quella terminale sistema Hasler del 1931 (Hs 31). Invece la vecchia centralina terminale Hasler del 1925 (Hs 25) è costituita in maniera un po' differente. Essa possiede un CGU che entra in funzione non appena il CG ha trovato un registratore libero, e cerca una linea libera per il collegamento con la centrale principale. Il traffico uscente passa attraverso il CGU. Il traffico in arrivo, costituito dalle comunicazioni provenienti dalla centrale principale, viene smaltito dal cercatore di chiamata interurbana (CCI), che lo passa ai cercatori di gruppo e di linea, provocando contemporaneamente l'intervento del registratore.

In tutti i collegamenti tra due centrali differenti viene sempre inserito un contatore di tempo e di zona (CTZ), che emette gli impulsi necessari per il contatore delle conversazioni dell'utente chiamante.

Ci accontenteremo di questo esempio. Ripetiamo ancora che i cercatori di gruppo d'entrata e d'uscita (CGE e CGU) vengono impiegati nei collegamenti tra centrali diverse. Ogni CGE è assegnato ad una determinata linea proveniente da una centrale esterna. I CGU della centrale principale dirigono il traffico verso le centrali secondarie. Lo schema della fig. 5 ci ha mostrato molte novità, anche se in forma molto semplificata, cosicché siamo ora in grado di formarci un'idea abbastanza esatta di come funzionino un gruppo di reti telefoniche equipaggiate per la teleselezione automatica.

#### Domande

- 1) Perché la teleselezione automatica non si realizza facendo passare tutti i collegamenti attraverso un'unica, gigantesca centrale?
- 2) Con che cosa si inizia la teleselezione?
- 3) Di quali grandezze tengono conto i contatori di tempo e di zona?
- 4) Quali sono i cercatori che partecipano alla formazione del collegamento tra la centrale terminale e quella principale (fig. 5)?

## RADAR

### LA MISURA DELL'ECO

Avete certamente già notato molte volte il modo di prodursi dell'eco. Questo fenomeno si manifesta con particolare intensità davanti ad una parete rocciosa in montagna, soprattutto se ai piedi di questa si estende un

laghetto alpino. A noi ora interessa naturalmente soltanto la spiegazione scientifica del fenomeno.

A che cosa è dovuta l'eco? Da una sorgente sonora partono delle *onde acustiche*, propagandosi con la velocità loro propria. Riferiamoci all'esempio sopra descritto. Le onde colpiscono la parete rocciosa e ne vengono *riflesse*. Ciò significa che esse *invertono la direzione di propagazione e ritornano verso chi le ha emesse*. Dopo un certo intervallo di tempo, le *onde riflesse* colpiscono la persona che le aveva emesse e questa ode la propria eco. Se sussistono delle condizioni ben definite, come l'esistenza di una *parete rocciosa ben liscia*, si ottiene un'eco netta.

Se invece il suono viene *riflesso in diversi punti, a distanze differenti dall'osservatore*, si ottiene un'eco *multipa*. I singoli echi arrivano successivamente, secondo il rispettivo tempo di propagazione. È perfino possibile misurare col contasecondi il tempo trascorso tra un grido e la sua eco e calcolare da ciò la distanza del punto di riflessione. La *velocità del suono* è nota; per esempio, nell'aria asciutta è di 330 m/sec. Supponiamo che tra il grido e la eco netta sia trascorso un intervallo di 5,4 secondi, si deduce che il suono ha percorso una distanza di  $5,4 \cdot 330 = 1782$  m. Questa distanza corrisponde all'andata e al ritorno delle *onde sonore* ed è quindi il doppio della distanza tra l'osservatore e il punto di riflessione; nell'esempio presente, la parete rocciosa disterebbe  $\frac{1782}{2} = 891$  metri.

In questo modo è però ben difficile fare una misura molto esatta, perchè col contasecondi si possono misurare solo i decimi di secondo. D'altronde la stessa capacità di reazione umana impedisce di stabilire con sicurezza degli intervalli di tempo più brevi. Il suono però, in un decimo di secondo, copre una distanza di  $\frac{1}{10} \cdot 330$  m = 33 metri; la metà, e cioè 16,5 metri, corrisponde alla precisione di misura realizzabile. Come si vede, le distanze più grandi possono essere misurate con relativa precisione nel modo descritto, a condizione che la velocità delle *onde sonore* sia conosciuta con esattezza e sia costante.

Noi qui ci occupiamo però di *onde elettromagnetiche*, e non di quelle acustiche; dobbiamo quindi tener conto della loro elevatissima velocità di propagazione. Un piccolo esempio ci farà comprendere le difficoltà che si incontrano in questo caso. Quanto tempo impiega un'onda elettromagnetica per coprire la distanza di 100 km?

La velocità è uguale, come sapete, a 300 000 km/sec. Per 100 km, le *onde radio* impiegano  $\frac{100}{300\,000}$  sec =  $\frac{1}{3} \cdot 10^{-3}$  sec = 0,333 millisecondi. Se si vuol ottenere una *precisione di 1 km*, bisogna poter misurare dei tempuscoli di 3,33 *microsecondi* (= milionesimi di secondo).

Naturalmente i comuni orologi o cronometri non possono servire a questo scopo e la misura deve avvenire automaticamente, indipendentemente dall'operatore. Prima di continuare dobbiamo quindi esaminare le possibilità che esistono per la *misura dei tempi brevissimi*.

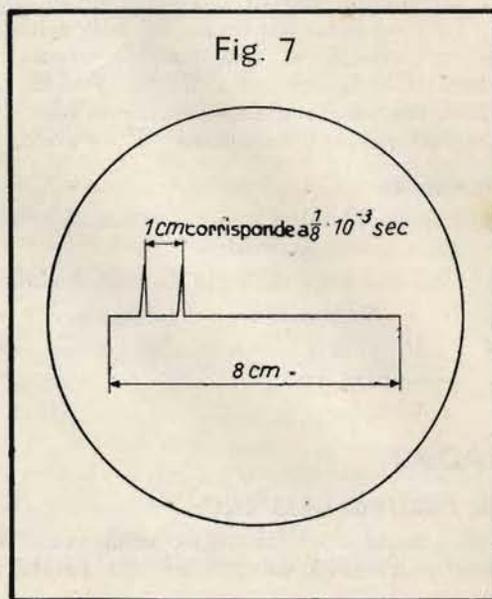
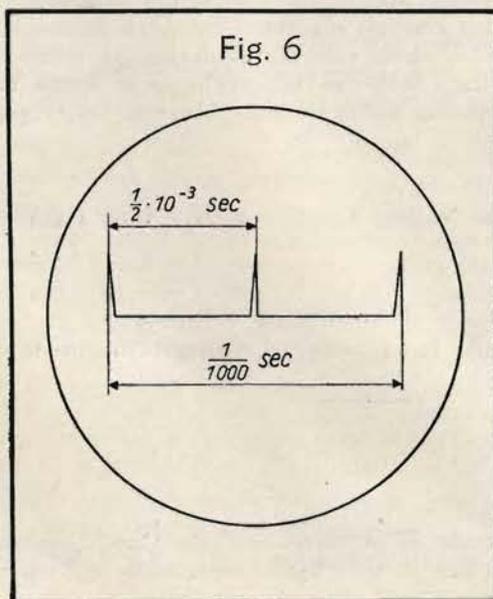
### Misura di tempi brevissimi col tubo di Braun

Senza dover riflettere a lungo, possiamo immaginare che delle *oscillazioni sinusoidali* che si susseguano rapidamente, come per esempio quelle utilizzate nel *cronometro a quarzo*, debbano costituire delle buone suddivisioni di tempo. Ricordiamo a questo proposito che, in un *tubo di Braun*, nel quale si abbia una *deflessione orizzontale*, p. es., di 8 cm, provocata da una *tensione a dente di sega* della frequenza di soli 1000 Hz, ogni *oscillazione a rilassamento* si compie nel tempo di un *millesimo di secondo*. All'inizio di ogni millesimo di secondo il raggio elettronico comincia a segnare la traccia luminosa all'estremità dello schermo. In un mezzo millesimo di secondo, esso raggiunge il centro dello schermo, percorrendo così 4 centimetri.

Applichiamo ora alle *placche verticali di deflessione* un breve impulso periodico a intervalli di  $\frac{1}{2000}$  di secondo.

Sullo schermo appariranno delle punte come quelle rappresentate nella fig. 6. (Per semplificare abbiamo ammesso qui che il tempo di ritorno del raggio sia nullo). Facciamo per ora il caso di *deviazioni periodiche*, perchè l'osservazione di impulsi isolati è molto più difficile da realizzare con le normali apparecchiature di misura.

Se facciamo un confronto con la precisione ottenibile nei contasecondi, vediamo su-



bito quale enorme vantaggio si ottiene col *tubo a raggi catodici*. Sul quadrante di un contasecondi ad ogni *decimo di secondo* corrisponde un *arco di cerchio della lunghezza di un quarto di millimetro*. Nell'esempio sopra riportato abbiamo invece un *millesimo di secondo* che corrisponde a *8 cm!*

Ammessi che con misure di precisione si possa apprezzare sullo schermo un decimo di millimetro, troviamo che a questa suddivisione minima della scala corrisponde un tempo di  $\frac{10^{-1}}{8 \cdot 10^1} \cdot 10^{-3} \text{ sec} = 0,125 \cdot 10^{-3} \text{ sec} = 1,25 \cdot 10^{-6} \text{ sec}$ , poichè  $8 \text{ cm} = 8 \cdot 10^1 \text{ mm}$ .

Ecco realizzata così la possibilità di registrare sullo schermo dei *tempuscoli di pochi microsecondi*. Per esempio, nella fig. 7, la distanza tra le due punte, che è di un centimetro, equivale a un tempo di  $\frac{1}{8} \cdot 10^{-3}$  secondi.

Se abbiamo quindi due fenomeni che si succedono periodicamente, e conosciamo la frequenza della *deviazione orizzontale*, allora la distanza misurata sullo schermo del *tubo di Braun* tra gli impulsi corrispondenti ai due predetti fenomeni, è una *misura univoca del tempo che trascorre tra l'uno e l'altro*. Naturalmente bisogna far in modo che ciascun fenomeno provochi un *impulso di deflessione verticale nel tubo di Braun*.

### Misura di distanza con le onde elettromagnetiche

Dopo aver constatato che con l'aiuto del *tubo di Braun* si possono misurare dei tempi brevissimi, proveremo ad effettuare delle *misure di eco* con le *onde elettromagnetiche*. L'esempio acustico considerato all'inizio dimostra che prima bisogna *emettere delle onde*, poi *ricevere le onde riflesse* e quindi *misurare il tempo trascorso*. Un'importante esigenza risiede quindi nel fatto che le *onde elettromagnetiche* devono essere *riflesse* da oggetti determinati.

Si trovò ben presto che, per ottenere delle *buone riflessioni*, bisogna impiegare delle *onde molto corte*. Effettivamente si usarono *lunghezze d'onda comprese tra 3 cm e 3 m*. Se le onde venissero emesse in modo continuo, non ci sarebbe possibilità di stabilire quando l'onda ricevuta è stata emessa e perciò la misura di tempo sarebbe impossibile. Bisogna quindi *emettere le onde a impulsi* e nell'istante in cui si devono ricevere le onde il *trasmettitore* non deve essere in funzione. L'apparecchio invia una serie di *oscillazioni ad AF*, un cosiddetto « *treno d'onde* »; segue un'interruzione relativamente lunga e quindi una *nuova emissione*, com'è rappresentato graficamente nella fig. 8.

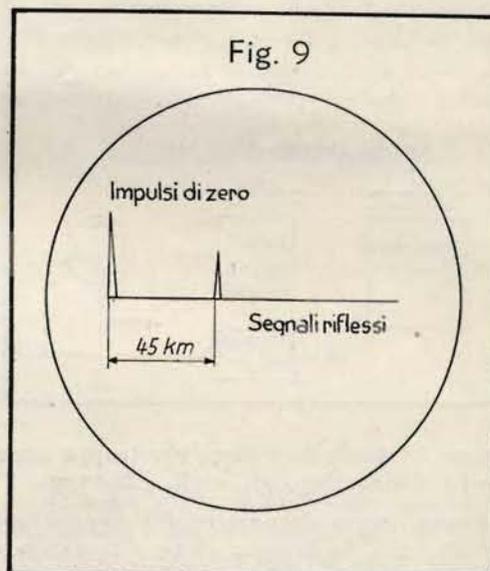
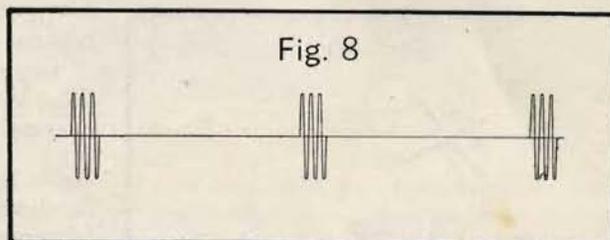
Ogni singolo impulso può contenere, per esempio, 1000 oscillazioni; per una *lunghezza d'onda di 30 cm*, che corrisponde a  $\frac{300\,000\,000}{3 \cdot 10^{-1}} = 10^9 \text{ Hz}$ , la *durata di un impulso* sarebbe quindi  $10^3 \cdot 10^{-9} = 10^{-6} \text{ sec} = 1 \text{ microsecondo}$ .

Se confrontiamo le figure 6 e 8, viene naturale il pensiero che, ad ogni escursione del raggio, si debba emettere un *treno di onde*. Allora è facile, con l'emissione dell'impulso, ottenere un *segnale*, che si fa coincidere col *punto di zero sull'asse dei tempi* nel *tubo di Braun*. L'impulso successivo segue alla distanza di  $\frac{1}{1000} \text{ sec}$ . È questo il *tempo massimo* previsto per l'andata e il ritorno dell'onda *elettromagnetica*. È facile calcolare che, in questo tempo, l'onda percorre una distanza di  $300\,000 \cdot \frac{1}{1000} \text{ km} = 300 \text{ km}$ . L'oggetto

che riflette l'onda non deve quindi essere più lontano della metà di questa distanza, ossia di *150 km*. Allora il *segnale riflesso compare sullo schermo del tubo a raggi catodici ad una distanza, dal segnale di zero, proporzionale alla distanza dell'oggetto*, come è rappresentato nella fig. 9. Va inoltre osservato che gli impulsi rappresentati nella fig. 8 sono veramente troppo larghi; in realtà la forma degli impulsi sarà proprio quella che si vede nella fig. 9.

Nella fig. 9 il *segnale riflesso* è pervenuto molto prima del termine del millisecondo, intercedente tra due emissioni successive di impulsi. Possiamo leggere ora la *distanza direttamente in chilometri* anzichè, come nella figura 7, in unità di tempo, perchè, data la velocità costante di propagazione delle *onde elettromagnetiche*, la distanza percorsa ed il tempo trascorso sono proporzionali tra loro. Abbiamo già calcolato che la distanza corrispondente all'escursione del raggio catodico *attraverso tutto lo schermo è uguale a 150 km*. Suddividendo linearmente questo tratto, misuriamo nel nostro caso una distanza di *45 km*.

Finora ci siamo preoccupati soltanto della parte più importante, cioè della determinazione del tempo intercorrente tra l'impulso emesso e quello riflesso. Ora vogliamo invece considerare un *impianto completo per la localizzazione radioelettrica*.



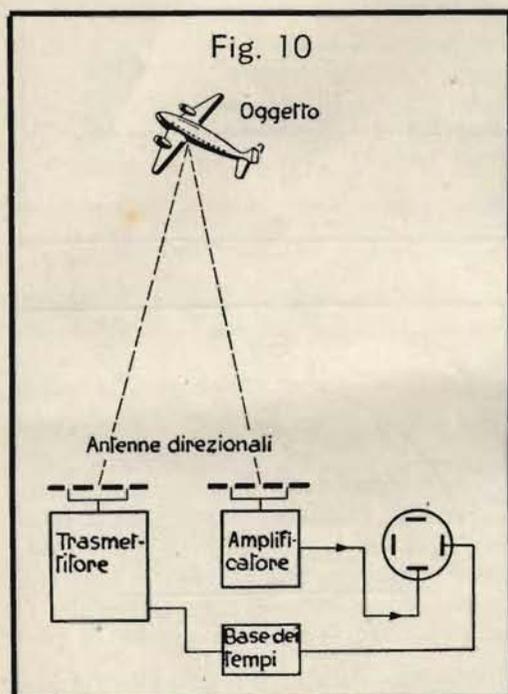
## RADAR

Spieghiamo dapprima questa parola misteriosa, che ha fatto il giro attraverso la stampa di tutto il mondo poco tempo dopo la fine della seconda guerra mondiale. Si tratta di un'abbreviazione coniata in America. Essa significa: *RA*dio *DI*rection *AN*d *RA*nge, ossia *determinazione della direzione e della distanza («range») per mezzo della radio.*

La novità essenziale di questo sistema di localizzazione è che, sfruttando l'eco, non richiede la collaborazione attiva dell'oggetto rilevato. Ciò è in contrasto col metodo descritto nel Capitolo « Radiogonometria », metodo per il quale la nave o l'aereo che vuole determinare la propria direzione deve trasmettere o ricevere le onde radio.

Col radar invece si segue la rotta di navi o di aerei da una stazione fissa, situata, per esempio, sulla costa.

Per potere svolgere il compito di determinare la direzione nella quale si trova un oggetto, non esiste altra possibilità che quella di impiegare un'antenna direzionale con la caratteristica più stretta possibile. Una parete di dipoli costituita da numerosi elementi radianti di onde corte produce con facilità il sottile raggio localizzatore, con l'aiuto del quale si va in cerca del bersaglio invisibile. Il vantaggio dell'impiego di un raggio molto concentrato risiede non solo nella maggior facilità di determinare la direzione dell'oggetto, ma anche nel risparmio di energia, che consente di realizzare. È un fenomeno analogo a quello che, per la luce, si ha nei riflettori. Se si impiegassero le lampade dei fari senza lo specchio riflettore, la luminosità, già a breve distanza, sarebbe insignificante e insufficiente a riconoscere gli oggetti. Solamente la concentrazione di tutti i raggi per effetto dello specchio riflettore (specchio parabolico) consente di inviare tutta la luce nella direzione voluta.



L'antenna direzionale trasmittente può quindi essere paragonata a ragione col riflettore di un faro. Se poi anche per l'antenna ricevente si impiega un sistema direzionale, viene esaltata per la seconda volta la direzione cercata, per la qual cosa si ottiene una maggiore energia di ricezione, che usando un'antenna normale.

Nella fig. 10 è rappresentato schematicamente il procedimento di localizzazione col radar. Il trasmettitore emette brevi impulsi d'alta frequenza, come è indicato nella fig. 8. Questi treni di onde vengono diretti verso l'oggetto, dal quale sono riflessi e tornano all'antenna ricevente. Naturalmente, se la distanza è grande, l'onda rimane molto indebolita. Nella riflessione poi si disperde la massima parte dell'energia, e soltanto una porzione minuscola dell'energia emessa dal trasmettitore ritorna al ricevitore. Questo deve pertanto esser dotato di un amplificatore molto sensibile. L'impulso d'alta frequenza viene amplificato in vari stadi, fino ad ottenere una tensione d'ampiezza sufficiente per provocare, dopo il suo raddrizzamento, una deflessione verticalmente rilevabile sullo schermo del tubo di Braun. L'impulso di zero perviene generalmente per via diretta dal trasmettitore al ricevitore. È infatti ben difficile eseguire una schermatura completa, del ricevitore verso il trasmettitore, dato che si trovano l'uno accanto all'altro, nel medesimo posto d'osservazione. Quindi anche l'impulso di zero viene amplificato e determina sullo schermo una deflessione verticale, che automaticamente viene a trovarsi all'origine dell'asse dei tempi. Comunque è conveniente deporre e schermare la linea d'alimentazione del trasmet-

titore, in modo da evitare che troppa energia pervenga direttamente all'amplificatore ricevente, potendo essa anche danneggiare gli stadi d'ingresso.

Rimane ancora da parlare del dispositivo per l'asse dei tempi. Anche qui si impiega un'oscillazione a rilassamento, che facilmente viene sincronizzata dal trasmettitore. Nel Capitolo sulla televisione abbiamo svolto una ampia trattazione dei sistemi usati per realizzare il sincronismo, cosicché possiamo rimandare a quanto ivi spiegato.

Il segnale di sincronismo viene inviato dal trasmettitore al tubo di Braun nell'istante in cui il raggio deve iniziare lo spostamento partendo dal lato sinistro.

Per eseguire la localizzazione è necessario poter muovere le antenne direzionali. Queste sono montate pertanto su una torretta girevole, che consente qualsiasi movimento e contiene nell'interno tutte le apparecchiature, compreso il trasmettitore, il ricevitore ed il tubo a raggi elettronici. Nella fig. 11 è visibile una stazione radar per la difesa antiaerea. Da notare però che qui l'antenna direzionale non è del tipo già descritto; abbiamo invece uno specchio parabolico, che descriveremo spiegandovi l'apparecchio radar da panorama. Le apparecchiature trasmettenti e riceventi ed il tubo di Braun si trovano sotto al telo, alla portata dell'osservatore. La stazione qui fotografata è dotata anche di un riflettore. L'aereo viene dapprima individuato per mezzo del radar e poi illuminato col riflettore.

Ora vorreste naturalmente sapere in che modo si impiega un apparecchio radar di questo genere per seguire, per esempio, la rotta di un aereo. Generalmente la posizione approssimativa dell'oggetto viene segnalata dall'osservazione avanzata.

Dirigendo le antenne in questa direzione, si rileva sul tubo di Braun un segno alla distanza corrispondente all'oggetto.

L'esatta direzione si ottiene orientando le antenne, finchè il segno raggiunge la massima altezza. La distanza dell'oggetto può invece essere determinata immediatamente, appena rilevato il segno, anche senza conoscere l'esatta direzione.

È facile immaginare che, avvicinandosi l'aereo, l'impulso di riflessione si muove lentamente verso il segno di zero. L'enorme importanza che riveste per l'aviazione il controllo delle rotte per mezzo del radar, è evidente. Questo sistema venne sviluppato per scopi bellici, ma ha dimostrato la sua grande utilità anche per l'aviazione civile. Esso dà al passeggero quella sicurezza che è indispensabile, affinché l'aeroplano, questo importantissimo, moderno mezzo di trasporto, possa competere con la ferrovia, l'automobile e la nave.

Per chiudere questo Capitolo dobbiamo considerare ancora un problema. Supponiamo che, impiegando per l'asse dei tempi una frequenza di 1000 Hz, si possano misurare in modo univoco le distanze fino a 150 km. Dove si presenterà l'impulso riflesso di un oggetto situato a 170 km di distanza? Calcoliamo il tempo impiegato dall'onda per l'andata e il ritorno.

$170 \cdot 2 = 340$  km è il percorso dell'onda, e  $\frac{340}{300\,000}$  sec =  $1,133 \cdot 10^{-3}$  sec il tempo impiegato. Poichè l'impulso viene emesso ogni  $10^{-3}$  sec, un nuovo impulso è già stato emesso nel frattempo; l'eco perviene quindi soltanto  $0,133 \cdot 10^{-3}$  sec dopo l'emissione dell'impulso successivo. Evidentemente il segno riflesso appare sullo schermo nello stesso posto, come un segnale che sia stato in cammino per un tempo di  $0,133 \cdot 10^{-3}$  sec e che abbia quindi percorso una distanza di  $0,133 \cdot 10^{-3} \cdot 300\,000$  km = 40 km.

Un oggetto situato a 170 km appare quindi sullo schermo del tubo di Braun nello stesso posto di un oggetto a  $40/2 = 20$  km. Spesso basta la differenza nell'ampiezza del segno per capire se l'oggetto è a 20 o a 170 km. In ogni caso si può ricorrere ad una commutazione della frequenza d'impulso e di deflessione, in modo da raddoppiarla o dividerla a metà. Il campo di misura si riduce a metà raddoppiando la frequenza, e si raddoppia, se si riduce la frequenza alla metà.

Questo problema non è però di grande importanza, trattandosi sempre di rilevanti differenze di distanza.

#### Domande

- 1) Su che cosa è basata la misura dell'eco?
- 2) Per quale ragione la misura dell'eco elettromagnetica è un problema della misura di tempi brevissimi?
- 3) Che significa l'abbreviazione « radar »?
- 4) Quali sono i due vantaggi dell'antenna direzionale?
- 5) Quali sono le principali parti costituenti un'apparecchiatura radar?

## RADIOTECNICA

### LA RADIODIFFUSIONE A ONDE ULTRACORTE

Voi stesso sapete per esperienza che la portata delle radiotrasmissioni è limitata e che le differenti lunghezze d'onda si propagano secondo differenti leggi. Poichè i programmi di televisione comportano la trasmissione simultanea dell'immagine e del suono, è importante che, sia l'una che l'altro, vengano trasmessi per mezzo di onde della stessa qualità, per evitare, per esempio, che il suono possa essere ricevuto da solo, a maggior distanza dell'immagine. Questa circostanza diede il primo impulso alla radiodiffusione a onde ultracorte, come abbiamo già accennato nella Dispensa precedente. Presto si scopersero altresì che la radiodiffusione a onde ultracorte con modulazione di frequenza (possibile in questa gamma) consentiva una riproduzione molto migliore che non nelle normali gamme d'onda. Non bisogna quindi meravigliarsi se in alcuni paesi, cominciando dagli Stati Uniti d'America e dalla Germania, e recentemente anche in Italia, si è sviluppata una speciale rete di radiodiffusione a onde ultracorte. Questi impianti non presentano alcuna differenza, rispetto al canale del suono della televisione e perciò ne possiamo trattare una volta sola.

#### La modulazione d'ampiezza nella radio

Prima di illustrare i vantaggi della modulazione di frequenza, vogliamo richiamare alla memoria le particolarità essenziali della modulazione d'ampiezza. Nelle Dispense NN. 6 e 15 abbiamo mostrato schematicamente ciò che si ottiene con la modulazione d'ampiezza. L'intensità del segnale di BF è espressa dalla variazione dell'ampiezza dell'AF; per avere un funzionamento privo di distorsioni, l'ampiezza della BF non deve superare quella dell'AF; se fosse uguale si avrebbe, com'è noto, un fattore di modulazione del 100%. Le bande laterali, che dipendono dalla massima BF da trasmettere, sono limitate a  $\pm 4,5$  kHz attorno all'onda portante.



Fig. 11

Ciò significa che, normalmente, non si possono trasmettere suoni di frequenza superiore ai 4,5 kHz.

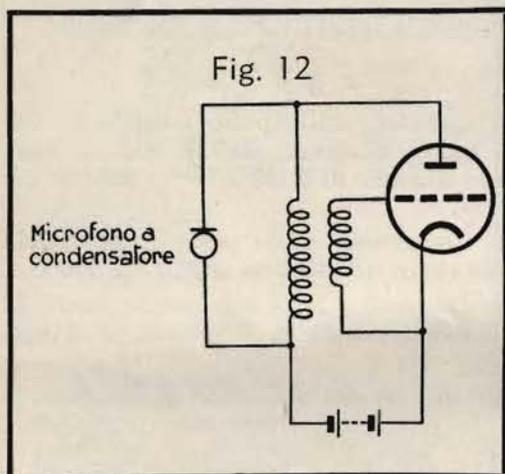
Ancora un'osservazione circa il *fattore di modulazione*. Il *limite superiore* è il 100 %, quello *inferiore* si aggira attorno all'1 %, mentre la *modulazione media normale* è attorno al 25 %. Ciò significa che si può riprodurre una variazione di volume sonoro soltanto nel rapporto di 1 : 100, mentre l'orecchio umano distingue variazioni dell'ordine  $1 : 1\,000\,000 = 1 : 10^6$ . Il rapporto fra il massimo ed il minimo volume sonoro di una trasmissione è denominato « *dinamica* ». È superfluo spiegare qui che esistono dei metodi per aumentare la *dinamica* anche con *modulazione d'ampiezza*.

Una *caratteristica* importante, benchè spiacevole, della *modulazione d'ampiezza*, è la facilità con la quale *risente dei disturbi*. In generale i disturbi si sovrappongono alle *onde d'alta frequenza* usate per la trasmissione, sommando semplicemente le rispettive ampiezze. Fin dal Capitolo che trattava dell'*eliminazione dei disturbi* voi sapete che *qualsiasi scarica o scintilla elettrica produce onde elettromagnetiche* delle più differenti lunghezze. Se tra esse sono pure comprese delle lunghezze d'onda che cadono entro la *banda di frequenze* di una trasmissione, le corrispondenti ampiezze dell'AF risultano modificate, e pertanto si ha una *variazione nella modulazione* e quindi un *disturbo*.

### La modulazione di frequenza

Nella Dispensa N. 21 abbiamo conosciuto un sistema di *modulazione di frequenza*, usato per la *trasmissione senza fili delle immagini*. Si impiega una frequenza variabile in relazione alla luminosità del punto considerato.

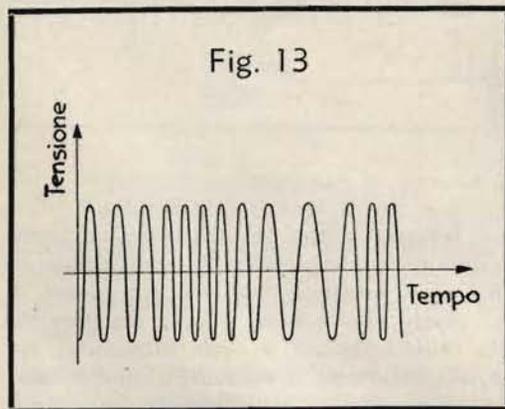
È importante a questo proposito notare che la *luminosità* è espressa direttamente dalla *differenza della frequenza rispetto ad una frequenza normale*. Nella *telegrafia d'immagini* si tratta però sempre di variazioni relativamente piccole, data la lentezza dell'esplorazione.



Per fissare meglio le idee, consideriamo subito uno schema determinato (fig. 12). Si tratta di un semplice *trasmettitore d'AF a reazione*, che impiega come capacità del circuito oscillante un *microfono a condensatore*. L'unica differenza rispetto alla fig. 41 della Dispensa N. 16 consiste nel fatto che, invece di un normale *condensatore*, c'è un *microfono a condensatore*; elettricamente ciò non ha però alcuna importanza. Se un suono va a colpire il *microfono a condensatore*, la capacità dello stesso varia ritmicamente con la frequenza del suono. Secondo la *formula di Thomson*, la diminuzione della capacità provoca un aumento della frequenza dell'*oscillatore* e viceversa. Rispetto al valore che presenta quando il *microfono* è in silenzio, l'AF diviene quindi più alta e più bassa nel ritmo della *frequenza acustica*.

Ricordiamo quindi:

In un'oscillazione modulata in frequenza, la frequenza modulante è espressa dal numero di pendolamenti eseguiti al secondo dall'AF, attorno al valore della frequenza portante non modulata.



Il passo seguente è ancora più facile da comprendere. Se le *oscillazioni acustiche* che colpiscono il *microfono a condensatore* sono deboli, la variazione di capacità è piccola e quindi anche la *massima deviazione dell'AF*, dalla *frequenza portante non modulata*, è piccola. Se invece l'intensità sonora è grande, si ottiene naturalmente anche una forte deviazione di frequenza. Possiamo quindi formulare la seconda constatazione:

In un'oscillazione modulata in frequenza, l'ampiezza della BF è espressa dalla deviazione massima della frequenza momentanea dalla frequenza portante non modulata.

La rappresentazione grafica di un'oscillazione modulata in frequenza è riportata nella fig. 13. L'ampiezza dell'AF non varia più; tutte le variazioni si ripercuotono unicamente sulla *frequenza*. La *massima deviazione della frequenza* non dipende più, come nella *modulazione d'ampiezza*, dalla *frequenza di modulazione*, ma unicamente dalla sua *ampiezza*.

Nella fig. 13 si vede, all'inizio, un'oscillazione sinusoidale uniforme; la curva passa attraverso lo zero a intervalli equidistanti. Successivamente si presenta un aumento della frequenza, rilevabile dal fatto che, nell'unità di tempo, c'è un numero maggiore di oscillazioni; queste risultano più fitte, come corrisponde alla frequenza più elevata. Quindi le oscillazioni diventano più lente; nel grafico, esse appaiono diradate. Infine si ha un nuovo aumento della frequenza; insomma, la frequenza dell'oscillazione cambia continuamente. In realtà il grafico della fig. 13 è un po' esagerato, perchè nelle onde ultracorte la variazione relativa non è così rilevante.

Un grafico perfettamente consono alla realtà non sarebbe però abbastanza chiaro e comprensibile.

Anche l'AF modulata in frequenza richiede una certa estensione di banda, come per la modulazione d'ampiezza. Però, diciamolo subito, l'estensione è molto maggiore e comprende un campo di  $\pm 75$  kHz. Che cosa

ciò significhi voi lo sapete già dallo studio della *modulazione d'ampiezza*; qui però la banda è larga circa 20 volte tanto.

Questa è anche la spiegazione del fatto che, *nelle normali gamme d'onda, non si fa uso della modulazione di frequenza*. Tutta la gamma delle *onde medie* non potrebbe contenere, per esempio, che 6 o 7 *trasmettenti modulate in frequenza*. La questione, se sia migliore la *modulazione d'ampiezza* o quella di *frequenza*, non può quindi nemmeno essere posta nella gamma delle *onde medie*. C'è poi il fatto che, nelle *onde medie*, la variazione relativa della frequenza con una banda di  $\pm 75$  kHz è molto maggiore che per le *onde ultracorte*; per esempio, a 50 MHz la *variazione relativa* è solo 1/50 di quella a 1 MHz, e non è quindi importante. Se poi si tratta del *canale del suono di una trasmissione televisiva*, anche l'estensione di 150 kHz per la *modulazione di frequenza* è piccola, rispetto alle larghissime *bande di frequenza* necessarie per la *televisione*. Osserviamo nuovamente la fig. 13. L'*ampiezza delle oscillazioni* è sempre uguale; anzi essa dev'essere mantenuta sempre costante nel *ricevitore*, affinché si manifesti esclusivamente la pura *modulazione di frequenza*. Dato quindi che l'*ampiezza* non contiene la *BF*, ne consegue che anche delle variazioni d'*ampiezza* dovute a disturbi non si fanno quasi sentire.

Da ciò dipende essenzialmente la *quasi assenza di disturbi nelle trasmissioni a onde ultracorte modulate in frequenza*.

In realtà contribuisce a questa assenza di disturbi anche un'altra circostanza. Come abbiamo visto, la possibilità di ricevere le *onde ultracorte* è limitata dall'*orizzonte ottico*. *Manca quindi la zona di passaggio tra la buona e la cattiva ricezione*. Data anche la *modulazione di frequenza*, le *trasmissioni a onde ultracorte* si ricevono bene, o non si ricevono del tutto. In pratica, la *zona di passaggio* si manifesta dal fatto che *periodi di buona ricezione si alternano con periodi senza ricezione*; in altre parole, *manca la sicurezza di poter ricevere la stazione trasmittente*.

### Lo schema del modulatore

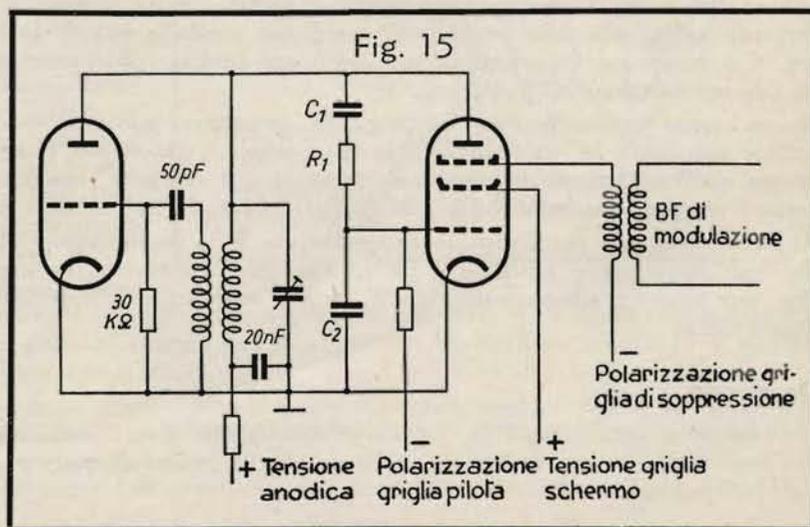
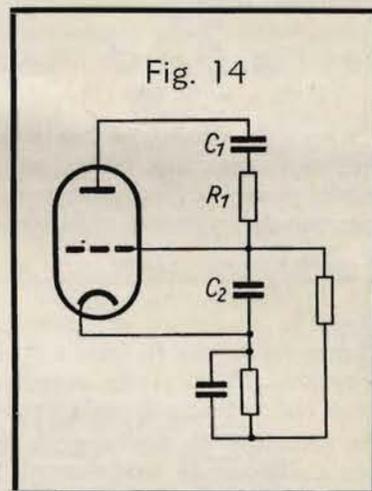
Lo schema col *condensatore a microfono* è stato da noi riportato solo per dimostrare in linea di principio la possibilità di realizzare la *modulazione di frequenza*. È chiaro che non si lavora con lo schema della fig. 12. In pratica si manifesta sempre, assieme alla *modulazione d'ampiezza*, in piccola misura anche la *modulazione di frequenza*, senza che essa venga utilizzata. Naturalmente le possibilità di schemi sono infinite, ma ci accontenteremo di spiegarne uno di importanza fondamentale.

Come principio è il medesimo schema che divenne noto negli ultimi anni prima della guerra per l'*esatta sintonia automatica*, ma che oggi non trova più applicazione per questo scopo. L'essenziale è disporre di una *valvola a pendenza variabile col punto di lavoro*. Non occorre effettivamente la forte variazione della pendenza che si ha nelle *valvole per il controllo automatico del volume*; si preferisce invece una *pendenza media alquanto superiore*. I principali elementi di circuito riportati nella fig. 14, oltre alla *valvola*, sono la *resistenza R<sub>1</sub>* ed il *condensatore C<sub>2</sub>*. Il compito del *condensatore C<sub>1</sub>* è di impedire che la corrente continua passi dal *circuito anodico* a quello di *griglia*. In questo modo la *valvola* si comporta, tra l'anodo e il catodo, come una *reattanza*. È evidente che ciò dipende dalla *reazione* provocata dall'accoppiamento della *griglia all'anodo* attraverso *C<sub>1</sub>* ed *R<sub>1</sub>*. La *reattanza induttiva* ha il seguente valore:  $\omega L = \frac{1}{S} \cdot R_1 \cdot \omega \cdot C_2$ , dove *S* è la *pendenza* della valvola impiegata. Come risulta da questa relazione, la *reattanza* varia assieme alla *pendenza*.

Gli elementi rimanenti servono a produrre la *polarizzazione della griglia-pilota*. La fig. 15 mostra un semplice *stadio modulatore*, che prenderemo come

esempio per spiegare il funzionamento sostanziale del sistema. A sinistra abbiamo un *generatore d'AF* del solito tipo. Il *circuito accordato di risonanza* è inserito nel collegamento anodico; il *condensatore da 20 nF* serve a condurre a massa l'*AF* dall'estremità inferiore della *bobina*. La *reazione* avviene *induttivamente*; il *condensatore allacciato alla griglia* impedisce che la *bobina di reazione* costituisca un cortocircuito, agli effetti della corrente continua, per la *resistenza da 30 kΩ*. Come sapete, nei *generatori d'oscillazioni* questa resistenza serve a produrre automaticamente la *polarizzazione di griglia*.

La parte di destra della fig. 15 è soltanto l'applicazione dello schema della fig. 14. *R<sub>1</sub>* è una *resistenza* compresa tra 20 e 100 kΩ; il *condensatore C<sub>1</sub>* di separazione



per la corrente ha un valore di 20 nF. La seconda parte, in ordine di importanza, è il condensatore  $C_2$ , che ha una capacità di circa 20 pF. La polarizzazione negativa viene applicata alla *griglia-pilota* attraverso ad una *resistenza ohmica elevata*, del valore di alcune centinaia di k $\Omega$ . La *griglia-schermo* è collegata in modo normale e non porta AF. La *modulazione* si effettua attraverso la *griglia di soppressione della valvola ausiliaria*. Questa *griglia* è sottoposta ad una tensione negativa di 20-30 volt, cui si aggiunge la BF con un'ampiezza di circa 10 volt. La tensione della *griglia di soppressione* varia pertanto nel ritmo della BF.

Nello stesso ritmo varia altresì la *pendenza della valvola ausiliaria*.

Quest'ultima è però inserita in parallelo al *circuito oscillante del generatore d'AF*. Come abbiamo accennato più sopra, la *reattanza della valvola* varia in funzione della *pendenza*. Pertanto la *frequenza di risonanza del circuito oscillante* viene modificata nel ritmo della BF e si genera in tal modo un'*oscillazione di AF modulata in frequenza*.

Un po' di conti servirà a dimostrare l'effetto del dispositivo. La *frequenza portante*, compresa nella gamma delle *onde ultracorte*, sia di 50 MHz. Calcoliamo, in base alla *formula di Thomson*, l'*induttanza del circuito oscillante* per il caso che la corrente nella *valvola ausiliaria* sia bloccata (e quindi la *pendenza* zero), ammettendo una *capacità del circuito oscillante* di 20 pF.

$$\text{Da } \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \text{ ovvero: } \omega^2 = \frac{1}{LC}, \text{ si deduce: } L = \frac{1}{\omega^2 C}.$$

Inserendo i valori dati, otteniamo per l'*induttanza*:

$$L = \frac{1}{(2\pi \cdot 50 \cdot 10^6)^2 \cdot 20 \cdot 10^{-12}} = \frac{1}{(100\pi)^2 \cdot 10^{12} \cdot 20 \cdot 10^{-12}} = \frac{1}{10^4 \cdot \pi^2 \cdot 20} = \frac{5}{\pi^2} \cdot 10^{-6} = 0,507 \cdot 10^{-6}$$

$$L = 0,507 \mu\text{H}.$$

Per la *frequenza di risonanza* le *reattanze* sono uguali e quindi:

$$R_{\text{ind}} = R_{\text{cap}} = \omega L = \frac{1}{\omega C} = 0,507 \cdot 10^{-6} \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot 10^6 = 0,507 \cdot \pi \cdot 100 = 159,1 = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 10^6 \cdot 20 \cdot 10^{-12}}$$

$$= \frac{1}{2\pi \cdot 10^{-3}} = \frac{500}{\pi} = 159,1 \text{ Ohm}.$$

Posto  $R_1 = 25 \text{ k}\Omega$ ,  $C_2 = 20 \text{ pF}$  e la *pendenza utile della valvola*  $S = 2 \text{ mA/V}$ , la *reattanza addizionale del complesso* diventa:

$$R_{\text{compl}} = \frac{1}{S} \cdot R_1 \cdot \omega \cdot C_2 = \frac{1}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot 10^6 \cdot 20 \cdot 10^{-12} = \frac{1}{2} \cdot 25 \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot 20$$

$$= 25\,000\pi = 78\,600 \text{ Ohm}.$$

L'inserzione di una *reattanza* da 78 600 ohm in parallelo a 159,1 ohm non costituisce una sensibile variazione dell'*impedenza* risultante; tuttavia dobbiamo ricordare che le variazioni della *frequenza* nelle trasmissioni a *modulazione di frequenza* sono relativamente assai piccole. Il calcolo esatto sarebbe troppo complicato; la *variazione di frequenza* può però essere calcolata con buona approssimazione nel seguente semplice modo:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{159,1}{78\,600} \cdot 50 \cdot 10^6 \text{ Hz} = 1,01 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \cdot 10^6 \text{ Hz} = 50,5 \text{ kHz}.$$

Poste le condizioni generalmente date nelle *trasmissioni a onde ultracorte*, si può ammettere in via del tutto approssimata che la *banda di AF frequenza necessaria* per la trasmissione equivalga all'*escursione totale della frequenza*. A un esame superficiale del problema, la cosa può sembrare ovvia; invece dobbiamo insistere sul fatto che si tratta di un'*approssimazione grossolana* e valida soltanto con determinati presupposti.

Da tutto questo deriva però, ovviamente, che la *variazione della pendenza della valvola* costituisce un mezzo per realizzare la *modulazione di frequenza*. Durante la *semionda negativa* della BF modulante, la *corrente nella valvola ausiliaria* è debole e la *pendenza* piccola. Di conseguenza la *reattanza* collegata in parallelo alla *bobina del circuito oscillante* è elevata, e l'effetto sulla *frequenza di risonanza* è minuscolo. Aumentando la corrente nella *semionda positiva* la *pendenza* cresce e quindi la *reattanza* in parallelo alla *bobina* diminuisce. Ciò comporta un'influenza maggiore sul *circuito di risonanza*. In definitiva, si ottiene l'effetto voluto, cioè la *modulazione di frequenza*.

Naturalmente un'*oscillazione modulata in frequenza* può essere amplificata nell'identico modo come un'*oscillazione modulata in ampiezza*. Si ottiene anzi un *vantaggio essenziale* per l'irradiazione delle onde. L'*ampiezza dell'oscillazione modulata in frequenza* è costante, cosicché il carico degli *amplificatori finali di potenza* è sempre uguale, a differenza di quanto accade nel *sistema a modulazione di ampiezza*.

Abbiamo così una certa visione di quello che è la *modulazione di frequenza* ed abbiamo imparato in che modo essa possa essere realizzata. In un Capitolo successivo tratteremo della *demodulazione*, essendo evidente che, per ottenere nuovamente la BF, non è sufficiente il raddrizzamento dell'AF, come per la *modulazione di ampiezza*.

## Domande

- 1) Che cos'è la *dinamica* di una radiotrasmissione?
- 2) Per quale ragione i disturbi si fanno sentire molto di più con la modulazione d'ampiezza che con quella di frequenza?

- 3) Qual è l'estensione della banda d'AF nelle trasmissioni a onde ultracorte modulate in frequenza, e in quelle modulate in ampiezza?
- 4) Quale schema è necessario per ottenere la modulazione di frequenza?
- 5) Perché per l'ammettenza (reciproco della reattanza) creata dalla valvola ausiliaria basta un piccolo valore?

#### Risposte alle domande di pag. 4

- 1) Tanto la luce che le onde elettromagnetiche ultracorte si propagano essenzialmente in linea retta. Entrambe possono essere riflesse e subire la diffrazione.
- 2) Data la propagazione rettilinea delle onde ultracorte, e data la curvatura del globo terrestre, le onde ultracorte hanno una portata limitata.
- 3) La portata di un'antenna per onde ultracorte alta 120 metri è:  $r = 3,57 \cdot \sqrt{120} \text{ km} = 3,57 \cdot 10,95 \text{ km} = 39,1 \text{ km}$ .
- 4) Se l'antenna trasmittente è alta 120 metri e quella ricevente 15 metri, si ottiene una portata totale di  $r + r' = 39,1 + 3,57 \cdot \sqrt{15} = 39,1 + 3,57 \cdot 3,87 = 39,1 + 13,8 = 52,9 \text{ km}$ .
- 5) La fabbricazione delle valvole per onde ultracorte con dimensioni assai ridotte non è dovuta alla mania dei record. È resa necessaria per l'impiego a frequenze assai elevate.

## TELEVISIONE

### GLI AMPLIFICATORI DI TELEVISIONE

Nei comuni apparecchi radioriceventi non esiste alcun organo che presenti una certa analogia con i dispositivi per la *deflessione periodica del raggio* contenuti negli apparecchi di televisione. Invece gli *amplificatori di televisione* trovano riscontro negli *amplificatori* degli apparecchi per le radioaudizioni, per molte somiglianze di principio e di funzionamento.

Cominciamo con una breve ripetizione. Nell'*amplificatore* di un *apparecchio radioricevente* si distinguono varie parti, soprattutto se si tratta di una *supereterodina*. In primo luogo possono esistere degli *stadi amplificatori diretti dall'AF*; essi si trovano però soltanto negli apparecchi molto costosi. Successivamente c'è lo *stadio convertitore di frequenza* e quindi l'*amplificatore di MF*. Nello *stadio raddrizzatore* si procede alla *demodulazione*; per ultimo c'è lo *stadio amplificatore di BF*, il quale fornisce la potenza necessaria per l'*altoparlante*. Anche l'*amplificatore di televisione* può essere suddiviso in parti analoghe; ne considereremo ora, a uno a uno, i differenti stadi.

#### Il preamplificatore d'AF

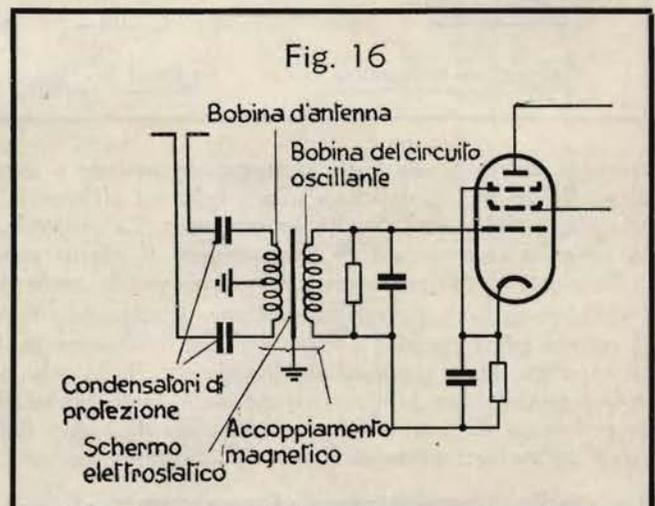
Se osserviamo il *circuito d'ingresso* di un *amplificatore di televisione*, con relativa *valvola amplificatrice d'AF*, non notiamo alcuna differenza sostanziale, rispetto allo schema di un normale *apparecchio radio* (fig. 16). In pratica, però, ci sono numerose differenze, perchè nella *televisione* abbiamo a che fare con le *onde ultracorte*.

Spesso cercheremo invano qualche *condensatore*, perchè la capacità propria delle *valvole* o delle *bobine* è spesso sufficiente per ottenere la risonanza. Manca in questo caso la possibilità di una messa a punto mediante un *condensatore variabile*. Invece esistono degli apparecchi nei quali si possono regolare in modo continuo le *bobine di sintonia*. Volendo ricevere diverse trasmissioni televisive, si commuta la gamma d'onda, sostituendo le *bobine*.

Nella fig. 16 c'è poi un'altra cosa che urta la nostra sensibilità di radiotecnici. Si tratta della *resistenza inserita in parallelo alla bobina del circuito oscillante*. Come sapete, la *curva di risonanza* di un *circuito oscillante* diventa tanto più acuta, e quindi la selettività tanto maggiore, quanto minore è la *resistenza parassita della bobina*. Negli *apparecchi radio* l'inserzione di una *resistenza* nel *circuito oscillante* sarebbe un *nonsense*. Qui bisogna invece considerare che un *circuito oscillante selettivo* limita molto la *banda passante d'AF*.

Perciò comprendiamo lo scopo della *resistenza* sopramenzionata: ci ricordiamo delle *enormi larghezze di banda* occorrenti nella *televisione*, le quali richiedono un *circuito d'ingresso a bassa selettività*. Scopo della *resistenza* in parallelo nel *circuito di risonanza* è quello di conferire a tale circuito la *larghezza di banda* occorrente.

Normalmente *l'immagine e il suono* vengono *amplificati insieme nei primi stadi*, non potendosi costruire dei filtri che lascino passare, da un lato, la *larghissima banda di televisione* e che, dall'altro lato, separino con un taglio netto il *canale del suono*. Inoltre si risparmiano così degli *appositi stadi amplificatori*, mentre l'allargamento della banda, reso necessario dal suono, è irrilevante. La *larghezza della banda passante* nel *circuito*

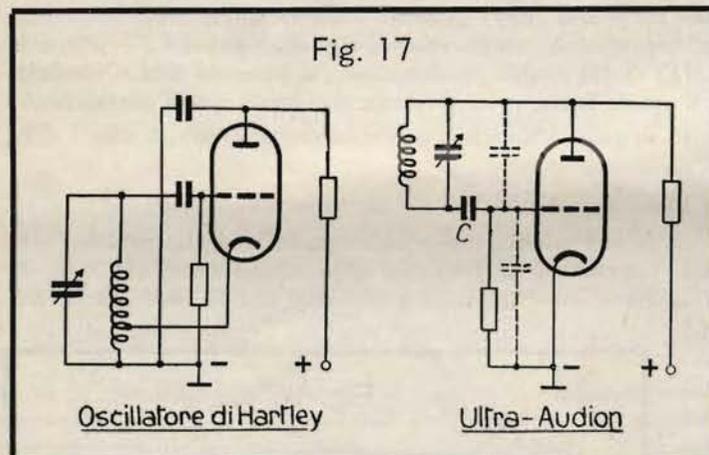


di ingresso e del filtro di banda d'AF deve essere di ben 6 MHz! Con tutto ciò, la trasmissione dell'immagine avviene con banda laterale unica, poichè in un canale della larghezza massima di 7 MHz, come prescritto dalle norme del CCIR, non sarebbe nemmeno possibile contenere entrambe le bande di modulazione, tanto più che la distanza tra la portante dell'immagine e quella del suono deve essere di 5,5 MHz. Le particolarità che derivano dal sistema a banda laterale unica verranno illustrate fra breve, quando spiegheremo l'amplificatore di MF.

Le esigenze che si pongono alla valvola preamplificatrice sono già state descritte brevemente nel capitolo sulle proprietà delle onde ultracorte. Una condizione essenziale è quella della forte pendenza, poichè, come è noto, il prodotto della pendenza per la resistenza di risonanza dà l'amplificazione. Qualsiasi valvola destinata all'amplificazione di larghe bande di frequenza deve avere una pendenza molto elevata, perchè le bande larghe richiedono dei circuiti oscillanti con resistenza di risonanza relativamente bassa. L'evoluzione che aveva portato al pentodo viene percorsa per così dire a ritroso, nella televisione. Si incontrano infatti sovente, negli amplificatori televisivi a grande larghezza di banda, dei triodi a pendenza assai elevata.

### Il generatore di oscillazioni

Abbiamo già accennato varie volte alle difficoltà che sussistono nella gamma delle onde ultracorte per la separazione delle bande di frequenza. Ciò vale soprattutto per la separazione del canale dell'immagine da quello del suono. Inoltre, a queste frequenze elevatissime, la cosiddetta « amplificazione diretta » non è possibile. Gli accoppiamenti che si manifestano tra uno stadio e l'altro e che provocherebbero l'autoeccitazione di oscillazioni, costringono, di per se stessi, a impiegare l'amplificazione con conversione di frequenza, che costituisce una necessità imposta dalle circostanze. Data l'enorme larghezza della banda di modulazione, non si può naturalmente scegliere una media frequenza compresa tra 450 e 500 kHz come nella radio. Normalmente, la MF negli amplificatori televisivi viene fissata un poco sopra ai 20 MHz. Ciò significa che l'oscillatore deve generare una frequenza inferiore, oppure superiore a questo valore, alla frequenza di ricezione. Purtroppo non è facile ottenere la necessaria stabilità delle frequenze così elevate. Per questa ragione negli amplificatori televisivi non si fa mai il controllo automatico di volume sulle valvole convertitrici di frequenza, poichè in questo caso esse influirebbero sulla frequenza dell'oscillatore accoppiato ad esse.



La costruzione del generatore d'oscillazioni richiede perciò la massima cura. La valvola del generatore può essere tanto un triodo, quanto un pentodo. Lo schema non presenta differenze di principio rispetto agli oscillatori dei normali apparecchi radio. Sono visibili nella fig. 17 due schemi di generatori con triodi, usati nella tecnica delle onde ultracorte: l'oscillatore di Hartley e l'ultra-audion. L'oscillatore di Hartley è uno schema a tre punti, come quello che abbiamo visto nella Dispensa N. 16, a fig. 43. Il catodo è allacciato anche qui alla presa intermedia della bobina di risonanza, mentre l'estremità collegata all'anodo giace a massa. Come principio è indifferente che, dei tre elettrodi, ne sia collegato, per l'AF, a massa uno piuttosto che un altro.

In BF e in radiofrequenza è il catodo che generalmente è collegato con la massa. Nelle onde ultra-

tracorte invece è alle volte vantaggioso mettere a massa l'anodo, oppure la griglia. I condensatori di separazione da 20-50 pF, collegati alla griglia ed all'anodo, i quali servono per separare la corrente continua dall'alternata, sono nostre vecchie conoscenze. La resistenza di griglia da 20-50 kΩ serve a produrre automaticamente la polarizzazione negativa per ottenere il giusto punto di lavoro. Naturalmente bisogna sempre tener conto delle capacità dei collegamenti, poichè per le onde ultracorte esse si fanno sentire fortemente.

Nell'ultra-audion il circuito oscillante è allacciato tra la griglia e l'anodo, senza che esista un collegamento tra il catodo ed il circuito oscillante. Alle frequenze molto alte è sufficiente l'accoppiamento capacitivo attraverso le capacità degli elettrodi della valvola. Nello schema della fig. 17 esse sono segnate tratteggiate, perchè sono indispensabili per la generazione delle oscillazioni. La combinazione audion di questo schema è costituita dalla resistenza di griglia (alcune centinaia di kΩ) e dal condensatore C. Secondo l'efficacia della reazione si ottiene un raddrizzatore di griglia (il normale audion), oppure un generatore di oscillazioni.

### Lo stadio convertitore di frequenza

La conversione di frequenza mediante applicazione delle due frequenze a due griglie di un esodo si è dimostrata molto efficiente nelle normali gamme di radiodiffusione; nella televisione, invece, le bande di frequenza così larghe portano con sè nuovi problemi. Prenderemo qui particolarmente in considerazione il fruscio delle valvole, che è così fastidioso.

Il fruscio di un amplificatore aumenta nella misura della radice quadrata della larghezza della banda di frequenza passante. È quindi ovvio che, nell'amplificazione della televisione, ove la banda è così larga, il fenomeno del fruscio sia molto più marcato che negli amplificatori per le radiotrasmissioni, ove la banda è di soli 9 kHz.

Avrete certamente già notato questo fruscio nel vostro apparecchio radio. Distaccando l'antenna e girando il regolatore di volume al massimo, si sente questo rumore fastidioso. L'origine di questo fenomeno risiede nella discontinuità dell'emissione di elettroni da parte del catodo. Il numero degli elettroni emessi è ora più, ora meno ingente. Di conseguenza il numero degli elettroni, che colpiscono la placca e formano la corrente anodica, varia, anche se nessuna tensione alternata è applicata alla griglia. Le variazioni della corrente anodica sono molto piccole, ma se dopo la prima valvola seguono alcuni stadi amplificatori, esse vengono amplificate e nell'altoparlante si ode il fruscio. Nelle valvole a più griglie il fruscio è ancora maggiore perchè, oltre alla emissione discontinua degli elettroni, si ha anche una distribuzione di corrente variabile nel tempo tra i vari elettrodi.

Il fruscio è particolarmente forte negli esodi, mentre d'altra parte, come consegue dai ragionamenti esposti più sopra, i triodi danno meno disturbo dei pentodi. Naturalmente sono soprattutto le prime valvole di un amplificatore, che devono dare il minor fruscio possibile, perchè sono seguite dalla massima amplificazione. Inoltre, poichè la maggior parte del fruscio ha origine nello stadio convertitore, bisogna fare in modo da amplificare nella massima misura possibile già prima di questo. È questa la ragione per cui negli amplificatori di televisione ci sono sempre uno o due stadi preamplificatori.

Sono queste circostanze che inducono a non usare negli amplificatori di televisione gli esodi convertitori di frequenza, e sovente a impiegare addirittura dei triodi per questo scopo. In questo caso, tanto la frequenza d'ingresso, quanto quella del generatore si applicano alla medesima griglia. In pratica si usano triodi o pentodi.

Nello schema della fig. 18, per esempio, lo stadio convertitore di un ricevitore televisivo contiene un pentodo.

Esamineremo ora un po' più dettagliatamente lo schema della fig. 18, che rappresenta la parte d'AF di un amplificatore televisivo. In sostanza esso non contiene nulla di più di quanto si trovava già negli schemi particolari precedentemente considerati. La griglia del preamplificatore è allacciata attraverso ad una resistenza che serve a sopprimere le eventuali oscillazioni parassite. Nel filtro di banda per l'accoppiamento tra il preamplificatore e la valvola convertitrice è da notare l'assenza di condensatori. Voi però sapete già che i condensatori necessari per i circuiti oscillanti sono sostituiti dalle capacità diffuse delle valvole e dei collegamenti. Le resistenze in parallelo alle bobine servono per ottenere la richiesta grande larghezza di banda.

L'oscillatore corrisponde esattamente allo schema di Hartley, riportato nella fig. 17.

Resta lo stadio convertitore di frequenza, che possiamo spiegare con poche parole. Alla griglia-pilota della valvola sono applicate tanto la frequenza d'entrata quanto, attraverso a un condensatore, quella ausiliaria. L'ampiezza di quest'ultima è notevole, per la qual cosa, attraverso alla combinazione resistenza-capacità, si forma una caduta di tensione, che provoca la polarizzazione negativa della griglia, come nell'audion. Il procedimento per cui si ottiene la conversione di frequenza, si può spiegare così: la forte tensione a frequenza ausiliaria provoca lo spostamento del punto di lavoro per la frequenza d'entrata. Col punto di lavoro varia anche la pendenza, dato che la valvola presenta una caratteristica incurvata a pendenza variabile. Queste variazioni periodiche dell'amplificazione, che avvengono col ritmo della frequenza ausiliaria, danno origine, come in un esodo convertitore, alle frequenze che sono la somma e la differenza delle frequenze originarie. Una di queste è la media frequenza, la quale viene separata nel circuito anodico mediante un apposito filtro di banda. Anche in questo filtro i condensatori sono sostituiti dalle capacità dei collegamenti

e sono inserite delle resistenze in parallelo alle bobine, per allargare la banda passante. La separazione del canale del suono da quello dell'immagine avviene generalmente subito dopo lo stadio convertitore. È ovvio che, nell'amplificatore di MF, è senz'altro possibile ottenere la selettività richiesta, a condizione di inserire un numero sufficiente di stadi.

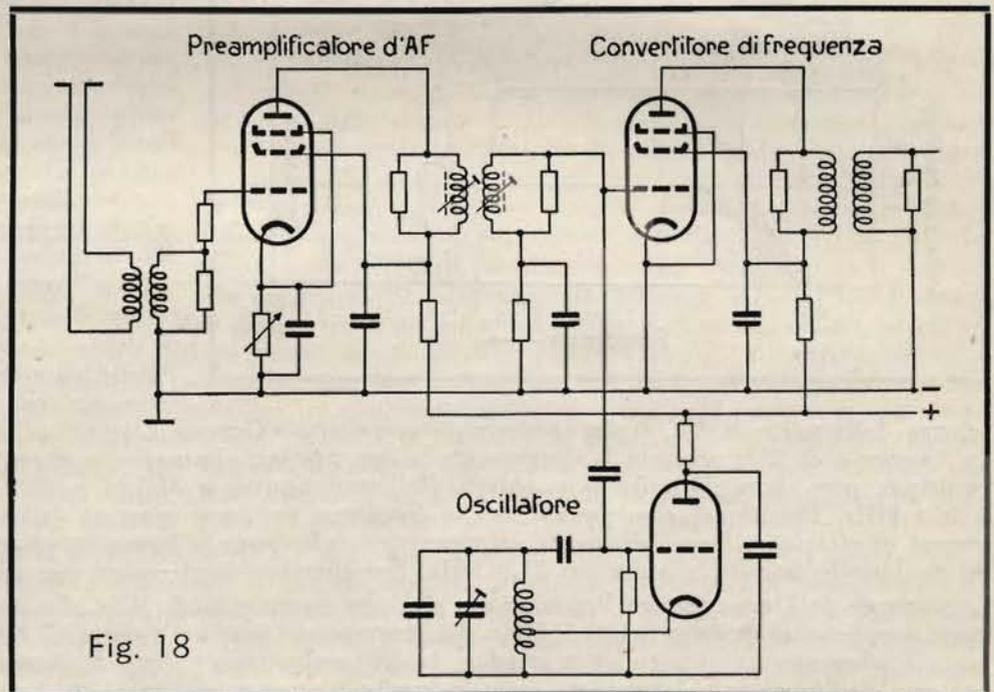


Fig. 18

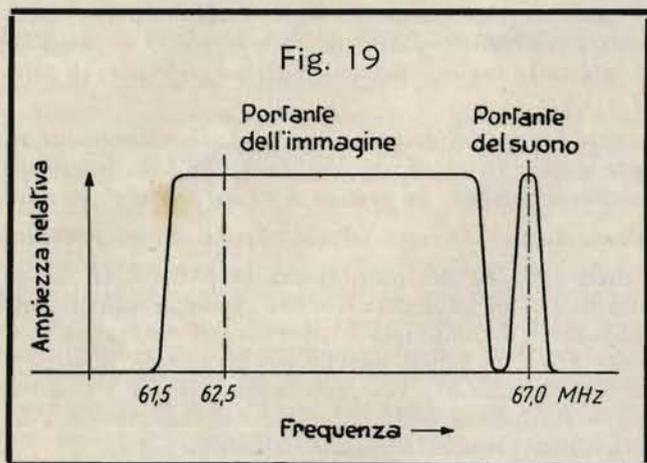
e sono inserite delle resistenze in parallelo alle bobine, per allargare la banda passante. La separazione del canale del suono da quello dell'immagine avviene generalmente subito dopo lo stadio convertitore. È ovvio che, nell'amplificatore di MF, è senz'altro possibile ottenere la selettività richiesta, a condizione di inserire un numero sufficiente di stadi.

### L'amplificatore di MF dell'immagine

Come abbiamo accennato più sopra, l'amplificatore di MF dei ricevitori televisivi ha le sue particolarità. Inol-

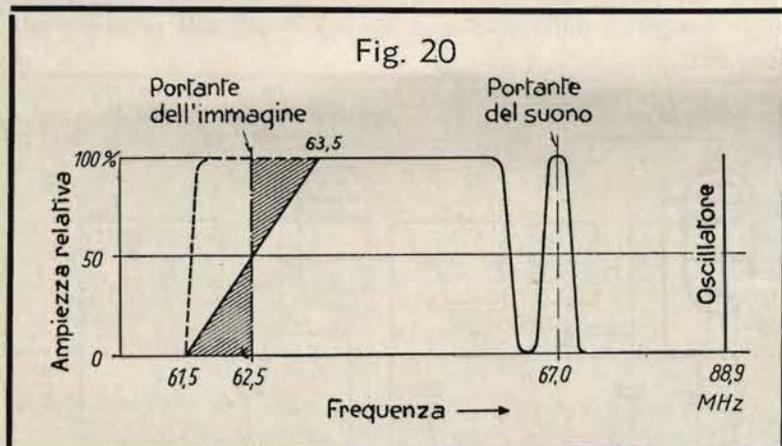
tre funziona con una sola banda laterale di modulazione, come i sistemi di telefonia a frequenze vettrici. Mentre in questi ultimi è però facile realizzare dei filtri di separazione ad alta selettività, per i ricevitori televisivi non esiste purtroppo una soluzione poco costosa. Tuttavia vedrete che il problema può essere risolto con l'ausilio di filtri di banda e con circuiti addizionali di blocco, accordati sulle frequenze indesiderate.

Bisogna accontentarsi sempre di una soluzione approssimata, che offra un risultato abbastanza soddisfacente. Benchè sia più giustificato abbondare nelle apparecchiature del trasmettitore, piuttosto che in quelle del ricevitore, dato che una sola stazione trasmittente serve molti apparecchi riceventi, tuttavia anche nei trasmettitori televisivi è praticamente impossibile separare nettamente, in corrispondenza della portante, le frequenze trasmesse. Le Norme prescriverebbero la soppressione della banda di modulazione inferiore e richiedono che la portante del suono si trovi a 5,5 MHz al di sopra della portante dell'immagine.



Una soluzione possibile si ottiene tagliando la banda inferiore di modulazione a circa 1 MHz sotto la portante, in modo da produrre una distribuzione delle frequenze corrispondente a quella indicata in fig. 19. A tutta prima voi sarete molto scettico sui risultati di questo procedimento. Osserverete giustamente che le frequenze più basse, che circondano la portante, si riproducono due volte e che quindi risulteranno esaltate. D'altra parte però, conoscendo la modulazione con due bande laterali, voi sapete che queste non si disturbano a vicenda, ma si ricompongono nella demodulazione, coincidendo tanto nella frequenza che nella fase. È difficile dotare gli apparecchi riceventi di un filtro a fianco verticale (come nella fig. 19), d'altronde non è nemmeno desiderabile, poichè introdurrebbe delle distorsioni di fase. Invece è facile realizzare un filtro con un fianco rettilineo inclinato, come quello della fig. 20 (un cosiddetto « fianco di Nyquist »). Osservando i due triangoli

tratteggiati, scoprirete che il fianco inclinato del filtro toglie dalla banda superiore esattamente quanto lascia passare dalla banda inferiore. Con questo accorgimento le due bande si completano, in modo che tutte le frequenze di modulazione vengono trasmesse proprio una volta sola. La portante rimane però dimezzata, ma ciò non ha importanza.



L'unico inconveniente inevitabile di questo sistema è che la banda di frequenza da trasmettere viene allargata di 1 MHz. Ma qualsiasi vantaggio, specie nella tecnica, deve essere pagato al prezzo di qualche concessione. Dopo questa introduzione, possiamo considerare lo schema di un amplificatore di MF per ricevitore televisivo (fig. 21). Data la grande larghezza di banda, in uno stadio di MF si ottiene un'amplificazione di circa 20 volte soltanto, per la qual cosa si impiegano spesso 3 e perfino 4 valvole amplificatrici di MF.

Poichè gli apparecchi per la Norma europea sono per ora molto rari, consideriamo lo

schema della parte di MF di un apparecchio americano « General Electric ». Il numero di linee normalizzato in America è di 525; pertanto la distanza tra le due portanti (immagine e suono) è di 4,5 MHz soltanto. Come principio, però, non c'è nulla di cambiato. Nell'amplificatore a MF la portante dell'immagine è trasportata a 26,4 MHz. Poichè nel caso considerato la frequenza ausiliaria generata dall'oscillatore è superiore alla frequenza di ricezione, invece di quella inferiore viene eliminata la banda superiore. La portante del suono, con relative bande laterali, si trova sui 21,9 MHz. Spiegheremo questi valori con una breve ricapitolazione.

La portante dell'immagine nel trasmettitore sia, per esempio, 62,5 MHz. La banda inferiore di modulazione viene soppressa al di sotto dei 61,5 MHz. La portante del suono si trova a 67 MHz, circondata dalle sue bande laterali relativamente ristrette. Per ottenere la MF scelta occorre una frequenza ausiliaria di 88,9 MHz. La portante dell'immagine si trasporta così, in media frequenza, a  $88,9 - 62,5 = 26,4$  MHz (fig. 22). La portante del suono viene a trovarsi così sotto a quella dell'immagine e precisamente a  $88,9 - 67 = 21,9$  MHz. I limiti di frequenza della banda utilizzata sono: all'estremità inferiore, circa 350 kHz sotto la portante del suono, all'estremità superiore, a 27,4 MHz, ossia 1 MHz sopra la portante dell'immagine.

Il primo filtro tra la convertitrice di frequenza e la prima valvola di MF abbraccia l'intera banda; l'immagine e il suono non sono ancora separati. Come vedete, l'impiego di un certo numero di elementi consente di realizzare un complesso, che lascia passare soltanto la giusta banda di frequenza. È da notare il circuito di risonanza in serie, allacciato alla griglia della prima valvola di MF. Esso è accordato su 27,9 MHz e serve a impedire che venga amplificata la portante del suono della stazione adiacente, la quale, distando 6 MHz, viene a

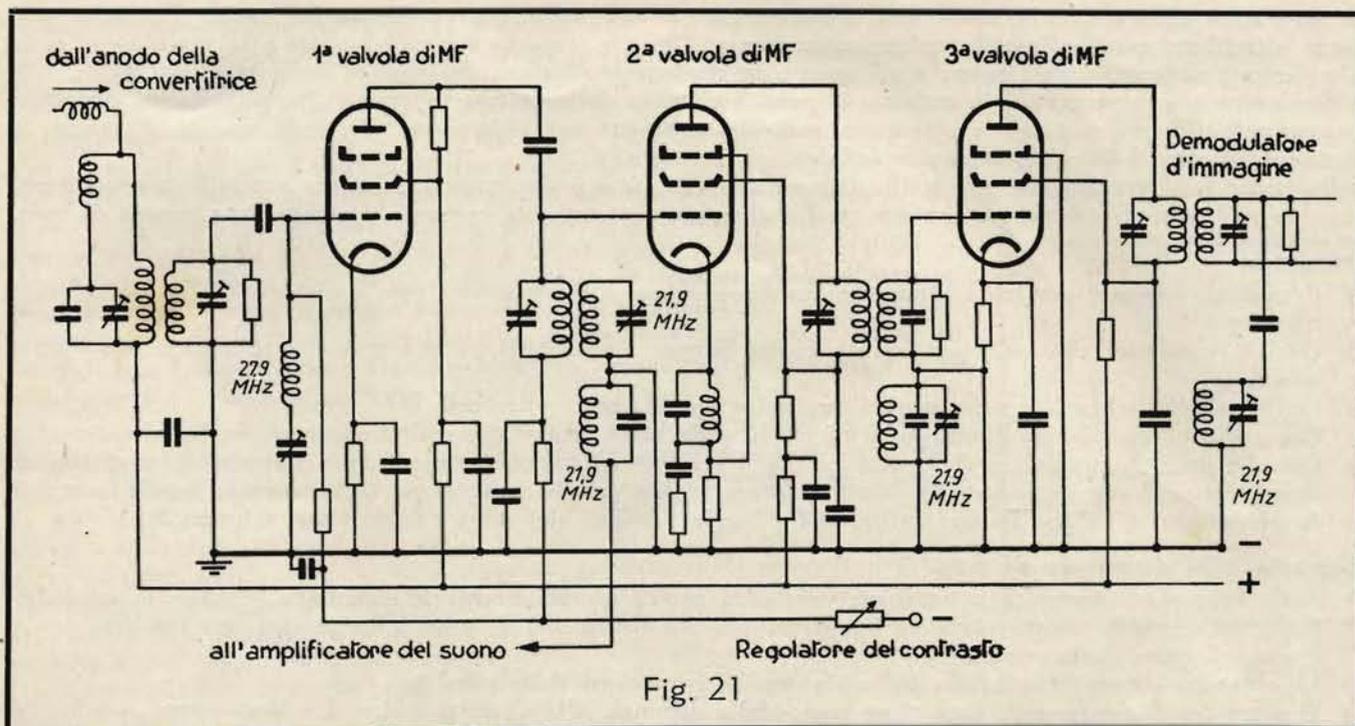


Fig. 21

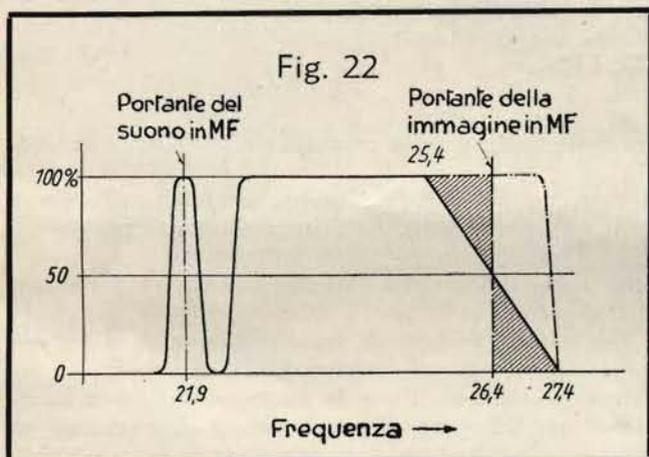


Fig. 22

cadere appunto sulla *frequenza di risonanza* suddetta. Questo *circuito* è chiamato « *trabocchetto per il suono adiacente* ». Nello stesso tempo, esso serve anche a ottenere il *fianco inclinato* che, secondo le nostre riflessioni, occorre per la buona ricezione. A parte ciò, si trovano applicati in questo *primo stadio di MF* tutti quei mezzi ausiliari che servono per conferire alla *griglia* una *tensione continua regolabile* e per stabilire il *punto di lavoro iniziale* mediante una *resistenza catodica* con *condensatore in parallelo*.

Il canale del suono viene separato tra la prima e la seconda valvola di MF. Il circuito di risonanza allacciato alla *griglia della seconda valvola* è accordato sul centro della banda trasmessa (*immagine e suono*). Sono accoppiati a questo circuito *due altri circuiti oscillanti* accordati con la *portante del suono*, ed il collegamento tra di essi è posto a *massa* o a *terra*.

Dal secondo di questi *circuiti oscillanti* si va alla *griglia dell'amplificatore di MF del suono*. Risulta subito evidente che i *due circuiti oscillanti*, accordati sulla *portante del suono*, estraggono quest'ultima dal miscuglio di frequenze presenti nella corrente anodica della prima valvola di MF, e la trasmettono all'amplificatore del suono. Dal momento che questi *circuiti di risonanza* assorbono la *portante del suono*, essa rimane sensibilmente indebolita sulla *griglia della seconda valvola*. Nel medesimo senso agisce anche il *circuito di controreazione* nel collegamento catodico della stessa valvola. Si tratta di un circuito accordato anch'esso sulla medesima frequenza di 21,9 MHz, per la qual cosa presenta un'elevata *impedenza a questa frequenza*, la quale rimane pertanto fortemente attenuata. Tutti questi circuiti per la soppressione della *portante del suono* nell'amplificatore dell'immagine sono chiamati anche « *trabocchetti per il suono proprio* ».

Tra la seconda e la terza e dopo la terza valvola di MF sono inseriti i noti *filtri di larga banda*. Come sapete, la *banda passante* si allarga mediante inserzione di una *resistenza in parallelo*. Poichè questa produce un'attenuazione aggiuntiva, i *filtri di banda degli amplificatori televisivi* devono essere accoppiati molto più rigidamente che nei *radiorecettori*. L'importanza della completa separazione del suono dall'immagine è illustrata anche dal fatto che, dopo entrambe le valvole, sono nuovamente inseriti dei *filtri soppressori della frequenza di 21,9 MHz*. Uno di essi è accoppiato induttivamente, l'altro capacitivamente. L'effetto è il medesimo precedentemente spiegato. Il *circuito di risonanza* estrae la frequenza in questione ed impedisce che essa prosegua nel canale dell'immagine. Le rimanenti *resistenze* servono, al solito, per ottenere delle giuste *tensioni continue*, mentre gli altri *condensatori* servono da corticircuiti per l'alternata. Non occorre che entriamo qui in tutti i particolari dello schema. Come *demodulatore per l'immagine* s'impiega, in sostanza, lo stesso dispositivo utilizzato anche nei *radiorecettori normali*. Data la grande larghezza della banda che ha origine nella *demodulazione della MF d'immagine*, i valori degli elementi del *raddrizzatore* devono essere tutti corrispondentemente bassi.

Dobbiamo prestare un po' d'attenzione anche al *regolatore del contrasto* ed al suo compito.

La possibilità di regolare la luminosità dell'immagine non è sufficiente; un'immagine molto luminosa può essere altrettanto confusa quanto un'immagine scura. Ciò che importa sono i *contrast*i e la *gradazione*, ossia la *sufficiente differenza tra i chiari e gli scuri* e la *giusta riproduzione dei toni di luce intermedi*.

*Il regolatore di contrasto serve a stabilire il punto di lavoro delle valvole a fattore d'amplificazione variabile. Aumentando l'amplificazione, si ottengono maggiori contrasti nei chiaroscuri. Successivamente si regola la luminosità media dell'immagine, senza influire sul contrasto.*

Nello stadio raddrizzatore non c'è nulla di essenzialmente nuovo da imparare. Invece l'amplificatore d'immagine dei ricevitori di televisione contiene molte altre cose interessanti, e perciò lo tratteremo ancora da solo.

### Domande

- 1) Perché nei circuiti per onde ultracorte mancano spesso i condensatori per la messa a punto dei circuiti risonanti?
- 2) Qual è l'esigenza principale per le valvole che devono amplificare uniformemente una larga banda di frequenza?
- 3) Quali sono gli schemi di generatori d'oscillazioni per le onde ultracorte che conoscete?
- 4) Che cos'è che proibisce l'impiego degli esodi nello stadio convertitore di frequenza per la televisione?
- 5) Come è possibile realizzare il funzionamento dei ricevitori televisivi, con banda laterale di modulazione unica, senza dover impiegare un filtro a fianco *ripido* per la separazione della seconda banda laterale?
- 6) In che modo si ottiene l'allargamento della banda passante dei filtri nei ricevitori televisivi?

### Risposte alle domande di pag. 7

- 1) Nella telefonia automatica interurbana non si fa uso di un'unica centrale gigantesca, perché ciò implicherebbe un'eccessiva e antieconomica lunghezza per i collegamenti di posti a breve distanza tra loro, ma a grande distanza dalla centrale.
- 2) La chiamata diretta interurbana ha inizio con la formazione della cifra 0.
- 3) Il contatore di tempo e di zona tiene conto della distanza, alla quale si svolge il collegamento, nonché del tempo, in unità di 3 minuti. A questo proposito vengono contati per intero i 3 minuti appena incominciati.
- 4) Partecipano al collegamento tra la centralina terminale e la centrale principale:  
nella centralina terminale CC e CGC  
nella centralina principale: CGE (CCR, CR, RL), 2° CG, CL.

### Risposte alle domande di pag. 11

- 1) La misura dell'eco è basata sulla possibilità di riflettere delle onde e sulla costanza delle velocità di propagazione delle onde stesse.
- 2) Data l'elevatissima velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche, le distanze normali sulla Terra sono superate nel corso di tempi brevissimi (millisecondi o microsecondi). La misura di questi tempuscoli presenta difficoltà non indifferenti.
- 3) L'abbreviazione « radar » fa accenno alla misura mediante onde della radio, al rilevamento goniometrico della direzione ed alla determinazione della distanza dell'oggetto.
- 4) I vantaggi dell'antenna direzionale risiedono nel fatto che tutta l'energia di trasmissione e di ricezione viene concentrata in una sola direzione; si consegue pertanto un notevole risparmio di energia.
- 5) Le parti principali di un apparecchio radar sono: le antenne direzionali per la trasmissione e per la ricezione, il trasmettitore per l'emissione di impulsi d'AF, l'amplificatore di ricezione, il dispositivo per l'asse dei tempi e il tubo indicatore a raggi catodici.

## RADIOTECNICA

### LA DEMODULAZIONE DELLE OSCILLAZIONI MODULATE IN FREQUENZA

Nella Dispensa precedente abbiamo constatato che la *televisione senza fili* è possibile soltanto con l'aiuto delle *onde ultracorte*. Anche dove non esiste una speciale rete di radiodiffusione a *onde ultracorte*, la televisione richiede che il *suono*, che accompagna le immagini, sia modulato su una *portante* compresa tra le *onde ultracorte*. Dalle nostre spiegazioni sulle proprietà delle *onde ultracorte* avete appreso che la *modulazione di frequenza* consente di attuare una trasmissione eccellente in questa gamma di frequenza. Tutti i nostri precedenti schemi di apparecchi radio presupponevano però la *modulazione d'ampiezza* e sono pertanto inutilizzabili col sistema a *modulazione di frequenza*.

Uno schema semplice per la *demodulazione di oscillazioni modulate in frequenza* è già stato riportato nella Dispensa N. 21, in relazione alla *telegrafia di immagini*. Rileggete nel Capitolo relativo di tale Dispensa in che modo è possibile ottenere una *corrente modulata in frequenza e dotata di ampiezza costante*.

Si impiega un comune *circuito di risonanza* e lo si accorda in modo che l'onda da ricevere *non cada sul massimo, bensì sul fianco della curva di risonanza*. Supponiamo di utilizzare il fianco sinistro, come nella fig. 9 della Dispensa N. 21. In un'oscillazione modulata in frequenza con una BF sinusoidale, si presentano in ciascun periodo della BF un aumento e una diminuzione dell'AF. L'aumento di frequenza provoca nel nostro caso una *ampiezza maggiore*, spostandosi verso la parte superiore della curva di risonanza, mentre la *diminuzione di frequenza* è causa di un'ampiezza minore. Questo *circuito oscillante* trasforma quindi la *modulazione di frequenza* in *modulazione d'ampiezza*, e dalle *oscillazioni modulate in ampiezza* si possono ricavare, mediante semplice raddrizzamento, le BF trasmesse. Questo genere di *demodulazione* si impiega ormai piuttosto di rado; tuttavia abbiamo voluto ricordarlo per dimostrare il semplice principio che consente la *demodula-*

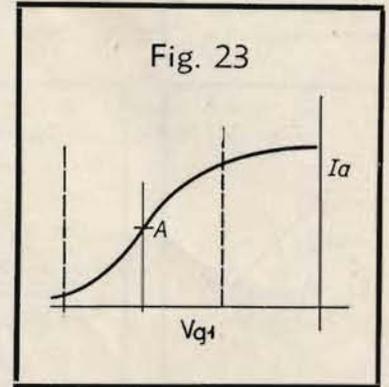
zione delle oscillazioni modulate in frequenza.

Nelle pagine seguenti ci occuperemo di quegli schemi di demodulazione che sono applicati soprattutto negli apparecchi di gran classe.

## Il discriminatore

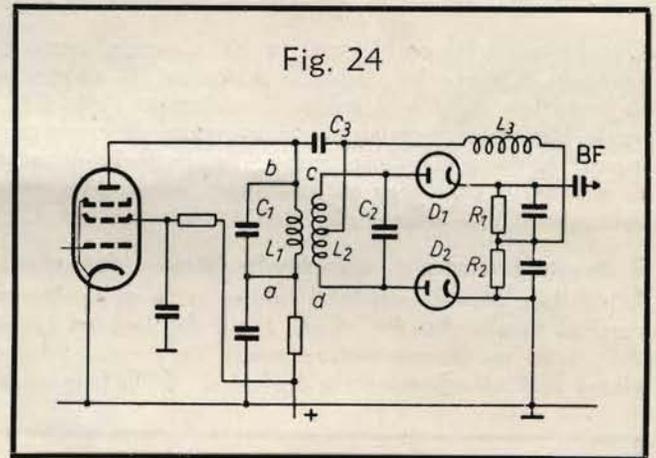
Per poter far uso dello schema sopramenzionato è necessario *sopprimere qualsiasi variazione d'ampiezza delle oscillazioni modulate in frequenza*, avendosi altrimenti dei disturbi nella demodulazione. Si inserisce a questo scopo un apposito stadio limitatore. In linea di principio qualsiasi schema con controllo automatico di volume attua già una certa limitazione, poichè riduce l'amplificazione quando l'ampiezza delle oscillazioni ricevute è superiore al normale. Per la modulazione di frequenza, però, questo dispositivo non basta. Comunque è facile realizzare la limitazione d'ampiezza usando dei pentodi con bassa tensione di griglia-schermo. La caratteristica  $I_a - V_{g1}$  assume allora l'andamento indicato nella fig. 23.

Scegliendo il punto di lavoro *A* nel mezzo del tratto ascendente della caratteristica, si ottiene una corrente anodica che cresce, con l'aumentare della tensione di griglia, soltanto finchè arriva al tratto orizzontale. Per ottenere la limitazione d'ampiezza, bisogna che la tensione di griglia oscilli almeno entro i valori segnati nella fig. 23 dalle linee verticali a trattini. Le variazioni maggiori non provocano alcun ulteriore aumento della corrente anodica, che rimane pertanto limitata. Se le ampiezze sono invece inferiori ai valori suddetti, si manifestano dei disturbi. Per poter fare assegnamento su un funzionamento ineccepibile, bisogna garantire una certa ampiezza base. La limitazione provoca in realtà certe deformazioni delle oscillazioni, ma esse non possono dar luogo a inconvenienti.



Lo stadio limitatore ora descritto agisce sul filtro di banda del discriminatore, rappresentato nella fig. 24. Si tratta di un normale filtro di banda, che presenta però la particolarità di avere la bobina del circuito secondario dotata di una presa centrale collegata attraverso al condensatore  $C_3$  con l'estremità lato placca del circuito primario. Per capire la ragion d'essere di questo schema, vi dobbiamo spiegare le relazioni di fase che si presentano nel filtro di banda accordato.

Quando il filtro è in risonanza, sussiste una differenza di fase di  $90^\circ$  tra il circuito primario ed il secondario. Se invece la frequenza si allontana dalla risonanza, la differenza di fase diventa maggiore o minore, secondo che la frequenza sia superiore o inferiore alla risonanza.

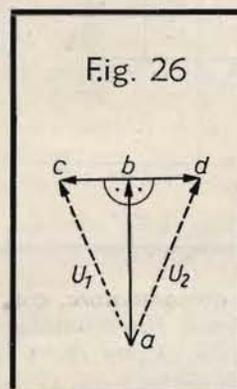
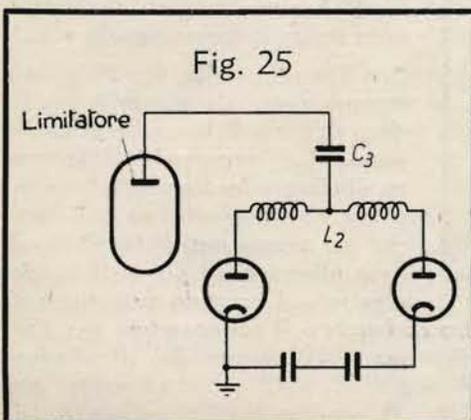


Inutile indagare qui se si tratta di differenza di fase in ritardo o in anticipo, non interessando ciò agli scopi della presente trattazione.

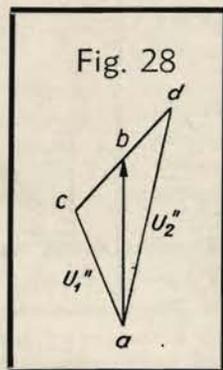
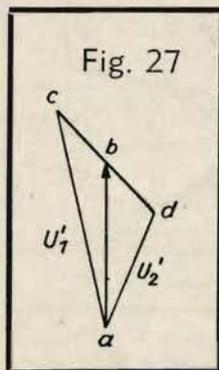
Alle due estremità secondarie (*c* e *d*) del filtro di banda ( $L_2$ ), sono allacciati in perfetta simmetria i due diodi ( $D_1$  e  $D_2$ ) con le relative resistenze di carico ( $R_1$  e  $R_2$ ).

Quando l'apparecchio funziona, abbiamo tra i punti *c* e *d* una tensione alternata. Nel momento in cui *c* è positivo rispetto al centro della bobina, *d* è negativo, e viceversa. Avremo quindi, a quanto pare, un funzionamento analogo a quello di un raddrizzatore a due vie. Le cadute di tensione continua nelle resistenze  $R_1$  ed  $R_2$  sarebbero uguali, per la qual cosa i catodi dei due diodi presenterebbero entrambi la medesima tensione positiva rispetto al punto mediano tra le due resistenze, e nessuna tensione tra di loro.

Tutto questo sarebbe esatto se non ci fosse il condensatore  $C_3$ . Per comprenderne l'effetto, dobbiamo considerare tre casi. Cominciamo con l'ipotesi della risonanza. Attraverso al condensatore  $C_3$  e ad una metà della bobina  $L_2$  si applica un'altra volta, agli anodi dei diodi, la medesima AF che essi già ricevono induttivamente dal filtro di banda; ciò è chiaramente mostrato nella fig. 25. I catodi sono collegati con la massa direttamente oppure attraverso a condensatori, il che per l'AF è la stessa cosa. Con questa tensione, che agisce ugualmente su entrambi i diodi e che proviene direttamente dall'anodo della valvola limitatrice attraverso al condensatore  $C_3$  (che per l'AF presenta un'impedenza bassissima), si somma la tensione indotta dal



primario al secondario del filtro di banda. Come abbiamo visto più sopra, questa tensione agisce in *controfase* sui diodi. Quando il filtro è in risonanza, la tensione applicata a uno dei diodi risulta composta dalla suddetta *tensione primaria* derivata direttamente attraverso  $C_3$  e da una *tensione secondaria sfasata di  $90^\circ$  in anticipo*; mentre all'altro diodo si ha la *tensione primaria* e una *tensione secondaria sfasata di  $90^\circ$  in ritardo*. Da quanto abbiamo spiegato a suo tempo, per aggiungere delle tensioni che non siano in concordanza di fase bisogna ricorrere alla rappresentazione geometrica o vettoriale. Ciò è fatto nella fig. 26, dove  $ab$  rappresenta la *tensione primaria*, mentre  $bc$  e  $bd$  sono le *tensioni secondarie*, l'una in anticipo, l'altra in ritardo. Come risultato si ottengono due tensioni  $u_1$  e  $u_2$  di uguale valore (perchè  $ac$  ha la stessa lunghezza di  $ad$ ). Avendosi due uguali tensioni d' $AF$ , si formano nelle resistenze  $R_1$  ed  $R_2$  (che abbiamo supposto uguali) *due tensioni continue uguali*. La corrente continua si chiude attraverso alla bobina  $L_3$ .



Con ciò constaterete che, nel caso della *risonanza*, non si forma alcuna tensione tra i due catodi, mentre è appunto tra di essi che si dovrebbe poter prelevare la  $BF$ . Ora ci sovviene però che, nel caso della *risonanza*, l' $AF$  è identica alla *frequenza portante* e che quindi, in questo caso, la tensione di  $BF$  deve per forza risultare *nulla*. Eccoci sulla buona strada: è *proprio solo nel caso della risonanza che la tensione tra i due catodi risulta uguale a zero!* Quando la *frequenza* è più elevata o più bassa della *portante*, lo sfasamento tra la *tensione primaria* e quella *secondaria* diventa maggiore o minore di  $90^\circ$ . Si vede nella fig. 27 ciò che avviene quando l'*angolo di fase* fra *tensione primaria* e *secondaria* diventa, per esempio, uguale a  $45^\circ$ .

La tensione  $u_1'$  è aumentata, rispetto al caso della *risonanza*, mentre  $u_2'$  è diminuita. In questo istante le ampiezze delle  $AF$  applicate ai due diodi sono differenti, e pertanto sono differenti anche le tensioni continue ai capi di  $R_1$  ed  $R_2$ ; si manifesta quindi una certa

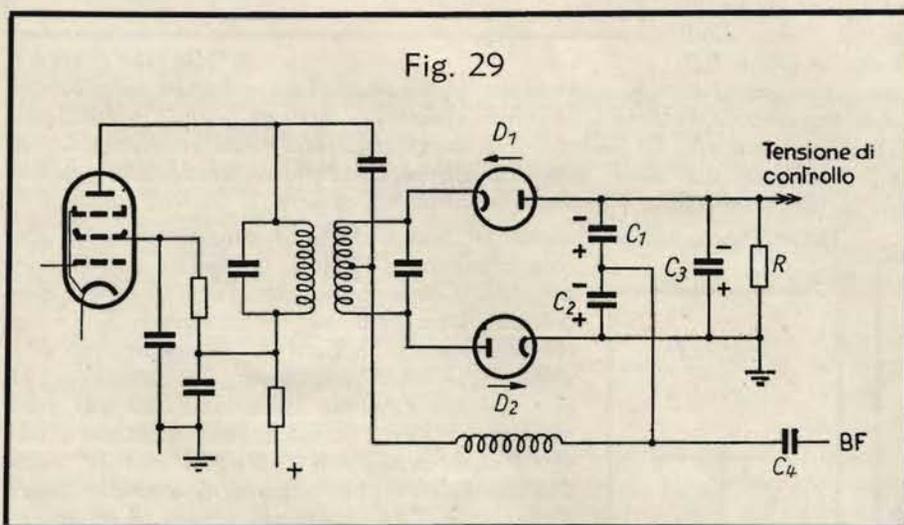
tensione tra i catodi dei diodi. Poichè la frequenza oscilla nel ritmo della  $BF$  modulante, un istante dopo sussiste il terzo caso, rappresentato nella fig. 28:  $u_1''$  è divenuta minore,  $u_2''$  maggiore.

Come risulta da queste spiegazioni, la *tensione esistente tra i catodi dei due diodi* oscilla nel ritmo della  $BF$ .

L'ampiezza delle oscillazioni in  $BF$  dipende, come era stato postulato, dalla variazione dell' $AF$  rispetto alla *portante*. È vero che anche le *variazioni di ampiezza* che si presentassero contemporaneamente alle *variazioni di frequenza* sarebbero causa di *variazioni della BF*. Per questa ragione si antepone appunto il *limitatore*, il quale *elimina contemporaneamente tutte le ampiezze di disturbo*. Lo *stadio limitatore* rappresenta naturalmente un costo maggiore, tanto più che richiede un *aumento dell'amplificazione*, dovendo l'*ampiezza* essere in ogni caso *superiore al limite prescritto*. Per questa ragione si è cercato di trovare uno schema che permettesse di rinunciare allo *stadio limitatore*.

### Il demodulatore di quoziente (Radio-detector)

È possibile fare a meno del *limitatore* se si fa dipendere l'*ampiezza della BF* non più dalla *differenza* tra le tensioni fornite dai due diodi, bensì dal loro *quoziente*. Che cosa ciò significhi lo possiamo dimostrare con l'esempio di un *discriminatore senza limitatore*. Supponiamo che, in un primo caso, data una determinata ampiezza dell' $AF$  ed una certa deviazione della frequenza, il *primo diodo* produca  $6\text{ V} - 2\text{ V} = 4\text{ V}$ .



Se con la medesima deviazione della frequenza l'*ampiezza dell'AF* si *raddoppiasse*, risulterebbero *raddoppiate tutte le tensioni* (ammesso che il raddrizzamento avvenga linearmente) e quindi diverrebbe *doppia* anche l'*ampiezza della BF*. Il *quoziente delle tensioni continue prodotte dai diodi* è rimasto però *inalterato*, ossia nel nostro caso uguale a 3:1.

Con l'ausilio della fig. 29 esamineremo come sia possibile soddisfare alla condizione che abbiamo posto. La principale differenza tra il *discriminatore* e il *demodulatore di quoziente* sta nel fatto che nel *primo entrambi gli anodi sono allacciati al filtro di banda*, mentre nel *secondo per una val-*

*vola è l'anodo, per l'altra il catodo*. L'entrata del *demodulatore*, con *filtro di banda* e il *condensatore* per l'accoppiamento diretto all'anodo della *valvola precedente*, corrispondono esattamente all'entrata del *discriminatore*. Data la direzione della corrente in ciascun diodo, risulta che i condensatori  $C_1$  e  $C_2$  si caricheranno con la polarità indicata, e così pure  $C_3$ . Si attua quindi un importante artificio. Il condensatore  $C_3$  si sceglie di

capacità molto elevata, attorno ai 10  $\mu$ F. Dato che anche la resistenza  $R$ , posta in parallelo a  $C_3$ , è piuttosto elevata (attorno ai 50 k $\Omega$ ), non può manifestarsi alcuna variazione di tensione ai capi di  $C_3$  nel corso di un periodo di  $AF$ . Anche brevi variazioni di ampiezza, dovute a disturbi, non possono provocare variazioni della tensione di  $C_3$ . Agli effetti della demodulazione, la tensione del condensatore  $C_3$  è da considerarsi costante. Ne risulta che la somma delle tensioni di  $C_1$  e  $C_2$  deve essere sempre costante, mentre ciascuna di esse può naturalmente variare. È ovvio che il quoziente di queste due tensioni debba dipendere unicamente dal quoziente delle tensioni alternate applicate ai diodi. In questo modo siamo effettivamente riusciti a ottenere delle tensioni che variano unicamente in dipendenza dal quoziente delle correnti nei diodi, mentre la loro somma equivale ad un valore costante!

Le tensioni d' $AF$  applicate ai diodi variano, malgrado la differente inserzione dei diodi stessi, nell'identico modo come nel discriminatore. La ripartizione delle tensioni nei condensatori  $C_1$  e  $C_2$  è indipendente dall'ampiezza dell' $AF$  e segue soltanto la variazione di frequenza imposta nella modulazione. Come abbiamo già accennato, le variazioni d'ampiezza dovute a disturbi non hanno la possibilità di manifestarsi. Se invece si presenta una lenta variazione dell'ampiezza d' $AF$ , il condensatore  $C_3$  assumerà effettivamente una tensione diversa e ne risulteranno dei quozienti modificati.

Nel corso di un periodo di  $BF$  la ripartizione della tensione tra  $C_1$  e  $C_2$  oscilla in dipendenza dalla maggiore o minore deviazione dell' $AF$  dalla frequenza di risonanza del filtro di banda, ossia dalla frequenza portante. Ai capi dei condensatori  $C_1$  e  $C_2$  agisce, oltre alla tensione continua, la  $BF$  demodulata. Dato che nello schema della fig. 29 il catodo di  $D_2$  è messo a terra, la  $BF$  va prelevata attraverso al condensatore  $C_4$  per trattenere la tensione continua.

Possiamo rilevare, inoltre, che la tensione continua ricavata ai capi del condensatore  $C_3$  è proporzionale all'ampiezza media dell' $AF$ , dalla quale elimina però le variazioni rapide e i disturbi. Data anche la sua giusta polarità, questa tensione può essere impiegata per il controllo automatico del volume. Per tutte queste ragioni (e cioè perchè rende inutile il limitatore e perchè fornisce nello stesso tempo la tensione per il controllo automatico), il demodulatore di quoziente è molto più efficiente del discriminatore e perciò viene impiegato assai spesso. Negli schemi pratici l'uno o l'altro particolare potrà essere, alle volte, modificato, ma il principio essenziale rimane sempre immutato.

## Il detector di fase

Un terzo sistema per la demodulazione delle onde modulate in frequenza è stato sviluppato dalla Philips: si tratta del sistema a detector di fase. L'organo principale di questo dispositivo è una valvola speciale con non meno di sette griglie oltre al catodo ed all'anodo. Lo schema di questa valvola, che potremmo chiamare « nodo », è riportato nella fig. 30. Questo tipo di valvola è designato con la sigla EQ80.

Ve ne spiegheremo la costruzione ed il funzionamento. Il catodo è seguito da una cosiddetta « griglia limitatrice di corrente », simile a quella che abbiamo conosciuto nell'occhio magico. Compito di questa griglia, nonchè della griglia-schermo che viene dopo, è di far sì che la corrente erogata al susseguente sistema elettronico sia costante.

La terza griglia costituisce la prima griglia-pilota. Dopo una seconda griglia-schermo segue la quinta griglia, che è la seconda griglia-pilota. Seguono infine gli elettrodi terminali, uguali a quelli del pentodo, e cioè griglia-schermo, griglia di soppressione e placca.

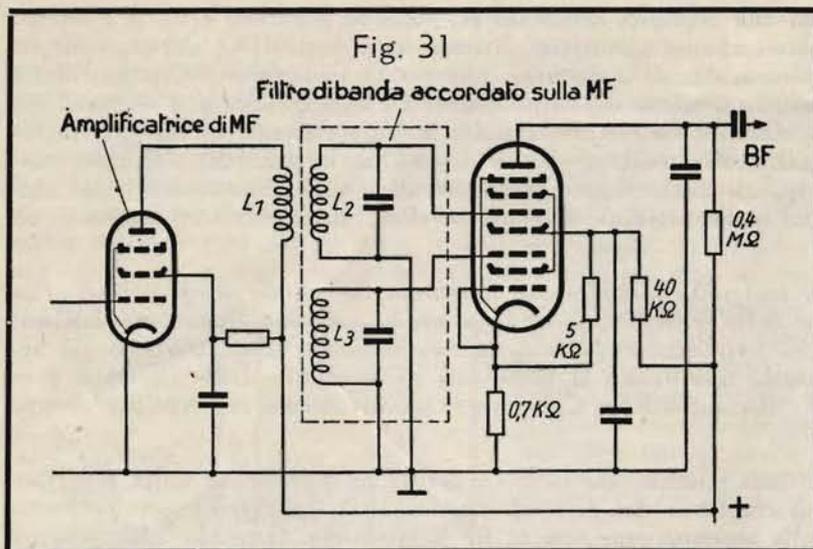
Dato il gran numero di griglie, la corrente anodica dipende dalla tensione anodica ancora meno che nel pentodo. Le griglie-schermo sono poste alla solita tensione continua costante, mentre le griglie pilota hanno una lieve polarizzazione negativa. La ragion d'essere di tutte queste griglie è che, per ottenere una corrente anodica, bisogna che entrambe le griglie-pilota siano simultaneamente, almeno per breve tempo, positive. Se una sola delle due griglie-pilota è negativa, non può passare alcuna corrente.

Il fatto più importante e interessante è che, almeno entro certi limiti, il valore della tensione di queste stesse griglie è senza influenza sull'intensità della corrente anodica. Si richiede soltanto che entrambe le griglie siano positive, ma il valore della loro tensione non ha importanza. Se gli elementi componenti dello schema sono stati calcolati come si deve, esistono due sole possibilità per la corrente anodica: o presenta una certa intensità finale, oppure è nulla.

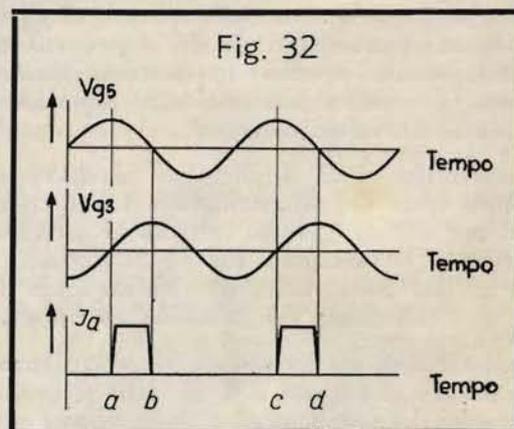
Dalla fig. 31 risulta che il tubo detector di fase può essere impiegato come demodulatore di oscillazioni modulate in frequenza. Anche qui si fa uso dello spostamento di fase tra la tensione primaria e quella secondaria nei filtri di banda, in prossimità della risonanza.

La bobina  $L_1$  nel circuito anodico dell'ultima valvola di  $MF$  è accoppiata rigidamente con l'entrata del filtro di banda, per mezzo di  $L_2$ .  $L_2$  ed  $L_3$  sono invece accoppiate tra loro leggermente, come d'uso nei filtri di banda. I due capi inferiori dei circuiti oscillanti sono allacciati a massa; quelli superiori vanno alle griglie-pilota





della EQ80. Come nel *discriminatore*, nel caso della risonanza le tensioni all'entrata ed all'uscita del filtro sono sfasate di



$90^\circ$  fra di loro. Non consideriamo per ora la *polarizzazione di griglia* e osserviamo semplicemente che le due *griglie-pilota* sono sottoposte a *tensioni alternate sfasate tra loro di  $90^\circ$*  (fig. 32).

Per stabilire i periodi in cui passa la *corrente anodica*, bisogna cercare i tratti delle curve della tensione che, per entrambe le griglie, si trovano contemporaneamente sopra l'asse orizzontale. Nella fig. 32 ciò avviene nei tratti da *a* a *b* e da *c* a *d*. Quando lo spostamento di fase è di  $90^\circ$ , si ottiene la *corrente anodica* soltanto durante un quarto del periodo. Se lo sfasamento aumenta, il periodo durante il quale passa la *corrente anodica* diviene ancora più breve. Come potete rilevare voi stesso, quando lo sfasamento diventa uguale a  $180^\circ$ , la *corrente anodica* rimane completamente bloccata. La massima *corrente anodica* possibile, quando alle due griglie sono applicate *tensioni alternate della medesima frequenza*, si ottiene nel caso che queste *tensioni* siano in *concordanza di fase*. Entrambe le *griglie* sono contemporaneamente *positive per mezzo periodo* e poi *negative per l'altro mezzo periodo*; anche la *corrente anodica* passa soltanto durante mezzo periodo.

Dopo aver esaminato i casi-limiti, e sapendo che quando la *frequenza* si scosta dalla *risonanza del filtro di banda* ne consegue una *variazione nella relazione di fase* tra la *tensione primaria* e quella *secondaria*, possiamo spiegare come avvenga la *demodulazione col detector di fase*.

Durante ciascun periodo della *bassa frequenza*, la *frequenza istantanea* è per un po' superiore e per un po' inferiore alla *frequenza portante*. Si ottengono perciò in ciascun periodo di *BF* degli impulsi di *corrente anodica* di durata più o meno lunga. I rapidi impulsi determinati dall'*alta frequenza* non possono esercitare alcun effetto, perchè sono assorbiti dal *condensatore* inserito in parallelo alla *resistenza anodica*. Invece la *variazione della durata* dei singoli impulsi provoca la *carica* o la *scarica* del *condensatore*. La *tensione alternata* che si presenta così ai capi del *condensatore*, a seguito della *variazione della sua carica*, contiene naturalmente la *BF*. Dalle nostre spiegazioni sulla *demodulazione delle oscillazioni modulate in ampiezza* voi sapete già come si dimensionano questi complessi di *resistenza* e *capacità*. Qui il problema è ancora più semplice, perchè la *BF* è sempre la stessa, mentre la *MF* non è più attorno ai 470 kHz, bensì attorno ai 10-20 MHz. La *BF* si deriva anche qui dall'*anodo* attraverso ad un *condensatore*, per separarla dalla *tensione continua*.

Come vedete, anche col *detector di fase* non occorre un *limitatore*. Pertanto il *demodulatore* per la *modulazione di frequenza* diventa relativamente semplice e corrisponde sensibilmente, nella costruzione, ai tipi impiegati nella *modulazione di ampiezza*. La *MF* è però notevolmente più alta, come abbiamo già detto.

### Domande

- 1) Quali sono i demodulatori per le trasmissioni a modulazione di frequenza, che non richiedono l'uso di un limitatore?
- 2) Qual è la proprietà dei filtri di banda, importante per la demodulazione delle oscillazioni a modulazione di frequenza?
- 3) Perchè nel demodulatore di quoziente bisogna inserire tra i due diodi un grosso condensatore con un'elevata resistenza in parallelo?
- 4) In che cosa differiscono gli schemi del demodulatore di quoziente e del discriminatore?
- 5) Come si spiega la denominazione: « *detector di fase* »?
- 6) Quale dev'essere lo sfasamento tra le tensioni delle due griglie-pilota nel detector di fase, se la corrente anodica dev'essere massima, oppure minima?

## Risposte alle domande di pag. 14/15

- 1) La dinamica di una radiotrasmissione è il rapporto delle ampiezze di *BF* nei punti corrispondenti al minimo ed al massimo volume sonoro.
- 2) Nella modulazione d'ampiezza, la *BF* trasmessa è espressa dalla continua oscillazione dell'ampiezza dell'*AF*. Poichè i disturbi provocano la variazione delle ampiezze, il loro effetto è molto forte nella modulazione d'ampiezza. Al contrario, nella modulazione di frequenza l'ampiezza delle oscillazioni non ha alcun rapporto con la *BF* trasmessa. Le variazioni d'ampiezza provocate dai disturbi non possono aver effetto fastidioso, perchè nel ricevitore le ampiezze sono artificialmente ridotte ad un livello costante.
- 3) La banda d'*AF* delle trasmissioni modulate in frequenza è più di dieci volte maggiore della banda usata con la modulazione d'ampiezza nelle gamme delle onde lunghe, medie e corte.
- 4) Per ottenere la modulazione di frequenza occorre una valvola a forte pendenza variabile col punto di lavoro.
- 5) L'ammettenza creata dalla valvola ausiliaria può essere piccola, perchè nel campo delle onde ultracorte si lavora con variazioni di frequenza relativamente esigue.

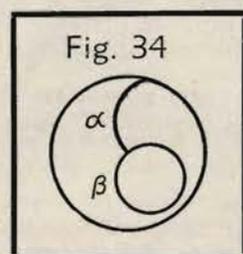
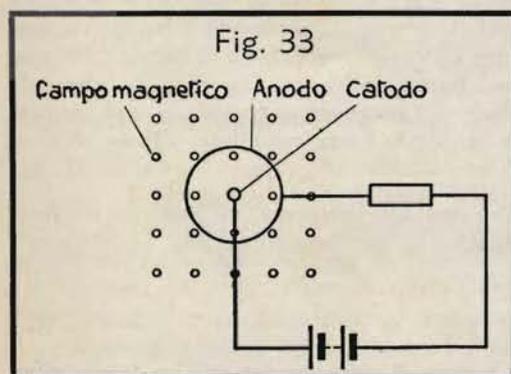
## RADAR

### LA PRODUZIONE DELLE ONDE CENTIMETRICHE

Nella moderna tecnica del *radar* la produzione di *onde cortissime* è importante per varie ragioni. È chiaro che la concentrazione del raggio elettromagnetico può essere effettuata tanto più facilmente e con minor dispendio, quanto più corte sono le onde usate. Inoltre, con le onde più corte, è meglio assicurata la propagazione diretta e rettilinea, che consente di evitare le influenze del terreno e dell'atmosfera. C'è poi un'altra circostanza: la riflessione delle onde, per effetto di oggetti relativamente piccoli, avviene in modo tanto più sicuro e determinato, quanto più corte sono le onde in giuoco. D'altronde era ormai noto da tempo che il miglior funzionamento del *radar* si sarebbe ottenuto impiegando delle *onde lunghe solo alcuni centimetri*. Il *radar* con lunghezze d'onda di alcuni decimetri e metri si applica soltanto, qualora si vogliano localizzare degli *obbiettivi a grande altezza*, dove non sempre le onde centimetriche possono giungere, a causa delle nuvole e di altri ostacoli atmosferici. Per lungo tempo però quest'idea non poté esser messa in pratica, perchè non si trovava il modo di costruire dei trasmettitori che potessero emettere un'energia sufficiente. Vi daremo ora qualche dato e qualche nozione sulla struttura e sul funzionamento di questi *trasmettitori di onde centimetriche*.

### Il magnetron

Le lunghezze d'onda attorno ai 10-20 cm costituiscono il limite inferiore, sotto il quale non è più possibile generare delle oscillazioni elettromagnetiche mediante normali tubi elettronici. Nella Dispensa N. 22, parlando del comportamento degli elettroni nel campo magnetico, abbiamo visto che questi percorrono, nel campo uniforme, un'orbita circolare. Il tempo impiegato per compiere un giro dipende dall'intensità del campo magnetico e si è trovato che esso misura circa  $10^{-9} \cdot 10^{-10}$  secondi. Il moto rotatorio si svolge pertanto con una ben determinata frequenza, che per l'appunto è compresa nella gamma delle *onde centimetriche*, così importante per il *radar*. Il *magnetron* è, nel caso più semplice, un *diodo con filamento e placca* (fig. 33).



Senza campo magnetico, gli elettroni vanno in linea retta dal catodo all'anodo. Se ora applichiamo una *magnete* con le linee di forza dirette come è indicato nella fig. 33, e ne facciamo *aumentare lentamente l'intensità*, vediamo, con l'aiuto di uno strumento inserito nel circuito anodico, che la *corrente anodica diminuisce*, benchè la tensione sia rimasta invariata. Il campo magnetico produce dunque un certo effetto sul tubo elettronico; ma in che modo?

Rammentiamoci della *deflessione magnetica del raggio elettronico* descritta nella Dispensa N. 21. Anche qui le traiettorie degli elettroni sono perpendicolari alle linee di forza magnetiche. Ciascun elettrone subisce quindi una *deflessione*, per cui, passando dal catodo

all'anodo, non segue una linea retta. *Aumentando l'intensità magnetica, la curvatura della traiettoria diviene sempre più forte* (fig. 34, traiettoria  $\alpha$ ), finchè si ha un numero sempre maggiore di elettroni che non raggiungono nemmeno la placca (fig. 34, traiettoria  $\beta$ ). Come si vede nella figura, si ottengono, anche in questo caso, delle *orbite chiuse*. Il tempo impiegato dagli elettroni per compiere l'intera rotazione corrisponde appunto alla *frequenza generata dal dispositivo*.

Lo strano si è che a generare le oscillazioni contribuiscono gli stessi elettroni che non raggiungono l'anodo.

È facile immaginare, tuttavia, che gli *elettroni ruotanti* producono dei particolari effetti in un *circuito oscillante accordato sulla frequenza di rotazione*. È inutile che descriviamo meglio la struttura del modello schizzato nella fig. 33, poichè non trova applicazione sotto questa forma. Avrebbe infatti un rendimento pessimo; quasi tutta l'energia elettrica addotta verrebbe trasformata in *calore*.

Si è trovato invece che le oscillazioni possono essere prodotte molto meglio, se il *cilindro* costituente l'anodo viene *suddiviso*. Ciò consente inoltre, se il numero delle suddivisioni è pari, di allacciare un *circuito risonante*.

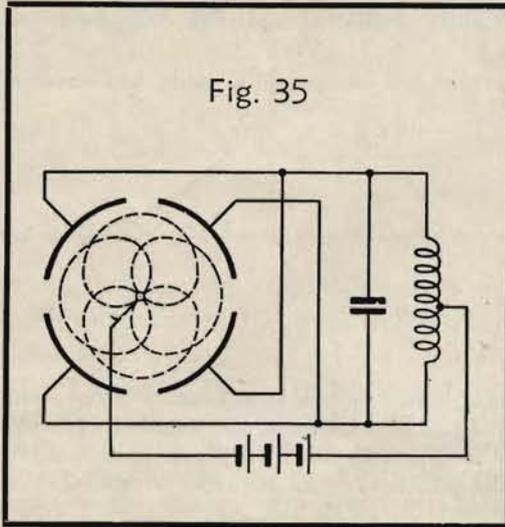


Fig. 35

Le *fenditure nel cilindro anodico* hanno naturalmente anch'esse il loro influsso sulle traiettorie degli elettroni, benchè si ottengano sempre delle curve chiuse. La fig. 35 mostra la forma fondamentale delle traiettorie per un *magnetron a quattro fenditure*. Si tratta di una specie di *rosetta quadripartita*; l'elettrone ritorna sempre in prossimità del punto di partenza. Generalmente si collega, con un conduttore il più corto e rigido possibile, *due settori prospicienti*, e si inserisce un *circuito oscillante* tra le due coppie di settori.

Particolarmente interessante è la struttura del modernissimo *magnetron ad alta potenza* rappresentato nella fig. 36. Si vede, parzialmente sezionato, il *corpo anodico* costituito da un *blocco di rame*. Si tratta di un *magnetron a otto fenditure*, anche se il corpo anodico non è completamente separato in parti staccate. Trattandosi di *onde cortissime* (pochi centimetri!), i *circuiti oscillanti* non possono essere formati nel modo convenzionale, con un'induttanza ed una capacità. Gli *8 fori cilindrici* alla periferia del cilindro costituiscono delle *cavità risonanti* di frequenza propria ben determinata. Questi cosiddetti « *risuonatori* » sono eccitati dagli elettroni che, ruotando, passano davanti alle fenditure; un po' in modo analogo a ciò che si ottiene quando si soffia contro l'apertura praticata nella parete di una cavità o cassa armonica: quest'ultima viene eccitata ed emette un suono che dipende dal suo volume e dalla sua forma. *Risulta pertanto impossibile variare in modo continuo e semplice la frequenza di un magnetron*. Nel centro del cilindro anodico, naturalmente pure in un foro, è situato il *catodo a riscaldamento indiretto*; data la grande potenza in giuoco, esso presenta delle dimensioni considerevoli.

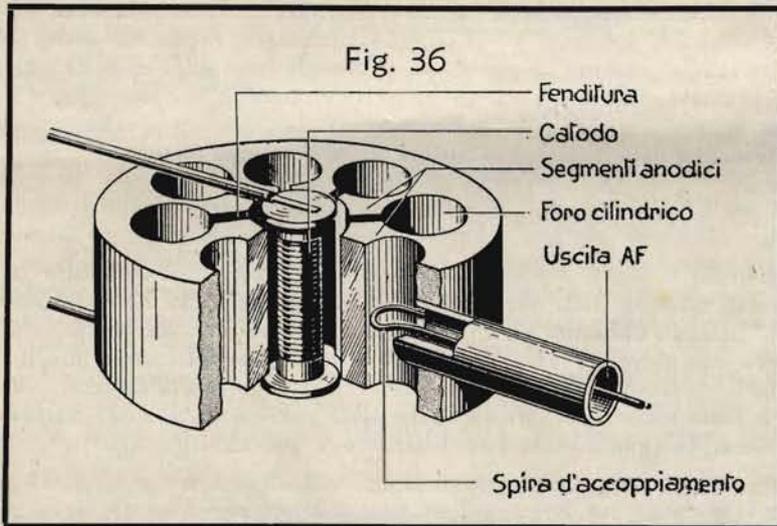


Fig. 36

Poichè tutti i *circuiti oscillanti* sono continuamente accoppiati tra loro, basta prelevare l'energia da una sola cavità. Per generare il campo magnetico si usa un *magnete permanente* di notevole intensità, i cui poli si trovano sopra e sotto il *cilindro anodico* e che produce pertanto delle linee di forza parallele all'asse del cilindro.

Per potere sviluppare la potenza necessaria, bisogna alimentare il tubo con *alta tensione*, di qualche migliaio di volt. Il *campo magnetico* deve avere *diverse migliaia di gauss*, affinché il funzionamento sia possibile.

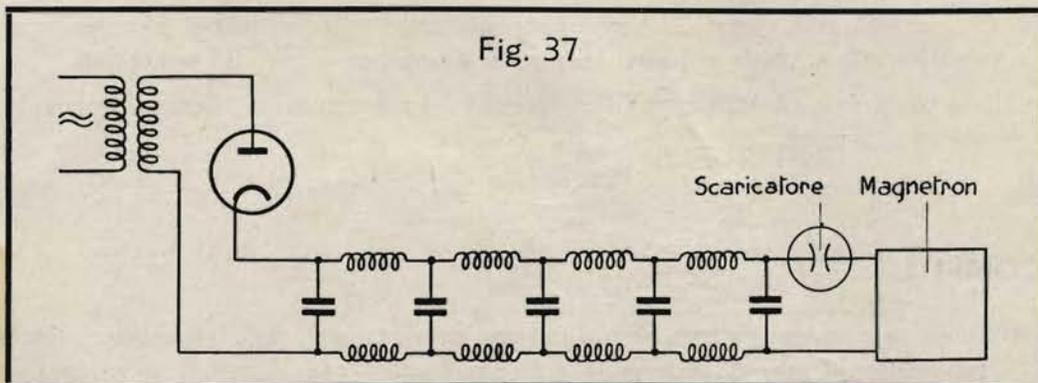
### La modulazione ad impulsi

La *misura di distanza col radar* dipende, com'è noto, dalla misura del tempo di propagazione di un breve treno d'onde, tra la sua emissione ed il suo ritorno, dopo la riflessione. È pertanto indispensabile che la trasmissione avvenga sempre *per impulsi*. Pensiamo un poco in quale modo si possa ottenere l'esercizio *per impulsi* col magnetron. Le *variazioni del campo magnetico*, oppure dell'*accensione*, non possono essere realizzate in pratica con la frequenza richiesta. Non rimane pertanto altro che l'*inserzione della tensione anodica*. La cosa più gradevole sarebbe se la variazione si potesse ottenere sotto forma di *brevi impulsi rettangolari*, poichè il valore della tensione anodica ha una certa influenza sulla stabilità della frequenza e sulla forma delle oscilla-

zioni. Se si impiega un sistema a carica e scarica di un semplice condensatore, si ottengono bensi delle brevi punte, ma non l'andamento rettangolare richiesto.

Data l'elevata tensione e la grande potenza in giuoco, non è possibile costruire uno schema a multivibratore.

Se però, invece di un condensatore, si impiega una combinazione di bobine e di capacità, allora la produzione di impulsi rettangolari di tensione è possibile. Questa linea artificiale (fig. 37) si carica e si applica al magnetron attraverso ad uno scaricatore comandato. Lo scaricatore nel vuoto costituisce una specie di interruttore. Nell'interno del medesimo bulbo è contenuto uno scaricatore ausiliario che si innescava a seguito di un impulso-pilota proveniente da un apposito apparecchio. Nello scaricatore ausiliario si forma un piccolo arco, che passa poi allo scaricatore principale, chiudendo il circuito del magnetron. Lo schema di principio dell'apparecchiatura è visibile nella fig. 37. Ulteriori particolari sono inutili, dovendosi riservare ai soli specialisti di questo campo.



### Domande

- 1) Quanti elettrodi possiede il magnetron?
- 2) Perché la tecnica del radar necessita del magnetron?
- 3) Come si effettua la modulazione delle oscillazioni del magnetron?

### Risposte alle domande di pag. 20

- 1) Negli schemi di apparecchi per onde ultracorte possono mancare i condensatori, nei casi in cui sono sufficienti, come capacità del circuito oscillante, le capacità proprie delle connessioni e degli elettrodi.
- 2) Le valvole destinate all'amplificazione di bande di frequenza molto ampie devono possedere una grandissima potenza.
- 3) Gli schemi più usati per la generazione delle oscillazioni a onde ultracorte sono l'oscillatore di Hartley e l'ultra-audion.
- 4) Gli esodi non sono adatti come convertitori di frequenza negli apparecchi per onde ultracorte, perché producono un eccessivo fruscio.
- 5) Per fare a meno di un filtro ad alto potere di separazione nei ricevitori televisivi, si trasmette, oltre alla prima banda di modulazione, anche 1 MHz della seconda banda. Se il filtro ricevente possiede un cosiddetto « fianco inclinato », le due sezioni di banda si completano perfettamente.
- 6) Per ottenere la necessaria grande larghezza di banda, nei filtri degli amplificatori per onde ultracorte, i circuiti oscillanti subiscono un'attenuazione per effetto di una resistenza aggiuntiva. In compenso bisogna accoppiare più rigidamente tra loro i circuiti oscillanti.

### Risposte alle domande di pag. 24

- 1) Il limitatore, per la demodulazione di oscillazioni a modulazione di frequenza, non occorre nel demodulatore a quoziente e nel detector di fase.
- 2) È importante per la demodulazione di oscillazioni a modulazione di frequenza, che in caso di risonanza sussista uno spostamento di fase di  $90^\circ$ , tra la tensione primaria e la secondaria di un filtro di banda. Lo sfasamento varia allora in modo univoco e dipendente dalla deviazione della frequenza della risonanza.
- 3) Affinchè il demodulatore di quoziente possa funzionare in modo ineccepibile, bisogna che la somma delle tensioni continue di entrambi i diodi rimanga costante. Ciò si ottiene allacciando un grosso condensatore  $C_3$  in parallelo ai due condensatori di carica  $C_1$  e  $C_2$ , oltre ad una resistenza piuttosto elevata.
- 4) Confrontando le figure 24 e 29 si nota che la differenza tra il discriminatore ed il demodulatore di quoziente consiste nel fatto che, nello schema di quest'ultimo, uno dei due diodi è capovolto.
- 5) Il termine « detector di fase » deriva dal fatto che, per ottenere la demodulazione, si fa uso della differenza di fase tra le tensioni delle due griglie-schermo.
- 6) Nel detector di fase la corrente anodica è massima, quando le tensioni di griglia-pilota sono in fase, mentre è minima, quando sono in opposizione di fase.

## Risposte alle domande di pag. 27

- 1) Il magnetron possiede due elettrodi, il catodo e l'anodo suddiviso in settori.
- 2) Il radar più perfezionato richiede l'impiego delle onde cortissime. Per generare delle energie sufficientemente elevate a queste altissime frequenze, è necessario l'uso del magnetron.
- 3) La modulazione ad impulsi delle oscillazioni del magnetron si effettua, inserendo e togliendo la tensione anodica a impulsi.

## COMPITI

- 1) Quale deve essere l'altezza di un'antenna ricevente per onde ultracorte, affinché si possano ricevere le trasmissioni di una stazione posta a 40 km di distanza e dotata di un'antenna alta 81 metri?
- 2) Quali sono i cercatori che partecipano al collegamento tra una centrale principale ed una centrale terminale? (fig. 5, Centrale Hasler 25).
- 3) Da quante e quali cifre sono composti i numeri per la teleselezione, in Svizzera?
- 4) Qual è la distanza di un oggetto che produce, sullo schermo del radar, un'impronta a cm 3,5 di distanza dal punto di zero? Si supponga una frequenza di deflessione uguale a 800 Hz ed un'escursione complessiva del raggio di cm 12, e non si tenga conto, per il calcolo, del tempo di ritorno.
- 5) Perché la frequenza dell'asse dei tempi non deve essere troppo elevata, nel radar, se si vuole avere un campo di misura univoco abbastanza grande?
- 6) Quali sono le caratteristiche essenziali, fisiche e tecniche, di un segnale di BF, e sotto quale forma sono contenute in un'oscillazione modulata in frequenza?
- 7) Qual è la causa del fruscio delle valvole, e come mai esso è particolarmente forte nelle valvole a più griglie?
- 8) Qual è il valore d'induttanza rappresentato dallo schema del modulatore nell'esempio considerato a pagina 13/14, alla frequenza nominale? Come viene modificata l'induttanza complessiva dalla messa in parallelo del modulatore? (Si ponga la pendenza  $S = 2 \text{ mA/V}$ ; la resistenza  $R_1 = 25 \text{ k}\Omega$ ; la capacità  $C_2 = 20 \text{ pF}$ ; l'induttanza del circuito oscillante =  $0,507 \text{ mH}$ ).
- 9) Spiegate come mai si possa impiegare un triodo come convertitore di frequenza nell'amplificatore televisivo.
- 10) Spiegate quali sono le caratteristiche comuni dei più importanti schemi di demodulatori per modulazione di frequenza, e in che cosa essi si distinguono (discriminatore, demodulatore di quoziente, detector di fase).
- 11) Determinate la durata del passaggio di corrente nel detector di fase, quando le tensioni applicate alle griglie-pilota sono sfasate tra loro di  $60^\circ$ .
- 12) In che modo il magnetron consente di generare le altissime frequenze della gamma delle onde centimetriche?
- 13) Quali sono le applicazioni delle onde ultracorte che avete conosciuto finora?

## FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 23

Formula

(69) Portata delle onde ultracorte:  $r = 3,57 \sqrt{h}$  . . . . pag 2

Corso "TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI"

Dispensa n°23

Il testo del compito n°8 a pagina 28, nella sua ultima parte, contiene un errore di stampa:

dove é detto: ".....l'induttanza del circuito oscillante = 0,507 MF " (errato)

si deve leggere: ".....l'induttanza del circuito oscillante = 0,507  $\mu$ H " (esatto)  $\mu$

Infatti, come é spiegato nella dispensa n°6 a pag.22, l'unità di misura dell'induttanza é l'henry il cui simbolo é appunto la lettera H.

---

Stampato come manoscritto

Ogni alienazione, prestito o diffusione in genere di questa Dispensa, anche in riassunto, è proibita.

Tutti i diritti, in particolare la traduzione in lingue straniere, sono riservati.

---

**TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI**

---

**OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO N. 9  
V A R E S E**

---

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

# INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 24

<b>Riassunto della materia trattata nella Dispensa precedente</b>	pag. 1
<b>Radiotecnica</b>	» 1
Distorsioni e fattore di distorsione	» 1
Distorsioni lineari	» 1
Distorsioni non lineari	» 3
Il fattore di distorsione	» 3
Domande	» 4
<b>Televisione</b>	» 4
L'Amplificatore Video	» 4
La compensazione alle frequenze basse	» 5
La compensazione alle frequenze alte	» 5
L'applicazione della componente continua	» 7
Domande	» 10
Risposte	» 10
<b>Telefonia</b>	» 10
Il centralino interno	» 10
Il tasto di segnalazione	» 11
La centralina interna automatica di Hasler	» 11
Il collegamento alle linee esterne	» 12
Domande	» 13
Risposte	» 13
<b>Radar</b>	» 14
L'immagine panoramica	» 14
Riproduzione in chiaro e scuro	» 14
Il retino	» 14
L'antenna	» 15
Il tubo d'osservazione	» 16
Domande	» 18
<b>Televisione</b>	» 18
L'antenna per onde ultracorte	» 18
L'antenna ricevente	» 19
Domande	» 20
<b>Tecnica delle misure</b>	» 20
Misura della capacità e dell'induttanza	» 20
Apparecchi di misura di L e C per AF	» 21
Domande	» 22
Risposte	» 22
<b>Televisione</b>	» 23
La riproduzione dell'immagine	» 23
I tubi di televisione	» 23
La MW 36-22	» 23
Le valvole ausiliarie nell'amplificatore televisivo	» 25
Domande	» 26
Risposte	» 26
L'alimentazione del ricevitore di televisione	» 27
Domande	» 29
<b>Il microscopio elettronico</b>	» 29
Le possibilità del microscopio elettronico	» 29
La struttura del microscopio elettronico	» 30
Il catodo	» 30
Le lenti elettriche e magnetiche	» 30
Lo schermo dell'immagine	» 30
Le pompe da vuoto	» 30
Il microscopio elettronico Trüb, Täuber	» 31
La microscopia elettronica	» 32
Domande	» 34
Risposte	» 34
<b>Compiti</b>	» 36

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 24

## RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Ripetiamo brevemente ciò che abbiamo appreso nella Dispensa N. 23.

Il primo Capitolo riguardava le *onde ultracorte*. A questo proposito bisogna ricordare soprattutto la particolarità di queste onde, consistente nel fatto che esse si propagano soltanto in linea retta; inoltre vanno tenute presenti le speciali caratteristiche costruttive delle valvole per onde ultracorte, dovute alla necessità di tener conto del *tempo* occorrente agli elettroni per spostarsi tra gli elettrodi della valvola.

Non sarà stato privo di interesse per voi il Capitolo sul funzionamento dei *gruppi di reti telefoniche automatiche* in collegamento reciproco. In certi casi la realizzazione di *collegamenti interurbani* richiede l'intervento di *registratori e selettori* situati in centrali differenti. Brillante, nella sua semplicità, il sistema ideato per il conteggio automatico delle tariffe, mediante il *contatore di tempo e di zona*.

Il Capitolo sul *radar* vi ha fornito le nozioni fondamentali relative a un modernissimo campo di applicazione delle onde elettromagnetiche. Abbiamo chiarito come mai il *tubo a raggi catodici* sia indispensabile per la misura dei *tempi brevissimi*. Dopo queste spiegazioni preliminari, era facile comprendere come sia costruito, in linea di principio, un apparecchio per la *misura delle distanze* mediante le onde radio.

Ci siamo quindi occupati della *trasmissione del suono nella televisione*; essa avviene mediante *onde ultracorte modulate in frequenza*. Questo sistema offre notevoli vantaggi, tra cui l'*assenza quasi completa di disturbi*. Vi è stato illustrato uno schema di principio atto a realizzare la *modulazione di frequenza*: variando la tensione applicata ad una griglia di una valvola, si ottiene un'induttanza variabile, la cosiddetta « *reattanza elettronica* ».

Un altro ampio Capitolo era dedicato alla *televisione*. L'uno dopo l'altro, sono stati illustrati tutti gli stadi dell'*amplificatore televisivo*. Il *ricevitore televisivo a conversione di frequenza* presenta parecchie differenze rispetto alle supereterodine usate nelle varie gamme delle radioaudizioni; differenze dovute al fatto che la frequenza di ricezione e la media frequenza sono molto più alte, e al fatto che la *banda di frequenza* ha un'estensione enorme. Le maggiori diversità si riscontrano nella parte a *MF*, dove bisogna ottenere la necessaria selettività. Dato che nei primi stadi di *MF* si amplifica il suono assieme all'immagine, i filtri sono un po' differenti da quelli degli stadi successivi. Comunque lo scopo prefisso si realizza infine mediante l'impiego di *circuiti oscillanti* in serie ed in parallelo.

Come si richiedono degli schemi speciali per ottenere la modulazione di frequenza, così anche la *demodulazione delle oscillazioni modulate in frequenza* abbisogna di sistemi appositi. In tutti i sistemi in uso ci si giova del *filtro di banda a doppio accoppiamento*. Il *discriminatore* ed il *demodulatore di quoziente* funzionano con due elementi raddrizzatori. Il *detector di fase* è invece una speciale valvola, costruita apposta per effettuare la demodulazione di oscillazioni modulate in frequenza. Essa contiene ben nove elettrodi e conduce una corrente anodica che dipende dalla relazione di fase tra le tensioni alternate applicate alle due griglie-pilota. L'ultimo Capitolo era dedicato nuovamente alle onde ultracorte. Avete conosciuto il *magnetron*, una valvola speciale capace di produrre *onde centimetriche* di potenza relativamente elevata. È interessante il funzionamento del *magnetron con anodo suddiviso* e soprattutto la costruzione del *magnetron di grande potenza*. Infine abbiamo spiegato in qual modo si può effettuare la *modulazione a impulsi rettangolari*, occorrente per il *radar*.

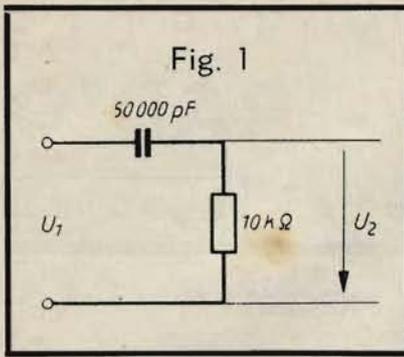
## RADIOTECNICA

### DISTORSIONI E FATTORE DI DISTORSIONE

Il fine di tutti gli impianti di trasmissione è di ottenere *la massima fedeltà possibile nella riproduzione*. Purtroppo questo scopo è ostacolato da numerose circostanze. È vero che, con particolari accorgimenti e con l'impiego di apparecchiature più perfezionate, è possibile superare queste difficoltà in gran parte; interviene però la questione economica, perchè gli impianti non devono risultare troppo costosi. In definitiva ci si limita sempre a soluzioni di compromesso, ed è perciò indispensabile conoscere di che genere siano le distorsioni che si manifestano e sapere fino a qual punto esse siano ancora ammissibili e non producano dei disturbi eccessivi.

#### Distorsioni lineari

Per comprendere di che si tratta, ci conviene vedere subito in un esempio pratico come si formano queste *distorsioni*. La fig. 1 rappresenta la messa in serie di un *condensatore* con una *resistenza ohmica*. Supponiamo



di applicare all'entrata uguali tensioni  $V_1$  ( $= 10$  V), ma a differenti frequenze (100, 1000 e 100 000 Hz). Troviamo che la tensione d'uscita  $V_2$  aumenta col crescere della frequenza. Ciò è facile da comprendere, perchè la reattanza del condensatore diminuisce col crescere della frequenza e quindi aumenta la corrente che attraversa il collegamento in serie. Di conseguenza aumenta la caduta di tensione nella resistenza. Confermeremo ora questa asserzione, calcolando le tensioni nei vari casi.

Nel primo caso abbiamo, alla frequenza di 100 Hz, una reattanza capacitiva di:

$$R_{\text{cap}} = \frac{1}{2 \pi \cdot 100 \cdot 50\,000 \cdot 10^{-12}} = \frac{10^{12}}{\pi \cdot 10^7} = \frac{10^5}{\pi} = 31,83 \cdot 10^3 \text{ ohm} = 31,83 \text{ k}\Omega.$$

L'impedenza, generalmente designata con la lettera  $Z$ , diventa:

$$Z = \sqrt{10^2 + 31,83^2} = \sqrt{100 + 1013,1} = \sqrt{1113,1} = 33,36 \text{ k}\Omega.$$

La corrente è quindi:  $I = \frac{V}{Z} = \frac{10}{33,36 \cdot 10^3} \text{ A} = \frac{10}{33,36} \text{ mA} = 0,3 \text{ mA}.$

La caduta di tensione provocata da questa corrente nella resistenza è

$$V_2 = I \cdot R = 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^3 = 3 \text{ volt}.$$

Alle altre due frequenze considerate si ottengono i valori seguenti:

1000 Hz:  $R_{\text{cap}} = 3,183 \cdot 10^3 \text{ ohm} = 3,183 \text{ k}\Omega.$

$$Z = \sqrt{100 + 10,131} = \sqrt{110,131} = 10,5 \text{ k}\Omega.$$

$$I = \frac{10}{10,5} \text{ mA} = 0,952 \text{ mA}.$$

$$V_2 = 0,952 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^3 = 9,52 \text{ volt}.$$

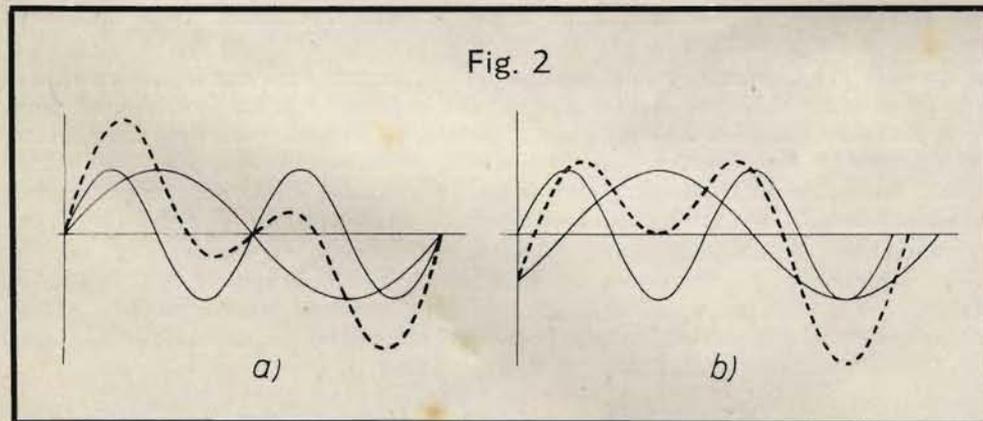
100 000 Hz:  $R_{\text{cap}} = 31,83 \text{ ohm}.$

$$Z = \sqrt{100 + 0,0010} = 10 \text{ k}\Omega.$$

$$I = \frac{10}{10} \text{ mA} = 1 \text{ mA}.$$

$$V_2 = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^3 = 10 \text{ volt}.$$

Il calcolo conferma che, alle alte frequenze, il condensatore non ha più alcun effetto accanto ai 10 kΩ della resistenza.



La combinazione di una resistenza con un condensatore costituisce la forma più semplice di un filtro passa-alto, perchè lascia passare senza attenuazione soltanto le frequenze superiori ad un determinato valore.

Lo schema della fig. 1 non potrebbe quindi essere impiegato per l'accoppiamento di due stadi amplificatori nel campo tra 100 e 1 000 Hz, perchè le ampiezze delle oscillazioni verrebbero trasferite in misura del tutto differente a seconda della

frequenza. Si avrebbe quindi una notevole distorsione di ampiezza. Si dice anche « distorsione d'attenuazione », perchè la variazione dell'ampiezza è provocata dalla variazione dell'attenuazione.

Questo genere di distorsione è dovuto esclusivamente alla scelta infelice degli elementi d'accoppiamento, e si denomina « distorsione lineare ». Ora comprenderete altresì che i condensatori d'accoppiamento nei nostri schemi di apparecchi radio devono essere scelti in modo da evitare la formazione di distorsioni d'ampiezza. È che nella radio e nella televisione le distorsioni d'ampiezza devono rimanere limitate al minimo, affinchè non ne soffra la qualità della trasmissione.

Un secondo genere di distorsioni lineari sono le distorsioni di fase. Esse si presentano soprattutto nei circuiti di risonanza. L'effetto è dimostrato nella fig. 2, presupponendo due frequenze nel rapporto di 2 : 1 ma con la medesima ampiezza. Nella fig. 2-a entrambe le oscillazioni hanno inizio nel punto di zero. Sommando le due onde sinusoidali, si ottiene la curva a trattini.

Supponiamo ora di avere uno schema che introduca una distorsione di fase, e che pertanto la curva di minor frequenza rimanga leggermente spostata verso destra (fig. 2-b). La curva risultante ha ora un aspetto comple-

tamente diverso. Sarete curioso di sapere quale effetto abbia tale distorsione.

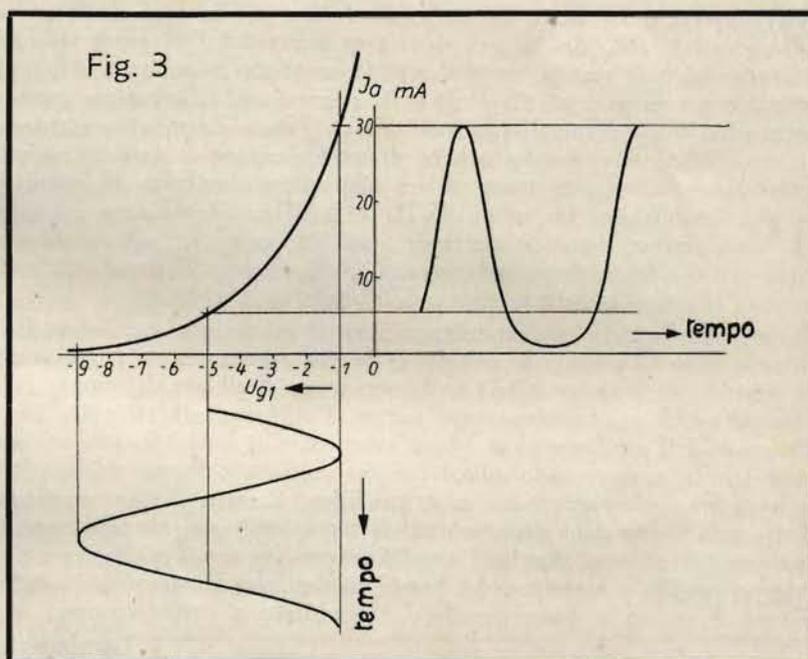
L'orecchio umano separa le due curve-somma della fig. 2 nelle singole componenti sinusoidali e percepisce *ciascun suono per proprio conto*. In realtà, nei due casi a) e b) della fig. 2 si udirebbero gli identici suoni con la medesima intensità. *L'orecchio è quindi insensibile alle distorsioni di fase*. Che le cose stiano così lo si nota anche considerando l'effetto dei vari strumenti in un'orchestra. Se l'esattezza nelle relazioni di fase fosse importante, tutti gli strumenti dovrebbero iniziare l'emissione dei suoni contemporaneamente, con la precisione di frazioni di millisecondi: il che naturalmente non è possibile. Questi ragionamenti portano alla conclusione che *nella radio le distorsioni di fase possono essere ignorate*.

Le cose sono invece diverse nella televisione. Supponiamo che le curve a) e b) della fig. 2 rappresentino il segnale di immagine prima e dopo uno stadio amplificatore di un ricevitore televisivo. Poiché l'ampiezza della curva rappresenta l'intensità luminosa, le due curve a) e b) corrispondono a differenti distribuzioni di luminosità. L'amplificatore introduce quindi una distorsione di luminosità, provocata dalla distorsione di fase.

In conclusione, risulta che negli amplificatori per radioaudizioni non occorre fare attenzione alle distorsioni di fase, mentre negli amplificatori televisivi bisogna porre la massima cura per evitarle.

### Distorsioni non lineari

Anche questo genere di distorsioni ci conviene conoscerlo mediante un esempio. Da quanto vi è stato finora spiegato sulle valvole e le loro caratteristiche, risulta che queste presentano sempre una curvatura più o meno accentuata. Soprattutto nei casi in cui la ampiezza della tensione alternata applicata alla griglia è grande, si ottengono delle forti deviazioni della corrente anodica dalla forma sinusoidale, anche se la tensione applicata alla griglia è puramente sinusoidale. Nella fig. 3 si vede, a sinistra, una caratteristica  $I_a-V_{g1}$  fortemente incurvata. Lo andamento della corrente anodica risulta per riflessione della tensione sinusoidale di griglia, come è stato spiegato nella Dispensa N. 11. Il risultato è una corrente anodica che differisce fortemente dalla forma sinusoidale e che quindi produce nella resistenza ohmica di carico una tensione alternata anodica fortemente distorta. Se lo specchio che riflette la tensione di griglia fosse piano, in altre parole se la caratteristica fosse lineare, non ci sarebbero da temere distorsioni. Poiché invece la caratteristica non è lineare, ma curva, le distorsioni che ne risultano vengono chiamate « distorsioni non lineari ». Mentre le distorsioni lineari dipendono unicamente dagli elementi del circuito (resistenze, condensatori ecc.), le distorsioni non lineari dipendono in forte misura dal punto di lavoro e dall'ampiezza della tensione alternata di griglia. Se l'ampiezza è piccola, le distorsioni rimangono molto limitate, cosicché questo genere di distorsioni va preso in considerazione soprattutto nelle valvole finali.



### Il fattore di distorsione

Come abbiamo già osservato in altro luogo (Dispensa N. 18), la distorsione causata dalla curvatura della caratteristica si traduce nella formazione di fastidiose frequenze più elevate, le cosiddette « armoniche superiori ». La curva della fig. 3 a destra è molto ricca di armoniche superiori, data la sua forte deviazione dalla forma sinusoidale. Il contenuto in armoniche superiori è caratterizzato dal cosiddetto « fattore di distorsione ».

Vediamo un esempio. Consideriamo la notevole distorsione della fig. 3. Mediante una misura col ponte per la determinazione del fattore di distorsione, oppure, mediante un calcolo, si sia riscontrato che, con un'ampiezza della tensione di griglia di 4 volt, si ottiene un'ampiezza della corrente alternata anodica  $I_1 = 13,5$  mA per la frequenza fondamentale. L'armonica di frequenza doppia, prodotta dalla distorsione, ha un'ampiezza  $I_2 = 4,9$  mA. Le armoniche di frequenza superiori hanno ampiezze notevolmente più ridotte, e precisamente  $I_3 = 1$  mA e  $I_4 = 0,65$  mA.

Il fattore di distorsione è definito dalla seguente formula:

$$\text{Fattore di distorsione } k = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + I_5^2 + \dots}}{\sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + I_5^2 + \dots}}$$

Il numeratore è la somma dei quadrati delle ampiezze delle armoniche superiori, mentre il denominatore contiene anche il quadrato dell'ampiezza della fondamentale. Dato che il fattore di distorsione costituisce un quoziente, il fatto che si tenga conto delle ampiezze o dei valori efficaci non ha importanza.

Torniamo ora al nostro esempio. Il *fattore di distorsione* diventa:

$$k = \frac{\sqrt{4,9^2 + 1^2 + 0,65^2}}{\sqrt{13,5^2 + 4,9^2 + 1^2 + 0,65^2}} = \frac{\sqrt{24,01 + 1 + 0,4225}}{\sqrt{182,25 + 24,01 + 1 + 0,4225}} = \sqrt{\frac{25,4325}{207,6825}} = \sqrt{0,1225} = 0,35 \text{ ossia } 35 \%$$

Non sarete sorpreso di constatare che nel nostro esempio il *fattore di distorsione* è relativamente elevato, poichè evidentemente la distorsione della curva della fig. 3 è enorme. In generale una trasmissione che presenta un *fattore di distorsione* del 5 % può essere considerata ancora abbastanza buona. Un *fattore di distorsione* del 35 % sarebbe invece del tutto inammissibile. Non occorre qui che ci preoccupiamo del metodo usato per eseguire la misura; comunque il concetto del *fattore di distorsione* è importante anche per voi.

### Domande

1. Quali specie di distorsioni si distinguono?
2. Da che cosa dipendono essenzialmente le distorsioni non lineari?
3. Il *fattore di distorsione* si calcola con le ampiezze o con i valori efficaci?

## TELEVISIONE

### L'AMPLIFICATORE VIDEO

Nell'*amplificatore radio*, lo stadio rivelatore per la demodulazione dell'*AF* o della *MF* è seguito dagli stadi *amplificatori di BF*. Anche nel ricevitore televisivo il segnale di immagine che si ottiene dopo il demodulatore è troppo debole per poter generare il contrasto necessario sullo schermo del tubo d'immagine. Come abbiamo spiegato nei precedenti Capitoli sulla televisione, il segnale d'immagine contiene, oltre alla *BF*, anche frequenze assai alte, dell'ordine di parecchi MHz. Questa circostanza richiede dei particolari accorgimenti costruttivi; per contraddistinguere questo genere di *amplificatore* è stata introdotta nei paesi anglosassoni l'espressione « *Amplificatore Video* ». Si tratta di un dispositivo destinato ad *amplificare uniformemente tutte le frequenze* nella larghissima banda che va da 25 Hz a 4 MHz. Ricordiamo, a titolo di confronto, che la banda di frequenza degli *amplificatori acustici* corrispondenti alle esigenze più spinte arriva soltanto fino a 15 kHz. Teniamo inoltre presente che le esigenze nei riguardi dell'assenza di distorsioni sono assai severe per gli *amplificatori televisivi*, perchè il senso più importante dell'uomo è la vista.

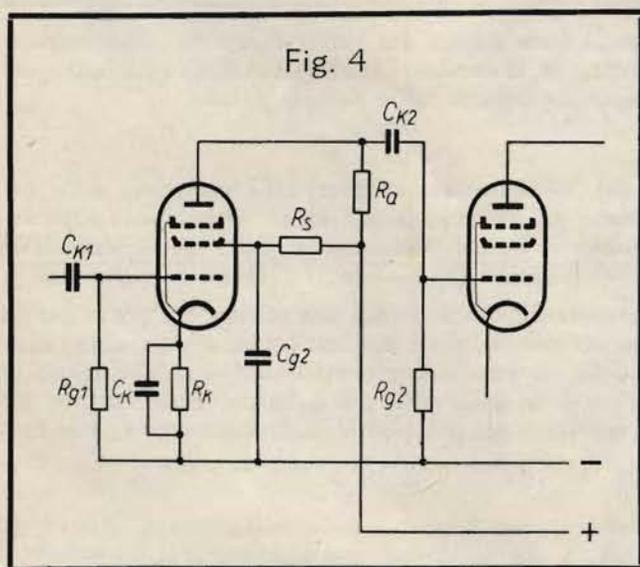
Dopo aver raccolto un'esperienza non disprezzabile con lo studio dei diversi schemi di apparecchi radio, vogliamo dare uno sguardo critico al nostro repertorio di *amplificatori*. Nella Dispensa N. 17 abbiamo conosciuto le diverse varianti possibili nella struttura degli *amplificatori*. L'*amplificatore con accoppiamento a resistenza*, che parrebbe di funzionamento sicuro, l'abbiamo già ritrovato nella Dispensa N. 20 come *amplificatore di deflessione dell'oscillografo a raggi catodici*. Gli *amplificatori a risonanza* e a *filtro di banda* non entrano in considerazione, non essendo adatti per le estesissime bande di frequenza della televisione. Invece, l'*amplificatore a impedenza* ci suggerisce un'ottima idea. È noto che la *reattanza* di una bobina di impedenza cresce con la frequenza. Inserendo una bobina di impedenza nel circuito anodico, provochiamo un'esaltazione delle frequenze più elevate. Anche l'*amplificatore con accoppiamento a trasformatore* non è indicato, poichè non è purtroppo possibile costruire dei trasformatori che trasferiscano uniformemente una banda di frequenza talmente estesa. E se anche fosse possibile, verrebbero a costar troppo.

Torniamo così, per forza, all'*amplificatore a resistenza*.

Se pensiamo che la *resistenza ohmica* è indipendente dalla frequenza, dobbiamo concludere che essa è, senza dubbio, l'elemento più adeguato e, nello stesso tempo, più economico per l'accoppiamento degli *amplificatori a larga banda*. Purtroppo, però, non è possibile costruire un *amplificatore* usando per l'accoppiamento tra le valvole soltanto delle resistenze, a meno di usare delle sorgenti di tensione separate per ciascuna valvola. Normalmente l'accoppiamento non può essere realizzato che con l'aiuto di *condensatori*, che trattengano la tensione continua. È ovvio, pertanto, che i *condensatori* collegati assieme alle resistenze presentino una dipendenza dalla frequenza, che limita l'estensione della banda passante.

Un breve esame critico dell'*amplificatore semplice a resistenza con accoppiamento a condensatore* servirà a scoprire i limiti che si pongono per il suo impiego. Dato che le frequenze occorrenti per la televisione vanno da 25 Hz fino a parecchi MHz, dobbiamo esaminare l'effetto dei vari *condensatori* indicati nella fig. 4. I *condensatori d'accoppiamento*  $C_{k1}$  e  $C_{k2}$  devono essere dimensionati in modo da provocare soltanto una piccola

caduta di tensione alternata per tutto il campo di frequenza che interessa. Analogamente bisogna scegliere per  $C_{g2}$  e per  $C_k$  dei valori tali, da evitare le *controreazioni*: in altre parole, essi devono presentare la *reattanza più bassa possibile* nei confronti di  $R_s$  e di  $R_k$ . Non è però possibile fare i *condensatori* grandi a piacimento,

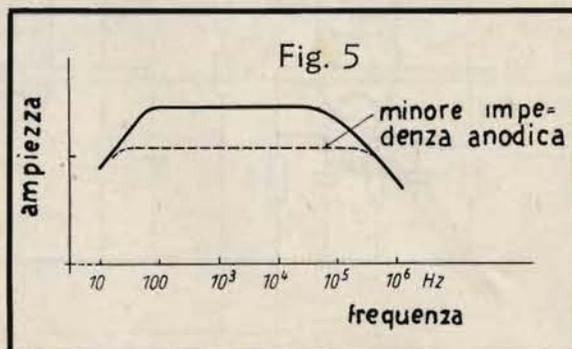


e perciò le *frequenze basse* sono, in definitiva, sempre in *svantaggio*: i *condensatori d'accoppiamento* non le lasciano passare senza attenuazione, e soprattutto il condensatore  $C_k$  provoca una *controreazione* per le basse frequenze, che ne riduce sensibilmente l'amplificazione. Da quanto precede parrebbe che il punto difficile dell'amplificatore a resistenza fosse unicamente il *campo delle frequenze basse*, perchè, aumentando la *frequenza*, i *condensatori* citati adempiono sempre meglio alla loro funzione. Usando dei *condensatori ad avvolgimento anti-induttivo*, l'effetto dev'essere ottimo anche fino alle frequenze di alcuni MHz.

Fino a questo punto tutto sarebbe molto facile; purtroppo nella fig. 4 abbiamo però omesso alcune *capacità parassite* che sono assai fastidiose. Voi sapete che gli elettrodi delle valvole presentano delle *capacità* mutue molto piccole, che però aumentano d'importanza col crescere della frequenza.

Si aggiungono a queste le *capacità dei collegamenti*. Com'è stato spiegato più sopra, le *capacità d'accoppiamento* possono essere considerate, alle alte frequenze, come dei *cortocircuiti*.

Per l'AF, le *capacità parassite* risultano quindi in parallelo alle *resistenze di griglia e di placca*. Per questa ragione, benchè alle frequenze molto elevate l'accoppiamento divenga sempre migliore, diminuisce tuttavia l'amplificazione. L'andamento dell'amplificazione in funzione della frequenza, per un *amplificatore ad accoppiamento resistenza-capacità*, è indicato dalla fig. 5. Osservate la scala *logaritmica della frequenza*.



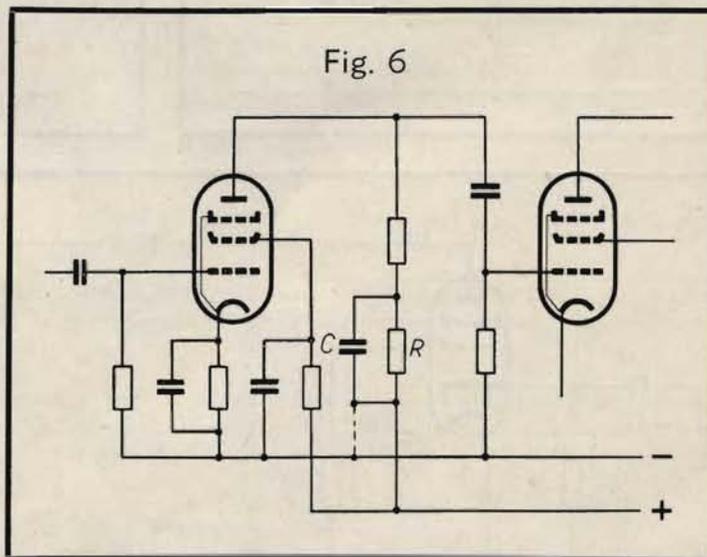
Da questa curva si deduce che si può contare con una buona e uniforme riproduzione soltanto in un *campo intermedio di frequenza*, sufficiente per l'amplificatore della BF per il suono. È invece possibile ottenere un andamento più uniforme, se si rinuncia ad una forte amplificazione per ciascuno stadio e si lavora con *resistenze anodiche* basse, attorno al migliaio di ohm. A ciò avevamo già accennato nella Dispensa N. 20: la curva a trattini della fig. 5 ne dà la dimostrazione. Ma questo rimedio non può essere spinto troppo, ed è d'altronde applicabile solo quando si dispone di *valvole ad alta pendenza*. Rammentiamo infatti che l'amplificazione dipende dalla *pendenza dinamica* e dall'*impedenza anodica*. Non rimane quindi altro rimedio che quello di *migliorare l'andamento dell'amplificatore alle estremità del campo d'impiego*, adottando degli speciali artifici. Fortunatamente i campi insufficienti sono talmente distanti tra loro, da potersi curare separatamente. I provvedimenti che si adottano per migliorare l'amplificatore alle *basse frequenze*, non disturbano alle *frequenze alte*, e viceversa. Anche il *campo medio* non subisce inconvenienti, per la quale cosa si riesce effettivamente a ottenere una *caratteristica di frequenza perfettamente soddisfacente*, fissando l'amplificazione a 20 volte per stadio.

### La compensazione alle frequenze basse

Abbiamo detto poco sopra che non è possibile aumentare a piacimento la capacità dei *condensatori*. Le *grandi capacità* comportano delle *insufficienti resistenze d'isolamento*; inoltre si possono manifestare con facilità delle *oscillazioni a rilassamento*, causa di sensibili disturbi. Infine, e questo è l'effetto più sgradevole, aumentando la *grandezza dei condensatori*, aumentano altresì le *capacità disperse verso terra o massa*, le quali disturbano soprattutto alle *frequenze elevate*.

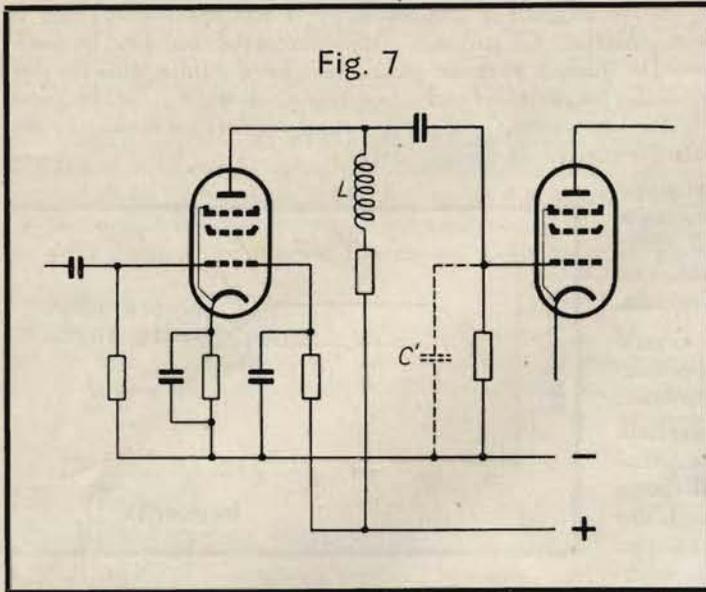
Tutto questo si evita col dispositivo della fig. 6. L'unica differenza, rispetto allo schema della fig. 4, è rappresentata dal complesso R-C, che abbiamo già incontrato in qualche schema di *ricevitore radio*, veramente però soltanto negli stadi di MF.

Anche qui il dispositivo serve, tra l'altro, a *ridurre l'accoppiamento tra i diversi stadi*, per evitare eventuali *oscillazioni parassite*, ma questo non è il suo scopo principale. Si sfrutta piuttosto il fatto che il *condensatore C* ha un'elevata *reattanza* alle basse frequenze, mentre alle frequenze alte finisce per costituire un *cortocircuito della resistenza R*. Di conseguenza l'*impedenza anodica* risulta maggiore alle basse frequenze, e quindi maggiore anche l'amplificazione. Quanto è guastato dal *condensatore di accoppiamento*, va rimediato dal *complesso di compensazione* costituito da R e C. A questo modo si elimina in misura quasi totale la *diminuzione dell'amplificazione alle basse frequenze*, senza riguardo alla causa che possa aver provocato tale diminuzione ed al punto dello schema ove essa avviene.



### La compensazione alle frequenze alte

Il principio che consente di effettuare la *compensazione alle frequenze alte* consiste nell'inserire in modo abile

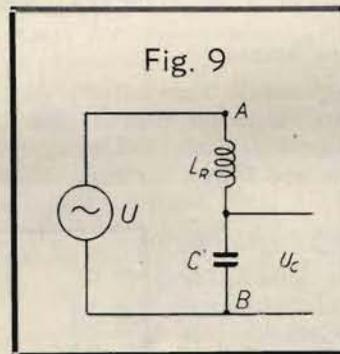
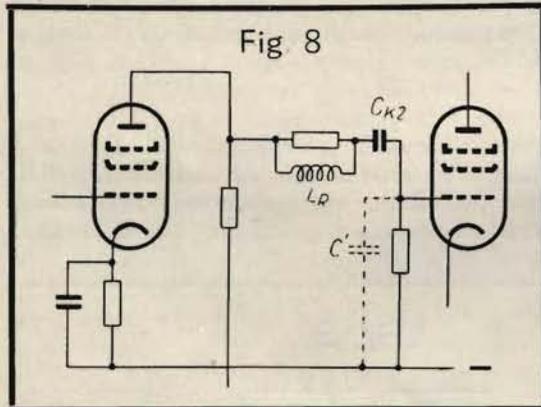


delle induttanze per aumentare l'impedenza anodica utile. Nel caso più semplice si mette una bobina in serie alla resistenza anodica, com'è mostrato nella fig. 7. L'effetto della bobina  $L$  è facile da interpretare, se si pensa a un fenomeno di risonanza. La capacità parassita  $C'$  viene resa innocua dalla bobina  $L$ . Consideriamo il circuito di risonanza  $L-C'$ : vediamo che la resistenza anodica della prima valvola e la resistenza di griglia della seconda valvola peggiorano notevolmente la qualità del circuito di risonanza. Conformemente ai ragionamenti esposti in precedenza, l'estensione della banda passante aumenta notevolmente, cosicché scegliendo adeguatamente la frequenza di risonanza, si riesce ad evitare la diminuzione della amplificazione all'estremità superiore della banda di televisione, o per lo meno a spostarla verso frequenze più elevate.

Un altro sistema di compensazione consiste nell'accoppiare gli stadi mediante un organo dipendente dalla frequenza. A questo scopo si pongono in serie al condensatore d'accoppiamento una resistenza ohmica elevata ed una bobina, collegate in parallelo tra loro. Le frequenze basse non subiscono alcun

influsso, perchè la piccola induttanza non presenta alcuna reattanza sensibile. Nel campo delle frequenze medie può intervenire talvolta una leggera diminuzione dell'accoppiamento, causata dalla crescente impedenza. Alle frequenze più elevate entra in giuoco l'effetto della capacità parassita  $C'$  (fig. 8). La compensazione si realizza sfruttando la risonanza in serie della bobina  $L$  con la capacità  $C'$ ; bisogna però che la frequenza di risonanza sia notevolmente più elevata della massima frequenza della banda televisiva, altrimenti avviene l'inconveniente inverso, cioè un'eccessiva amplificazione alla frequenza di risonanza. In questo campo di frequenza il condensatore d'accoppiamento  $C_{k2}$  non costituisce altro che un cortocircuito; esso serve unicamente per separare la tensione continua.

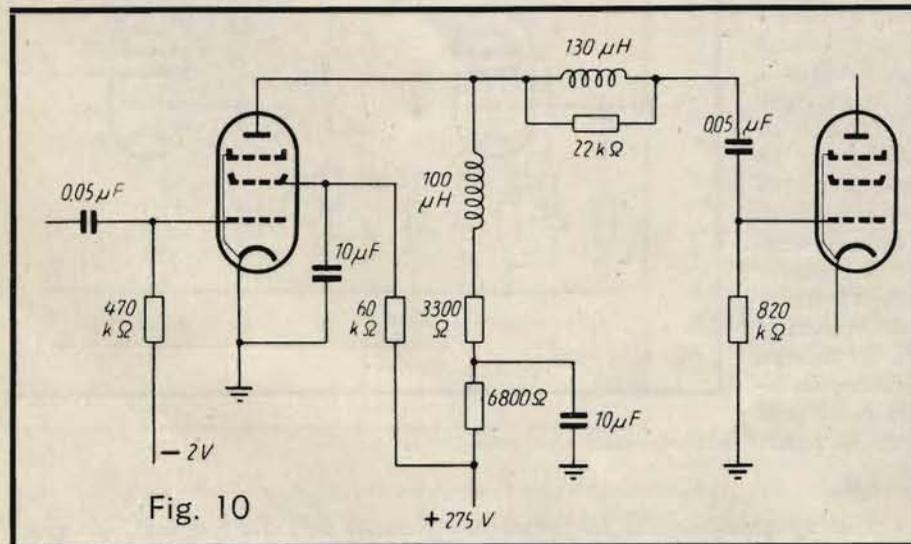
Forse voi sarete un po' scettico a proposito dell'efficacia del circuito risonante in serie; esamineremo perciò la questione con



maggiore attenzione, servendoci della fig. 9. È noto che la bobina ed il condensatore sono delle reattanze che si compensano a vicenda. Alla frequenza di risonanza le due reattanze presentano lo stesso valore e si annullano quindi completamente. Se non ci fossero le perdite di energia, la combinazione  $L_R-C'$  non presenterebbe alcuna impedenza, alla frequenza di risonanza, rappresentando quindi un cortocircuito tra i punti  $A$  e  $B$ . La tensione applicata riesce allora a far passare attraverso ad  $L_R$  e  $C'$  una corrente relativamente intensa.

Viene quindi la seconda parte. Il condensatore presenta una reattanza  $\frac{1}{\omega C}$ , che dipende dalla frequenza. In questa reattanza la corrente intensa che attraversa il circuito risonante in serie produce una notevole caduta di tensione. È quindi senz'altro possibile che la tensione  $V_c$  sia maggiore della tensione applicata  $V$ . A questo modo si ottiene la compensazione desiderata.

Per terminare queste considerazioni vi mostreremo nella fig. 10 uno schema, con l'indicazione dei

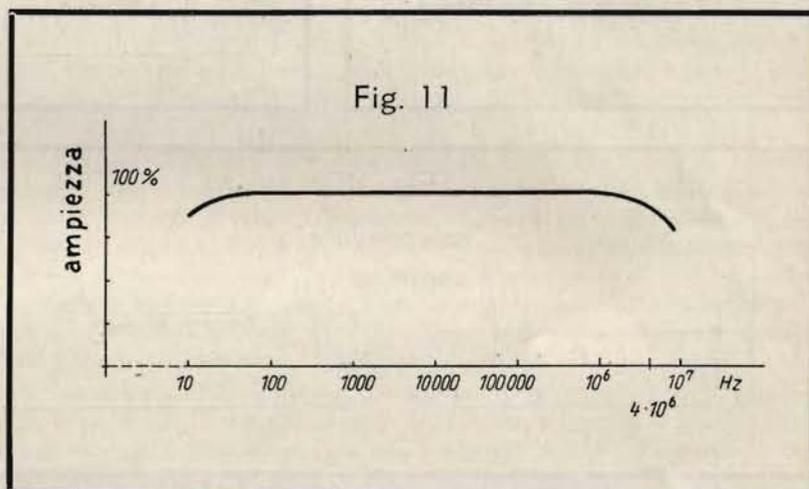


valori usati, che vi servirà come esempio per conoscere l'ordine di grandezza degli elementi impiegati negli *Amplificatori Video*.

Avrete subito notato che è prevista la *compensazione* tanto per le basse che per le alte frequenze. Per compensare la perdita d'amplificazione dovuta alla riduzione della tensione nel *partitore*, costituito dal *condensatore d'accoppiamento* da 0,05  $\mu\text{F}$  e dalla *resistenza di griglia* da 820  $\text{k}\Omega$ , sono sufficienti la *resistenza* da 6800 ohm ed il *condensatore* da 10  $\mu\text{F}$ . C'è poi un *secondo condensatore* da 10  $\mu\text{F}$ , inserito tra il *catodo* e la *griglia-schermo*, il quale, assieme alla *resistenza* relativamente elevata di 60  $\text{k}\Omega$ , preclude la formazione di una *tensione alternata* sulla *griglia-schermo* anche alle frequenze assai basse.

La *compensazione alle frequenze elevate* richiede invece una maggiore complicazione. Essa è realizzata, da una parte, mediante la *bobina* da 100  $\mu\text{H}$  in serie con la *resistenza anodica* da 3 300 ohm, che produce un aumento d'amplificazione alle tensioni più alte. Inoltre, prima del *condensatore d'accoppiamento*, c'è una *bobina di compensazione* da 130  $\mu\text{H}$ . La *resistenza* in parallelo da 22  $\text{k}\Omega$  serve ad appiattare la *caratteristica di risonanza* del circuito in serie.

Il risultato di questo schema è visibile nella curva della fig. 11. L'amplificazione diminuisce un poco al limite superiore della banda televisiva, ma l'effetto essenziale è ottenuto.



C'è poi un altro risultato, che si riesce a realizzare con i mezzi usati per la *compensazione*. Proprio ai limiti della banda trasmessa si presentano le *distorsioni di fase* che, come abbiamo detto, disturbano molto nella *televisione*. Oltre ad effettuare la *compensazione d'amplificazione*, i mezzi adottati producono anche una certa *compensazione di fase*. Questi provvedimenti consentono di impiegare una *resistenza anodica* due o tre volte maggiore di quella che si potrebbe usare in un puro *amplificatore a resistenza-capacità*, ottenendo così un'*amplificazione doppia o tripla*.

Naturalmente è sempre indispensabile l'impiego di *valvole ad alta pendenza*, perchè, date le relativamente piccole *impedenze anodiche*, si otterrebbe altrimenti un'*amplificazione insufficiente*.

Un'altra possibilità di *compensazione*, che però può essere sfruttata solo disponendo di *valvole ad altissima pendenza*, consiste nell'adottare una *controreazione dipendente dalla frequenza*, come è rappresentato nella fig. 12. In parallelo alla normale *resistenza catodica*, da circa 500 ohm, viene collegato un *condensatore* da circa 400 pF. È ovvio che la *controreazione* debba provocare allora una notevole *diminuzione dell'amplificazione alle frequenze basse*. Calcoliamo a quale frequenza il *condensatore* della fig. 12 presenta una *reattanza* uguale alla *resistenza catodica*. Dobbiamo avere:  $500 = \frac{1}{2 \pi \cdot f \cdot 400 \cdot 10^{-12}}$

Trasformando la formula otteniamo:

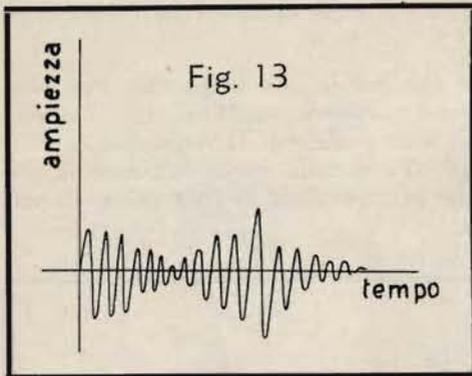
$$f = \frac{10^{12}}{2 \pi \cdot 500 \cdot 400} = \frac{10^7}{4 \pi} = 795\,800 \text{ Hz} = 795.8 \text{ khz.}$$

Dal calcolo risulta che il *condensatore* diventa efficace nel *campo superiore di frequenza* della fig. 5, dove l'amplificazione comincerebbe a diminuire; eliminando la *controreazione della resistenza catodica*, esso compensa l'andamento di *frequenza*.

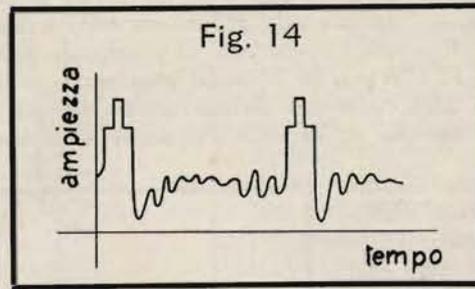
Con ciò avete conosciuto i più importanti schemi e artifici per la *compensazione di frequenza degli amplificatori a larga banda*. Spesso si impiegano contemporaneamente i diversi mezzi, per ottenere l'andamento uniforme della fig. 11, mantenendo, nello stesso tempo, assai piccole le *distorsioni di fase*.

### L'applicazione della componente continua

La *modulazione a frequenza acustica* è costituita da *oscillazioni alternate pure*; in altre parole, la *corrente e la tensione invertono continuamente la propria direzione* (fig. 13). L'inoltro delle oscillazioni mediante *condensatori e bobine* può introdurre certe *distorsioni lineari*, ma ciò non cambia nulla nel fatto che si tratti sempre di una sovrapposizione di *oscillazioni alternate*. Il *segnale di televisione* è costituito invece da una *tensione con-*

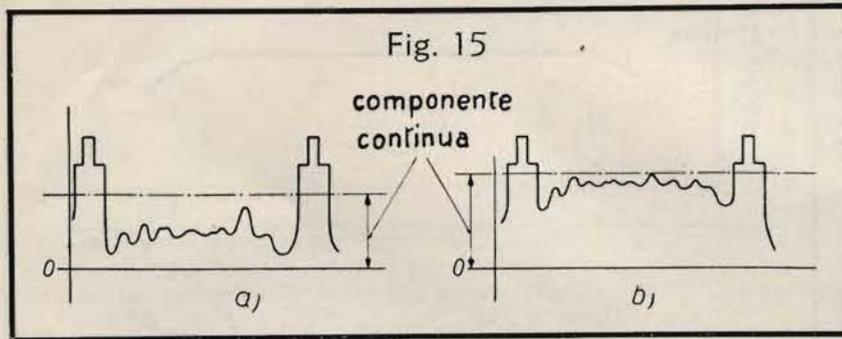


tinua pulsante (fig. 14). Con l'aiuto delle fig. 15 a e b studieremo l'effetto della componente continua. La tensione d'interdizione e gli impulsi di sincronismo sono identici in entrambe le figure; anche le tensioni di modulazione sono uguali. La differenza consiste nel livello fondamentale, cioè nella componente continua dalla quale partono le pulsazioni.

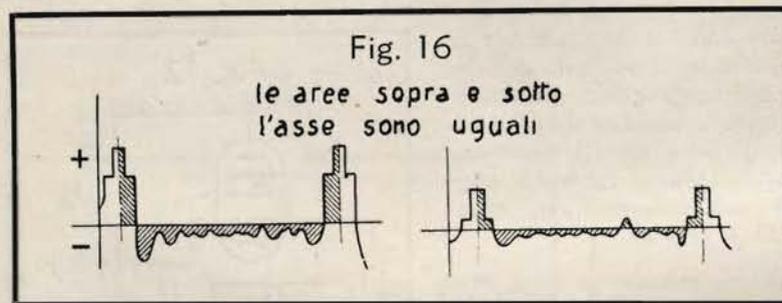


Da quanto abbiamo spiegato in merito alla fase negativa d'immagine, i punti più chiari dell'immagine corrispondono alle tensioni più basse. L'immagine corrispondente alla fig. 15-a risulta quindi molto più luminosa di quella della fig. 15-b. Le variazioni della luminosità sono uguali in entrambi i casi, ma sono sovrapposte ad un fondo diverso. Dobbiamo quindi ricordare la seguente importante circostanza:

*La componente continua del segnale d'immagine contraddistingue la luminosità di fondo.*

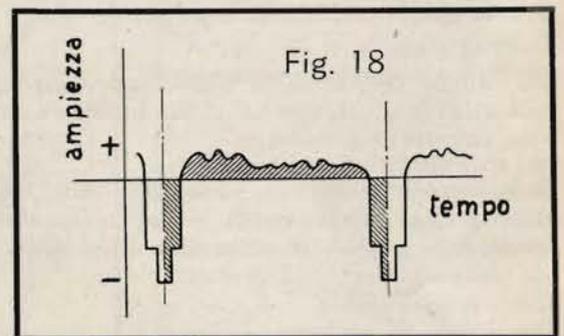
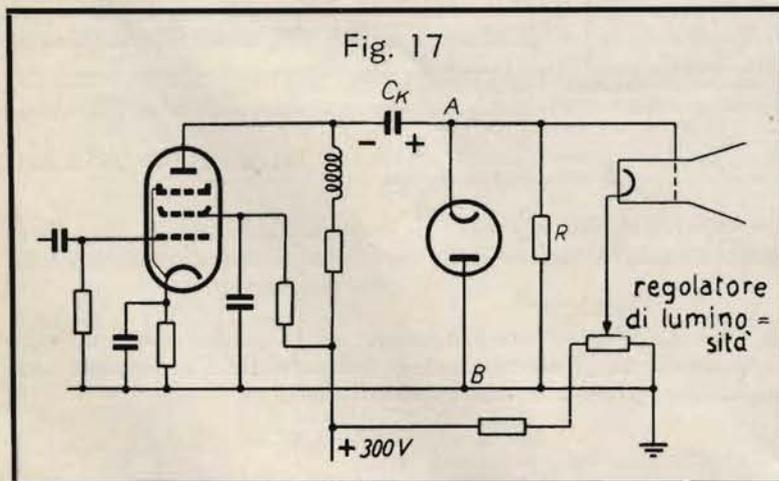


La componente continua del segnale d'immagine contraddistingue la luminosità di fondo.



Riconoscerete che questa constatazione è molto interessante, ma vi chiederete che cosa essa abbia a che vedere con l'amplificazione Video. Ecco, si tratta di questo: noi abbiamo descritto per l'appunto l'amplificatore a resistenza, nel quale l'accoppiamento da uno stadio all'altro si effettua attraverso ad un condensatore. Ma purtroppo i condensatori sopprimono la componente continua, per la qual cosa, dopo il condensatore d'accoppiamento, e naturalmente anche dopo l'attraversamento di tutti gli stadi dell'amplificatore, il segnale di immagine (fig. 15) diventa un segnale alternato (fig. 16). La caratteristica dei segnali alternati puri, cioè privi di componente continua, è che le aree situate sopra l'asse orizzontale devono essere di superficie uguale alle aree situate sotto l'asse. La separazione della tensione continua ha cambiato completamente le cose. Il livello d'interdizione è stato modificato. Come risulta dal confronto tra la fig. 15 e la fig. 16, una linea a sfondo scuro presenta, per i segnali di interdizione e di sincronismo, dei salti di tensione molto minori che non una linea a sfondo chiaro. Ora comprenderete che, se si vuole ottenere la riproduzione esatta dello

sfondo, il segnale d'immagine non può esser applicato al tubo televisivo nella forma della fig. 16. Per ottenere una riproduzione fedele dell'immagine bisogna aggiungere la componente continua.



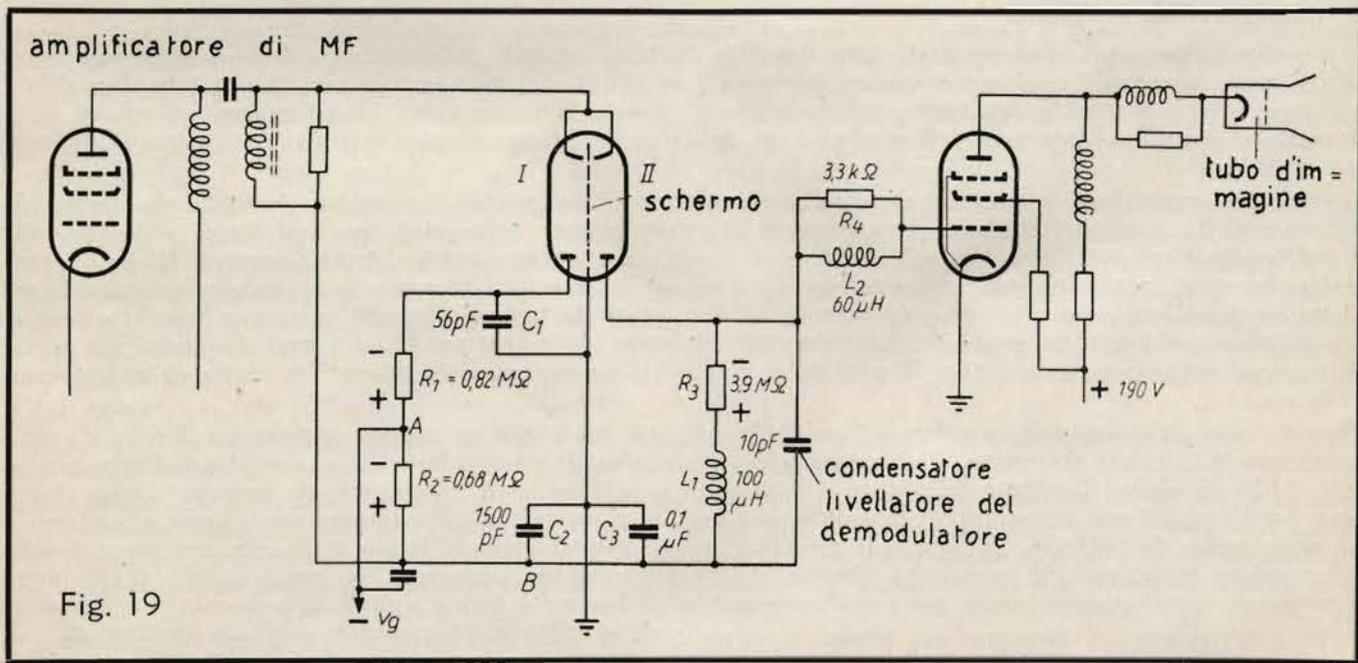
sfondo, il segnale d'immagine non può esser applicato al tubo televisivo nella forma della fig. 16. Per ottenere una riproduzione fedele dell'immagine bisogna aggiungere la componente continua.

La fig. 17 mostra uno schema usato per aggiungere la tensione mediante un diodo. Nella tensione anodica del pentodo amplificatore il segnale d'immagine è contenuto nella fase positiva (fig. 18); anche dopo il condensa-

tore  $C_k$ , esso si presenta sotto questa forma. Il diodo conduce corrente non appena l'anodo è positivo rispetto al catodo, cioè quando  $A$  è negativo rispetto a  $B$ . Di conseguenza il condensatore  $C_k$  si carica fino al valore di punta della tensione alternata. Dato l'elevato valore della resistenza  $R$ , il condensatore  $C_k$  non fa in tempo a scaricarsi nel periodo che passa tra un impulso di sincronismo e l'altro. La tensione continua, alla quale rimane caricato il condensatore, equivale all'ampiezza degli impulsi di sincronismo. Questa dipende però, come risulta dalla fig. 18, dalla luminosità dell'immagine (fondo chiaro — impulsi alti; fondo scuro — impulsi bassi). Ai capi della resistenza  $R$  si trova quindi la tensione continua del segnale d'immagine, la quale varia con la luminosità del fondo. Il condensatore d'accoppiamento  $C_k$  porta però il segnale d'immagine anche nella sua forma di tensione alternata (fig. 18). Dalla sovrapposizione delle due componenti si ottiene nel cilindro di Wehnelt il giusto segnale d'immagine, senza alcuna tensione anodica continua, che potrebbe disturbare. Col regolatore manuale di luminosità bisogna però applicare al catodo del tubo televisivo la giusta tensione, affinché gli impulsi di interdizione sopprimano il raggio elettronico esattamente nell'intervallo di ritorno, e non si presenti, d'altra parte, qualche punta di tensione capace di bloccare il tubo di Braun nei punti più oscuri dell'immagine.

Un'altra interessante soluzione del problema è rappresentata dallo schema applicato dalla Philips. Facendo uso delle nuove valvole finali a fortissima pendenza (per esempio la PL83, si veda il Capitolo sulle valvole per la televisione), questo schema richiede una sola Amplificatrice Video. L'aggiunta della componente continua rimane allora semplificata. Se per esempio la griglia della Valvola Video viene accoppiata galvanicamente, cioè senza condensatore intermedio, con la resistenza rivelatrice (cioè la resistenza di carico del raddrizzatore demodulatore), diventa inutile l'applicazione della componente continua, perchè essa è già contenuta nella predetta resistenza. Naturalmente anche l'anodo della Valvola Video deve essere accoppiato galvanicamente col tubo televisivo. Nella fig. 19 si vede uno schema di questo genere.

L'ultima valvola amplificatrice di MF, indicata a sinistra nello schema, trasmette, attraverso gli appositi elementi di accoppiamento, la MF al catodo della valvola rivelatrice. La demodulazione del segnale d'immagine avviene nel sistema II del doppio diodo. Nel canale della demodulazione sono inserite le note resistenze e bobine per la compensazione. Nel circuito di demodulazione il segnale si presenta nella fase positiva, poichè è utilizzata la semionda negativa della MF. A questo proposito si tenga presente che, con modulazione positiva dell'AF ed accoppiamento all'anodo del diodo, si ottiene la fase positiva. Invece con modulazione negativa e accoppiamento sempre all'anodo del diodo, si ottiene la fase negativa. Nel nostro caso invece (modulazione negativa e accoppiamento al catodo del diodo, per cui si ha passaggio di corrente soltanto durante le semionde negative) si ottiene la fase positiva richiesta. Lo stesso effetto si otterrebbe applicando la fase positiva al cilindro di Wehnelt. Il genere di demodulazione è prescritto da due circostanze: dal punto del tubo d'immagine, al quale si applica il segnale, e dal numero di valvole dell'Amplificatore Video. Dalle spiegazioni che abbiamo a suo tempo fornito sulle valvole amplificatrici, voi sapete che, quando la griglia diventa più positiva, la tensione anodica diminuisce e quindi la placca diventa meno positiva. Mentre negli amplificatori acustici il



fatto che le tensioni alternate di griglia e di placca siano in opposizione di fase, è senza alcuna importanza, nell'amplificatore televisivo bisogna invece tener presente che:

Ogni stadio amplificatore trasforma la fase del segnale d'immagine da positiva in negativa, e viceversa.

Dopo questa faccenda dell'inversione di fase, vogliamo accennare al compito del diodo I. Seguendo il circuito della corrente attraverso ai due diodi, si constata che le tensioni continue, agenti ai capi delle resistenze  $R_2$  ed

$R_3$ , sono in opposizione. La componente continua che si forma nella resistenza  $R_3$ , quando arriva un segnale di immagine, viene compensata dalla caduta di tensione della corrente del diodo I nella resistenza  $R_2$ . L'effetto di questo provvedimento è che tutti i segnali d'immagine, forti e deboli, si manifestano a partire dal medesimo livello d'interdizione, cosicchè la luminosità dell'immagine rimane costante, anche se la tensione d'ingresso oscilla, senza che occorra procedere ad una continua e fastidiosa messa a punto della luminosità.

Ancora una piccola osservazione sullo schema della fig. 19. Vi parrà strano che il punto B del circuito sia collegato con la terra mediante due condensatori  $C_2$  e  $C_3$  inseriti in parallelo, di cui uno assai più grande dell'altro; penserete certamente che il condensatore da 1500 pF è superfluo. Bisogna però tener presente che i condensatori di capacità relativamente grande (come  $C_3 = 0,1 \mu\text{F}$ ) posseggono tutti una certa induttanza, che diventa preponderante alle frequenze molto alte. Per queste frequenze è però sufficiente una capacità molto piccola, ma, in compenso, priva di induttanza. Prevedendo due condensatori  $C_2$  e  $C_3$  si tiene conto perciò delle esigenze pratiche dettate dall'estrema larghezza della banda di frequenza del segnale d'immagine.

La separazione degli impulsi di sincronismo, da inviare rispettivamente agli oscillatori a rilassamento per la deflessione di linea e di immagine, è già stata descritta. Quest'operazione avviene, naturalmente, dopo l'Amplificatore Video. Voi siete ora in grado di comprendere gli elementi essenziali di un ricevitore televisivo. Per terminare tratteremo ancora brevemente della parte più visibile, il tubo d'immagine.

### Domande

1. A quali cause è dovuta la diminuzione dell'amplificazione alle frequenze molto basse e molto alte negli amplificatori televisivi?
2. Quale genere di compensazione dell'amplificazione si può eseguire con l'aiuto di bobine?
3. Perché, quando si applica la controreazione, per ottenere la compensazione dell'amplificazione, si mette in parallelo alla resistenza catodica un condensatore relativamente piccolo?
4. Perché negli Amplificatori Video a più stadi è necessario aggiungere la componente continua?
5. Che cosa avviene della fase dell'immagine in uno stadio amplificatore con accoppiamento sul catodo?
6. Da che cosa dipende la fase che deve presentarsi nel circuito anodico dell'amplificatrice finale d'immagine?

### Risposte alle domande di pag. 4

1. Si distinguono due specie di distorsioni: quelle lineari e quelle non lineari.
2. Le distorsioni non lineari dipendono essenzialmente dal punto di lavoro delle valvole impiegate e dal valore delle tensioni alternate di griglia.
3. Il fattore di distorsione può essere calcolato tanto mediante le ampiezze, quanto mediante i valori efficaci.

## TELEFONIA

### IL CENTRALINO INTERNO

Il semplice apparecchio d'utente è già stato descritto da lungo tempo; nel selettore di linea avete poi conosciuto un precursore del moderno centralino interno (Dispensa N. 11). Certamente conoscete questo dispositivo, che forse è installato nella ditta stessa presso la quale prestate la vostra opera. Vogliamo ora esaminare rapidamente il centralino interno e vedere quali sono le differenze che presenta rispetto ad una centrale automatica pubblica.

Il centralino automatico interno serve anzitutto a consentire il collegamento reciproco fra tutti gli apparecchi telefonici della ditta. Naturalmente i suoi organi di commutazione corrispondono largamente a quelli delle grandi centrali urbane. Dato il piccolo numero di utenti, sono molto adatti i sistemi Siemens e Hasler. Il centralino interno è, naturalmente, sempre collegato per mezzo di una o più linee con la centrale urbana più vicina. Il traffico tra il centralino interno e la centrale urbana comporta la formazione di interessanti combinazioni di circuiti. Sarebbe senz'altro possibile incaricare una telefonista dello smistamento del traffico esterno, ma per le ditte piccole questo sistema è troppo oneroso e il centralino completamente automatico risulta di maggior convenienza.

Consideriamo un esempio delle molteplici possibilità offerte dal centralino interno automatico. Una ditta artigiana, che possiede il centralino, è chiamata telefonicamente dall'esterno. Suona il campanello dell'apparecchio principale, in ufficio. Il gerente della ditta si trova però in officina e in ufficio non c'è nessuno. Dopo alcune scampanellate, dei relè contenuti nel centralino provvedono automaticamente a commutare la linea, allacciandola all'apparecchio dell'officina, dal quale il gerente risponde alla chiamata. Ma ciò non basta. Per poter dare le informazioni richiestegli, il gerente ha bisogno di interpellare il magazziniere. Egli preme perciò il cosiddetto « tastino di segnalazione », che si trova sull'apparecchio telefonico, e forma quindi il numero del magazzino. Dopo aver parlato col magazziniere, preme nuovamente il tasto di segnalazione, ripristinando il collegamento con l'esterno.

Vediamo un'ulteriore possibilità interessante. L'utente chiamante desidera parlare, per esempio, con la moglie del gerente. Quest'ultimo preme ancora brevemente il tasto di segnalazione, formando quindi il numero interno della propria abitazione. Ottenuta la risposta dalla moglie, il gerente la prega di premere a sua volta il tasto, mentre egli appende il ricevitore. Con ciò il collegamento esterno è stato commutato dall'officina all'abitazione, e da questa la conversazione procede nel solito modo. Terminato il colloquio, entrambi gli utenti appendono il ricevitore e tutto ritorna nelle condizioni primitive. Questo esempio vi mostra a quali servizi deve potersi prestare un centralino interno, in modo da realizzare un sistema di traffico che faccia risparmiare tempo.

## Il tasto di segnalazione

Poichè il *tasto di segnalazione* si ritrova in tutti i sistemi, vi spiegheremo dapprima in che modo esso agisca sui diversi *relè* di commutazione. Il funzionamento può essere seguito molto bene con l'ausilio dello schema della fig. 20; in seguito considereremo un impianto completo.

Occorre anzitutto un accenno sulla rappresentazione schematica dei *relè*. Per non dover tracciare troppe linee di collegamento, che renderebbero lo schema poco chiaro, si disegnano i *contatti dei relè* separati dalle relative *bobine*. Queste sono inserite nei loro circuiti, mentre i *contatti* si disegnano nei *punti di commutazione*. I *contatti appartenenti ad un dato relè* si distinguono perchè sono contrassegnati con la *medesima lettera*. Così, per esempio, *d* è un *contatto del relè D*, anche se le due parti sono disegnate in punti molto diversi dello schema. I *relè* sono distinti da *lettere maiuscole*, mentre i *contatti* portano delle *lettere minuscole*, seguite eventualmente da un *numero*, se i contatti dello stesso relè sono parecchi. Nella fig. 20 abbiamo dunque tre schemi, i quali sono stati disegnati separati per semplicità, ma che funzionano insieme.

Come vedete, il *tasto segnalatore T* non è, in fondo, che un *tasto per la messa a terra*.

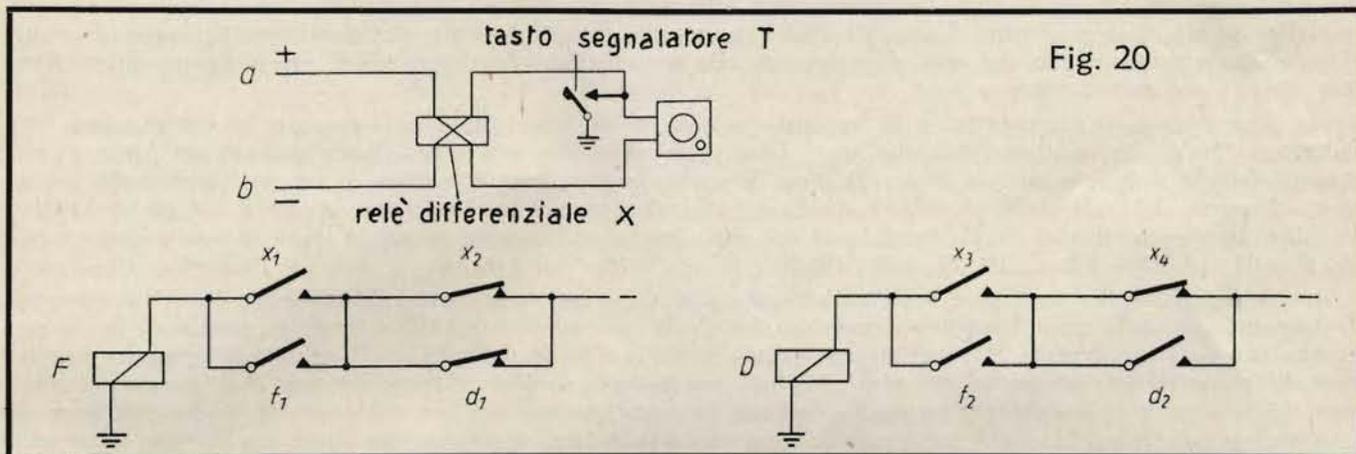


Fig. 20

Nella fig. 20 sono disegnati *tre relè*, e precisamente il *relè differenziale X*, inserito nella linea, e i *due relè F e D*. Il relè *X* possiede *due avvolgimenti in opposizione*, inseriti rispettivamente nei fili *a* e *b*. Normalmente il relè *X* non può quindi attrarre.

Nello schema è indicata la posizione iniziale, nella quale il *tasto di segnalazione* è aperto ed i relè *F* e *D* sono diseccitati. Il relè *X* invece è attraversato dalla *corrente di alimentazione* dell'apparecchio d'utente, ma poichè gli *avvolgimenti* sono *in opposizione*, i campi magnetici si annullano a vicenda e il relè resta nella *posizione di riposo*. Se ora premiamo il tasto *T*, uno dei due avvolgimenti viene collegato con la terra e rimane quindi cortocircuitato; di conseguenza uno dei due campi magnetici antagonisti scompare e rimane solo l'altro. Allora il *relè differenziale* attrae e subito si commutano tutti i *contatti x*. In serie al relè *F* si chiude *x1* e si apre *x2*. Si forma quindi il seguente circuito: terra - relè *F* - contatto di lavoro *x1* - contatto di riposo *d1* - batteria. Il relè *F* rimane quindi eccitato e tutti i contatti *f* si commutano.

In un primo tempo il relè *D* rimane ancora privo di corrente, perchè, nell'istante in cui si chiude il *contatto di lavoro x3* si apre il *contatto di riposo x4*, mentre *d2* è tuttora aperto. Anche il fatto che *f2* sia allacciato in parallelo a *x3* non cambia nulla di ciò. Nell'istante in cui viene abbandonato il *tasto di segnalazione*, il relè *X* si diseccita, per la qual cosa i contatti *x* ritornano nella posizione primitiva. Il relè *F* rimane però attratto, perchè *x1* è cortocircuitato da *f1* e *x2* richiude il circuito, prima che possa aprirsi *d1*. La seconda commutazione dei contatti *x* ha formato però il circuito terra - relè *D* - *f2* - *x4* - batteria, per cui si eccita il relè *D* e si commutano i contatti *d*. Ciò non disturba comunque il relè *F*, poichè in parallelo al contatto *d1*, ora aperto, c'è il contatto *x2* che mantiene chiuso il circuito.

Ora seguite ciò che avviene quando si preme per la seconda volta il *tasto di segnalazione*. Vedrete che, alla chiusura del tasto *T*, si diseccita il relè *F*, ed all'apertura, il relè *D*.

I due relè *F* e *D* sono dotati di *ulteriori contatti d'utilizzazione*, i quali consentono di effettuare le richieste commutazioni della *linea esterna* oppure dei *circuiti interni*. Nel prossimo paragrafo vi mostreremo lo schema completo di un impianto di questo genere e vi faremo vedere come la semplice manovra descritta più sopra consenta di *passare una comunicazione esterna* o di *interromperla*, per effettuare una *chiamata interna*.

## La centralina interna automatica di Hasler

Come esempio di una *centralina interna* consideriamo un impianto della S.A. Hasler di Berna. Essa ha la potenzialità di 30 stazioni interne, con allacciamento a 5 linee esterne (tipo V/30). Pur trattandosi di un impianto piccolo, esso funziona mediante *comando indiretto* e con *cercatori di chiamata*. I *cercatori di chiamata* e di *linea* sono dei *selettori a 30 posti*, di costruzione simile al *cercatore Hasler a 100 posti*, già descritto. Avendo soltanto 30 attacchi, il movimento lineare o di sollevamento delle *spazzole* non è necessario; si tratta quindi di un *selettore puramente rotativo*.

Come nelle grandi Centrali Hasler, si impiegano *registratori* e *marcatori*. Siamo ormai abituati a trarre delle deduzioni dai numeri telefonici degli utenti (naturalmente quelli interni). Si tratta naturalmente sempre di

numeri decadici. Sono utilizzate le *prime tre decadi*, e quindi gli utenti portano i numeri 11, 12, 13... 18, 19, 10, 21, 22... 29, 20, 31... 39, 30. Con 30 utenti bastano generalmente 3 o 4 complessi di collegamento, perchè è difficile che più di 8 utenti vogliano comunicare nel medesimo tempo. Le parti essenziali di questi complessi sono, per ciascuno, un *cercatore di chiamata* e un *cercatore di linea*, di costruzione analoga, nonchè i necessari *relè*. Non occorrendo, naturalmente, *cercatori di gruppo*, ogni coppia di *cercatori di chiamata* e *di linea* costituisce un'unità a sè. Lo schema è fatto in modo che, quando un utente qualsiasi solleva il microtelefono per chiedere una comunicazione, venga occupato sempre il *complesso di cercatori successivo*. Se, per esempio, la conversazione precedente si è svolta attraverso al complesso numero 2, la prossima avviene tramite il complesso numero 3, senza riguardo al fatto che i complessi numero 1 e 2 siano liberi oppure occupati. È chiaro che questo sistema consente un impiego uniforme dei *selettori* e dei *relè*, evitando l'usura maggiore dei primi complessi, che si verifica invece con altri sistemi.

Volendo realizzare un collegamento interno, l'utente solleva il ricevitore; subito il *cercatore di chiamata* che è di turno individua l'utente chiamante e gli trasmette il *segnale di centrale*. Poichè i *cercatori di linea* sono dei semplici *selettori rotativi*, benchè a 30 passi, è necessario compiere la *registrazione degli impulsi di selezione*, come abbiamo già detto. La prima serie d'impulsi va a finire al *commutatore a 10 posti del registratore*. Per esempio, se si chiama il numero 23, il *commutatore* si dispone dapprima sul secondo posto. Pertanto viene eccitato soltanto uno dei *relè* appartenenti alla seconda decade; dopodichè il *commutatore del registratore* ritorna automaticamente a zero.

Sopravviene quindi la seconda serie di impulsi (nel nostro esempio, 3), la quale comanda il medesimo *commutatore*. Però, oltre alla *registrazione*, esso deve provvedere alla *marcatura*. Servono a questa funzione *due speciali banchi del cercatore di linea*. In una di queste corone supplementari di *contatti* avviene la *marcatura* ad opera dei *relè delle decadi*, i quali determinano quindi se il numero cercato è compreso tra 10 e 19, 20 e 29 oppure 30 e 39. Nella seconda corona sono invece collegate in parallelo le *unità equivalenti*, quindi 11, 21 e 31; 12, 22, e 32; ... 19, 29, e 39; 10, 20 e 30.

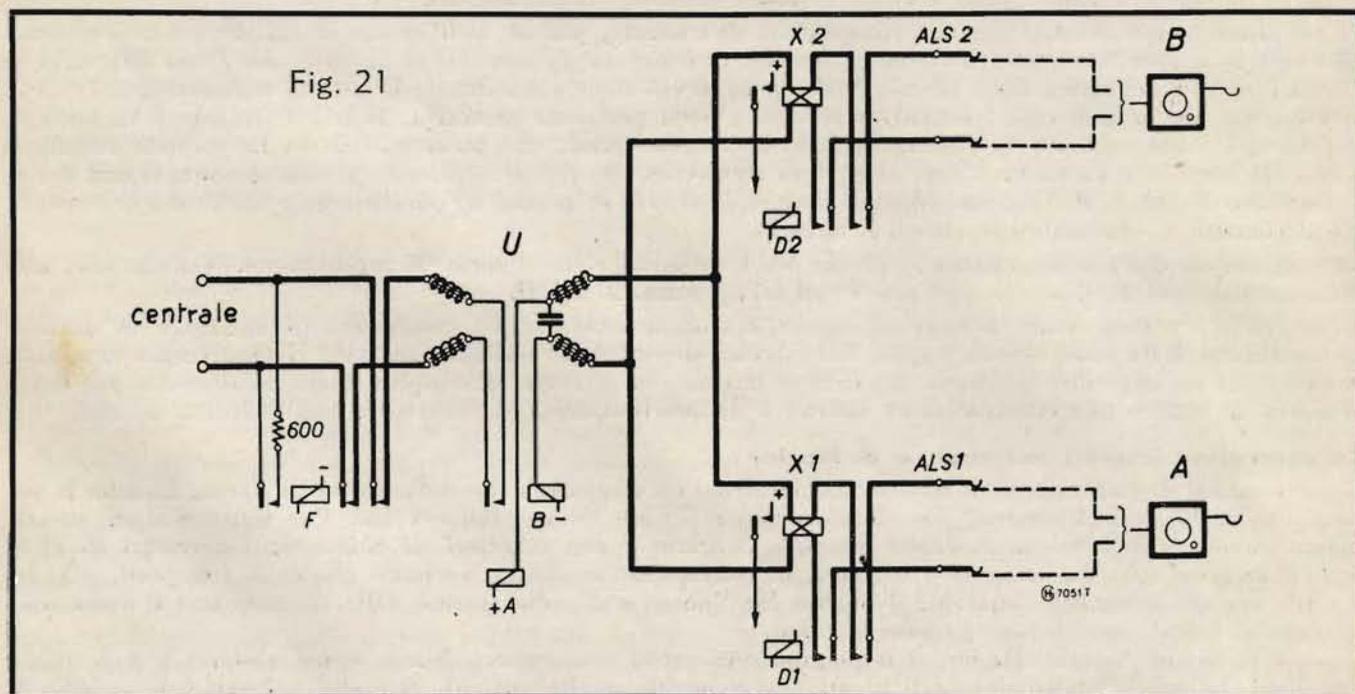
A questo modo il *relè decadico* ed il *commutatore* realizzano la *marcatura del CL* senza possibilità di equivoci. Terminata la seconda serie d'impulsi il *magnete del CL* viene eccitato ed il *CL* si mette in rotazione, finchè raggiunge la posizione marcata. Un particolare vantaggio della *marcatura* risiede nel fatto che il *cercatore rotativo* non abbisogna di una *posizione di zero*; e quindi non occorre un *dispositivo di ritorno e di sgancio*. Il *cercatore* inizia sempre il movimento partendo dall'ultima posizione assunta; sovente esso non ha da effettuare che una piccola rotazione. Si ottiene così non soltanto rapidità di funzionamento, ma altresì un limitato logorio del materiale. Non c'è da temere, d'altra parte, alcun disturbo dell'utente, sul cui attacco il *cercatore* si è prima arrestato; infatti il collegamento viene chiuso, per mezzo di *relè*, soltanto dopo che il *cercatore* si è fermato nella nuova posizione.

Avrete constatato senza dubbio che il *centralino* presenta, per il traffico interno, diverse semplificazioni rispetto alla *centrale urbana Hasler*, senza avere peraltro alcunchè di concettualmente nuovo.

### Il collegamento alle linee esterne

Le cose stanno invece diversamente per quanto riguarda il *collegamento delle linee esterne*. Qui bisogna infatti tener conto della necessità di poter *passare* la comunicazione. A questo scopo sono previsti *due cercatori di linea*, allacciati in parallelo attraverso al *traslatore U*, come risulta dalla fig. 21.

Servendoci dello schema, esamineremo nuovamente l'esempio menzionato all'inizio. La conversazione prove-



niente dalla *centrale urbana* viene inviata, tramite il *cercatore ALS-1*, all'*apparecchio interno* previsto per la risposta. Suona il campanello, viene sollevato il *ricevitore* e, con una pressione sul *tasto di segnalazione*, il collegamento è realizzato e la conversazione incomincia.

Nel nostro esempio abbiamo posto il caso che il gerente della ditta non si trovi in ufficio al momento della chiamata, ma in officina. La chiamata viene passata automaticamente all'*apparecchio dell'officina*. Ciò può avvenire in differenti maniere. Nel *centralino V/30* bisogna premere il cosiddetto « *tasto di segnalazione circolare* ». Quando la persona addetta al servizio dell'apparecchio principale si allontana, preme il tasto suddetto. Allora, in caso di chiamata, entrano in azione *le suonerie di tutti gli apparecchi*. La comunicazione può esser presa ovunque: basta sollevare il *ricevitore* e premere il *tasto di terra*. Il passaggio della comunicazione e la sua interruzione, per informazioni interne, avviene nel solito modo.

Nel *centralino automatico tipo 1/10* (1 linea esterna, 10 apparecchi interni) non occorre alcun tasto speciale per il passaggio della chiamata. Qualora, *dopo 6 segnali di chiamata esterna*, il *ricevitore* dell'*apparecchio principale* non sia ancora stato sollevato, la chiamata passa automaticamente al cosiddetto « *apparecchio notturno* » (e solo a questo). Generalmente quest'apparecchio è infatti quello collocato *nell'abitazione* o *nella camera da letto del gerente*. Da esso si può rispondere alle chiamate esterne e naturalmente anche passare la comunicazione agli altri apparecchi. In molti impianti, il passaggio della chiamata all'*apparecchio notturno* non avviene del tutto automaticamente, ma solo qualora sia stato premuto un *apposito tasto* dell'*apparecchio principale*.

La possibilità di interrompere le comunicazioni esterne per richiedere delle informazioni interne comporta delle situazioni interessanti. Volendo chiedere un'*informazione*, l'utente preme il *tasto di messa a terra*. Si eccitano allora i relè  $F$  e  $D_1$ , tramite il relè  $X_1$ , come descritto sopra. Si tratta dei medesimi relè che abbiamo visto nella fig. 20. Per effetto delle conseguenti commutazioni, il *secondo cercatore ALS-2*, con *registratore*, viene messo a disposizione per la *selezione interna*. La *linea esterna* viene chiusa, mediante una *resistenza* da 600 ohm, dal *contatto esterno* (a sinistra) del relè  $F$ ; in tal modo il circuito telefonico rimane chiuso, indipendentemente dal fatto che in esso l'apparecchio dell'utente sia inserito o no. Come vedete, i relè *d'alimentazione A e B*, che forniscono attraverso ad  $U$  la corrente continua proveniente dalla centrale, non hanno ora più alcun effetto sulla *linea esterna*; intanto però la comunicazione esterna è trattenuta. Il dispositivo interno di collegamento, col *cercatore ALS-2*, appartiene senza dubbio alla *linea esterna*. In quanto alla *selezione interna*, essa avviene nel modo già descritto. Visti dalla *linea esterna*, i due utenti  $A$  e  $B$  (fig. 21) sono allacciati in modo del tutto equivalente attraverso *ALS-1* o *ALS-2*. È quindi chiaro che, premendo il *tasto di segnalazione* nel posto  $A$  oppure  $B$  si ottiene in entrambi i casi il medesimo effetto e cioè l'allacciamento alla *linea esterna*. Da questo punto di vista risulta che l'*informazione* e il *passaggio della comunicazione* sono la stessa cosa. Non volendo inoltrarci maggiormente nei dettagli, può bastare lo schema semplificato della fig. 21.

È poi importante il fatto che, effettuando ripetutamente il passaggio della comunicazione, i cercatori *ALS-1* ed *ALS-2* invertono le loro funzioni. Il primo collegamento avviene attraverso *ALS-1* e il primo passaggio della comunicazione mediante *ALS-2*. Nel secondo passaggio si inserisce nuovamente *ALS-1*, e così via alternativamente. È importante notare che, per queste operazioni puramente interne, come le *informazioni* ed il *passaggio della comunicazione*, si impiegano soltanto i *cercatori* assegnati alla *linea esterna*. Quando un utente, sollevando il *ricevitore*, sente il *segnale d'occupato*, il quale indica che tutti i *complessi interni di selezione* sono già occupati, egli ha, ciò nonostante, ancora la possibilità di effettuare un *collegamento interno* attraverso una *linea esterna*, dopo aver premuto il *tasto di segnalazione*. I collegamenti esterni e quelli interni d'informazione sono del tutto indipendenti dal rimanente traffico interno.

Questa breve descrizione, nella quale abbiamo tralasciato tutti quei particolari che vi erano già noti dallo studio delle *centrali automatiche* (*disco combinatorio*, *svolgimento della selezione*, *segnale d'occupato* o *di libero*, *termine della conversazione*, ecc.), chiude il Capitolo dedicato alla *telefonia*. Voi avete raggiunto così una buona conoscenza dei problemi della *telefonia*, pur senza essere diventato uno specialista in materia, poichè ciò richiederebbe degli anni di pratica. Sarete comunque fiero di essere ormai in grado di comprendere tante cose in questo ramo interessante delle telecomunicazioni.

## Domande

- 1) Quali sono i sistemi automatici particolarmente adatti per i centralini interni?
- 2) Che avviene quando si preme il tasto di segnalazione?
- 3) Quanti sono i relè che entrano in funzione per il *passaggio del collegamento*, quando si preme il tasto di segnalazione (fig. 21)?
- 4) In quale modo la centralina Hasler descritta consente di ottenere dei collegamenti interni, per l'informazione, e di *passare* la comunicazione esterna?

## Risposte alle domande di pag. 10

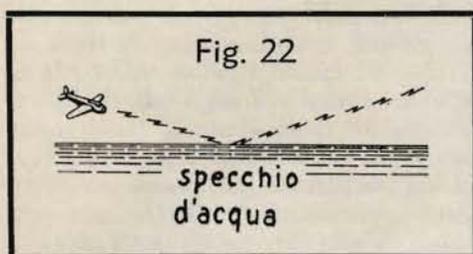
- 1) Alle basse frequenze si ha una diminuzione dell'amplificazione per effetto dell'aumentata reattanza dei condensatori di accoppiamento e di cortocircuito. La diminuzione che si presenta alle alte frequenze è invece dovuta alle capacità degli elettrodi e dei collegamenti, che provocano un abbassamento delle reattanze di griglia e di placca.
- 2) La correzione dell'andamento di frequenza dell'amplificazione si effettua molto bene, alle frequenze alte, mediante inserzione di un'induttanza in serie alla resistenza anodica, cosicchè si ottiene un aumento sensibile della impedenza, solo alle frequenze più alte. Inoltre essa consente anche di sfruttare l'effetto di risonanza con le capacità parassite.

- 3) Per correggere l'andamento dell'amplificazione alle frequenze elevate, si può far uso della controreazione, realizzata mediante una resistenza catodica con un piccolo condensatore in parallelo. La controreazione è pienamente efficace alle frequenze basse, mentre a quelle alte la capacità, anche piccola, riduce fortemente l'impedenza in serie al catodo e quindi la controreazione.
- 4) Nell'amplificatore Video a più stadi, è indispensabile aggiungere la componente di tensione continua, perchè i condensatori d'accoppiamento inoltrano solamente la componente alternata. Mancando la componente continua l'illuminazione dello sfondo rimane indeterminata.
- 5) La fase dell'immagine subisce in ogni amplificatore uno spostamento di  $180^\circ$ , ossia un'inversione.
- 6) La fase dell'immagine nel circuito anodico dell'Amplificatore Video finale deve essere negativa, se il segnale viene applicato al catodo del tubo televisivo, positiva, se esso viene applicato al cilindro di Wehnelt.

## RADAR

### L'IMMAGINE PANORAMICA

Il radar è veramente un'apparecchiatura fantastica, quando si pensi che esso consente di scoprire, per esempio, degli aerei di notte o nella nebbia, senza che nell'aereo stesso si trovino apparecchi che assecondino la ricerca. L'impianto descritto nella Dispensa precedente ha però il difetto di richiedere la *continua sorveglianza di tutte le direzioni*, da effettuare, osservando sempre attentamente lo schermo.



Inoltre, se l'apparecchio è collocato su un veicolo, esso registra le riflessioni provocate dagli oggetti fissi circostanti, come campanili, ciminiere, edifici elevati, i quali cambiano continuamente di posizione rispetto al veicolo e pertanto sono difficili da distinguere gli uni dagli altri. Le coste lungo il mare provocano delle riflessioni particolarmente nette; gli specchi d'acqua quieti invece riflettono le onde soltanto in direzione opposta a quella di provenienza, come risulta dalla fig. 22, cosicchè non si ha formazione di eco. Sono soltanto le irregolarità della costa che producono delle tracce sullo schermo, e questo fatto è di eminentissima importanza per l'uso del radar sulle navi e sugli aerei, per scopi di orientamento.

Si potrebbe pensare di ottenere un vantaggio, facendo ruotare uniformemente l'antenna, ma ciò non basta, perchè le riflessioni provenienti da differenti direzioni dovrebbero prima essere combinate in modo giusto; ciò non si può fare finchè si impiegano unicamente degli impulsi che producono sullo schermo dei segni verticali. Sarebbe invece assai comodo se i segnali provenienti dalle riflessioni potessero esser riportati su una specie di carta geografica, ognuno al punto giusto. Dalle spiegazioni precedenti voi sapete che le onde elettromagnetiche emesse dall'antenna trasmittente possono esser inviate in tutte le direzioni, se si fa ruotare l'antenna. Le onde riflesse sono raccolte dall'antenna di ricezione e producono un segno nel punto corrispondente alla distanza esatta. L'immagine del paesaggio viene quindi scomposta in singoli punti e noi siamo portati così a pensare alla televisione, dove pure si ha la scomposizione e la ricomposizione dell'immagine. Se riusciamo a realizzare la ricomposizione dell'immagine, otterremo in questo caso una specie di riproduzione del paesaggio, ossia di carta geografica. Si tratta ora di vedere qual è il procedimento adatto allo scopo.

### Riproduzione in chiaro e scuro

L'analogia con la televisione ci fa comprendere che ad un'onda riflessa deve corrispondere ora sullo schermo non una riga, ma un punto. Le singole onde riflesse non sono quindi più contraddistinte dall'altezza di un tratto, ma solamente dalla luminosità di un punto. Dalle nostre spiegazioni sul tubo televisivo voi sapete che, per produrre dei punti luminosi sullo schermo, è necessario applicare gli impulsi ricevuti, dopo averli amplificati, al cilindro di Wehnelt. Con ciò è risolta una parte del problema, ma siamo ancora lontani dall'aver ottenuto un'immagine simile ad una carta geografica.

### Il retino

Ovunque abbiamo finora avuto a che fare con la trasmissione elettrica di un'immagine, è stato necessario escogitare un sistema per scomporla in singoli punti, in modo da costituire un cosiddetto « retino ». In che modo è possibile, nel radar, eseguire l'esplorazione seguendo un retino predeterminato? Anche nella ricezione sarà necessario far seguire al raggio catodico la stessa traccia; ciò si potrà fare con l'aiuto di adatti campi magnetici o elettrici.

Se l'esplorazione del paesaggio avviene con l'aiuto di un'antenna rotante, una delle due coordinate del retino è data; abbiamo infatti un'onda elettromagnetica fortemente concentrata che viene proiettata successivamente in tutte le direzioni angolari. Data una coordinata rimane automaticamente fissata anche l'altra.

Infatti i diversi punti situati nella medesima direzione si distinguono unicamente per la loro distanza dall'origine. Ogni punto è determinato così in modo univoco e concorre alla formazione della voluta carta geografica.

Come già sappiamo, le onde elettromagnetiche per il radar vengono emesse sotto forma di brevissimi impulsi. Il tempo, impiegato dalle onde per percorrere la distanza dal trasmettitore al punto di riflessione e per far ritorno al ricevitore (situato accanto al trasmettitore), dipende unicamente dalla distanza dell'oggetto riflettente. Le onde riflesse dagli oggetti più distanti ritornano con maggior ritardo.

Il *retino* risultante da questo sistema d'esplorazione è rappresentato nella fig. 23. Dapprima troverete che questo *retino* ha un grave inconveniente: è molto fitto al centro e diventa sempre più rado verso la periferia. Ricordiamoci però della caratteristica direzionale delle onde di localizzazione. Esse non costituiscono dei raggi paralleli, ma coprono sempre un certo *angolo*; ciò significa che, a una certa distanza dal centro, la larghezza del raggio è maggiore. Per esempio, un angolo di 1° forma a 1 km di distanza un arco di m 17,45; a 10 km invece un arco di m 174,5.

Interessa altresì confrontare la *densità del retino* con il numero di punti impiegato in televisione. C'è però una differenza di principio, dovuta alle limitazioni imposte dal fatto che l'*antenna* vien fatta ruotare *meccanicamente*. Inoltre è ovvio che il numero dei raggi dipende dalla *frequenza* con la quale si susseguono gli impulsi emessi. Chiariremo le cose con un esempio.

L'*antenna* effettua 30 rotazioni al minuto, ossia un giro in due secondi. Come sappiamo dalla Dispensa precedente, il numero degli impulsi dipende dalla massima distanza degli oggetti che si vogliono riprodurre. Volendo registrare gli oggetti situati entro un raggio di 75 km, occorre una frequenza d'impulsi di 2 000 Hz. Infatti tra un impulso e

l'altro l'onda compie un percorso di  $\frac{300\,000}{2000}$  km = 150 km, ossia 75 km d'andata e 75 di ritorno. Questi dati

consentono di calcolare il numero di raggi del nostro *retino*. L'*angolo giro* — circonferenza di 360° — viene percorso in 2 secondi; durante questo periodo vengono emessi 4 000 impulsi. Ogni impulso corrisponde quindi a  $\frac{360^\circ}{4000} = 0,09^\circ$ . È chiaro quindi che il *retino* diventa tanto più fitto, quanto più lenta è la rotazione dell'*antenna* e quanto più piccola la distanza esplorata, poichè, diminuendo la distanza, è possibile aumentare la frequenza degli impulsi. Vedremo subito qual è il limite inferiore per la velocità di rotazione dell'*antenna*. Ora calcoliamo qual è l'arco di cerchio che corrisponde ad un angolo di 0,09° alla distanza di 75 km. Esso equivale a  $\frac{2 \cdot 75 \cdot \pi \cdot 0,09}{360} = 0,118$  km = 118 metri. Tenendo presente che il raggio localizzatore ha una apertura di circa 1°, possiamo esser certi che tutti i punti potranno effettivamente esser individuati.

### L'antenna

Dopo aver riflettuto sui metodi che possono esser impiegati, in linea di principio, per l'*esplorazione del paesaggio*, vediamo quali sono le parti essenziali di cui si compone una *stazione radar*. Cominciamo con l'*antenna*, che è uno degli organi più importanti, in quanto che realizza il collegamento tra l'*apparecchio* e l'*esterno*.

La fig. 24 mostra il sistema d'*antenna* di un impianto di radar navale americano. La forma un po' strana è richiesta dalla lunghezza d'onda usata, che è di cm 3,2. È inutile che descriviamo il motore che aziona l'*antenna*; esso è completamente incapsulato in una *carcasa stagna*, la quale costituisce, nello stesso tempo, il *basamento* del dispositivo. L'organo a forma di corno, che si eleva a sinistra sopra la *carcasa del motore* è un cosiddetto « *conduttore cavo* ». Mentre finora abbiamo sempre visto che per il trasporto dell'energia elettrica, compresa quella ad AF, occorre un sistema di due conduttori, qui l'energia viene trasportata in un tubo chiuso senza alcun conduttore interno, come se si trattasse d'acqua o di gas. « Non è possibile! » voi direte; e avete ragione, se vi riferite alle frequenze industriali o anche a quelle usate per le radioaudizioni. Eppure alle frequenze altissime ciò è non solo possibile, ma anche molto comodo, e cercheremo perciò di spiegarvelo. Dobbiamo rifarci alla propagazione delle onde elettromagnetiche nello spazio. Nello spazio (a parte l'*etere*) non abbiamo nessun mezzo di trasporto; viene però dispersa moltissima energia. Nei conduttori cavi le perdite d'energia sono piccolissime, quando si tratta di onde centimetriche. Questi conduttori si chiamano perciò, più propriamente, « *guide d'onde* ». La propagazione dell'energia nelle *guide d'onde* è strettamente legata alle dimensioni geometriche delle onde stesse. Per esempio, nel tubo della fig. 24, che è a sezione rettangolare, il lato maggiore del rettangolo deve essere un po' più lungo di mezza lunghezza d'onda dell'oscillazione trasmessa; quindi se  $\lambda =$  cm 3,2, il lato deve essere circa 1,8-2 cm.

Di particolare importanza è il materiale che costituisce la superficie interna della *guida d'onde*. Si deve usare un metallo di ottima conduttività e si impiega perciò generalmente l'*argento*, che viene però applicato soltanto in uno strato sottilissimo. Il compito dello strato d'*argento* non è infatti di condurre l'energia, ma unicamente di riflettere le onde, in modo da trattenere l'energia elettromagnetica nell'interno del tubo. Per ottenere la riflessione dell'onda in modo conveniente, è necessario attenersi alle condizioni geometriche e di materiale

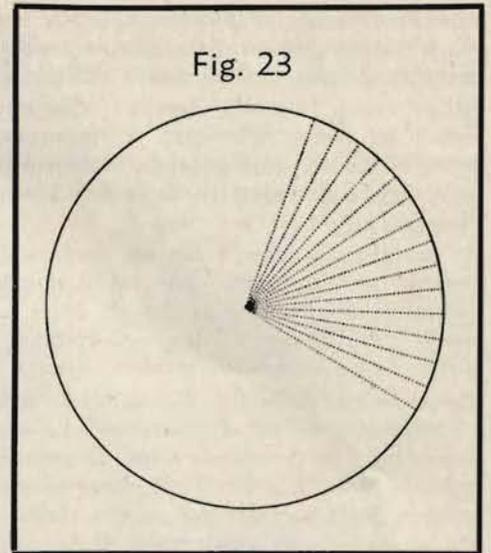


Fig. 23

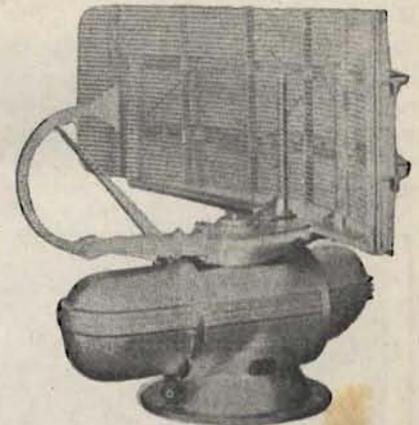


Fig. 24

sopramenzionate. Rinunciamo perciò ad addentrarci maggiormente nei particolari della propagazione del campo elettromagnetico ondulatorio nell'interno della *guida d'onde*, perchè si tratta di un fenomeno alquanto complesso, che richiede una difficile trattazione matematica.

All'estremità la *guida d'onde* è allargata a forma di imbuto, in modo da dirigere le onde elettromagnetiche contro la *parete riflettente*. È importantissimo che l'apertura dell'imbuto si trovi a giusta distanza dalla *parete riflettente*, costituita da numerose *sbarre d'alluminio*; altrimenti non si ottiene la *caratteristica direzionale* voluta. Il riflettore della fig. 24 è largo m 1,55 e produce un *raggio localizzatore* con apertura orizzontale di soli 1,6°

Ai margini di questo campo, ossia a 0,8° dalla mezzeria, l'energia irradiata è ridotta alla metà di quella al centro; più in fuori, cade rapidamente a zero. Verticalmente, invece, il raggio è molto meno concentrato, volendosi identificare anche gli aerei a partire dalle distanze di 5-10 km. L'apertura della *caratteristica verticale* è di 17° sopra l'asse orizzontale. Il *raggio localizzatore* possiede in tal modo, approssimativamente, la forma di un *settore di cerchio*; questa forma si è dimostrata particolarmente favorevole.

Come vedete dalla fig. 24, esiste un solo sistema d'antenna e pertanto è necessario allacciarlo alternativamente al trasmettitore ed al ricevitore. La durata degli impulsi trasmessi può essere a scelta 1/4 o 1  $\mu$ s (1  $\mu$ s = 1 microsecondo = 1 milionesimo di secondo). Il primo valore si impiega per le determinazioni da farsi in vicinanza (10 e 35 km); l'altro per i campi a distanza (100 e 350 km). Nell'apparecchio in questione la frequenza degli impulsi nel campo vicino è di 3 000 Hz. Abbiamo quindi degli impulsi della durata di 1/4  $\mu$ s che si susseguono a intervalli di 1/3 ms (1 ms = 1 millisecondo = 1 millesimo di secondo). Durante il periodo impiegato dalle onde per andare fino alla distanza massima e tornare, non dev'essere emesso altro impulso.

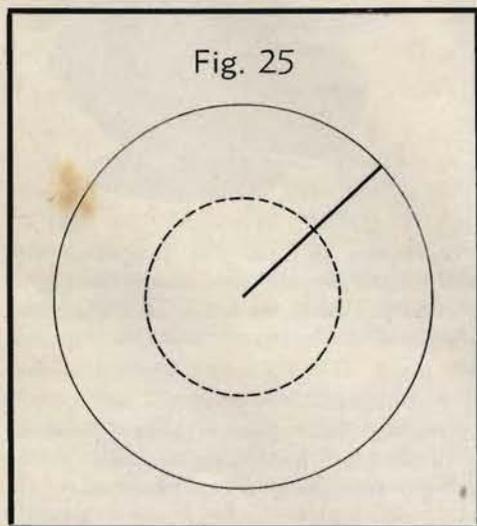
Per questa stessa esigenza l'impiego di un unico sistema d'antenna appare molto conveniente. Naturalmente la commutazione dell'antenna dal circuito del trasmettitore a quello del ricevitore deve avvenire in sincronismo con la emissione degli impulsi. Tale commutazione si realizza mediante accensione di una scarica, che avviene nell'istante esatto, in modo da collegare l'antenna col trasmettitore e da cortocircuitare l'entrata del ricevitore. Non possiamo descrivere qui tutto lo schema, perchè per comprenderlo sarebbero necessarie delle cognizioni sulla teoria dei quadripoli, che supererebbero sensibilmente i limiti di questo Corso.

L'impiego di un'unica antenna non consente soltanto di realizzare un'economia di materiale, ma assicura altresì la perfetta identità delle caratteristiche direzionali del trasmettitore e del ricevitore, il che è sommamente importante, data la forte concentrazione del raggio localizzatore. L'esercizio simultaneo, come è denominato l'impiego di una sola antenna per la trasmissione e la ricezione, è preferibile soprattutto negli impianti per aerei.

In merito al ricevitore non vi è molto da dire. Per poter inoltrare degli impulsi assai brevi è necessario un amplificatore a larga banda. Le esigenze sono però molto minori di quelle che si pongono in televisione, per la qual cosa non occorre che ce ne occupiamo di nuovo. Naturalmente, per ottenere la necessaria amplificazione ci vuole un amplificatore a supereterodina. Per la conversione della frequenza d'esercizio di 9375 MHz occorre un generatore d'oscillazioni di frequenza elevatissima. Esso funziona con un magnetron oppure con un klystron, uno speciale tubo per onde ultracorte. Mentre però il trasmettitore deve emettere delle potenze fortissime, che toccano punte di 30 kW, per il generatore ausiliario bastano soltanto pochi milliwatt.

### Il tubo d'osservazione

Come il tubo d'immagine della televisione richiede la soluzione di particolari problemi, così anche nel radar il tubo d'osservazione dev'essere adattato al suo scopo particolare. In primo luogo si tratta di tracciare col raggio catodico un retino simile a quello percorso dal raggio localizzatore. Rammentiamo che l'antenna effettua una rotazione, mentre le onde esploranti si spostano radialmente con la velocità della luce. Nella Dispensa N. 19, pag. 13 abbiamo spiegato come sia possibile in linea di principio ottenere un movimento circolare del raggio elettronico; si tratta di un caso particolare delle figure di Lissajous.



Come abbiamo già visto, la deflessione circolare si può ottenere anche per via magnetica. Il movimento radiale, che deve avvenire in sincronismo con lo spostamento delle onde inviate nello spazio, si ottiene, anche in questo caso, mediante un'oscillazione a dente di sega. Per realizzare quindi una deflessione del raggio catodico corrispondente al retino della fig. 23, si produce dapprima lo spostamento rotativo, applicando due tensioni elettriche, oppure due campi magnetici, di ugual frequenza, ma sfasati di 90°. Senza tensione a dente di sega, si otterrebbe in tal modo un cerchio di diametro approssimativamente uguale alla metà del diametro dello schermo. Applicando quindi la tensione a dente di sega a una coppia di elettrodi concentrici, si sovrappone la deflessione radiale a quella circolare; ogni punto del cerchio primitivo viene allungato fino a formare una linea radiale (figura 25).

Non occorre che ripetiamo come si possono produrre le tensioni di deflessione. La frequenza dell'oscillazione sinusoidale deve corrispondere alla rotazione dell'antenna, mentre la tensione a rilassamento deve avere la frequenza degli impulsi. Per quanto riguarda il trasmettitore, il fatto che l'antenna ruoti durante l'emissione dell'onda, è

senza importanza. Invece sullo schermo d'osservazione il raggio compie pure un certo spostamento circolare durante un periodo dell'oscillazione a rilassamento. Nell'esempio riportato più sopra l'antenna ruota di  $0,09^\circ$  nell'intervallo tra due impulsi successivi. Su un tubo da 20 cm di diametro (100 mm di raggio) quest'angolo corrisponde ad un arco periferico di  $100 \frac{2\pi \cdot 0,09}{360} = 0,15705$  mm.

Questo calcolo di controllo dimostra che il dispositivo descritto è in grado di riprodurre sullo schermo il retino descritto dal raggio localizzatore con sufficiente precisione. Le successive deflessioni producono sulla circonferenza del tubo, cioè nella posizione meno favorevole, dei punti che non distano tra loro più del loro spessore.

Negli impianti fissi è facile fare in modo che l'immagine compaia sullo schermo col giusto orientamento. Sopra un mezzo mobile la cosa è un po' più difficile. Comunque, le navi e gli aerei sono sempre equipaggiati con la bussola. È quindi necessario far coincidere l'orientamento dell'immagine con quello dato dalla bussola.

Attraverso un adatto dispositivo, si comanda, mediante la bussola, la fase delle oscillazioni sinusoidali occorrenti per la deflessione circolare, in modo da avere sempre il nord in alto. Resta allora agevole confrontare l'immagine radar con la carta geografica e seguire su questa la rotta percorsa. Per poter rilevare le distanze esatte, sono tracciati sullo schermo dei cerchi concentrici, il cui valore cambia, naturalmente, quando si comuta il campo di misura.

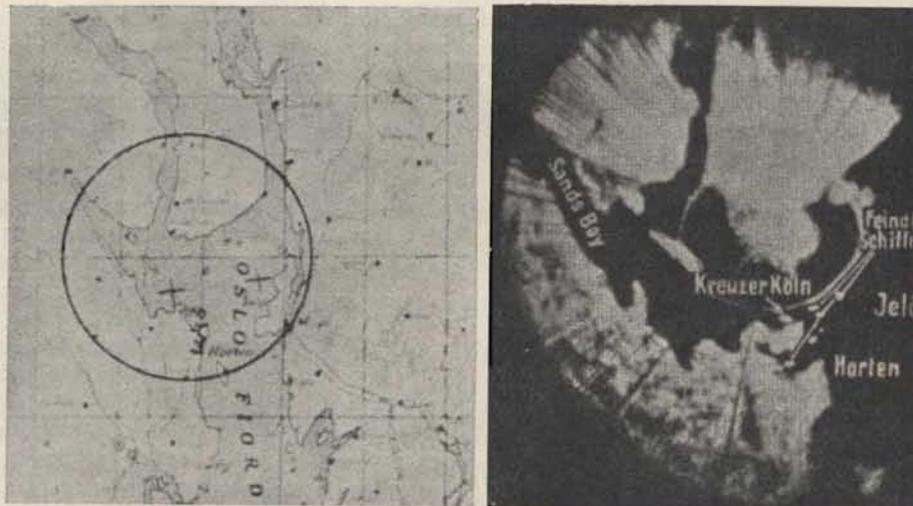
Abbiamo già detto che, data la frequenza degli impulsi, rimane stabilita la massima distanza alla quale è possibile eseguire la localizzazione in modo univoco. Per esempio, con la frequenza di 1000 Hz si possono misurare, senza possibilità di equivoco, distanze fino ai 150 km; con 2000 Hz, invece, soltanto 75 km. Qualora, soprattutto nelle navi, si voglia limitare il campo a piccole distanze, p. es. a 10 km, non occorre aumentare la frequenza degli impulsi a  $\frac{3 \cdot 00000}{2 \cdot 10} = 15 \cdot 000$  Hz. Basta invece aumentare semplicemente l'ampiezza della tensione a dente di sega; allora una parte dell'immagine cade fuori dello schermo, mentre l'interno risulta ingrandito. A ciò si unisce un ulteriore vantaggio: se la frequenza degli impulsi è relativamente bassa, il campo di misura univoco rimane maggiore e ne viene soppressa semplicemente la parte esterna. È poi importante il fatto che, a frequenza d'impulsi più elevata, cresce fortemente il carico del magnetron di trasmissione.

Vediamo con un esempio ciò che si ottiene con differenti frequenze d'impulsi. Supponiamo che, per il campo vicino, si faccia uso della frequenza d'impulsi di 15 kHz. Il limite sarebbe a 10 km e di conseguenza le onde riflesse dagli oggetti situati, per esempio, a 8 e a 18 km provocherebbero dei punti coincidenti; i disturbi sarebbero quindi inevitabili. Se invece gli impulsi si susseguono alla frequenza di 3 kHz, il campo si estende fino a 50 km. Mediante ingrandimento dell'ampiezza dell'oscillazione a rilassamento si riduce il campo riprodotto al raggio di 10 km. Un eventuale disturbo del punto corrispondente agli 8 km si potrebbe avere soltanto per effetto di un oggetto posto a 58 km, e sarebbe quindi molto facile da individuare. Naturalmente bisogna far in modo che il tubo d'osservazione sopporti effettivamente la tensione a dente di sega quintuplicata in ampiezza, senza subirne danno.

Anche in merito al tubo d'osservazione occorrono alcuni cenni. L'antenna ruota a velocità relativamente moderata.

Il cerchio del retino viene tracciato con l'identica velocità. Soltanto al termine di una rotazione completa, cioè, per esempio, dopo 2 sec (in certi impianti di bordo anche più tardi) il raggio elettronico si ritrova allo stesso punto dello schermo. Se si usasse uno schermo normale, come quelli degli oscilloscopi e della televisione, si vedrebbero tutt'al più dei brevissimi sprazzi di luce. La possibilità di realizzare un'immagine radar esiste soltanto a condizione che si disponga di un materiale dotato di una fluorescenza più duratura. Fortunatamente questo materiale adatto è stato trovato; appena colpito per un breve istante dal raggio catodico, esso emette una luminescenza che solo lentamente si affievolisce. La fig. 26 mostra, a destra, il risultato di un'apparecchiatura panoramica radar. A fianco è mostrato un ritaglio di carta geografica, per il confronto. (L'esempio è riprodotto dal libro « Radar » di R. W. Hallows).

Fig. 26



Come abbiamo già accennato, soprattutto le coste producono delle riflessioni molto nette, cosicché in certi casi

si ottengono delle immagini che corrispondono effettivamente ad una *carta geografica*. Sull'immagine compaiono poi, sotto forma di *puntini bianchi*, le *navi*; esse si distinguono particolarmente per il fatto che *mutano di posizione rispetto alle coste*. Alla periferia dell'immagine si nota chiaramente la *traccia del retino d'esplorazione*.

L'immagine radar presenta, naturalmente, qualche deformazione rispetto ad una *carta geografica*; tuttavia è innegabile che tale apparecchiatura costituisca un eccellente aiuto per la *navigazione*, soprattutto *di notte o con tempo nebbioso*. D'altronde la tecnica del *radar* è ancora agli inizi e voi stesso potrete immaginare gli utili sviluppi che senza dubbio essa raggiungerà. Attualmente si ottiene una *precisione di circa 70 . . . 100 m*, indipendentemente dal fatto che si tratti di distanze grandi o piccole. Tale precisione è già sufficiente perchè, mentre gli *aerei* devono tenersi, in ogni caso, a distanze maggiori dagli ostacoli, le *navi* possono far uso dei fari luminosi alle distanze più piccole.

Così abbiamo potuto togliere quell'alone di mistero che circondava per voi, fino a poco tempo fa, la parola « *radar* ». Ci auguriamo che abbia a presentarvisi un giorno l'occasione di completare le vostre cognizioni praticamente, occupandovi di qualche impianto *radar*.

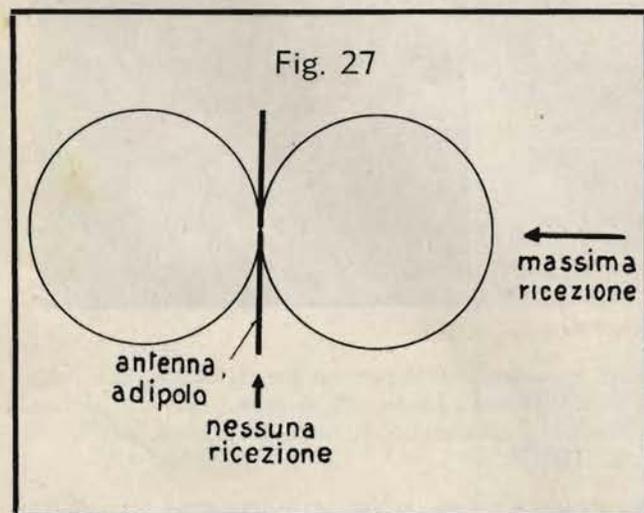
### Domande

1. Perchè la superficie piana di uno specchio d'acqua in bonaccia compare scura sullo schermo del radar?
2. A che cosa si allaccia l'uscita dell'amplificatore radar?
3. Che tipo di retino si impiega, per la formazione dell'immagine sullo schermo del radar panoramico?
4. Quanti sono i sistemi d'antenna che occorrono, nell'apparecchio radar panoramico?
5. In che modo si realizza il retino d'esplorazione nel radar?
6. Qual è la principale esigenza che si pone allo schermo del tubo d'osservazione?
7. Qual è la precisione della misura di distanza nel radar?

## TELEVISIONE

### L'ANTENNA PER ONDE ULTRACORTE

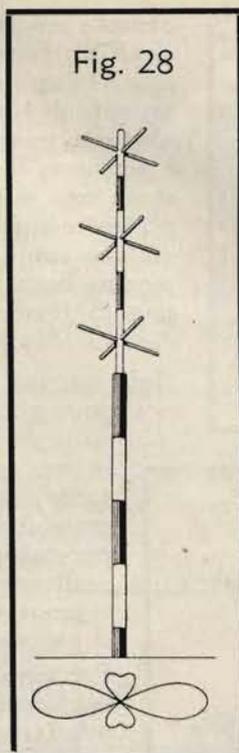
Nella Dispensa N. 22 abbiamo già accennato che, nella tecnica delle *onde ultracorte*, si fa generalmente uso del *dipolo simmetrico accordato*. Sapete inoltre che, in questa gamma, l'*antenna emittente* viene disposta *orizzontalmente*, non verticalmente. Mentre l'*antenna verticale* irradia le onde *in modo uniforme* verso tutte le direzioni, il *dipolo orizzontale* invia le onde, o le riceve, soltanto *entro un determinato angolo attorno alla perpendicolare all'asse del dipolo*. Nella direzione del *dipolo* stesso l'irradiazione è, invece, nulla. La fig. 27 mostra la *caratteristica orizzontale* di un'*antenna a dipolo*.



Nelle antenne trasmettenti per radioaudizioni o televisione, la *caratteristica direzionale del dipolo* comporta qualche difficoltà. Infatti, in questi casi, si desidera che le onde vengano emesse uniformemente verso tutte le direzioni, tanto più che, come sapete, la portata delle *onde ultracorte* è per se stessa limitata. La difficoltà viene superata applicando un *secondo dipolo*, che emetta con preferenza nelle direzioni trascurate dal primo dipolo. I due dipoli vanno quindi disposti *incrociati* tra loro; troverete questa disposizione in tutte le antenne per *onde ultracorte*. Inoltre i *dipoli* dovranno essere alimentati con *correnti sfasate di 90°*. Con ciò è risolto il problema della *caratteristica orizzontale*.

Nella *verticale* l'emissione del *dipolo incrociato* è per se stessa *abbastanza uniforme*, ma la forma della caratteristica dipende alquanto dall'*altezza del dispositivo radiante*, sopra il terreno. È però facile comprendere che non esiste alcun interesse a inviare le onde perpen-

dicolarmente verso l'alto. Dato che la propagazione segue le leggi dell'ottica, bisogna cercare di inviare la maggior parte possibile dell'energia in direzione degli utenti, ossia *orizzontalmente*. Voi sapete che le onde inviate verticalmente verso l'alto non rappresentano altro che una perdita di energia, la quale non può essere assolutamente giustificata. Per quanto riguarda la *caratteristica verticale* è quindi necessario raccogliere le onde in un fascio molto ristretto. Dalle nostre precedenti spiegazioni sulle *antenne direzionali* risulta che, per ottenere questo effetto, bisogna sovrapporre verticalmente diversi sistemi di *dipoli* identici tra loro. La figura 28 mostra, ad esempio, un'antenna costituita da tre coppie sovrapposte di dipoli a croce. Mentre la caratteristica orizzontale di quest'antenna è pressochè circolare, la caratteristica verticale è indicata in basso nella medesima fig. 28. Queste proprietà favorevoli di emissione valgono però soltanto in un ristretto campo di frequenza, ragione per cui l'antenna della fig. 28 può essere vantaggiosamente impiegata nelle radiotrasmissioni a onde ultracorte, ma non nella televisione. È però interessante il fatto che, usando dei dipoli di maggiore larghezza, si ottiene un'estensione maggiore della banda utile trasmessa dall'antenna, ossia si hanno delle buone proprietà emittive in un campo di frequenza molto più esteso.

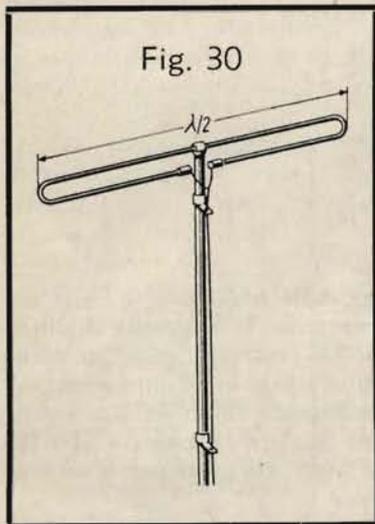


Le stazioni di televisione impiegano oggi di sovente le cosiddette « antenne a farfalla ». Esse posseggono, come si vede nella fig. 29, dei dipoli di notevole estensione verticale e con una forma che ricorda, con un po' di fantasia, le ali di una farfalla. Sovrapponendo un certo numero di dipoli si ottiene anche qui la richiesta limitazione del raggio in senso verticale, obbligando tutta l'energia a dirigersi in direzione parallela al suolo.

Abbiamo già detto varie volte che, per aumentare la portata delle antenne per onde ultracorte, queste si dispongono in alto il più possibile. Spesso il pilone che porta l'antenna per le onde ultracorte è a sua volta utilizzato come antenna per onde medie o corte.

### L'antenna ricevente

Dopo questi due esempi ci occuperemo un po' più dettagliatamente dell'antenna ricevente. Probabilmente avrete voi stesso a che fare sovente con questo genere d'antenna. Per le onde ultracorte e la televisione, ancor più che per le normali gamme d'onda, vale il principio che una buona antenna è il miglior amplificatore d'AF. È realmente strano che molta gente acquisti senza esitazioni un apparecchio ricevente d'alto costo, rifiutandosi nello stesso tempo di incorrere nella piccola spesa supplementare rappresentata dall'impianto di una buona antenna.



Il dipolo semplice viene impiegato oggi raramente come antenna ricevente.

Esso è stato sostituito dal cosiddetto « dipolo piegato », visibile nella fig. 30.

La superiorità del dipolo piegato è evidente. In primo luogo esso è meno selettivo e si comporta quindi molto meglio nella ricezione delle bande larghe.

Inoltre presenta una caratteristica verticale più ristretta, per la qual cosa raccoglie soltanto le onde provenienti da una piccola regione angolare, ma in compenso le riceve meglio del dipolo semplice.

Infine, e questa non è la ragione meno importante, l'impedenza del dipolo piegato si aggira sul valore di 300 ohm e corrisponde pertanto all'impedenza critica di un semplice cavo parallelo (fig. 31), il quale può essere direttamente allacciato all'antenna, mentre col dipolo semplice si richiedono dei particolari pezzi di trasformazione per l'adattamento del cavo all'antenna.

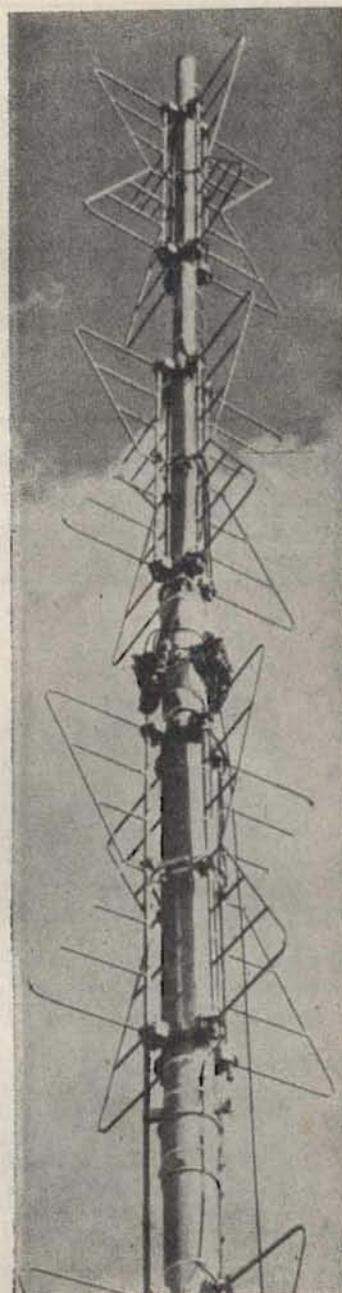
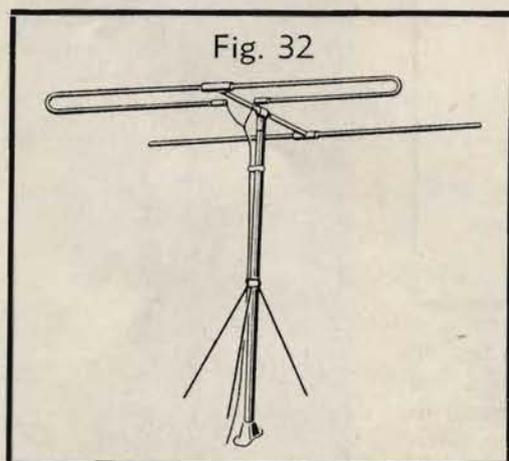


Fig. 29



Saranno sempre assai rari i casi in cui si possano ricevere delle trasmissioni di *televisione*, o comunque in *onde ultracorte*, da molte direzioni; generalmente si potrà contare con la possibilità di ricevere al massimo un paio di stazioni. Ciò significa che non occorre affatto che l'*antenna ricevente* possieda una *caratteristica orizzontale circolare*; anzi, ciò non è nemmeno desiderabile. L'uso di un sistema direzionale assicura per se stesso una maggiore tensione d'entrata. Dalle spiegazioni sulle *antenne per radar* sapete che, per ottenere un sensibile guadagno d'energia, basta già una semplice asta disposta a mo' di *riflettore*. Anche per il *dipolo piegato* basta una semplice *asta passante* completamente separata dal cavo di discesa, come si vede nella fig. 32. L'asta è lunga  $\lambda/2$  e si trova dietro al *dipolo*, ad una distanza di circa  $\lambda/4$ .

Molte *antenne*, soprattutto tra quelle costruite negli Stati Uniti d'America, posseggono un *motorino*, mediante il quale possono essere orientate nella direzione più favorevole. Spesso ciò può essere necessario per evitare certi disturbi. Non occorre pensare ai soliti disturbi da scariche elettriche; si possono avere degli *effetti fastidiosi* anche a seguito di *riflessioni multiple della medesima trasmittente*. Se le onde pervengono all'*antenna* per vie differenti, impiegano tempi differenti per i diversi percorsi. Ciò significa che *la stessa immagine viene riprodotta un'altra volta* in un tempo successivo. Questo *radoppiamento dell'immagine* viene chiamato « *fantasma* ».

Per terminare, accenneremo a un altro sistema interessante per il miglioramento dell'*effetto direzionale*. Invece di un *riflettore*, si può far uso del cosiddetto « *direttore* ». Si tratta anche qui di una semplice *asta diritta*, che viene però posta *davanti al dipolo*, nella direzione d'arrivo delle onde. Essa è un po' più corta del *riflettore* e si pone a una distanza di circa  $0,4 \lambda$ . Mentre il *riflettore* è sempre uno solo, si possono invece usare *parecchie aste direttrici*, ottenendo un ulteriore miglioramento della ricezione.

Vi abbiamo così dato le più importanti spiegazioni sulle *antenne di televisione*. L'uso di un'*antenna di ripiego o da camera* non è possibile che nelle immediate vicinanze della stazione trasmittente. Talora le particolarità costruttive del tetto consentono la sistemazione dell'*antenna* nel solaio, ma generalmente vale la pena di collocare una buona *antenna* sopra il tetto; in tal modo si fornisce al *ricevitore* un *segnale d'entrata* quasi totalmente *esente da disturbi*.

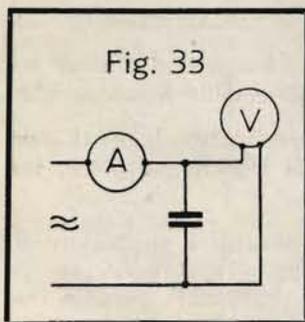
### Domande

1. Come si dispongono i dipoli nell'antenna televisiva?
2. In che modo si può ottenere una buona caratteristica di irradiazione orizzontale, usando dei dipoli orizzontali?
3. Qual è la parte principale dell'antenna ricevente per televisione e onde ultracorte?
4. Come si fa a migliorare l'effetto direzionale, usando delle semplici aste?

## TECNICA DELLE MISURE

### MISURA DELLA CAPACITÀ E DELL'INDUTTANZA

Per terminare il Capitolo sulla *tecnica delle misure* ci occuperemo ancora una volta delle *induttanze* e delle *capacità*. Possiamo basarci sul principio che, data la *frequenza*, la *reattanza* dipende unicamente dal valore dell'*induttanza* o della *capacità*. La *reattanza di un condensatore* può, per esempio, esser determinata misurando una *tensione* ed una *corrente*, come risulta dalla fig. 33. Bisogna però badare che il voltmetro abbia un basso consumo di corrente, altrimenti il risultato rimane falsato. Se, per esempio, a 500 Hz e con una tensione di 50 V si ottiene una corrente di 70 mA, ciò corrisponde ad una *reattanza*



$$R_{\text{cap}} = \frac{50}{0,07} = 714,3 \text{ ohm. Poichè } R_{\text{cap}} = \frac{1}{\omega \cdot C}, \text{ la capacità cercata si calcola come segue:}$$

$$C = \frac{1}{\omega \cdot R_{\text{cap}}} = \frac{1}{2 \pi \cdot f \cdot R_{\text{cap}}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 500 \cdot 714,3} = 0,446 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 0,446 \mu\text{F}.$$

Nel campo delle *frequenze acustiche* si impiegano spesso dei *ponti di misura*. Vediamo subito lo schema di

un ponte di questo genere, per discuterne le cose essenziali (fig. 34). Il *ponte* è costituito da un *condensatore - campione*  $N$ , al quale è collegata in serie una piccola *resistenza*  $\delta$ . Questa *resistenza* serve a compensare le perdite del *condensatore da misurare*  $X$ . Effettuata questa prima compensazione, si sposta il  *cursore* lungo il filo  $a-b$  (*reocordo*), fino ad ottenere l'equilibrio del *ponte*. Per l'indicazione dello zero, ossia per determinare la *posizione d'equilibrio* del *ponte*, si impiega una *cuffia telefonica*, che viene inserita attraverso un *pulsante*. Come nel *ponte di Wheatstone* per resistenze ohmiche si ottiene, nella posizione di equilibrio:

$$X = N \cdot \frac{a}{b},$$

dove per  $a$  e  $b$  si possono inserire le *lunghezze parziali del filo*, naturalmente a condizioni che questo sia perfettamente omogeneo. Contrariamente al *ponte di Wheatstone*, ove c'è un solo organo da regolare, qui ce ne sono due: la *resistenza*  $\delta$  e il  *cursore* del *reocordo*. Bisogna pertanto regolare alternativamente ciascuno dei due organi, fino ad ottenere il *minimo suono nella cuffia*; a *equilibrio ottenuto*, il *suono scompare completamente*. Il *ponte* viene alimentato con un piccolo *generatore di frequenza acustica*, o con un *oscillatore a battimenti*, che si allaccia alle estremità del filo.

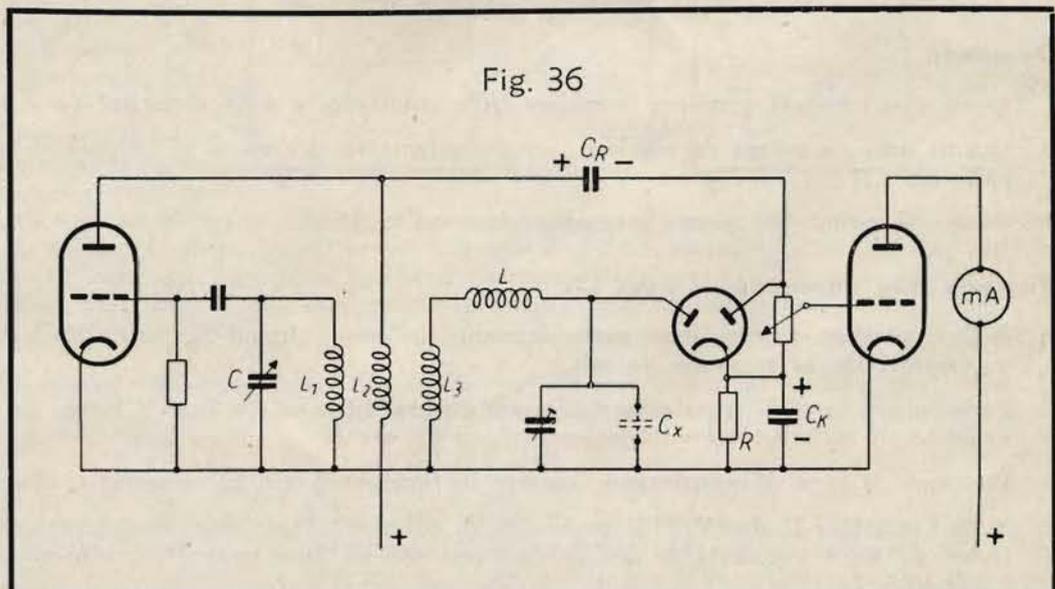
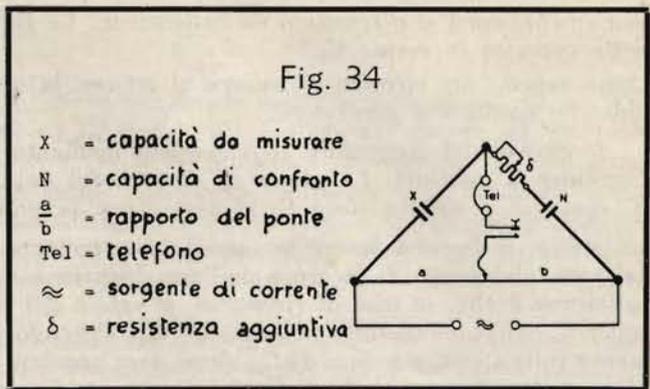
La fig. 35 mostra il *ponte* suddetto nell'esecuzione della ditta Trüb, Täuber e C. di Zurigo. L'*anello bianco* al centro serve per commutare il *condensatore - campione*  $N$ , in ragione di potenze decadiche, per la qual cosa i *valori della capacità* possono essere letti direttamente sulla *scala dell'anello nero esterno*, e moltiplicati semplicemente per il *fattore indicato sull'anello bianco*. La *cuffia telefonica* e il *generatore di frequenza acustica* vengono allacciati alle *prese laterali* (visibili a destra). I *bottoni bianchi*, situati negli angoli anteriori, sono il *regolatore della resistenza*  $\delta$  (a destra) e il *pulsante per l'inserzione del telefono* (a sinistra). La coppia di *morsetti* in alto a destra, contrassegnata con  $C_x$ , serve ad allacciare il *condensatore da misurare*; i *morsetti a sinistra* servono invece ad allacciare un eventuale *condensatore-campione esterno* per il confronto.

In linea di principio è possibile costruire in maniera analoga anche un *ponte per la misura delle induttanze*.

#### Apparecchi di misura di L e C per AF.

Nella gamma delle *AF* si fa poco uso dei *sistemi a ponte*, poichè essi richiederebbero una notevole complicazione per la necessaria schermatura. Spesso però la tecnica delle misure in *AF* si giova del fenomeno della *risonanza*.

Le questioni essenziali si possono descrivere rapidamente. Le parti principali occorrenti per la misura della *capacità* sono visibili nella fig. 36. Il *triodo* a sinistra serve da *generatore d'AF*. Esso possiede un *circuito oscillante variabile di griglia*  $C-L_1$ , e la *bobina di reazione*  $L_2$  nel *circuito anodico*. Il *circuito anodico*. Il *circuito di misura* ( $L_3, L, C_x$ ) è alimentato attraverso a  $L_3$ , leggermente accoppiata ad  $L_2$ . Il *doppio diodo*, il *triodo* e lo *strumento a de-*



stra costituiscono il *dispositivo di indicazione*. La *frequenza di risonanza* del *circuito di misura* varia col valore della *capacità* in esame  $C_x$ .

Come sapete, nel *circuito di misura* si ottiene la *massima corrente*, quando la *frequenza di risonanza* coincide con *quella del generatore*.

La *frequenza del generatore* viene variata mediante il *condensatore C*, finchè l'energia nel *circuito di misura* raggiunge il massimo. La *placca di sinistra* del *doppio diodo* produce una *caduta di tensione* nella *resistenza R*, cosicchè il *condensatore C<sub>x</sub>* si carica con la polarità indicata nello schema.

La *placca di destra* è invece accoppiata direttamente col *generatore* attraverso a  $C_R$  e serve a consentire la *regolazione del punto di lavoro* e dell'*amplificazione del triodo*, agendo sul *potenziometro*. La particolarità dello schema è che, in caso di *risonanza*, il valore del *condensatore variabile C* è legato in modo univoco con la *capacità del condensatore da misurare C<sub>x</sub>*. Dotando  $C$  di una *scala graduata* è quindi possibile leggere direttamente sulla stessa il valore di  $C_x$ , dopo aver regolato in modo da ottenere la *risonanza*. Per *tarare l'apparecchio*, si allacciano al posto di  $C_x$  dei *condensatori-campione* e si provvede a suddividere uniformemente la *scala*.

Lo schema dell'apparecchio per la misura delle *induttanze* è basato sullo stesso principio. I suoi organi principali sono ancora il *generatore a frequenza regolabile* mediante azionamento di un *condensatore variabile*, e il *circuito di misura* con la *parte indicatrice*. Mentre però, per la misura della *capacità*, il *circuito di misura* va accoppiato *induttivamente*, per la misura dell'*induttanza* bisogna accoppiarlo nello stesso punto, ma *capacitivamente*. Con ciò si evita che l'accoppiamento possa dipendere dal valore da misurare.

Per esigenze di principio, l'accoppiamento deve essere assai leggero, affinché la *frequenza del generatore* non subisca delle variazioni per effetto dell'oggetto misurato, e la messa a punto della *risonanza del circuito di misura* non sia influenzata, a sua volta, dal *generatore* stesso. Poichè si desiderano degli apparecchi adatti per *estesi campi di misura*, occorre provvedere alla ripetuta commutazione delle *bobine del generatore* ed a varie modifiche nel *circuito di misura*.

La fig. 37 mostra un *induttmetro* della ditta Rohde e Schwarz.

In alto esso porta la *scala tarata*, che viene manovrata simultaneamente al *condensatore variabile*, agendo sul *bottone* situato a destra. In mezzo c'è il *commutatore del campo di misura*, che effettua le necessarie commutazioni nel *generatore* e nel *circuito di misura*. A sinistra si trovano lo *strumento indicatore* e i *morsetti* per l'oggetto da misurare. Accanto c'è la *messa a punto* per l'eventuale *quarzo oscillante di controllo*.

A destra si trova, oltre agli *organi per l'alimentazione* (*cordone di rete, interruttore, lampadina spia*), il *regolatore* per la *polarizzazione di griglia dell'amplificatore d'indicazione*. È garantita la precisione di misura dell'1 %, il che è perfettamente sufficiente per la fabbricazione delle *bobine per AF*, tanto più che queste offrono generalmente la possibilità di una successiva messa a punto o, comunque, vengono inserite in circuiti ove la definitiva *messa a punto* avviene mediante aggiustaggio di *trimmers* (*condensatori compensatori*).

Qualsiasi buon laboratorio d'*AF* possiede oggi tanto l'*induttmetro*, quanto l'analogo *capacimetro*. Si noti anzi il fatto importante che, con questi apparecchi, la misura avviene proprio ad una frequenza vicina a quella a cui gli oggetti misurati dovranno poi essere impiegati in pratica.



Fig. 37

### Domande

1. Quali sono i metodi usati per la misura delle induttanze e delle capacità?
2. Quanti sono gli organi da regolare, per l'azzeramento del ponte di misura delle capacità rappresentato nella fig. 35?
3. Qual è il metodo di misura generalmente usato in *AF*?

### Risposte alle domande di pag. 13

1. Nelle centraline interne sono particolarmente indicati i sistemi Siemens e Hasler, perchè hanno i selettori o cercatori che si muovono da soli.
2. Premendo il tasto di segnalazione si mette a terra il filo *a* della linea d'utente. In tal modo si provoca l'ecitazione di un relè differenziale inserito nei fili *a* e *b*.
3. Premendo il tasto di segnalazione, entrato in funzione il relè differenziale  $\lambda$  e i due relè  $F$  e  $D_1$  (risp.  $D_2$ ).
4. Nella Centralina Hasler V/30 la possibilità di effettuare l'informazione interna, o di passare la comunicazione esterna, è assicurata da due speciali cercatori di linea, assegnati stabilmente alla linea esterna (ALS-1 e ALS-2).

## TELEVISIONE

### LA RIPRODUZIONE DELL'IMMAGINE

Lo scopo della *televisione* consiste, naturalmente, nella riproduzione più fedele possibile della scena ripresa. Conosciamo ormai abbastanza bene le singole parti del *ricevitore di televisione* e vogliamo quindi sapere quale qualità d'immagine possiamo attenderci, supponendo di disporre di elementi ben funzionanti.

Nel *sistema bianco e nero*, ormai già introdotto in diversi paesi, l'*immagine* si forma sullo schermo di un *tubo di Braun*. Tenendo conto del *rapporto normalizzato* dei lati (altezza : larghezza = 3 : 4), si ottengono nei normali *ricevitori domestici* delle immagini con dimensioni di 220 × 294 mm. Voi stesso potete constatare che, per osservare bene con un solo sguardo, e senza dover muovere la testa, un'immagine di queste dimensioni, bisogna mettersi a una distanza di un metro circa.

Come sapete, l'*immagine* è costituita da *single linee* che vengono esplorate successivamente. Ogni linea viene esplorata in modo uniforme e riprodotta con un procedimento continuo. Le differenti linee vanno però collocate una sotto l'altra e sussiste naturalmente la possibilità che l'*immagine* dia l'impressione di essere *suddivisa in linee orizzontali*. Calcoleremo quindi quale sarà l'altezza di una linea, nel caso che valga la norma delle 625 linee. Facciamo il conto, con prudenza, di 550 *esplorazioni utili*, dato che il ritorno verticale fa sem-

pre perdere un certo numero di linee; otteniamo un'altezza di  $\frac{220}{550} \times 0,4$  mm.

L'occhio umano è in grado di discernere soltanto gli oggetti che gli si presentano sotto un angolo visivo minimo di un minuto ( $1/60$  di grado). Dobbiamo quindi calcolare qual è l'angolo sotto il quale compare un arco di 0,4 mm, quando è osservato dalla distanza di 1 metro. Il procedimento di calcolo è mostrato dalla fig. 38. La circonferenza di un cerchio di 1 m di raggio è uguale a  $2\pi \cdot 1 =$

$$\frac{0,4 \cdot 360^\circ}{6280} = \frac{144^\circ}{6280} = \frac{144 \cdot 60'}{6280} = 1,375'$$

come risulta da questo esempio, l'altezza di una linea corrisponde approssimativamente al potere risolutivo dell'occhio. Il calcolo ci dice che l'avvicinarsi maggiormente allo schermo, per riconoscere meglio i particolari, non serve. Infatti, avvicinandosi a meno di un metro, si riconoscono le singole linee e la possibilità di discernere meglio i dettagli si dimostra un'illusione. Capirete pertanto che, anche qualora si proiettino le immagini su schermi di dimensioni cinematografiche, tra gli spettatori e lo schermo bisogna sempre mantenere una certa minima distanza, che si può calcolare in modo analogo al precedente, partendo dalla maggiore altezza della linea.

Come sapete, il *sistema a linee alterne* ha contribuito a rendere le immagini di televisione quasi esenti da scintillio.

I contrasti ed i dettagli dell'immagine non dipendono però soltanto dal numero di linee, ma anche dal potere risolutivo della camera di ripresa e dall'andamento uniforme di frequenza dell'amplificatore, soprattutto alle frequenze più elevate. Mentre le distorsioni dell'amplificatore non provocano, in generale, che errori di contrasto e di risoluzione, le deviazioni delle tensioni o correnti di deflessione dalla forma a dente di sega sono causa di deformazioni dell'immagine trasmessa. Se la deflessione orizzontale avviene conformemente alla fig. 39, l'immagine rimane allargata nella parte sinistra e contratta nella parte destra. L'andamento della fig. 40 provoca invece il difetto inverso. La forma del tratto di ritorno non ha invece alcun effetto sull'immagine, poichè il ritorno avviene a raggio soppresso. Parlando dei tubi d'immagine discuteremo altri dettagli che influenzano la qualità della riproduzione.

### I tubi di televisione

Il rapido sviluppo della *televisione* ha condotto anche in Europa alla costruzione di alcuni tipi speciali. La ditta Philips ha portato sul mercato alcune importanti novità, tanto nel campo dei *tubi d'immagine* che in quello delle normali *valvole amplificatrici*.

#### La MW 36-22

La fig. 41 mostra il moderno *tubo rettangolare Philips MW 36-22*. La designazione del tipo ha il seguente significato: *M* vuol dire *deflessione magnetica*; *W* si riferisce al colore *bianco* del quale si illumina lo schermo (in inglese « white » = *bianco*). Il numero 36 esprime il *diametro massimo* dello schermo in cm; il *secondo*

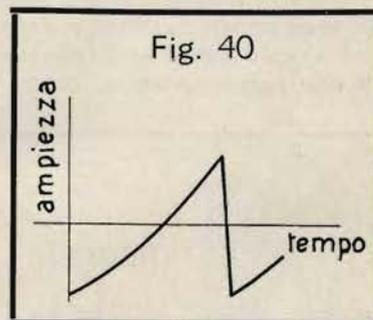
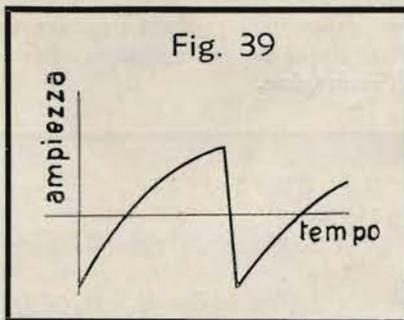
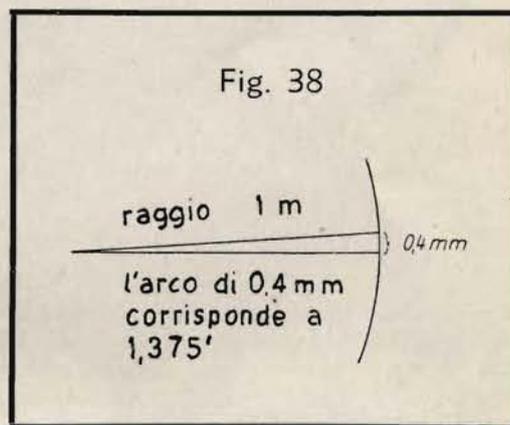
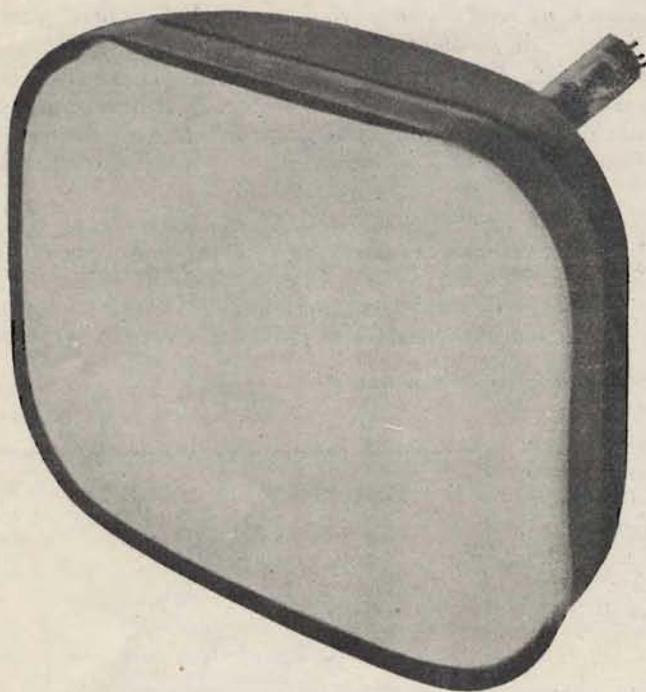


Fig. 41



numero contraddistingue il modello costruttivo. Lo stesso tubo può essere anche fornito con *vetro da filtro* ed è chiamata allora *MW 36-24*.

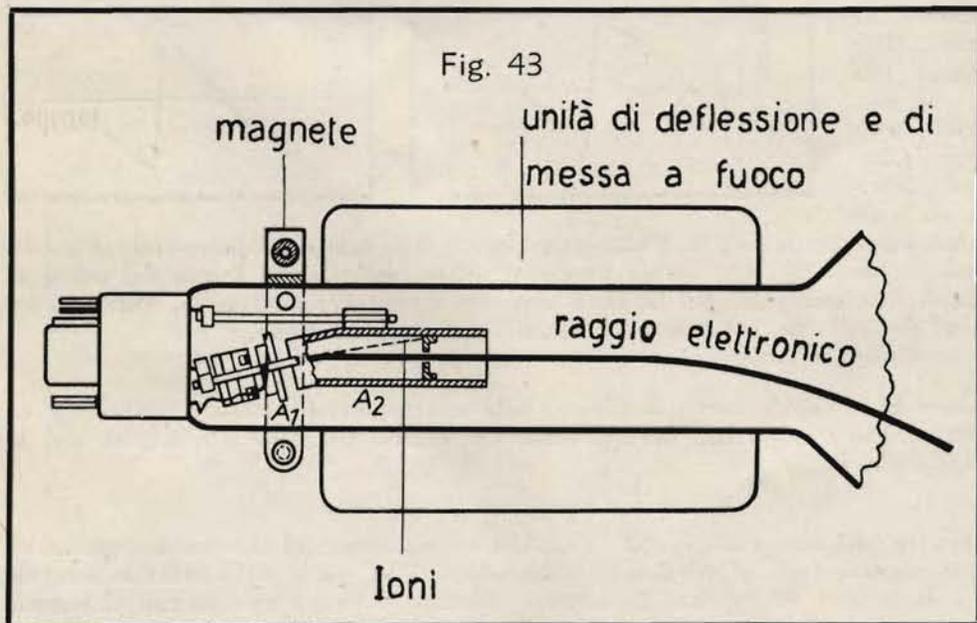
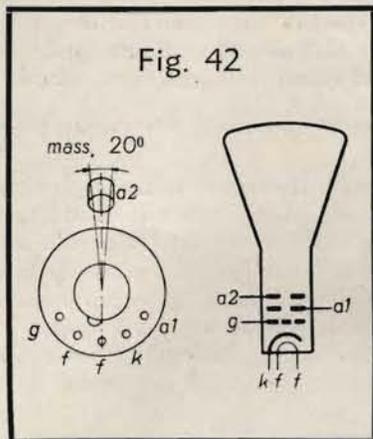
Vi daremo ora i principali dati elettrici di questo tubo. I singoli *elettrodi* sono indicati nella fig. 42. Per l'accensione occorrono 6,3 V e 0,3 A, corrente che viene usata generalmente per l'accensione in serie nei moderni *tubi televisivi*. La tensione dell'*anodo a<sub>2</sub>* contro il *catodo k* è di 10-14 kV, il che consente di ottenere una *grande luminosità* dell'immagine. L'*anodo ausiliario a<sub>1</sub>*, che corrisponde alla *griglia-schermo dei tetrodi*, è posto alla tensione di soli 250 volt. Come nelle *valvole con griglia-schermo*, la corrente del raggio dipende meno dalla tensione di *a<sub>2</sub>* che da quella di *a<sub>1</sub>*. Il suo *valore massimo* raggiunge *circa 0,5 mA*. La *deflessione magnetica* consente, applicando le necessarie *ampère-spire*, di condurre il raggio sopra tutta la superficie dello schermo. Data la forte deflessione occorrente (dovuta, oltre che alle grandi dimensioni dello schermo, al fatto

che il tubo è relativamente corto), se si usasse il *metodo elettrostatico* occorrerebbe una *tensione a dente di sega* di circa 2 kV. Il *massimo angolo di deflessione orizzontale* raggiunge infatti i 65°. Anche la *concentrazione del raggio*, o messa a fuoco, viene ottenuta con un *campo magnetico* (v. Dispensa N. 22). Si impiega a questo scopo, secondo i casi, un *piccolo magnete permanente, spostabile*, oppure una *bobina percorsa da corrente continua regolabile*.

Questo *tubo televisivo* contiene pure un importante dispositivo magnetico, che troviamo per la prima volta in un *tubo a raggi catodici*: il cosiddetto « *dispositivo di cattura degli ioni* ». Nei *tubi a catodo caldo* si producono infatti, oltre agli *elettroni*, anche delle *particelle materiali dotate di una carica elettrica, gli ioni*. Gli *ioni positivi* cadono sul *catodo* o sul *cilindro di Wehnelt (griglia)* e non danno luogo ad alcun disturbo. Nei *tubi a deflessione elettrostatica* nemmeno gli *ioni negativi* provocano alcun disturbo, perchè seguono la stessa traiettoria degli *elettroni*. Invece la *deflessione magnetica* quasi non agisce sugli *ioni*.

Di conseguenza nei *tubi a deflessione magnetica* gli *ioni negativi* vanno sempre a colpire il *centro dello schermo*. Questo continuo bombardamento, dopo un certo tempo, *danneggia lo schermo, provocando la formazione di una chiazza scura al centro dell'immagine*.

Per eliminare l'inconveniente si sfrutta il *differente comportamento* degli *ioni* e degli *elettroni*. Come risulta dalla fig. 43, il *sistema generatore del raggio*, col *cilindro di Wehnelt* e il *primo anodo*, è montato nell'interno del tubo in *posizione inclinata*. Invece il *secondo anodo* è *coassiale* col *tubo di Braun*. Gli *elettroni* e gli *ioni negativi* escono dal sistema generatore del raggio *diretti obliquamente verso l'alto*. Immediatamente prima del *secondo anodo* si trova un *magnete permanente*, che devia gli *elettroni* verso il basso, dirigendoli attraverso l'apertura del *secondo anodo* e verso lo *schermo*. Invece gli *ioni negativi*



Per eliminare l'inconveniente si sfrutta il *differente comportamento* degli *ioni* e degli *elettroni*. Come risulta dalla fig. 43, il *sistema generatore del raggio*, col *cilindro di Wehnelt* e il *primo anodo*, è montato nell'interno del tubo in *posizione inclinata*. Invece il *secondo anodo* è *coassiale* col *tubo di Braun*. Gli *elettroni* e gli *ioni negativi* escono dal sistema generatore del raggio *diretti obliquamente verso l'alto*. Immediatamente prima del *secondo anodo* si trova un *magnete permanente*, che devia gli *elettroni* verso il basso, dirigendoli attraverso l'apertura del *secondo anodo* e verso lo *schermo*. Invece gli *ioni negativi*

procedono in linea retta e vanno così a colpire il secondo anodo, senza poter più danneggiare lo schermo.

Anche lo schermo di questo tubo è degno di nota per la sua esecuzione. La produzione di schermi quasi piani e di forma rettangolare richiede un notevole studio di tecnica vetraria. Se lo schermo è curvo si hanno, non solo delle deformazioni dell'immagine, ma anche dei disturbi del contrasto, come risulta dalla fig. 44.

Il raggio incidente produce la fluorescenza dello schermo; se questo è curvo, la luce dispersa illumina posteriormente anche altri punti dello schermo, disturbando la distribuzione dei chiaroscuri. Sempre per evitare la formazione di effetti di questo genere, le pareti del tubo sono curvate in modo, che non si possano avere delle riflessioni multiple tra lo schermo e le pareti. Inoltre tutta la parete posteriore del tubo è ricoperta da uno strato di grafite che, essendo nera, assorbe la luce dispersa e, essendo conduttrice, viene collegata con la terra e serve da schermatura e da protezione per l'osservatore contro le alte tensioni agenti nell'interno del tubo.

La fig. 45 mostra un televisore Philips aperto. La maggior parte dello spazio è occupata dal tubo di immagine, sul collo del quale sono visibili le bobine di deflessione e di concentrazione, nonché il magnete permanente per la cattura degli ioni negativi. Balza inoltre agli occhi la gabbietta situata a destra; essa contiene l'unità che produce la deflessione orizzontale; date le altissime punte di tensione da essa originate, è necessario procedere alla schermatura del complesso. Le rimanenti valvole e i filtri sono distribuiti sul telaio dell'apparecchio, in modo da sfruttare lo spazio disponibile senza che abbiano a disturbarsi a vicenda. Come vedete per realizzare il miracolo della televisione occorre un bel numero di valvole.

#### Le valvole ausiliarie nell'amplificatore televisivo

Gli sviluppi della televisione hanno fatto sorgere non solo delle valvole di nuove qualità, ma addirittura una nuova serie.

Si è visto che nei ricevitori televisivi, i quali contengono una ventina di valvole, è conveniente inserire i filamenti in serie e alimentarli con una corrente di 300 mA. Sono sorte così le valvole della serie P, di cui la Philips produce finora cinque o sei tipi. Ci sono dapprima due raddrizzatrici, la PY 80 e la PY 82. La PY 80 viene usata soprattutto in uno schema speciale per la produzione di corrente a dente di sega. Parleremo nuovamente di questa valvola, usata come diodo interruttore, trattando dell'alimentazione del televisore. Recentemente è stata messa in vendita anche la Philips PY 81, che sostituisce la PY 80 e ha la particolarità di sopportare delle punte di tensione fino a 4,5 kV tra il catodo ed il filamento. La PY 82 è una normale raddrizzatrice per la rete, a una via, a riscaldamento indiretto con una corrente di 300 mA. La tensione alternata d'entrata è di 250 volt e la massima corrente anodica di 180 mA. È una valvola in tutto vetro, dotata del nuovo zoccolo Noval (fig. 46).

Gli altri tre tipi sono dei pentodi finali a pendenza relativamente elevata. Anche queste valvole sono esternamente simili a quella della fig. 46.

La PL 81 è stata sviluppata come amplificatrice finale per la deflessione orizzontale. Essa è capace di erogare per breve tempo correnti con intensità fino a 380 mA, quali occorrono per la deflessione magnetica, pur funzionando con tensioni di placca e di griglia-schermo relativamente modeste (inferiori ai 200 V). Il collegamento dell'anodo è situato in alto ed è così bene isolato, da sopportare delle punte di tensione fino a 7 kV, che si presentano nell'istante del ritorno della corrente a dente di sega. Nel punto di lavoro  $V_a = 170$  V,  $V_{g2} = 170$  V,  $I_a = 45$  mA e  $V_{g1} = -22$  V; la pendenza è  $S = 6,2$  mA/V. Naturalmente questa valvola speciale può essere utilizzata come amplificatrice finale del suono. A questo scopo è però più strettamente destinata la valvola PL 82, la quale è pure prevista per bassa tensione anodica e di griglia-schermo. Non servendo ad alcuno scopo speciale, la forma di questa valvola in tutto vetro e con zoccolo Noval è completa-

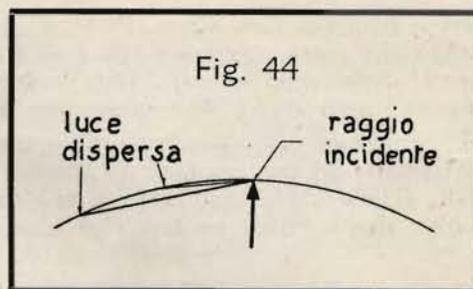


Fig. 44

Fig. 45

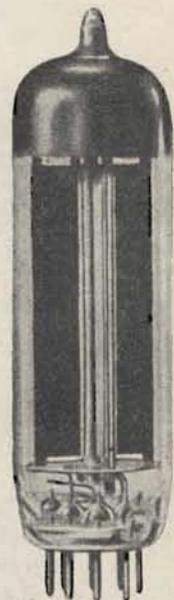
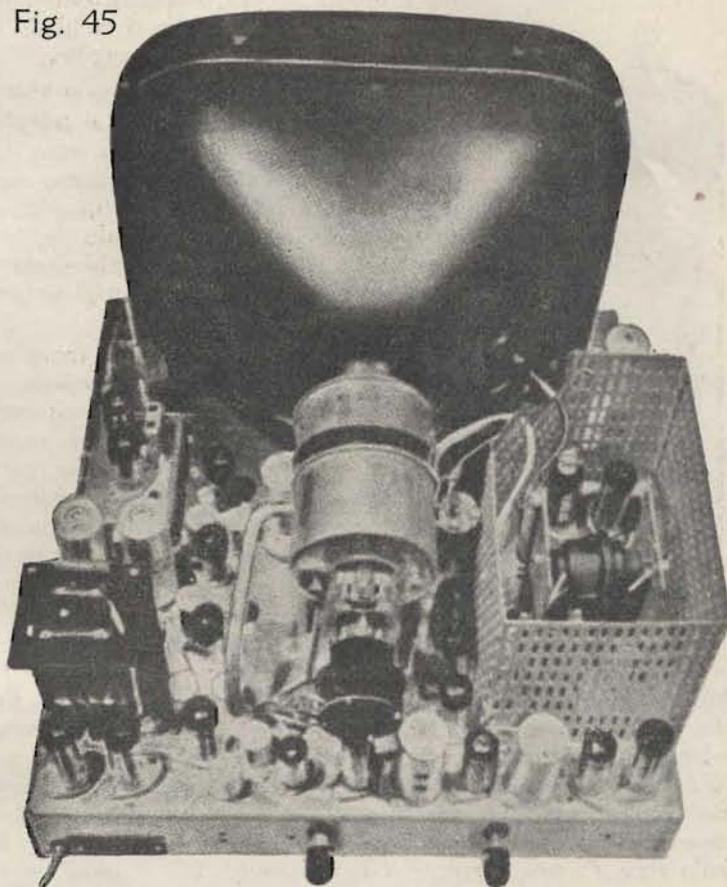
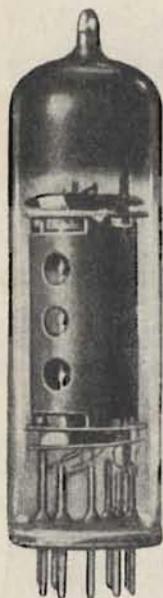


Fig. 46

mente normale. Con  $V_a = 170$  V,  $V_{g2} = 170$  V,  $I_a = 53$  mA e  $V_{g1} = -10,4$  V si ottiene la pendenza  $S = 9,0$  mA/V. La potenza acustica resa è di 4 watt. La PL 82 viene usata volentieri anche come amplificatrice finale per la deflessione verticale. Data la frequenza di deflessione molto minore (50 Hz contro 15625 Hz per la deflessione orizzontale), le esigenze per questa applicazione sono molto meno spinte.

Ma la valvola più interessante di questa serie è la PL 83, che vi mostriamo nella fig. 47. Anche qui si è data importanza ad una tensione di placca e griglia-schermo bassa; infatti i 170 V si possono ottenere direttamente dalla rete a 220 V mediante un raddrizzatore a una via, senza bisogno del trasformatore. Le caratteristiche della valvola PL/83 ne fanno un'ideale amplificatrice per larga banda. La pendenza raggiunge il valore notevole di  $S = 10,5$  mA/V e la resistenza interna  $R_i = 0,1$  M $\Omega$  è eccezionalmente elevata per un pentodo finale. Invece la corrente anodica, che per  $V_{g1} = -2,3$  V è  $I_a = 36$  mA, non è molto intensa, ma d'altronde, per il comando della luminosità, occorre soltanto la tensione ed è difficile che si richieda un passaggio di corrente tra il cilindro di Wehnelt ed il catodo del tubo d'immagine.

Fig. 47



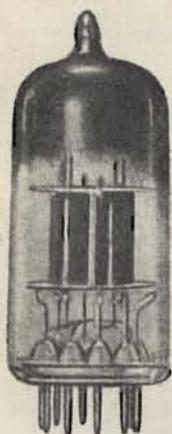
La PL 83 viene quindi impiegata come Valvola Video.

Le altre valvole importanti del televisore sono costruzioni speciali della serie E. La più importante è la EF 80 in tutto vetro e con zoccolo Noval. È il pentodo per l'amplificatore in MF dell'immagine. Si distingue anch'esso per l'elevata pendenza di 7,4 mA/V, con una resistenza interna  $R_i = 0,5$  M $\Omega$  alla bassa tensione anodica e di griglia-schermo di 170 volt. Parlando in generale dell'amplificatore per la televisione, abbiamo fatto osservare che le bande estese richiedono valvole di forte pendenza. Per ottenerla, usando la solita tensione anodica e di griglia-schermo di 170 V, bisogna tollerare una corrente anodica di circa 10 mA.

Tra i tipi di nuovo sviluppo si trova anche un certo numero di valvole doppie. Per esempio la ECL 80 (6, 3 V d'accensione, triodo e pentodo finale) serve soprattutto per la generazione delle oscillazioni a rilassamento, per la deflessione. Il sistema triodico può adempiere a moltissime funzioni, come amplificatore di BF, amplificatore di sincronismo, ecc. Data la sua corrente anodica particolarmente bassa, il sistema pentodico serve bene come filtro d'ampiezza, per la separazione degli impulsi di sincronismo dal segnale d'immagine. Come tutte le valvole della serie 80, essa è in tutto vetro e con zoccolo Noval. Le pendenze da 2 a 3 mA/V, come pure il fattore d'amplificazione del triodo ( $\mu = 20$ ) sono normali.

Particolarmente importante è pure ECC 81, la valvola tipica per le onde ultracorte. I due sistemi triodici hanno i catodi separati; la struttura corrisponde alle esigenze esistenti per le onde ultracorte, tanto che si possono amplificare le frequenze fino a 300 MHz, ossia oltre l'intero campo della televisione. La ECC 81 è rappresentata nella fig. 48. Essa presenta una notevole pendenza ( $S = 5,5$  mA/V alla tensione anodica di 170 V). D'altra parte anche per essa la corrente anodica non supera gli 8,5 mA. Questa valvola si impiega come amplificatrice per onde ultracorte e in MF, nonché come convertitrice, data l'assenza di fruscio. L'elevata pendenza la rende ottima per la costruzione di oscillatori per onde ultracorte. Nello stadio convertitore uno dei due sistemi viene impiegato per la generazione delle oscillazioni, l'altro per la conversione di frequenza. Tutte queste valvole della serie E (EF 80, ECL 80 ed ECC 81) hanno, come quelle della serie P, una corrente d'accensione di 0,3 A (con tensione 6,3 V).

Fig. 48



Con ciò abbiamo esaurito l'elenco principale delle valvole della serie 80 per televisori. La EQ 80 è stata ampiamente descritta nella Dispensa precedente.

Per terminare, accenniamo ad un diodo per alta tensione, destinato alla produzione della tensione anodica per il tubo d'immagine: la EY 51. Essa non possiede zoccolo e viene saldata direttamente ai conduttori. Questa piccola valvola blocca per breve tempo tensioni di 17 kV e può erogare una corrente anodica media di 0,2 mA. Trattando dell'alimentazione del ricevitore televisivo ritorneremo sulla EY 51.

#### Domande

- 1) Perché le immagini di televisione non vanno osservate molto da vicino?
- 2) Quali sono le cause delle deformazioni delle immagini nella televisione?
- 3) Perché nella maggior parte dei tubi televisivi si fa uso della deflessione magnetica, non di quella elettrostatica?
- 4) Perché la tensione anodica dei tubi d'immagine deve essere elevata?
- 5) A che scopo servono i campi magnetici applicati nell'interno del tubo d'immagine?
- 6) Indicate come esempio una valvola da usare per la parte in AF del ricevitore televisivo, e un'altra che sia adatta per l'Amplificatore Video; descrivete quali sono le proprietà che le rendono particolarmente adatte per questi scopi.

#### Risposte alle domande di pag. 18

- 1) La superficie piana dell'acqua quieta appare scura sullo schermo del radar, perché l'acqua riflette le onde in direzione opposta a quella di provenienza, ed esse perciò non possono tornare al ricevitore.
- 2) L'uscita dell'amplificatore radar viene allacciata al cilindro di Wehnelt del tubo d'osservazione.
- 3) Per il radar panoramico si fa uso di un retino costituito da linee radiali.

- 4) L'apparecchio radar panoramico funziona con un solo sistema d'antenna, che viene commutato automaticamente dal trasmettitore al ricevitore. Infatti, per avere dei segnali univoci, il trasmettitore ed il ricevitore non possono funzionare contemporaneamente.
- 5) Il retino d'esplorazione nel radar è prodotto dall'antenna ruotante, che invia a impulsi un raggio localizzatore in tutte le direzioni orizzontali. L'esplorazione successiva dei punti giacenti nella medesima direzione, deriva dalla velocità costante delle onde elettromagnetiche, che colpiscono gli oggetti esplorati e ne vengono riflesse.
- 6) Lo schermo del tubo d'osservazione deve essere ricoperto di uno strato che assicuri una certa durata della luminescenza.
- 7) La precisione della misura di distanza col radar è di 70-100 m.

#### **Risposte alle domande di pag. 20**

- 1) Nell'antenna per televisione i dipoli vengono sempre disposti orizzontalmente.
- 2) Usando due dipoli incrociati si ottiene una caratteristica pressochè circolare.
- 3) La parte principale della moderna antenna di televisione e per onde ultracorte è il dipolo piegato.
- 4) Si ottiene un notevole miglioramento dell'effetto direzionale, disponendo delle semplici aste diritte dietro l'antenna (riflettore) o davanti ad essa (direttore).

#### **Risposte alle domande di pag. 22**

- 1) Per misurare le induttanze e le capacità si possono impiegare tre metodi: misurare la tensione e la corrente a frequenza nota, usare un ponte di misura e infine applicare il metodo della risonanza.
- 2) Il ponte capacimetrico della fig. 35 ha due organi da regolare: il cursore del raccordo e la resistenza variabile per la compensazione delle perdite nell'oggetto da misurare.
- 3) Nel campo dell'*AF* si lavora generalmente col metodo della risonanza.

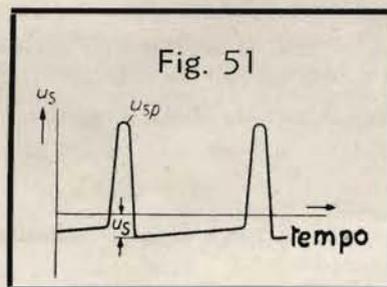
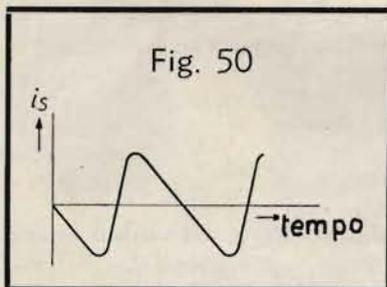
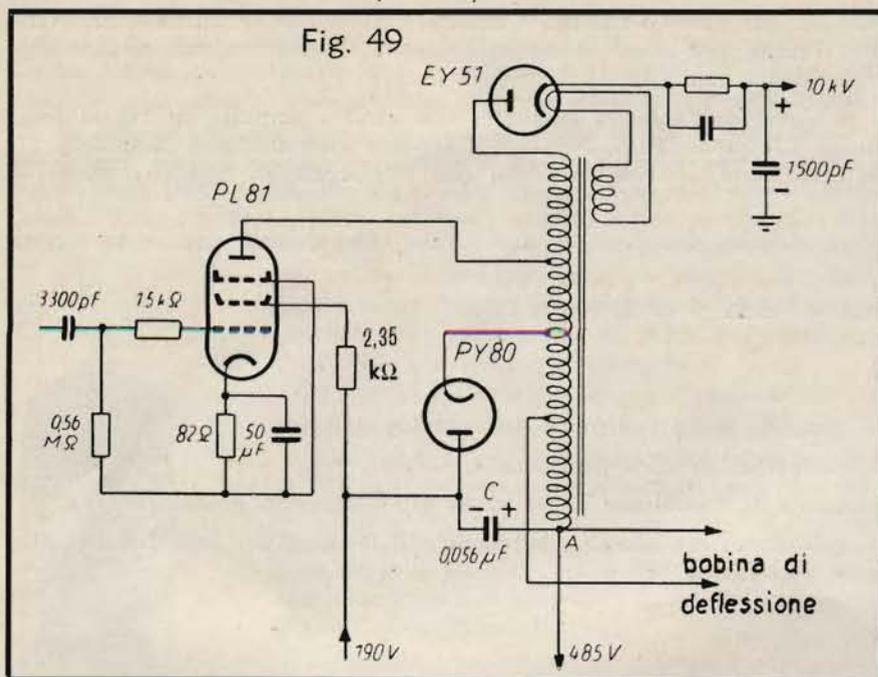
#### **Risposte alle domande di pag. 26**

- 1) Le immagini di televisione vanno osservate ad una certa distanza minima, affinché non siano visibili le singole linee, che disturberebbero l'effetto complessivo.
- 2) Sul tubo d'immagine si producono delle deformazioni, quando le correnti (o tensioni) di deflessione non seguono l'andamento a dente di sega.
- 3) Nella maggior parte dei tubi d'immagine si preferisce la deflessione magnetica, perchè consente di evitare l'impiego delle alte tensioni (fino a qualche kV) per la deflessione.
- 4) La tensione anodica elevata, impiegata nel tubo d'immagine, serve ad ottenere una sufficiente luminosità dell'immagine.
- 5) I campi magnetici nell'interno del tubo d'immagine servono, in primo luogo, per la deflessione orizzontale e verticale del raggio elettronico. Anche la concentrazione del raggio si effettua mediante un campo magnetico, p. es. nel tubo Philips MW 36-22 con un magnete permanente. Infine si impiega un magnete permanente per catturare gli ioni negativi. Invece non è possibile impiegare i campi magnetici per accelerare gli elettroni.
- 6) Un pentodo tipico per la parte in *MF* del ricevitore televisivo è la valvola *EF 80*; nell'Amplificatore Video si impiega invece la valvola finale *PL 83*. Proprietà importanti per l'uso nell'amplificatore a larga banda sono l'elevata pendenza (*EF 80* :  $S = 7,4 \text{ mA/V}$ ; *PL 83* :  $S = 10,5 \text{ mA/V}$ ) e la resistenza interna relativamente elevata (*EF 80* :  $R_i = 0,5 \text{ M}\Omega$ ; *PL 83* :  $R_i = 0,1 \text{ M}\Omega$ ).

### **L'ALIMENTAZIONE DEL RICEVITORE DI TELEVISIONE**

L'alimentazione del ricevitore televisivo con tutti i suoi numerosi tubi elettronici non è una faccenda trascurabile. Tanto più che esso richiede anche una tensione di 10 kV per il tubo d'immagine. Voi penserete certamente che l'unica possibilità pratica sia quella di effettuare l'alimentazione dalla rete a corrente alternata. Come sarebbe altrimenti possibile di produrre 10 kV, se non esistesse un trasformatore d'alimentazione? Eppure l'evoluzione attuale, seguita per esempio dalla Philips, tende a realizzare degli apparecchi adatti per l'alimentazione universale. Spiegheremo subito in quale maniera si possa ottenere questo fine.

Dato il gran numero di valvole, si costituiscono generalmente diversi circuiti d'accensione. Collegando in serie delle valvole *E...* con valvole *P...*, bisogna inserire delle resistenze derivate in parallelo ai filamenti delle valvole *E...* per portare il consumo da 200 a 300 mA. Per la produzione della tensione anodica si usa la *rad-drizzatrice* a una via *PY 82*, che può erogare 180 mA; anche questa corrente però, in molti casi, non basta e allora si è costretti a far funzionare due *PY 82* in parallelo. A valle del filtro di livellamento si ottiene una tensione continua di 170-190 V.



sare nella medesima bobina una corrente a dente di sega, si ottiene invece una tensione di forma completamente diversa, rappresentata nella fig. 51. Come risulta da tale figura, negli istanti in cui la corrente passa improvvisamente dal valore negativo a quello positivo, viene indotta una forte punta di tensione. Questa punta di tensione potrebbe avere delle conseguenze spiacevoli, se non le venisse data una possibilità di sfogo. Si potrebbe, per esempio, rendere innocua la punta di tensione mediante una resistenza di smorzamento. Naturalmente il riscaldamento di questa resistenza equivarrebbe ad una perdita di energia. Si è però trovato uno schema che consente di impiegare utilmente l'energia della punta di tensione. Ad una parte dell'avvolgimento del trasformatore usato come impedenza anodica della PL 81 è allacciato un diodo, che deve presentare una speciale rigidità contro le brevi punte di tensione; è il cosiddetto « diodo interruttore » (« booster ») PY 80. Alla frequenza relativamente elevata della deflessione orizzontale, la reattanza del condensatore C è uguale a

$$R_{cap} = \frac{1}{2 \pi \cdot 15625 \cdot 0,056 \cdot 10^{-6}} = 181,8 \text{ ohm.}$$

Il diodo è allacciato in modo che, durante la punta di tensione, il suo anodo è positivo e può quindi passare un impulso di corrente, che va a caricare il condensatore con la polarità indicata nella fig. 49. Ma poichè l'anodo del diodo è allacciato al polo positivo della tensione continua generata nell'alimentatore, questa tensione si somma alla tensione applicata al condensatore C, per la qual cosa il punto A viene a trovarsi alla tensione di 485 V verso massa o terra. I 485 V così ottenuti servono come tensione anodica per la PL 81, la valvola finale per la deflessione orizzontale. Inoltre questa tensione è applicata alla placca della valvola finale per la deflessione verticale, nonchè all'anodo ausiliario del tubo d'immagine. A questo modo si impiega utilmente l'energia, che altrimenti dovrebbe essere consumata senza scopo in una resistenza di smorzamento.

Vi sarà ormai facile immaginare come, per mezzo di un trasformatore e di un raddrizzatore, si possa generare l'alta tensione di 10 kV, partendo dalla punta di tensione indotta dalla corrente per la deflessione orizzontale.

Nello schema della fig. 49 si trova un altro particolare interessante, cioè l'autotrasformatore. I trasformatori che abbiamo studiato finora avevano tutti un avvolgimento primario e uno o più avvolgimenti secondari. L'autotrasformatore invece è un trasformatore con un solo avvolgimento. Possiamo comprenderne facilmente la struttura osservando la fig. 52. Dapprima abbiamo due avvolgimenti separati come in qualsiasi trasformatore; se entrambi posseggono lo stesso numero di spire, i due avvolgimenti, riunendo i terminali centrali, otteniamo tra le estremità la tensione doppia. Il tutto ricorda un partitore di tensione, con la sola differenza che questo non può fornire una tensione maggiore, se viene alimentato tra un'estremità ed il centro. Invece nell'au-

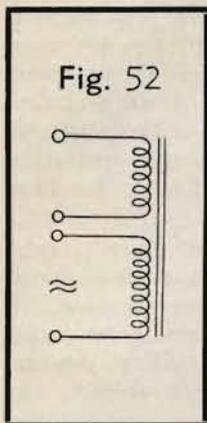
Questa tensione è sufficiente per la maggior parte delle amplificatrici e oscillatrici; l'unica difficoltà è causata dai 10 kV. Dato però che la corrente richiesta è minima (una frazione di mA), l'alta tensione può essere ottenuta trasformando la tensione alternata prodotta da una valvola oscillatrice alimentata con 170 V. Normalmente questa tensione si preleva dal generatore per la deflessione orizzontale, che offre delle condizioni particolarmente favorevoli per la produzione dell'alta tensione.

Osserviamo lo stadio finale del generatore per la deflessione orizzontale, visibile nella fig. 49. Attraverso al condensatore d'accoppiamento da 3300 pF viene applicata alla griglia-pilota della PL 81 la tensione alternata proveniente dal multivibratore. La resistenza da 1,5 kΩ, direttamente allacciata alla griglia, serve ad evitare delle oscillazioni parassite,

che potrebbero altrimenti manifestarsi con facilità, avendosi una valvola finale di pendenza elevata. La conseguenza della tensione alternata applicata alla griglia-pilota è una corrente anodica a dente di sega corrispondente a quella indicata nella fig. 50.

Quando si applica una tensione sinusoidale a una bobina d'impedenza o ad un avvolgimento di trasformatore, si ottiene una corrente pure sinusoidale; ma se si fa passare

totrasformatore le tensioni, tra le diverse prese, stanno sempre tra loro nel rapporto dei rispettivi numeri di spire, tanto nel caso che l'autotrasformatore sia alimentato alle estremità, quanto in quello che venga alimentato attraverso due prese intermedie qualsiasi.



È ovvio quindi che l'anodo della EY 51 sarà sottoposto ad una punta elevatissima di tensione, che caricherà il condensatore da 1500 pF. La combinazione R-C, anteposta a questo condensatore, ha una funzione protettiva, che qui non occorre esaminare. Da notare che il condensatore da 1500 pF è costituito dallo strato conduttore interno, che ricopre la parete del tubo tra il secondo anodo e lo schermo, e dalla schermatura esterna dello stesso tubo di immagine.

Per essere caricato a 10 kV è sufficiente un condensatore da 1500 pF, perchè la carica avviene con la frequenza di 15 625 Hz. Inoltre la corrente media prelevata è di 0,15 mA soltanto. Ciò corrisponde, data la tensione di 10 kV, ad una resistenza di carico di

$\frac{10 \cdot 10^3}{0,15 \cdot 10^{-3}} = \frac{10^7}{0,15} = 66,7 \text{ M}\Omega$ . Si comprende che nelle pause di corrente il condensatore non si possa scaricare attraverso ad una resistenza talmente elevata.

Forse voi non sarete ancora del tutto soddisfatto e chiederete per quale ragione non si possa produrre l'alta tensione partendo dalla corrente a dente di sega per la deflessione verticale. O forse si è scelta la deflessione orizzontale a seguito di una decisione puramente casuale? Naturalmente no: la scelta è stata fatta per ragioni ben fondate. Voi sapete infatti

che la frequenza della deflessione verticale è molto bassa: essa è di soli 50 Hz. La punta di tensione prodotta dalla corrente a dente di sega risulta pertanto molto meno elevata. Inoltre, a questa frequenza così bassa, occorrerebbero dei condensatori molto più grandi. Ma ciò non basta: anche l'autotrasformatore dovrebbe avere, a 50 Hz, un numero molto maggiore di spire, perchè alla frequenza inferiore l'effetto induttivo è molto minore. La scelta della frequenza più elevata consente quindi di risparmiare molto materiale.

Sarete quindi convinto che non è stato per una scelta arbitraria che si è adottato il generatore a rilassamento per la deflessione orizzontale come produttore dell'alta tensione nei ricevitori di televisione per alimentazione universale; è stato invece per lo sfruttamento consapevole di alcuni vantaggi essenziali.

Tutte queste spiegazioni avranno certamente contribuito a darvi un'idea generale del funzionamento di un moderno ricevitore di televisione. Contrariamente alla radio nelle onde lunghe, medie e corte, la televisione è ancora in fase di evoluzione. L'industria deve fare ancora le sue esperienze, e può darsi che tra breve tempo molte cose siano cambiate. Il nostro compito è consistito pertanto unicamente nel darvi le basi necessarie per la comprensione di questo ramo della tecnica. Siete ora in grado di seguire voi stesso lo sviluppo della televisione e di giudicare da solo l'efficienza di nuovi schemi che verrete a conoscere.

### Domande

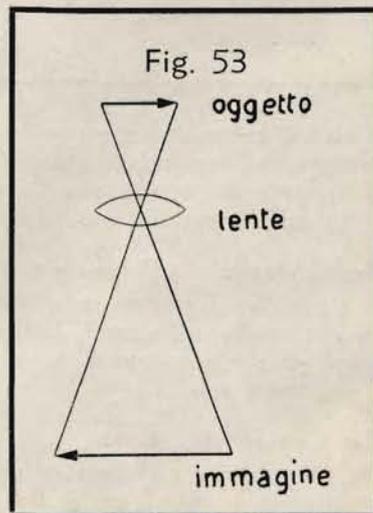
- 1) Come si chiama il diodo che serve per lo smorzamento dello stadio finale per la deflessione orizzontale?
- 2) Quanti e quali diodi sono alimentati dal generatore a rilassamento per la deflessione orizzontale?

## IL MICROSCOPIO ELETTRONICO LE POSSIBILITÀ DEL MICROSCOPIO ELETTRONICO

Vi vogliamo ora descrivere uno strumento interessantissimo che, sfruttando le leggi dei raggi elettronici, svela all'occhio umano il mondo meraviglioso dell'estremamente piccolo, il microcosmo. Il microscopio elettronico non appartiene, in realtà, alla tecnica delle telecomunicazioni; tuttavia esso costituisce un'applicazione dell'elettronica ed è perciò giusto che ce ne occupiamo nell'ambito di questo Corso. Prima di passare alla descrizione di questo strumento, dobbiamo chiarire quali siano i suoi scopi e quale lacuna esso sia destinato a colmare.

La parola « microscopio » designa uno strumento che consente di osservare gli oggetti estremamente piccoli (in greco « micros » = piccolo e « scopein » = guardare). Il microscopio usato finora si dovrebbe chiamare, a rigore, « microscopio ottico », perchè si giova dei raggi luminosi, mentre il microscopio elettronico impiega, per l'ingrandimento, dei raggi di elettroni. La fig. 53 mostra l'effetto della lente di vetro, organo principale del microscopio ottico. La luce proveniente dall'oggetto viene raccolta dalla lente, la quale dirige i raggi in modo, da produrre un'immagine ingrandita. Per ora non vogliamo nemmeno considerare un apparecchio ottico composto di diverse lenti; ci accontentiamo dell'ingrandimento semplice, ottenuto con una sola lente.

Forse avete già sentito parlare dell'ingrandimento enorme che si può ottenere col normale microscopio ottico e credete perciò che il microscopio elettronico non sia che un passatempo scientifico, senza reale giustificazione. I progressi nella fabbricazione delle lenti di vetro hanno reso possibile la scoperta dei microbi; si è giunti perfino a vedere le molecole più grosse. Si sapeva però che molte malattie non sono causate da un microbo, ma da un agente ancora più piccolo, un cosiddetto « virus », che sfuggiva a tutte le indagini del microscopio ottico.



Come già sapete, la luce è un'onda elettromagnetica, ossia una perturbazione dell'etere. La lunghezza delle onde luminose è però piccolissima; per esempio, per la luce verde essa è di  $5 \cdot 10^{-1}$  mm, ossia di mezzo millesimo di millimetro. Quando col microscopio ottico si vollero osservare dei corpuscoli più piccoli ancora di circa mezzo millesimo di millimetro, ci si accorse che ciò era impossibile.

Infatti, quando un oggetto è più piccolo della lunghezza d'onda luminosa, esso non disturba la propagazione della luce; le onde troppo « lunghe » ignorano semplicemente l'esistenza di tale oggetto. Effettivamente usando della luce con lunghezza d'onda ancor più breve (per esempio i raggi ultravioletti), fu possibile osservare delle particelle più piccole ancora; i raggi ultravioletti possono infatti esser deviati mediante lenti di vetro, ottenendo così degli ingrandimenti. La scoperta dei raggi X, o raggi Röntgen, che posseggono delle lunghezze d'onda ancora più minuscole, fece sperare di poter continuare su questa strada. Fu purtroppo una amara delusione, poichè non si trovò alcun mezzo che consentisse di far convergere i raggi X, come i raggi luminosi con le lenti; pertanto è impossibile impiegare questi raggi per produrre un ingrandimento.

I fisici scopersero poi che anche i raggi di elettroni seguono delle leggi analoghe a quelle della luce. Impiegando delle tensioni abbastanza elevate per l'accelerazione degli elettroni, si ottengono dei raggi di elettroni velocissimi, la cui lunghezza d'onda è, su per giù, ben 100 000 volte inferiore a quella della luce visibile. Rispetto ai raggi Röntgen, i raggi elettronici hanno però il vantaggio di poter essere deviati mediante campi elettrici o magnetici. Se gli elettroni sono guidati in modo analogo ai raggi luminosi della fig. 53, si produce una « immagine » ingrandita. Vedremo presto come si possa ottenere un'immagine reale e utilizzabile.

## LA STRUTTURA DEL MICROSCOPIO ELETTRONICO

### Il catodo

Il microscopio elettronico abbisogna, ovviamente, di una sorgente abbondante e sicura di elettroni. Naturalmente è possibile usare a questo scopo un catodo caldo; è questa la soluzione prescelta dalle case germaniche costruttrici di microscopi elettronici. La casa svizzera che fabbrica questi strumenti (Trüb, Täuber & C.) ha seguito invece un'altra via.

Per ottenere le necessarie elevatissime velocità degli elettroni, occorrono tensioni dell'ordine di 50 kV; in queste condizioni sussiste la possibilità di usare un catodo freddo. Questo ha il vantaggio di essere meno sensibile alle tracce d'aria, mentre i catodi caldi vengono distrutti da eventuali entrate d'aria nella camera elettronica. L'emissione del catodo è provocata dagli ioni che, accelerati dall'alta tensione applicata, vanno a colpirlo, facendone spruzzar fuori gli elettroni. Si è poi trovato che, anche col catodo, la velocità degli elettroni è sufficientemente uniforme per poter ottenere un raggio di elettroni utilizzabile.

### Le lenti elettriche e magnetiche

Il principio della lente elettrica è già stato menzionato in relazione all'oscillografo a raggi catodici; ricapitoliamolo in poche parole, con l'aiuto della fig. 54. L'anodo e l'anodo ausiliario costituiscono insieme una lente elettrostatica. Ai due elettrodi sono applicate delle tensioni differenti, cosicchè si formano le linee di forza indicate nella figura. L'andamento di queste linee fa sì che gli elettroni che giungono da sinistra vengano deviati verso l'asse del dispositivo, come in una lente convergente. La distanza focale della lente elettronica può essere variata comodamente (però solo entro limiti ristretti) regolando il valore delle tensioni applicate. A parte questa possibilità di regolazione, sussiste un'ampia analogia con la lente ottica; il dispositivo serve pertanto egregiamente per ottenere degli ingrandimenti con l'aiuto dei raggi elettronici.



La lente magnetica invece viene usata nella forma da noi già descritta, in relazione ai tubi di ripresa e di riproduzione per la televisione. Alimentando con corrente continua un'apposita bobina, si produce un campo magnetico parallelo all'asse del dispositivo. Con questo mezzo gli elettroni sono costretti a muoversi lungo traiettorie elicoidali.

La linea elicoidale è però costituita da uno spostamento e da una rotazione.

Le lenti magnetiche consentono quindi anch'esse di ottenere degli ingrandimenti, in quanto che producono la deflessione dei raggi; nello stesso tempo però, provocano sempre una rotazione dell'immagine. Questo inconveniente non è tuttavia tale da limitare molto le possibilità d'impiego della lente magnetica, dati i suoi vantaggi, dovuti soprattutto alla grande facilità di regolare la distanza focale e quindi l'ingrandimento.

### Lo schermo dell'immagine

È ovvio che il microscopio elettronico debba presentare la possibilità di osservare l'immagine prodotta dai raggi elettronici influenzati dall'oggetto in esame. Esiste perciò uno schermo, analogo a quello del tubo a raggi catodici, che consente di osservare direttamente l'immagine, a meno che non si voglia eseguire la fotografia dell'ingrandimento.

### Le pompe da vuoto

Se si vuole che gli elettroni obbediscano sicuramente ai campi elettrici e magnetici, bisogna che l'intera loro traiettoria, e quindi anche l'oggetto in osservazione, si trovi nel vuoto.

Il *microscopio elettronico* è sempre fornito delle apparecchiature occorrenti per creare il *vuoto*, a differenza dei tubi elettronici, che vengono evacuati una volta sola in fase di fabbricazione. La ragione di questo provvedimento è che il *microscopio* deve sovente essere aperto e allora è necessario produrre nuovamente il vuoto. Inoltre vi sono diverse *finestre* e *giunture* che non chiudono tutte a tenuta perfettamente stagna; perciò, quando si usa il *microscopio*, la *pompa da vuoto* dev'essere continuamente in funzione. Fino ad ora per ottenere il necessario *vuoto spinto*, che corrisponde ad una pressione da  $10^{-3}$  a  $10^{-1}$  mm di colonna di mercurio, bisogna procedere in due tappe.

Il *vuoto preliminare* viene prodotto da una *pompa incapsulata* di costruzione relativamente semplice. Essa è costituita da una *camera cilindrica*, entro la quale ruota un *tamburo eccentrico*, che chiude la camera in alto. Nel *tamburo* è fissata una *serranda* divisa in due parti, che viene premuta da apposite *molle* contro le *pareti del recipiente*, in modo da *dividere la camera in tre parti*. Quando la *serranda* è *verticale*, l'aria entra nella parte sinistra e viene poi espulsa attraverso il foro d'uscita, a destra, per effetto della rotazione del *tamburo* con la *serranda*.

Anche la cosiddetta « *pompa molecolare* », per l'alto vuoto, si presenta esternamente di forma molto simile; il funzionamento però è differente. Anche qui c'è però un *tamburo* che ruota entro un *recipiente cilindrico*. In questo caso, però, la distanza delle due parti è minima. Nella *parete del recipiente* è praticata una *cava a spirale*; il *tamburo*, ruotando a grande velocità, trascina per attrito le *molecole d'aria*, succhiandole dal *tubo* che collega la *pompa* alla *camera del microscopio*; le *molecole* si riversano nella *cava a spirale*, dalla quale passano alla *pompa preliminare*. Non è possibile addentrarci qui maggiormente nei dettagli costruttivi di queste pompe.

Per il funzionamento del *microscopio* occorre infine un *impianto ad alta tensione*, perchè gli effetti voluti si ottengono soltanto usando *elettroni molto veloci*. La *tensione occorrente*, da 40 a 60 kV, viene prelevata da un *complesso raddrizzatore trasportabile*.

### Il microscopio elettronico Trüb. Täuber

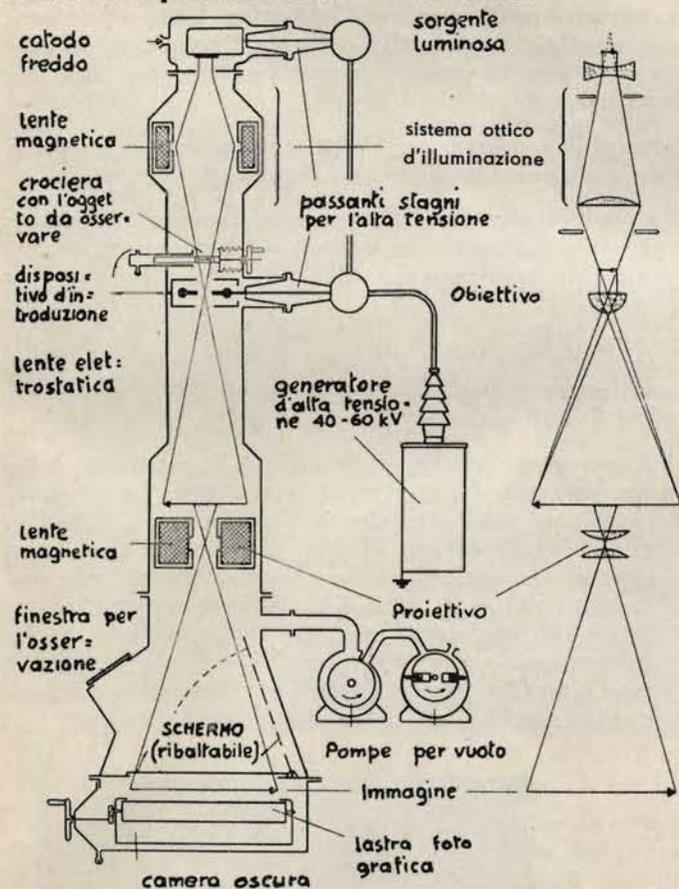


Fig. 55

I primi apparecchi efficienti vennero costruiti in Germania e più tardi in America. La ditta zurighese Trüb, Täuber & C. costruì nel 1945 un *microscopio* che rappresentava un notevole progresso. La fig. 55 ne mostra schematicamente la struttura e il percorso dei raggi.

A destra è schizzato un *sistema ottico*, che illustra molto bene, per analogia, l'effetto delle *lenti elettrostatiche* e *magnetiche*. La fig. 56 mostra l'aspetto esterno del *microscopio elettronico*. Anche a prima vista è evidente la grande differenza rispetto al *microscopio ot-*

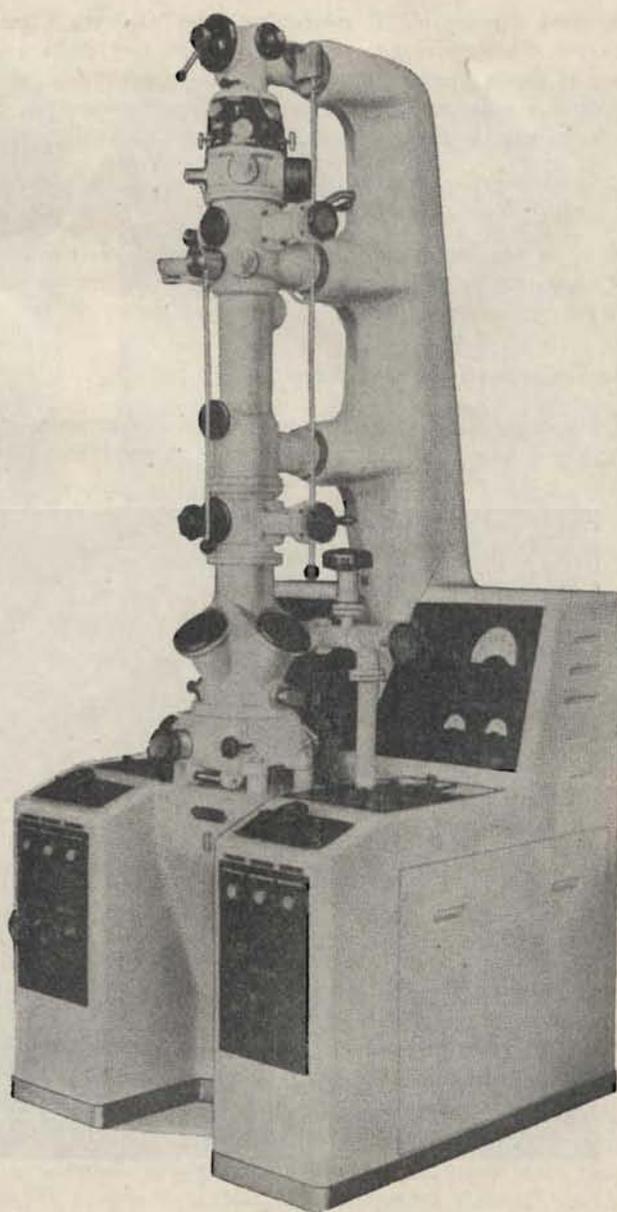


Fig. 56

tico, dovuta essenzialmente al *percorso molto più lungo dei raggi* ed agli impianti abbastanza voluminosi per l'alta tensione ed il vuoto.

Al vertice dell'apparecchiatura si trova il *catodo freddo*, che corrisponde alla *sorgente luminosa del microscopio ottico*. Segue la *prima lente magnetica*, rappresentata nello schema dalle *bobine*, la quale dirige il *raggio di elettroni sull'oggetto* da osservare. Per introdurre l'oggetto nel vuoto c'è uno *speciale dispositivo a doppia chiusura*, che consente di sostituire l'oggetto senza dover evacuare nuovamente l'intera camera.

È di enorme importanza la possibilità di *spostare con estrema esattezza la cosiddetta crociera*, che porta l'oggetto da osservare. Se si pensa che l'apparecchiatura consente di attuare degli *ingrandimenti di 10 000 volte*, è facile comprendere che deve esser possibile spostare l'oggetto, in modo continuo, anche *per frazioni di  $\frac{1}{1000}$  mm*. Con *ingrandimento di 10 000 volte*, la superficie di  $1 \text{ mm}^2$  diventa nientemeno che  $100 \text{ m}^2$ , ossia 1 aro. La ricerca dei punti interessanti dell'oggetto richiede perciò un'abilità speciale. La *messa a punto* avviene per mezzo di *pistoni azionati idraulicamente*; le viti micrometriche e gli ingranaggi non consentirebbero infatti di ottenere la precisione necessaria. Per facilitare il comando del *meccanismo di messa a punto* dal posto d'osservazione, le *tubazioni d'olio* sono condotte al basso, ove si trovano i *bottoni di comando*, che consentono di effettuare la manovra con facilità.

Dopo la *crociera* i raggi incontrano il *dispositivo vero e proprio di ingrandimento*. Qui si impiegano *lenti elettrostatiche*, poichè la qualità dell'immagine dipende molto dall'esattezza delle lenti. Come in qualsiasi microscopio, anche in questo è indispensabile avere la possibilità di *mettere a fuoco l'oggetto*. A questo scopo è previsto un *terzo organo meccanico*, azionabile dal basso mediante un'asta il quale, attraverso un *meccanismo di leve*, solleva o abbassa l'oggetto da osservare.

A metà altezza c'è il *proiettivo*, che proietta l'immagine sullo *schermo* nell'ingrandimento ottenuto. *Tre finestre d'osservazione*, praticate su tre lati della *custodia*, permettono di guardare l'immagine. Sotto allo schermo si trova anche un *apparecchio fotografico*, col quale è possibile fissare sulla pellicola l'immagine ingrandita. Lo *schermo ribaltabile* serve, nel contempo, da *coperchio per la camera fotografica*. Accanto alla custodia sono indicate schematicamente, nella fig. 55, le *pompe da vuoto*.

Nella fotografia dell'impianto (fig. 56) si vede anche il *tavolo di manovra per l'alta tensione e per la messa a punto delle correnti nelle bobine di deflessione*, con tutti gli strumenti di misura occorrenti.

Il *tubo verticale anteriore* è la *camera elettronica*, all'estremità inferiore della quale si trovano le *finestre d'osservazione*. Con questa descrizione abbiamo ottenuto una visione tecnica complessiva del *microscopio elettronico* e possiamo passare ad esaminarne il funzionamento e le applicazioni.

### La microscopia elettronica

Come abbiamo detto, col *microscopio elettronico* si possono ottenere degli *ingrandimenti di 10 000 volte*. Si può poi fare un ulteriore *ingrandimento fotografico di altre 5 o 10 volte*.

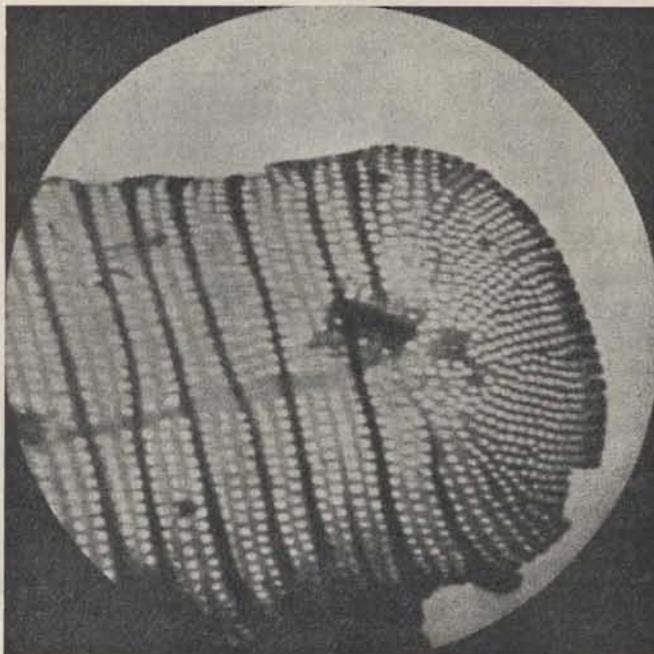


Fig. 57

L'operazione più lunga e difficile è costituita dalla preparazione dell'oggetto da esaminare. La *riproduzione* non può essere che *in bianco e nero*, dato che per gli *elettroni* non ci sono che due possibilità: o riescono a raggiungere lo *schermo*, oppure vengono arrestati dal preparato. *Gli elettroni vengono assorbiti molto facilmente, contrariamente ai raggi X che attraversano anche molti corpi opachi*. Se il preparato è troppo spesso, i raggi non riescono a passare e sullo schermo non si ottiene alcuna immagine. Per

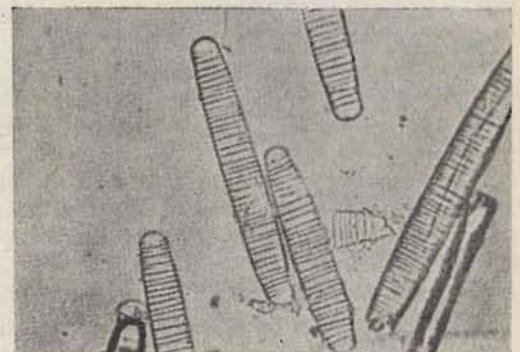


Fig. 58

poter osservare degli oggetti col microscopio elettronico si dovette sviluppare tutta una nuova tecnica speciale.

L'oggetto viene applicato su un foglio sottilissimo e trasparente di collodio, che serve da supporto. Questo foglio viene preparato lasciando cadere una goccia di soluzione diluita di collodio sopra una superficie d'acqua distillata. Il collodio si espande e forma una pellicola dello spessore di pochi centomillesimi di millimetro. La pellicola viene raccolta su una reticella metallica finissima, ove si asciuga. Volendo esaminare, per esempio, i particolari di un pulviscolo, come il nerofumo, lo si lascia depositare sulla pellicola di collodio. In certi casi si può anche sciogliere nell'acqua il materiale da esaminare, per applicarlo sulla pellicola di supporto, da cui si lascia poi evaporare l'acqua. Il microscopio elettronico di Trüb, Täuber consente di effettuare dapprima un ingrandimento minore, per poter osservare l'oggetto nel suo assieme e ricercare i punti che meritano di essere sottoposti a maggior ingrandimento. A questo scopo, si toglie dapprima la lente di proiezione (proiettivo), ottenendo così sullo schermo un'immagine meno ingrandita.

Per mostrarvi i risultati ottenuti col microscopio elettronico, riportiamo alcune fotografie di ingrandimenti.

La fig. 57 rappresenta il guscio di un'alga d'acqua dolce (diatomea), ingrandito 10 500 volte. Si vedono benissimo i numerosi pori, che presentano in parte una forma rettangolare. Ed ora guardate la fig. 58.

Sono diatomee, come quella della fig. 57, ma fotografate con un comune microscopio ottico, con ingrandimento di circa 600 volte. Si vedono soltanto i contorni delle alghe e le linee trasversali; i pori sono completamente invisibili. Nella fig. 57 si vede soltanto la « testa » di una diatomea.

Fig. 59

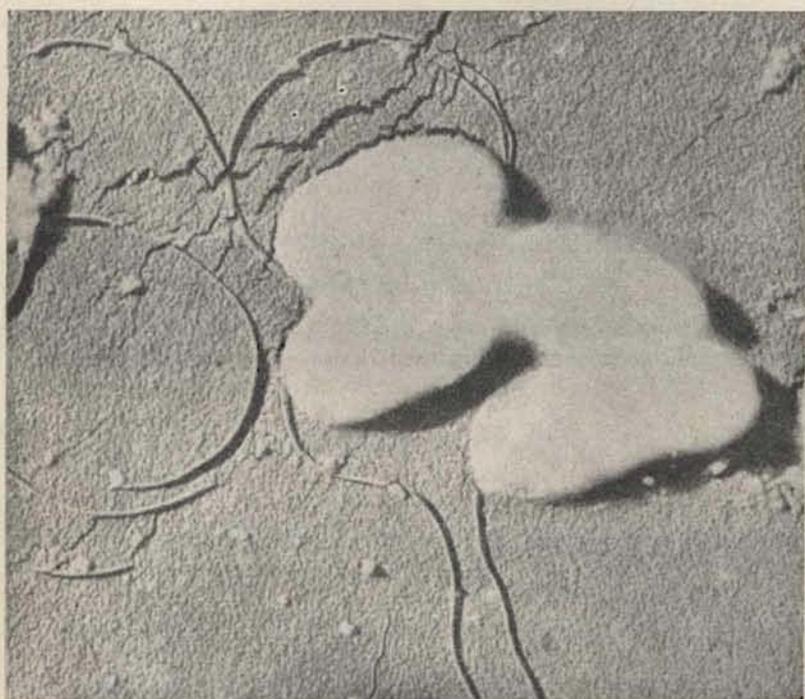
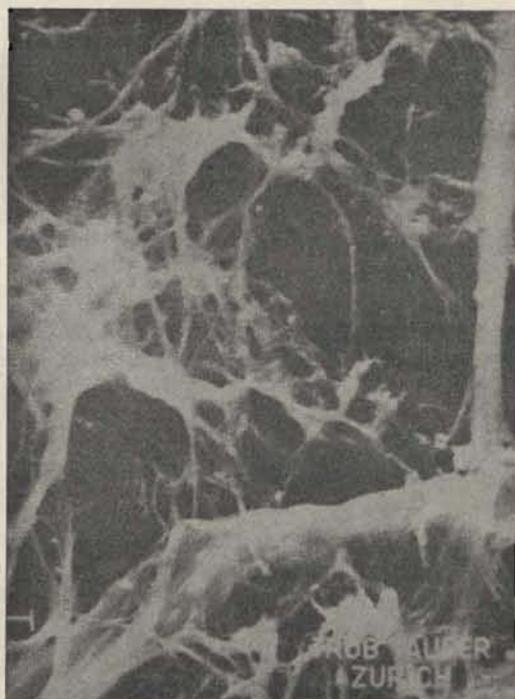


Fig. 60



Volendo osservare dei batteri, i contrasti naturali spesso non sono sufficienti. Nella microscopia ottica si ricorre, in questo caso, all'artificio della colorazione del preparato. Col microscopio elettronico questo metodo non dà risultati, poichè la lunghezza d'onda dei raggi elettronici è molto più corta di quella dei raggi luminosi, che soli possono provocare la sensazione dei colori. Si procede invece all'applicazione di sali di metalli pesanti.

Naturalmente non si ottiene una colorazione, ma l'effetto è un miglioramento dei contrasti. Spesso si adotta anche un altro metodo, consistente nell'investire il preparato con un getto di vapori di metalli pesanti, come oro, cromo, palladio, ecc., diretto obliquamente.

Sulle parti in rilievo del preparato si deposita allora uno strato sottilissimo di metallo, dello spessore di pochi milionesimi di millimetro, mentre le parti scavate non sono esposte ai vapori e rimangono pulite. Le parti sulle quali si è depositato lo strato metallico non lasciano passare gli elettroni e appaiono pertanto nere nell'immagine ingrandita. La fig. 59 mostra l'ingrandimento di un preparato ottenuto con questo procedimento.

L'effetto plastico è strabiliante. Si tratta di un *batterio* ingrandito 35 000 volte; il minuscolo essere spicca chiaramente sul fondo; si vedono distintamente i suoi cosiddetti « *flagelli* » (i lunghi « *baffi* »): pare veramente vivo.

Come ultimo esempio mostriamo nella fig. 60 l'ingrandimento di 20 000 volte di alcune *fibres di viscosa* (*seta artificiale*). Ciò che a occhio nudo pare una stoffa a superficie liscia, si dimostra un intreccio complicatissimo a maglie strettissime.

Vi abbiamo così mostrato alcuni esempi di applicazione del *microscopio elettronico*. Naturalmente esistono infiniti casi nei quali il *microscopio elettronico* può rivelare dei segreti importantissimi, sia nell'industria che nella medicina. Lo sviluppo di questo strumento è ancora agli inizi e ci premeva soprattutto di accendere il vostro interesse per questo campo della tecnica. Fra l'altro va menzionato il fatto che il *microscopio elettronico* consente di produrre anche delle *immagini di diffrazione*, importanti soprattutto per il controllo dei materiali (*pezzi fusi o fucinati in ghisa, acciaio, ecc.*), senza che si debba procedere alla loro distruzione.

### **Domande**

1. Perché i corpuscoli piccolissimi non si possono osservare col microscopio ottico?
2. Perché i raggi X non servono per ottenere degli ingrandimenti?
3. Perché la camera del microscopio elettronico deve essere evacuata?
4. Quali sono i due tipi di lenti impiegate nel microscopio elettronico?
5. Quali metodi si applicano per migliorare i contrasti nei preparati da usare per il microscopio elettronico?

### **Risposte alle domande di pag. 29**

1. Il diodo di smorzamento dello stadio finale per la deflessione orizzontale si chiama « diodo interruttore » o « booster ».
2. Il generatore a rilassamento per la deflessione orizzontale alimenta due diodi: il diodo interruttore e il raddrizzatore d'alta tensione per la produzione della tensione anodica per il tubo d'immagine.

### **Risposte alle domande di pag. 34**

1. Col microscopio ottico non è possibile osservare dei corpuscoli di dimensioni inferiori alla lunghezza d'onda della luce usata.
2. I raggi X non consentono di ottenere degli ingrandimenti perché non vengono deviati da nessuna lente.
3. La camera del microscopio elettronico deve essere evacuata, perché altrimenti gli elettroni verrebbero assorbiti o deviati dalla loro traiettoria regolare, a causa delle collisioni con le molecole d'aria.
4. Nel microscopio elettronico si impiegano lenti elettrostatiche e magnetiche.
5. Per migliorare i contrasti, i preparati da usare nel microscopio elettronico vengono impregnati con sali metallici o ricoperti con un velo di metallo pesante, proiettato di sbieco; sotto forma di vapore, sulla superficie del preparato.

## COMPITI

I compiti di questa Dispensa vi danno la possibilità di dimostrare ancora una volta, a voi stesso ed a noi, le vostre conoscenze in tutti i rami del Corso ora terminato.

1. Qual è la resistenza in esercizio di una lampadina a incandescenza, se con una tensione di 220 V vi passa una corrente di 0,25 A?
2. Una bobina d'impedenza è allacciata alla rete a corrente alternata, a 50 V. Si misura un'intensità di corrente di 0,2 A e si trova che la corrente segue la tensione con un angolo di sfasamento di  $80^\circ$ .
  - a) Determinate il fattore di potenza.
  - b) Qual è la potenza attiva assorbita dall'impedenza?
3. Un condensatore è collegato in parallelo ad una resistenza di 4000 ohm. La frequenza è di 500 Hz. Qual è la capacità del condensatore, dato che l'impedenza del complesso è di 2500 ohm?
4. Calcolate l'ammettenza del complesso risultante dal collegamento in serie del condensatore e della resistenza citati nel Compito N. 3.
5. Dato lo schema della fig. 20 della Dispensa N. 15, i valori delle resistenze siano i seguenti:  $R_1 = 500$  ohm,  $R_2 = 1200$  ohm ed  $R_3 = 1000$  ohm. La tensione è  $V = 145$  volt. Calcolate tutte le correnti e le tensioni che si manifestano in detto schema.
6. Una valvola è allacciata a 200 V. Per ridurre la tensione di griglia-schermo a 120 V, occorre una resistenza addizionale di 60 k $\Omega$ . Qual è la corrente di griglia-schermo?
7. Qual è la polarizzazione di griglia che si produce automaticamente in un pentodo, se la resistenza catodica di 500 ohm è attraversata da una corrente anodica di 3,5 mA e da una corrente di griglia-schermo di 0,5 mA?
8. Qual è la frequenza di risonanza e la resistenza di risonanza di un circuito oscillante in parallelo, con  $L = 0,18$  mH,  $C = 250$  pF ed  $R_L = 8$  ohm?
9. Determinate la pendenza, il fattore d'amplificazione e la resistenza interna del triodo AC 2 nel punto di lavoro  $I_a = 4,85$  mA,  $V_a = 220$  V,  $V_{g1} = -5$  V. (Dispensa N. 13, fig. 1).
10. Qual è la pendenza dinamica di un triodo con  $S = 2,2$  mA/V e  $\mu = 25$ , quando si usa una resistenza anodica di 25 k $\Omega$ ?
11. Calcolate l'amplificazione di un pentodo con  $S = 3$  mA/V,  $R_i = 1,2$  M $\Omega$  e con la resistenza anodica  $R_a = 80$  k $\Omega$ .
12. Come mai un raddrizzatore può dare origine a fastidiosi disturbi radio?
13. A quali valori sono riferiti i livelli normali?
14. Che significa un livello normale di potenza di + 1,5 neper?
15. Perché i normali cavi telefonici hanno un'attenuazione molto maggiore di quella delle linee aeree?
16. Perché il telefono e la telescrivente non si fanno concorrenza, costituendo invece l'uno un prezioso complemento dell'altra?
17. Quali sono i sistemi di telefonia automatica impiegati in Svizzera e per quali particolarità si distinguono l'uno dall'altro?
18. Quali sono le parti essenziali e le applicazioni dei cronometri a quarzo?
19. Perché i tubi di riproduzione per la televisione devono possedere una luminosità molto maggiore di quella dei tubi per gli oscilloscopi a raggi catodici?

20. Come mai bisogna porre tanta cura per produrre e sincronizzare il retino dell'immagine nei ricevitori televisivi?
  21. Sia dato un fattore di distorsione dell'8 %. L'ampiezza della 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> armonica sia rispettivamente di 2,8 mA, 1,2 mA e 0,5 mA. Altre armoniche non esistono. Si calcoli l'ampiezza della fondamentale.
  22. Spiegate le differenti esigenze che si pongono agli amplificatori per il suono e agli Amplificatori Video.
  23. Calcolate l'impedenza della combinazione catodica rappresentata nella fig. 12 di questa Dispensa, alle frequenze di 1000 Hz e di 2000 kHz. Che cosa se ne deduce?
  24. Perché, quando si usano dei cercatori di linea a rotazione con 30 posti e dei numeri di chiamata a due cifre, è necessario procedere alla registrazione degli impulsi di selezione ed alla marcatura della posizione finale del cercatore?
  25. Spiegate perché nel radar la frequenza degli impulsi non deve essere troppo elevata; servitevi per chiarire le cose di due esempi, corrispondenti alle frequenze d'impulsi di 10 kHz e di 2 kHz.
  26. Spiegate brevemente i vantaggi e gli svantaggi delle antenne per onde ultracorte e per televisione, in paragone alle antenne per le normali gamme di radioaudizione.
  27. Nelle misure di capacità o di induttanza, secondo il metodo della risonanza, quale dev'essere l'accoppiamento tra il generatore ed il circuito di misura?
  28. Spiegate lo scopo ed il funzionamento del dispositivo di cattura degli ioni.
  29. Quale resistenza va messa in parallelo al filamento di una *EF 12* ( $V_f = 6,3$  V,  $I_f = 200$  mA), qualora lo si voglia alimentare in serie con valvole del tipo *p* ( $I_f = 300$  mA)?
  30. Spiegate come mai, per la produzione dell'alta tensione nei ricevitori televisivi, si impieghi il generatore a rilassamento per la deflessione orizzontale e non quello per la deflessione verticale.
  31. Come mai è possibile ottenere degli ingrandimenti, impiegando i raggi elettronici, nel microscopio elettronico?
  32. Su che cosa è fondata la superiorità del microscopio elettronico rispetto al microscopio ottico?
-



**TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI**

---

**OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO N. 9  
V A R E S E**

---

DISPENSA N°. 25

CORSO DI TECNICA DELLE  
**TELECOMUNICAZIONI**  
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA



ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

## INDICE

Commiato . . . . .	pag. 1
Indice alfabetico degli argomenti . . . . .	» 2
Elenco delle formule . . . . .	» 21
Legge di Ohm . . . . .	» 21
Potenza e lavoro elettrici . . . . .	» 21
Calcolo della resistenza . . . . .	» 21
Collegamento in serie . . . . .	» 22
Collegamento in parallelo . . . . .	» 22
Corrente alternata . . . . .	» 22
Induttanze . . . . .	» 23
Capacità . . . . .	» 23
Radiotecnica . . . . .	» 23
Tubi elettronici . . . . .	» 23
Onde ultracorte . . . . .	» 24
Linee aeree e cavi . . . . .	» 24
Tecnica delle misure . . . . .	» 25
Trasformatori . . . . .	» 25
Planimetria . . . . .	» 25
Trigonometria . . . . .	» 25
Elenco dei simboli impiegati nelle formule . . . . .	» 26
Tabella dei materiali maggiormente impiegati in elettrotecnica . . . . .	» 26
Collegamento in serie e in parallelo . . . . .	» 27
Circuiti con induttanze . . . . .	» 28
Tabelle del corso di tecnica delle telecomunicazioni . . . . .	» 30
Simboli grafici per telecomunicazioni . . . . .	» 31
Alfabeto greco . . . . .	» 39
Piano delle onde delle principali stazioni europee (1952) . . . . .	» 40

# CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

Dispensa N. 25

## COMMIATO

Quest'ora, nella quale ricevete l'ultima Dispensa del Corso di Tecnica delle Telecomunicazioni, non è per voi, caro allievo, un'ora come tutte le altre. È un'ora di festa. L'opera che avete cominciato molti mesi or sono è ora portata a termine. Con tenace fatica avete imparato gli elementi fondamentali della Tecnica delle Telecomunicazioni e della Radio e avete acquistato conoscenze che, per la maggior parte dei vostri colleghi, rappresentano « un libro con sette sigilli ». Siete ora in grado di risolvere, anche teoricamente, qualsiasi problema che vi può venir posto e siete in grado di lavorare rapidamente e con sicurezza anche in nuovi campi.

Questo è l'aspetto culturale del vostro studio. C'è però anche un altro lato, che vogliamo sottolineare: *il vostro carattere.*

A che serve un utensile senza la mano che lo maneggia? E cosa sarebbe questo Corso, senza l'uomo che, con perseveranza, lo ha studiato e assimilato?

Certo, anche l'utensile dev'essere buono. Noi tutti, che abbiamo collaborato alla compilazione di questo Corso, speriamo che esso abbia corrisposto alle vostre aspettative; lo speriamo per la bellezza del compito che ci siamo proposti.

Ma siete voi che ci avete seguiti senza bisogno dell'indice ammonitore dell'insegnante. Voi potevate contare solo su voi stesso. Il fatto che, in tali condizioni, siate giunto fino al traguardo, vi dà diritto di provare un sentimento di grande soddisfazione. Voi potete essere orgoglioso del sapere che vi siete procurato; ma dovete anche essere orgoglioso — a pieno diritto — della fiducia che avete acquisito in voi stesso.

Festeggiate in tranquillità questo momento destinato ai ricordi. Ma non dimentichiamo i compiti che ci attendono nel futuro. Forse di alcuni argomenti non sarete così sicuro come desiderereste.

Riprendete questi Capitoli e ristudiateli fino a che anch'essi non siano divenuti un patrimonio non smarribile del vostro spirito. Prendete anche qualche libro tecnico che approfondisca i problemi che più frequentemente vi si presentano nella vostra attività professionale. Continuate a lavorare con la medesima lena che vi spingeva nello studio, ormai felicemente terminato.

I nostri migliori auguri vi accompagnano.

ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

# INDICE GENERALE ALFABETICO DELLA MATERIA TRATTATA

(Nota: il primo numero indica la Dispensa, il secondo la rispettiva pagina).

A			
Acceleratrice (Griglia)	14/9	— della radio telescrivente	19/17
Accelerazione degli elettroni	14/8; 14/9	— Morse	2/20
Accensione (Batteria di)	9/2	— Murray (telegrafico)	16/15
— (Batteria di — per tubi elettronici)	9/2	Alimentatore	16/1
— (Circuito di)	19/20	— dell'oscilloscopio a raggi catodici	20/19
Acciaio magnetizzato	1/17	— nella supereterodina	19/19
Accoppiamento	11/8	Alimentazione con produzione semiautomatica della tensione di griglia	21/20
— aperiodico	11/12	— (Corrente di)	21/8
— (Canali di)	20/10	— dei radiorecettori	16/1
— (Capacità di)	24/11	— dei tubi elettronici	15/25
— capacitivo	11/10	— del ricevitore di televisione	24/27
— induttivo	11/10	— (Frequenza di)	21/4
— (Compensazione dell')	20/3	— (Trasformatore di)	16/2
— (Compensazione dell' — fra linee mediante condensatore)	20/3	— universale	24/27
— (Condensatore di)	17/2; 24/4; 20/3	— (Valvole raddrizzatrici di)	16/11
— d'antenna	11/12; 13/15	Allargamento della banda	19/22
— di reazione	20/18	— del campo di misura di un amperometro	8/11
— elettronico	18/18	— del campo di misura di un voltmetro	8/9
— (Fattore di)	11/9	Allarme	12/10
— galvanico	11/10	— (Dispositivi di)	8/23
— (Grado di)	11/9	— (Impianto di)	12/10
— induttivo	11/9; 11/10	— (Suoneria di)	12/10; 12/11; 12/12
— — (Circuiti ad)	15/3	Allineamento della supereterodina	17/14
— leggero	11/9	Alta frequenza (Amplificatore di)	14/21
— (Reattanze induttive di)	23/4	— — (Demodulazione dell')	15/14; 21/22
— rigido	11/9	— — (Gamma di)	3/14
— variabile	15/4	— — (Generatore d')	21/15
Accorciamenti tra linee telefoniche (Compensazione mediante condensatori degli)	20/3	— — (Impulso d')	23/10
Accorciamento (Condensatore di)	20/3	— — modulata in frequenza	23/12; 23/14
Accumulatore	1/2; 2/8; 6/12	— — (Modulazione di)	21/16; 23/12
— alcalino	6/14	— — (Onde ad)	6/1; 6/2; 6/3
— al ferro nichel	6/14	— — Oscillazioni ad)	1/13; 23/9
— al piombo	6/13	— — (Preamplificatore di)	13/1; 23/15
— (Batteria di)	2/8	— — (Stadio raddrizzante)	15/14
— (Carica di un)	6/3	— — (Telediffusione ad)	21/13
— (Cella di)	2/9	— — (Trasmettitore di — a reazione)	23/12
— (Piastre a grande superficie per)	6/13	— — (Valvola generatrice di oscillazione d')	16/12
— (Piastre di)	6/13	Alta tensione	24/28
— (Scarica di un)	6/13	— — (Diodo per)	24/26
Accumulatori (Collegamento in parallelo di)	15/5	Alternanza	10/14
— (Collegamento in serie di)	15/5	Alternanze sinusoidali	20
Accumulazione dell'emissione	22/5	Altoparlante	8/1
— di immagini	22/5	— (Adattamento dell')	17/5
Acido cromico (Pila all')	2/4	— a due poli	8/3
— solforico (negli accumulatori)	6/14	— a foglio sonoro	8/4
Acustica	3/11; 4/14; 8/1; 11/1; 19/25	— a megafono	8/1
— (Frequenza)	3/14	— a nastro	8/4
Acustico (Ricevitore telegrafico)	8/18	— a oscillazione libera	8/4
Adattamento (Cassette di)	21/13	— a quattro poli	8/2
— dell'altoparlante	17/5	— a superficie estesa	8/2
— della linea	17/9	— di controllo	1/13
— (Trasformatore di)	17/5	— dinamico	3/4
Addendo	1/6	— — a magnete permanente	8/6
Addizione	1/5	— elettrodinamico	8/4
— di frazioni	6/8	— magnetico	8/1; 8/2
— di potenze	10/7	— magnetodinamico	8/6
Aerea (Linea)	17/15; 18/10	Ambra	1/8
Aereo (Discesa di)	13/16	Ammettenza	16/7
AF (Preamplificatore di)	13/1; 23/15	— complessiva	17/23
Ago (Galvanometro ad)	8/15	Ampère, André Marie	1/22
Albero a camme di ricezione	16/17	— intensità di corrente	1/22
— di Natale (Antenna ad)	22/24	— spire	5/10
Alcalino (Accumulatore)	6/14	Amperometri (Taratura degli)	3/3
Aletta frenante	3/4	Amperometro	3/1
Alfabeto a cinque impulsi	15/15	— (Allargamento del campo di misura di un)	8/14
		Ampiezza d'onda	2/14
		— — (Filtro di)	24/26
		— — (Modulazione di)	6/4; 6/5; 23/11
		— (Limitazione d')	23/21
		Ampliamento del campo di misura degli amperometri	8/11
		— del campo di misura dei voltmetri	8/11
		Amplificatore a bobina d'impedenza	17/6; 24/4
		— a due fili	20/9
		— a due stadi	12/24
		— a filtro di banda	17/9
		— a larga banda	13/21
		— a più stadi	12/24
		— a quattro fili	20/10
		— a resistenza	17/2; 24/4
		— — e capacità	24/4
		— — e condensatore	24/4
		— — con accoppiamento di condensatore (Stadio d')	17/2
		— a risonanza	17/6
		— a trasformatore	17/3
		— a valvole	20/9
		— con dispositivo compensatore delle distorsioni	20/10
		— d'alta frequenza	14/2
		— d'antenna	14/21
		— del magnetofono	19/27
		— di BF per il suono	24/5
		— di deviazione	20/24
		— dei raggi catodici	20/24
		— di MF delle immagini	23/17
		— di registrazione	19/27
		— di riproduzione	19/27
		— di telefonia	20/9; 20/10; 20/11
		— di televisione	23/15; 24/4
		— — (Amplificatore di MF dell'immagine)	23/17
		— — (Preamplificatore d'AF)	23/15
		— — — Video	24/4
		— — —, Compensazione dell'andamento di Frequenza dell'—	24/5
		— di trasmissione	20/14
		— — a più stadi	22/27
		— in classe A	16/22
		— in classe A, B	16/23
		— in classe B	16/23
		— in classe C	16/23
		— in controfase	16/23; 17/4
		— nella radio	16/22
		— (Pentodo)	14/11
		— per corrente	11/18
		— per onde corte	14/22
		— (Triodo)	21/23
		— (Tubo)	11/18
		— verticale	20/26
		— video	24/24
		Amplificatori	1/12
		— acustici	24/9
		— a larga banda (Compensazione di frequenza degli)	24/5; 24/6
		— (Classificazione degli)	16/22; 17/1
		— per onde medie	23/3
		— (Tubi elettronici)	11/7; 12/20; 13/2; 14/1
		Amplificatrice (Valvola)	11/18; 12/22; 14/1
		— (Funzionamento della valvola)	11/18; 12/20
		— video	24/9
		Amplificazione	1/2; 1/3
		— a più valvole	12/24
		— (Compensazione d')	24/7
		— delle correnti	2/22

Amplificazione di corrente alter-					
nata	11/18				
— di corrente continua	11/18				
— di potenza	13/3				
— diretta	17/12; 23/16				
— (Ricevitore ad)	17/12				
— di tensione	11/18; 12/21; 13/1				
— (Fattore di)	10/18				
— fedele	11/19				
— per onde ultracorte	23/3				
— (Stadi di)	12/6; 24/2				
— (Stazioni di)	23/5				
— trasmittente	20/14				
— (valore dell')	12/20				
— variabile (Esodo ad)	18/20				
— (Pentodo ad)	18/21				
— (Tubi elettronici ad)	18/19				
— (Valvole ad)	18/19; 18/22				
Ancora	2/22; 4/2; 9/20; 18/22				
Andamento di frequenza (Comp-					
ensazione dell')	24/5				
Anelli	9/20				
Anello di contatto	19/8				
— (Modulatore ad)	20/12				
Angolo di fase	13/11				
— d'ombra	19/16				
Anima	13/16				
Anodica (Batteria)	2/8; 9/2; 9/5				
— (Corrente — continua)	12/21				
— (— di riposo)	11/20				
— (Demodulazione)	15/17				
— (Reazione)	14/8				
— (Rivelazione)	15/17				
— (Tensione — alternata)	12/20				
— (— continua)	12/10				
Anodo	6/11				
— a forma di griglia	18/17				
— ausiliario	18/17; 18/17				
— del tubo a raggi catodici	19/11				
— d'accelerazione	22/12				
— della cellula fotoelettrica	21/22				
— di pila	6/11				
— di tubi elettronici	9/2				
Antenna	1/13; 13/13; 14/19				
— a cestello	13/17				
— (Accoppiamento di)	11/12; 13/15				
— a dipolo	22/24; 24/18				
— incrociato	24/18				
— piegato	24/19				
— a farfalla	24/19				
— a sfera	13/17				
— a stilo	14/20				
— ad albero di Natale	22/24				
— ad L	13/17				
— (Amplificatore di)	14/21				
— a telaio	14/19; 22/22				
— a T	13/15				
— (Attacco d')	14/22				
— (Bobina d')	15/20				
— (Circuito d')	11/12; 13/13				
— collettiva	13/17; 14/20				
— (Impianto di)	14/21				
— (Linea unica di collega-					
mento per)	14/21				
— da camera	13/17; 24/20				
— (Deviatore di messa a terra					
dell')	13/14; 14/24				
— di ricezione	13/13; 24/19				
— di ripiego	24/20				
— di trasmissione	13/15				
— per onde medie	13/13				
— direzionale	22/23; 23/10				
— (Discesa d')	13/16				
— (Disturbi d')	13/15				
— esterna	13/15				
— (Filo per)	13/13				
— (Freccia del filo di)	13/13				
— (Installazione dell')	13/15				
— interna	13/17				
— (Isolamento dell')	13/14; 14/24				
— isolatori per	13/14				
— (Linea di discesa dell')	13/16				
— per automobile	14/20				
— per onde ultracorte	23/2; 23/3; 24/18				
— per radar	24/15				
— per televisione	24/18				
— ricevente	13/13; 24/19				
— rotante	24/14; 24/15				
— singola	13/17				
— schermata	13/16				
— (Traslatore di)	14/22				
— trasmittente	13/13; 24/19				
— verticale	13/16				
Antenne per televisione					
(Distanza tra le)	23/3				
— radar (Esercizio simultaneo					
delle)	24/16				
Antidisturbi (Dispositivo)	21/13				
Antifulmine (Messa a terra)	14/24				
— (Norme per la terra di pro-					
tezione)	14/27				
— (Protezione)	13/16; 14/23				
— (Protezione — nelle linee					
schermate)	14/25				
— (Protezione — per cavi scher-					
mati)	14/26				
Antifurto (Impianti di allarme)	12/10				
Anti-induttivi (Condensatori)	7/11				
Aperiocico (Accoppiamento)	11/12				
Apertura della caratteristica ver-					
ticale	24/16				
— (Scintilla di)	6/21				
Apparecchiatura d'ascolto	12/16				
— panoramica radar	24/17				
Apparecchiature per telegrafia					
Morse	8/18				
Apparecchi ausiliari in telegrafia	21/25				
— di misura di C	24/21				
— di L	24/21				
— provavalvole	13/20				
— registratori scriventi	12/11				
— telefonici con gancio di com-					
mutazione	9/11				
— con tasto d'inserzione nel-					
l'impugnatura	9/10				
Apparecchio a induzione	13/4				
— di collegamento	12/16				
— perforatore	21/26				
— radioricicente	11/17				
— telefonico d'utente	12/15; 14/13; 19/5				
— notturno	24/13				
— principale	24/13				
Apparente (Potenza)	13/18; 13/19				
Applicazione dei logaritmi	12/8				
— delle equazioni	8/7				
— del magnetofono	19/28				
Argento (Strato d')	22/6; 24/15				
Aria (Costante dielettrica dell')	7/16				
— (Isolamento in carta ed)	20/2				
— isolante	7/7; 7/16				
Armatura di un condensatore	7/8				
Armonica (Serie — dei suoni)	4/16				
Armoniche (Frequenze)	24/3				
— superiori	5/17; 4/5; 22/14; 24/3				
— (Vibrazioni)	4/15				
Armonici (Suoni)	3/17; 4/15				
Arresto	13/7				
Artificiale (Linea)	20/8				
Ascisse	11/13				
Asimmetrie capacitive	20/3				
Asse dei tempi	20/21				
— (Dispositivo per l')	23/10				
— (Placche dell')	20/24				
— delle x	11/13				
— delle y	11/13				
— di rotazione	11/3				
Assi delle coordinate	11/13				
Assorbimento (Ondametro ad)	22/13				
Atmosferica (Elettricità)	8/20; 14/23				
Atomi	7/24; 7/26; 8/25				
Attacchi delle stazioni telefoniche	9/11				
Attacco d'antenna	14/22				
— di terra	14/22				
Attenuatore	21/17				
Attenuazione d'auto ascolto	14/13				
— delle linee	18/10; 20/2				
— delle onde elettriche	17/26				
— delle oscillazioni	12/1				
— (Distorsione della)	24/2				
Attiva (Conduttanza)	16/7				
— (Massa — degli accumulatori)	6/13				
—, Potenza	13/18; 13/19				
Audiofrequenza	3/14				
Audion	15/16				
—, a reazione	15/18				
— (Combinazione)	23/16				
— (Schema ad)	15/16				
Auditorio	1/12				
Autoascolto (Attenuazione d')	14/13				
Autoeccitazione	15/20				
Autoinduzione	6/21				
— (Bobina di)	6/23				
— (Tensione di)	6/23				
Automatica (Sistema Hasler di					
telefonia)	21/6				
Automatico (Controllo — del vo-					
lume)	15/14; 18/21				
— (Passaggio — della chiamata)	24/13				
Automobile (Antenna per)	14/20				
— (Protezione contro i disturbi					
nella)	18/6				
Autoradio	18/6				
Autotrasformatore	18/7; 24/28				
Avanzamento del nastro magne-					
tico	19/25				
— della carta (Dispositivo di)	15/23				
Avvisatore a pulsante	12/11				
— a saldatura fondente	12/11				
— differenziale	12/12				
— di massima	12/12				
— di pericolo	12/11				
Avvisatori ad indice	12/11				
— d'incendio	12/10				
Avvolgimento	5/8; 5/9; 5/21; 12/4				
— bifilare	12/4				
— di campo	18/3				
— di rotore	9/20				
— primario	5/21				
— riscaldante	20/17				
Azionamento (Magnete d')	21/7				
Azzeramento (Organi d')	22/13				
<b>B</b>					
Banco di contatto	13/8				
Banda (Allargamento della)	19/22				
— (Amplificatore a filtro di)	17/9				
— (Amplificatore a larga)	14/21				
— di frequenza della modula-					
zione televisiva	22/16				
— di modulazione	15/2				
— di trasmissione	21/11				
— d'onda	15/2				
— (Filtro di)	15/3				
— (Filtro di larga)	23/19				
— (Filtro di — accordato)	23/21				
— fonica	20/13				
— laterale	15/1				
— unica (Modulazione a)	20/12				
— (Sistema a)	20/12; 23/18				
— utile di frequenza	21/13; 24/19				
Bandiera	16/18				
Bario (Ossido di)	9/3; 12/5				
Barkhausen (Equazione di)	10/21; 16/18				
Barre di codice di ricezione	16/17				
— di trasmissione	16/16				



Cattura degli ioni (Dispositivo di)	24/24	Chilovolmetri	8/9	Collegamento a partitore di tensione	15/25
Cause dei disturbi	17/24	Chilowatt	13/19	— (Apparecchio di)	12/16
Cavallo vapore	4/13	Chimica (Energia)	1/8	— a quattro fili	20/9; 20/10
Cavatappi (Regola del)	5/7	Chimiche (Reazioni — nelle pile)	2/2	— del filo di terra	14/26
Cave	9/20	Chimici (Elementi)	8/25	— della batteria di griglia	9/4
Cavi	17/15; 18/10; 20/1	Cicalina	6/11	— di consumatori	15/8
— (Cordatura dei)	20/3	Cicalino	4/2	— di impianti di campanelli	2/10
— per onde corte	14/23	Cieli	3/14; 4/8	— in controfase	16/23
— schermati (Protezione antifulmine per)	14/26	Cilindro anodico	22/10	— in parallelo del diodo	15/15
Cavo a bicoppie a stella	20/3	— di cartone	1/10	— di accumulatori	15/15
— a coppie e bicoppie	20/3	— di guida	16/14	— di capacità	7/13
— di discesa	6/5; 13/17	— di Wehnelt	19/11	— di condensatori	7/13
— DM	20/3	— per trasmissione di immagini	21/3	— di consumatori	5/13
— Krarup	20/4	— ricevente	21/4	— di induttanze	6/23
— Pupin	20/4	Circonferenza	1/6	— e capacità	17/21
Celere (Chiamata)	21/10	Circolare (Caratteristica)	22/23	— di pile	2/7; 15/5
Cella d'accumulatore	2/9; 6/14	Circuiti ad accoppiamento induttivo	15/3	— di reattanze	10/15; 17/21
Celle	2/8	— accordati	17/4	— di sorgenti di corrente	2/6
Cellula fotoelettrica	21/2	— addizionali di blocco	23/18	— in serie del diodo	15/14
Centrale a pulsanti	13/6	— con induttanza e capacità	17/20	— di accumulatori	15/5
— (Segnale di)	14/16	— di risonanza (Curve dei)	15/3	— di capacità	7/13
— (Sistema a batteria)	10/7	Circuito a reazione	16/21	— di condensatori	7/13
Centrali telefoniche automatiche	12/13	— aperto	11/12	— di consumatori	5/16
— — capigruppo	23/5	— conduttore	2/1	— di induttanze	6/22
— — (Conformazione delle)	14/14	— d'accensione	19/20	— e capacità	17/20
— — (Distribuzione delle)	23/4	— d'antenna	11/12	— di pile	2/6; 15/5
— — (Equipaggiamento delle)	23/5	— d'entrata	12/3; 21/20	— di reattanze	10/15; 17/20
— — intermedie interurbane	23/4; 23/5	— dei generatori di oscillazioni	19/18	— di sorgenti di corrente	2/6
— — interurbane	24/4; 23/5	— dell'oscillatore	19/18	— misto di consumatori di corrente	15/10
— — locali	23/5	— di chiamata	9/10	— di pile	2/12
— — manuali	12/13; 13/6	— di connessione	19/6	— sorgenti di corrente	2/12; 15/9
— — principali	23/4; 23/6; 23/7	— di corrente	1/9; 1/23	— multiplo	14/14
— — regionali	23/4	— di demodulazione	24/9	— nel sistema telefonico Hasler	21/8
— — secondarie	23/7	— di filtraggio	12/3	— per antenna collettiva (Linea unica di)	14/21
— — semiautomatiche	13/6	— di griglia	21/24	— telefonico interurbano (Modi di)	23/4
— — terminali	23/4; 23/5	— d'impulsi	14/13	— telegrafico a corrente di lavoro	2/22
Centralina telefonica automatica interna	24/11	— di marcatura	21/6	— a corrente di riposo	2/22
— — di Hasler	24/11	— di prova	13/8	Collettiva (Antenna)	24/20
Centralini telefonici automatici	12/13	— di riposo	12/10; 12/11; 12/12	Comando del raggio elettronico	
— — manuali	12/13; 12/14	— di risonanza	15/3; 17/7	— dei marcatori	21/9
Centralino telefonico a cordoni	13/6	— — in parallelo	17/7; 17/23	— diretto (Telefonia)	14/18
— — di smistamento	12/13	— — in serie	17/20; 17/21	— (Impulsi di)	22/16
— — (Schema di)	12/14	— di sintonia	11/24	— (Spazzole di)	19/3
Cercatore di chiamata	19/2	— elettrico	1/9; 1/23	— (Stecche di)	19/16
— di cordone	21/8	— equivalente	15/6	Combinatore (Disco)	13/7
— di gruppo	21/8	— oscillante	7/2; 11/10; 23/19	— (Dispositivo)	13/7
— di Hasler	21/6; 21/7	— accordato		Combinazione Audion	23/16
— di linea	21/9	— (Calcolo del)	11/23	Commutatore d'onda	19/18
— di registratore	19/5; 19/6; 21/8	— (Bobina del)	15/20	— di successione	19/3; 19/6
— marcatore	21/9	— in parallelo	17/21	— rotativo	13/6
Cercatori di gruppo d'entrata	23/7	— (Nomogrammi del)	11/26	Commutatori a levetta	12/14
— — d'uscita	23/7	— primario	5/11	— multipli	19/17
Cerchio (Diametro del)	1/6	— reale	20/7	Commutazione della frequenza	
— unitario	11/15	— secondario	5/11	— d'impulso e di deflessione	23/11
Cesio	21/2; 22/5	— telefonico	9/10	— (Disco di)	18/26
— (Catodo di)	22/5; 22/10	— trasmittente a valvola	20/6	— (Forcella di)	9/12
— (Retino di ossido di)	22/6; 22/10	— virtuale o fantasma	20/6; 20/7	— (Gancio di)	9/11; 9/12
Cestello	21/8	Classe A (Amplificatore in classe)	16/22	— (Meccanismo di)	13/8
Chiamata celere	21/10	— A-B (Amplificatore in classe)	16/23	— (Organi di)	11/22
— (Cercatore di)	19/2	— B (Amplificatore in classe)	16/23	— (Scatola di)	21/14
— (Corrente di)	21/9	— C (Amplificatore in classe)	16/23	Compensatore	19/18
— (Dispositivo di — a cartellini)	2/12	Classi di precisione	12/18	— delle distorsioni (Amplificatore con)	20/10
— e informazione (Chiavetta di)	12/16	Classificazione degli amplificatori	16/22; 16/23; 17/1	Compensatori (Condensatori)	7/10; 7/11; 17/15
— interurbana	23/4; 23/5	Codice	16/15	Compensazione alle alte frequenze	24/5
— (Lampadina di)	12/15; 12/16	— di ricezione (Barre di)	16/17	— alle basse frequenze	24/5
— luminosa (Impianti di)	4/1	— di trasmissione (Barre di)	16/16	— (Complesso di)	24/5
— (Macchina di)	12/16	— (Dischi di)	18/26	— (Correnti di)	15/6
— (Passaggio automatico della)	24/13	Coefficiente di temperatura	9/25	— d'amplificazione	24/7
Chiavetta d'informazione e di chiamata	12/16	Collare di terra	14/27	— degli accoppiamenti	20/3
Chilogrammetro	4/14	Collari	14/26; 14/27	— dell'andamento di frequenza; amplificatore Video	24/5
Chilohertz	4/8	Collaudo delle valvole termioniche	13/19	— delle reattanze capacitive e induttive	17/20
Chilohmetri	13/5	Collegamenti (Capacità parassite dei)	24/5; 24/6	— di capacità	20/3
Chilovoltampère	13/19	— in parallelo (Impedenza nei)	16/6	— di fase	24/7
		— in serie (Impedenza nei)	16/6		
		— (Tecnica dei)	2/5		

— di frequenza degli amplificatori					
a larga banda	24/5; 24/6; 24/7				
— di resistenze ohmiche	17/23				
— (Impulsi di)	22/17; 22/18				
— mediante condensatori degli accoppiamenti tra linee telefoniche	20/3				
Complesso di compensazione	24/5				
— filtrante	15/5				
— fonografico	11/3				
— Morse	2/22; 8/19				
Componente continua	24/7				
— induttiva	17/21				
Comportamento elettrico	1/4				
Composto (Suono)	3/15; 3/16				
Comune (Denominatore)	6/8				
Comunicazione in due direzioni	2/22				
— (Passaggio della)	24/13				
— telefonica	9/10				
Comunicazioni interurbane	23/6				
— locali	23/6				
Concentrazione (Bobina di)	22/10; 24/25				
Condensatore	7/6; 16/21				
— (Amplificatore a resistenza e)	24/4				
— a piastre	7/7; 7/8; 7/16				
— (Armature del)	7/8				
— campione	24/21				
— d'accoppiamento	17/2; 24/4				
— d'accorciamento	21/21				
— di carica	20/21; 20/23				
— di filtraggio	21/20				
— di livellamento	13/22				
— di separazione	18/18				
— di sintonia	19/19				
— di taratura	21/17				
— (Microfono a)	3/23; 23/12				
— regolabile	17/15				
— senza polarità	16/14				
— spegniscintille	17/27				
Condensatori a bicchiere	7/10				
— a blocco	7/10				
— ad avvolgimento	7/10				
— a mica	7/10; 7/11				
— antiparassiti	18/5				
— antinduttivi	7/11				
— aggiustabili	7/11				
— a rotolo	7/10				
— a umido	16/4				
— avvolti	7/10				
— (Capacità complessiva di)	7/14				
— (Carica e scarica di)	7/7				
— cilindrici	7/10				
— (Collegamento in parallelo di)	7/13				
— (— in serie di)	7/13				
— compensatori	7/11				
— (Compensazione degli accorciamenti tra linee telefoniche mediante)	20/3				
— di accorciamento	20/3				
— di protezione	18/5; 18/7				
— elettrolitici	7/10; 16/4				
— fissi	7/10				
— (Muffola per)	20/3				
— (Passaggio della corrente alternata attraverso i)	7/15				
— (Reattanza di)	7/16				
— semiseccchi	16/4				
— variabili	7/10; 7/12				
— (Messa in passo dei)	17/5				
Conduttanza	5/15; 7/14; 9/22				
— apparente	16/7				
— attiva	16/7				
— complessiva	5/16				
— dielettrica	7/14; 7/15				
— d'isolamento	17/18				
— reattiva	16/7				
— specifica	9/22; 9/24				
Conduttività	9/22; 9/24				
— dielettrica	7/16				
Conduttore (Cavo)	24/15				
— (Calcolo di un)	9/23				
— telefonico	12/15				
Conduttori	8/18				
— elettrici	8/27				
— (Isolamento dei)	20/2; 20/3				
— schermati	13/16				
Conformazione della centrale telefonica	14/14				
Connessione (Circuito di)	19/6				
— (Muffole di)	20/3				
Conservazione degli impulsi	19/5				
Consumatori (Collegamento di)	15/8				
— (Collegamento in parallelo di)	5/13				
— (— in serie di)	5/16				
— (— misto di)	15/10				
Consumo ridotto (Valvole a)	16/10				
Contatore di tempo e di zona	23/6				
Contatori di comunicazioni	12/13; 19/6				
Contatti a coltello	8/23				
— a filo	12/10				
— a mercurio	12/12				
— cilindrici	8/23				
— esterni (Zoccolo a)	12/5				
— per porte e finestre	12/10				
— per serrature	12/10				
— sotto il pavimento	12/10				
— sotto stuoini	12/10				
— striscianti	13/8				
— vacillanti	17/25				
— vibranti	18/9				
Contatto a cursore	15/12				
— (Anello di)	19/8				
— (Banco di)	13/8				
— (Bracci di)	13/8				
— datore	15/23				
— di corto circuito	14/13				
— d'impulsi	13/7				
— d'interruzione	19/6				
— di scambio	7/20				
— (Dispositivo di)	12/10; 14/6				
— (Dispositivi di — comandati da raggi invisibili)	12/10				
— (Elettricità di)	1/8				
— esterno	24/13				
— (Lamelle di)	13/8				
— (Leve di)	21/26				
— (Spinotto di)	9/6; 9/7				
— (Tamburo di)	19/8; 21/8				
— (Termometro di)	20/17				
Contrasto (Regolatore del)	23/9				
Controfase (Amplificatore in)	16/23; 17/4				
— (Collegamento in)	16/23				
— (Schema in)	16/23				
— (Stadio finale in)	17/5				
— (Survoltore in)	18/9				
— (Trasformatore da)	18/8				
Controllo (Altoparlante di)	1/13				
— automatico del volume	15/14; 18/20				
— — — (Schema con)	23/23				
— dei materiali con il microscopio elettronico	23/21				
— (Diodo di)	24/34				
— diretto dell'immagine	21/23				
— di tonalità	22/27				
— (Griglia di)	21/24				
— in avanti e indietro	18/20				
— (Pentodo di)	18/22				
— (Quadro di)	16/11				
— ritardato	4/2				
— senza fili dell'immagine	21/23				
— (Stazioni di)	2/27				
— (Tensione di)	14/14				
— (Tensione di)	15/14; 18/19; 18/22				
Controreazione	18/27				
— (Canale di)	18/28; 19/28				
— (Tensione di)	19/28				
Conversazione (Posizione di)	19/6				
Conversione (Amplificazione di)	18/19				
— di frequenza	18/15; 18/19; 23/16				
— — (Ricevitore a)	17/12; 18/15				
Convertitore a vibrazione	19/13				
— di frequenza (Stadio)	23/16				
Convertitori di frequenza (Tubi elettronici)	18/15				
— oscillatori (Tubi elettronici)	18/16				
Convertitrice di frequenza (Valvola)	18/15				
Coordinate	11/13				
Coppie e bicoppie (Cavo a)	20/3				
Corazzato (Trasformatore)	16/2				
Corda vibrante (Nodi della)	4/16				
— (Vetri della)	4/16				
Cordatura dei cavi	20/3				
Cordone (Cercatore di)	21/8				
Cordoni	12/14				
Corrente alternata	2/9; 5/1; 9/19				
— — a dente di sega	22/8; 22/20				
— — (Amplificazione di)	11/18				
— — curva della	9/19; 11/14				
— — di placca	12/21				
— — (Passaggio della — attraverso i condensatori)	7/15				
— — (Potenza in)	13/17				
— — sinusoidale	11/16; 11/17				
— — (Suoneria a)	5/5				
— (Amplificatore per)	11/18				
— anodica	9/2; 9/3; 9/4; 10/1; 10/16				
— — alternata	12/21				
— — continua	12/21				
— — di riposo	11/20				
— — (Regolazione della)	9/3; 9/4				
— — apparente	7/8; 7/14				
— (Circuito di)	1/9; 1/23				
— continua	2/9; 11/20				
— — (Amplificazione di)	11/18				
— — (Componente di)	24/7				
— — di placca	12/21				
— — interrotta	18/8				
— — (Misura della)	4/3				
— — pulsante	11/19; 13/21; 18/8				
— — sovrapposta	11/19				
— d'accensione	9/3				
— debole	1/8				
— di compensazione	15/6				
— — (Sorgente di)	1/8				
— alimentazione	21/9				
— d'entrata	17/19; 18/11				
— di carica	20/22				
— di chiamata	21/29				
— di corto circuito	15/6				
— di disturbo	19/20				
— dielettrica	7/14				
— di griglia	17/2				
— di lavoro	7/19				
— — (Esercizio a)	2/24; 7/19				
— — (Telegrafia a)	2/22; 7/19				
— di neutralizzazione	22/5				
— (Direzione della)	4/24; 7/26				
— di scarica	22/7				
— doppia	18/24				
— d'uscita	18/11				
— effettiva (Intensità di)	15/8				
— elettronica (Intensità della)	9/3				
— — (Regolazione della)	9/3; 9/4				
— fonica	8/2; 8/5; 17/16; 19/25				
— forte	1/8				
— (Relè per)	7/21				
— — (Sorgente di)	1/8				
— fotoelettrica	21/3				
— (Impulso rettangolare di)	22/20				
— indotta	9/17				
— (Intensità di)	1/20; 1/22; 3/8; 3/9; 3/10				
— (Livello normale di)	18/13				
— nominale	15/6; 15/8				
— (Misuratore di)	3/1				
— primaria	5/11; 5/22				

— pulsante	6/7	— orizzontale	23/8; 24/17; 24/24;	Dielettrico	7/8
— raddrizzata	6/7	— — (Generatore per)	24/28; 24/29	Differenza	1/6
— reattiva	10/15	— (Placche verticali di)	22/17; 24/28	— di fase	10/13
— rettangolare	22/20	— radiale	23/8	— — capacitiva	10/15,
— secondaria	5/11; 5/22	— (Tensione di)	24/16	— — induttiva	10/14
— sfasata	10/14	— verticale	24/16	Differenziale (Avvisatore)	12; 12
— (Sorgenti di)	2/1; 9/18	— — (Impulso di)	24/28; 24/29	— (Relè)	20/8; 24/11
— trasversale	15/25	Deformazione dell'immagine	23/9	Diffrazione	23/3
— (Valore istantaneo della)	11/10	Demodulatore	24/33	— (Immagine di)	24/34
— (Valore normale di)	18/13	— (Diodo)	21/22	Dinamica	23/12
Correnti (Amplificazione delle)	2/22	— di quoziente	21/23	— (Caratteristica)	14/3
— continue (Filtraggio delle)	16/3	— (Schema di)	23/22	— (Pendenza)	14/2
— deboli (tecnica delle)	2/9	— (Stadio)	15/14	Dinamici (Altoparlanti)	8/4
— di compensazione		Demodulazione anodica	21/22	Dinamo	1/8; 9/18
— di Faucault		— con valvole a griglia	15/17	Dinamometro	4/13
— forti (Tecnica delle)	2/9; 17/16	— (Canale di)	15/16	Diodo	13/22; 15/14
— inverse (Suoneria a)	6/10	— (Circuito di)	24/9	— (Collegamento in parallelo del)	15/15
— parassite	16/2	— dell'A.F.	24/9	— (Collegamento in serie del)	15/14
— sovrapposte	11/19	— di oscillazioni modulate in frequenza	15/14; 21/22	— demodulatore	21/23
Correzione del sincronismo	15/2	— nella radio	23/20	— di controllo	21/23
— (Dito di)	15/23	— nella telefonia a frequenze vettrici	15/13	— doppio	13/23; 15/15
Corte (Onde)	1/13; 4/7	— (Schemi di)	20/14	— per alta tensione	24/26
Corto-circuito (Contatto di)	14/13	Denominatore	23/21	— raddrizzatore	21/23
— — (Corrente di)	15/6	— comune	4/20	Dipoli (Parete di)	22/24; 23/10
Coseno	11/5; 20/2	— —	6/8	Dipolo (Antenna a)	22/24; 24/18
Costante dielettrica	7/16; 20/2	Dente di sega (Corrente a)	22/8; 22/20	— incrociato (Antenna a)	24/18
Costituzione dell'atomo	7/26	— — (Oscillazioni a)	20/23; 20/24; 22/20	— piegato (Antenna a)	24/19
Costruzione e funzionamento dell'amperometro	3/2	— — (Tensione a)	22/16; 22/19; 22/20; 24/16; 24/17	— (Schema di)	22/24
— — del voltmetro	3/5	Derivatore	8/11	Diramazione (Tronchi di)	14/21
Cotangente	11/7	— magnetico	7/20; 8/11	Direttore dell'immagine	22/26
Creed (Telescrivente)	18/24	Derivazione (Suoneria in)	6/10	Direzionale (Antenna)	22/23; 23/10
Cristalli per la misura della pressione meccanica	20/19	Designazione delle valvole termoioniche	16/8	— (Caratteristica)	24/16
Cristallo (Microfono a)	20/18	Detector	6/6; 11/12	— (Effetto)	14/19
— (Rivelatore a)	11/2; 20/18	— di fase	6/6; 11/12	Direzione del campo magnetico	22/9
Cromico (Pila all'acido)	2/4	— — (Sistema a)	23/23	— della corrente (Vera)	4/24; 7/26
Cronometro a quarzo	20/19	— (Radio)	23/22	— del campo magnetico	22/9
Cuffia telefonica	6/5	Determinazione del lg di numeri inferiori all'unità	12/8	— delle linee di forza	1/16; 5/8
Cursore	3/3	— della impedenza col metodo grafico	13/11	Diritta (Calamita)	1/4
— (Contatto a)	15/12	— col metodo matematico	13/12	Disaccoppiamento (Dispositivo di)	14/23
Curva della corrente alternata	6/7; 9/19; 11/14	Detonante (Miscela)	2/2	Discesa (Cavo di)	13/17
— di risonanza	12/1; 15/3; 15/4	Detonazione	3/15	— d'aereo	13/16
— esponenziale	18/22	Deviatore	13/5	— d'antenna	13/16
— sinusoidale	19/13	— di messa a terra dell'antenna	13/14; 14/24	Dischi di codice	18/26
Curve dei circuiti di risonanza	15/3	Deviazione (Bobine di)	22/8	Disco combinatorio	13/7
— speculari	6/5	— dei raggi di elettroni	19/11; 22/27	— da incisione	11/4
Custodia da incasso	4/24	— dello specchio	21/4	— di commutazione	18/26
— sporgente	4/24	— elettromagnetica del raggio elettronico	22/9	— di Nipkow	22/3
		— elettrostatica del raggio elettronico	22/20; 24/24	— grammofonico	11/3
		— (Giogo di)	22/29	— isolante	19/18
		— magnetica del raggio elettronico	22/27; 22/8	— perforato	21/3; 21/4; 21/5
		— orizzontale	23/8; 24/17; 24/24; 24/28; 24/29	Discriminatore	23/21
		— — (Generatore per)	22/17; 24/28	Disegni di circuiti	1/4
		— (Placche di)	19/12; 20/21; 20/22; 20/26	Dispositivi compensatori di distorsione	20/11
		— (Tensione di)	20/26	— d'allarme	8/23; 12/10
		— verticale	24/28; 24/29	— di protezione di casseforti	12/10
		— — (Generatore per)	22/17	— di bloccaggio di porte	12/10
		— — (Impulso di)	23/9	— di contatto comandato da raggi invisibili	12/10
		Deviazioni periodiche	23/8	— di disaccoppiamento	14/23
		Diafonia	17/16; 20/3; 20/8	— di segnalazione	1/4; 4/1; 5/1; 8/22; 12/10; 12/12
		Diaframma	21/3	— — a cartellini	12/12
		Diagramma	11/13	— di sintonia	11/24; 17/15; 19/15
		— di carico	11/14	— ottici	21/4
		Diametro del cerchio	1/6	— per la scomposizione meccanica delle immagini	22/3
		Diapason	3/13; 21/4	— supplementari nella telescrivente	16/19
		Dielettrica (Conduttività)	7/16	— termostatici	20/18
		— (Costante)	7/16; 20/2	Dispositivo accessorio di taratura	22/14
		— (Lastra d'immagine)	22/11	— antidisturbi	21/13

**D**



— positiva dell'immagine	22/16	Forme costruttive delle valvole		— (Regolazione fine della)	20/22
— (Relazione di)	18/20; 22/17	termoioniche	9/5	— (Ricevitore a conversione di)	17/12
Fattore	1/7	— di Barkhausen	10/21	— risultante	17/14
— d'accoppiamento	11/9	Formula oscillatoria di Thomson	11/23; 17/20; 17/22	— (Ritrasposizione di)	20/15
— d'amplificazione	10/18	Forte (Corrente)	1/8	— (Sistema della suddivisione di)	20/19
— di distorsione	24/3	— (Sorgenti di corrente)	1/8	— (Stadio convertitore di)	23/16
Fattore di forma	7/3	Forza (Direzione delle linee di)	1/16; 5/8	— (Stadio raddoppiatore di)	22/27
— di modulazione	21/14; 23/12	— elettromotrice	9/17	— (Trasformazione di)	20/13
Fedeltà	15/2	— (Linee di)	1/5; 5/6; 22/8	— (Tubi elettronici convertitori di)	18/15
Feed-back	15/18	— (Linee concatenate di)	5/10	— (Valvola convertitrice di)	18/15
Fenomeni fisici e principio dei tubi elettronici	9/2	— magnetomotrice	5/10	— vettrice modulata	22/27
Ferro aperto (Nucleo di)	5/21	Foto cellula	21/2	Frequenze acustiche	24/20
— chiuso (Nucleo di)	5/21	— sensibile	22/4	— — (Trasformatori per)	21/17
— di cavallo (Calamita a)	1/2	Fotoelettrici (Elettroni)	22/11	— armoniche	24/3
— dolce	1/2; 1/17	Fotoelettrico (Catodo)	21/2; 22/5; 22/6; 22/10; 22/11	— superiori	3/17; 4/15; 24/3
— — (Strumenti a)	3/3	Faucault (Correnti di)	16/2	— esterne	15/3
— e cadmio negli accumulatori	6/4	Frazioni	4/20	— laterali	15/3
— mobile (Strumenti a)	3/4	— (Addizione delle)	6/8	— parassite	18/2
— nichel (Accumulatore al)	6/14	— decimali	4/20	— vettrici (Demodulazione nella telefonia a)	20/12; 20/14
— (Nucleo di)	1/2	— (Divisione delle)	5/19	— — (Telefonia a)	17/16; 20/12
Fianco di Nyquist (Filtro con)	23/18	— improprie	4/21	— — (Telegrafia a)	20/16
— rettilineo inclinato (Filtro con)	23/18	— (Moltiplicazione delle)	5/19	— vocali	20/13; 20/15
— verticale (Filtro a)	23/18	— proprie	4/21	Frequenzimetro (vedi Frequenzimetro)	
Figure di Lissajous	19/13; 24/16	— (Semplificazioni delle)	5/18	Frequenzimetro	4/17; 22/12; 22/13
Filamento	9/12; 12/4	— (Sottrazione delle)	6/8	Fruscio nelle valvole termoioniche	23/16
— a spirale bifilare	12/4	— (Trasformazione delle)	5/18	Fuochi nello scaricatore	14/24
Fili di linee telefoniche e telegrafiche	17/15	Freccia del filo d'antenna	13/14	Fusibili a cartuccia	8/26
— (Incrocio di)	17/16	Frenante (Aletta)	3/4	— a funzionamento ritardato	8/23
Filo d'antenna (Freccia del)	13/14	Frenatura degli elettroni	22/12	— a rocchetto	8/23
— di terra	14/27	Freno (Griglia)	14/10	— a tempo	8/23
— — (Collegamento del)	14/26	— pneumatico	8/17	— (valvole)	8/21
— magnetico (Sistema a)	19/25	Frequenza	3/14; 4/7	Fustelle	21/25
— (Ponte a)	13/4	— acustica	3/14		
— (Suoneria a rottura di)	12/10	— — (Generatore di)	24/21	<b>G</b>	
Filtraggio (Circuito di)	12/3	— — (Modulazione a)	3/14	Gabbietta	24/25
— (Condensatore di)	21/20	— alta (Gamma di)	3/14	Galena	6/6
— della corrente continua	16/3	— ausiliaria	23/7; 23/18	Galvani Luigi	
— delle onde	12/3	— (Tensione a)	23/17	Galvanici (Elementi) <i>Vedasi anche sotto « Pile »</i>	1/8; 2/1; 6/11
— impedenza di	16/3	— (Banda, utile di)	21/13; 24/19	Galvanico (Accoppiamento)	11/10
Filtro a fianco verticale	23/18	— bassa (Gamma di)	3/14	Galvanometro a specchio	8/19
— trasparenza progressiva	21/4	— — (Telediffusione a)	21/11	— — (Campo di misura del)	8/18
— antiparassita	18/5	— — (Telefonia a)	21/11	— — (Sistema di misura del)	8/17
— con fianco di Nyquist	23/18	— (Bivio di)	20/6	— ad ago	8/15
— — rettilineo inclinato	23/18	— (Campo di)	19/13	— o galvanoscopio	8/15
— d'AF	17/18	— (Compensazione dell'andamento di)	24/5	Gamma d'alta frequenza	3/14
— d'ampiezza d'onde	24/26	— (Conversione di)	18/5; 18/19; 23/16	— d'onda	11/25
— di banda	11/9; 15/3; 15/4	— degli amplificatori a larga banda (Compensazione di)	24/5; 24/6; 24/7	— — (Cambio di)	11/25
— — accordato	23/21	— dei punti oscuri	21/5	— di bassa frequenza	3/14
— — (Amplificatore a)	17/9	— del bianco perfetto	21/5	Gamme di frequenza	4/16
— di larga banda	23/19	— della modulazione televisiva (Banda di)	22/16	Gancio di commutazione	9/11; 9/12
— di livellamento	16/5	— (Demodulazione di oscillazioni modulate in)	23/20	— di sospensione	9/10
— di protezione	21/15	— di alimentazione	21/4	Gas (Costante dielettrica dei)	7/6
— grigio	21/4	— di disturbo	18/27	— nobile	20/21
— passa-alto	20/15; 20/13	— di entrata	17/15; 18/20	— — (Scaricatore a)	14/24
— passa-basso	20/6; 20/13; 20/15	— di linea	22/17	— (Triodo a)	20/22
Finale (Valvola)	12/6; 13/1; 13/3	— di luminosità media		— (Valvole a)	20/23
Fine conversazione (Lampade di)	12/16	— di misura	20/27	Generatore	1/8; 9/18
Finestre d'osservazione	24/32	— d'impulso e di deflessione (Commutazione della)	23/11	— campione a quarzo	22/14
— e porte (Contatti per)	12/10	— di modulazione	17/14	— d'alta frequenza	21/15
Fischio di reazione	15/20	— di ricezione	21/22	— di bassa frequenza	21/15
Fluorescente (Schermo)	9/12	— di risonanza	17/21; 17/22; 22/13	— di frequenza acustica	24/21
Fluorescenti (Settori)	19/16	— di ronzo	20/26	Generatore di misura	21/17
Flusso di elettroni	7/24	— (Divisore di)	20/19	— di oscillazioni	17/13; 21/21; 23/16
Fluttuazioni della frequenza	22/3	— (Fluttuazione della)	22/3	— — (Circuito del)	19/18
Fondamentale (Oscillazione)	4/15	— (Gamma di)	4/16	— di prova per radiorecettori	20/27; 21/14
— (Tono)	3/16; 4/15	— (Intervallo di)	4/9; 4/10; 15/2	— di tensione	9/18
Fondo (Luminosità di)	24/8	— media	15/2; 17/14	— elettrico	9/18
Fono	11/2	— (Misura della)	22/12; 22/13	— fine	22/14
Fonografica (Registrazione)	3/17	— modulata (Alta)	23/12; 23/14	— grossolano	22/14
Fonografico (Complesso)	11/3	— (Modulazione di)	21/5; 22/27; 23/12; 23/13	— magnetico-elettrico	9/14; 9/18
— (Rivelatore)	11/2	— (Oscillazione modulata in)	23/12	— normale	18/12
— (Rivelatore elettromagnetico)	11/2	— portante	23/12	— per deflessione orizzontale	22/17; 24/28
Forcella d'appoggio	11/3	— — (Stabilizzazione della)	20/10	— — deviazione orizzontale	22/17; 24/28
— di commutazione	9/13	— propria	6/15; 6/17; 11/24		
Forma dell'onda	3/17				
— (Fattore di)	7/3				
Formazione delle piastre di accumulatori	6/13				
— dei battimenti	21/16				
— di gruppi di reti telefoniche	23/4				

— verticale	22/17
— per misure fini	22/14
— per misure grossolane	22/14
— RC	21/18
Generatori a rilassamento	22/17; 22/19
— con triodi	23/16
Generazione magneto-elettrica della tensione	9/16
Ginocchio inferiore	10/3
— superiore	10/3
Giogo	1/4
— di deviazione	22/9
Giradischi	11/3
Giunto caldo	12/13
Goniometria (Radio-)	22/21
Goniometrico (Indice)	22/22
Gradini di potenza (Regolazione a)	20/18
Grätetz (Ponte di)	21/11
— (Schema di)	21/11
Grafico	11/13
Grammofonico (Disco)	11/3
Grammofono	11/1
Grande superficie (Piastrae d'accumulatori a)	6/13
Grandezze caratteristiche delle valvole termoioniche	10/16
— negative	3/26
— positive	3/26
Granuli di carbone (Microfono a)	3/21
Griglia	9/3
— acceleratrice (Valvola a)	14/9
— (Anodo a forma di)	18/17
— (Batteria combinata di placca e di)	9/5
— (Batteria di)	9/4
— (Circuito di)	21/24
— (Demodulazione con valvole a)	15/16
— di controllo	18/20
— di soppressione	14/10
— esponenziale o a passo variabile	18/22
— freno	14/10
— indicatrice	19/15
— limitatrice di corrente	23/23
— (Piastrae di accumulatori a)	6/13
— pilota	14/8
— a passo variabile	18/24
— (Polarizzazione di)	9/5; 10/3; 10/16; 14/2
— (Polarizzazione automatica di)	15/25
— (Polarizzazione negativa di)	10/16; 11/18; 11/19
— (Polarizzazione positiva di)	10/16
— (Produzione automatica della tensione di)	15/25
— (Produzione semi-automatica della tensione di)	21/20
— schermo	14/8
— (Produzione della tensione di)	15/26
— (Produzione della tensione mobile di)	14/9
— (Tensione di)	10/1; 10/2
— (Tensione alternata di)	12/23
— (Tensione continua di)	12/23
— (Trasformatore di)	17/5
Gruppi di reti telefoniche	23/4; 23/6
Gruppo (Cercatore di)	21/8
— d'entrata (Cercatore di)	23/7
— d'uscita (Cercatore di)	23/7
— di reti telefoniche sistema Hasler	23/6
— (Selettore di)	14/16; 19/3
Guida (Cilindro di)	16/14
— d'onda	24/15

## H

Hartley (Oscillatore di)	23/16
--------------------------	-------

Hasler (Centralina telefonica automatica interna di)	24/11
— (Cercatore)	21/6; 21/7
— (Gruppo di reti telefoniche sistema)	23/6
— (Sistema di telefonia automatica)	21/6
Heaviside (Strato di)	23/2
Helmholtz	4/15
Henry	6/2
Hertz	3/14; 4/7
— (Eccitatore di)	16/20
— (Risonatore di)	16/20
Hertz Enrico	4/8; 16/20
Herziane (Onde)	16/20
Hipp (Bilancino di)	14/6
Hughes (Microfono di)	3/21
— (Telescrittore di)	15/22

## I

Iconoscopia (Tubi elettronici)	22/6
Idrato di nichelio	6/14
Illuminazione (Valore d')	21/2; 21/6
Image-Orthikon	22/10
Immagine (Accumulazione di)	22/5
— (Amplificatore di MF dell')	23/17
— (Canale di)	23/16
— (Controllo diretto dell')	22/27
— (Controllo senza fili dell')	22/27
— (Deformazione dell')	24/23
— (Direttore dell')	22/26
— (Esplorazione dell')	21/3
— (Esplorazione dell'— a linee alterne)	22/16
— (Fase negativa dell')	22/16
— (Fase positiva dell')	22/16
— (Frequenza dell')	22/17
— immobile nell'oscilloscopio a raggi catodici	20/24
— intermedia (Orthikon a)	22/10
— (Lastra dielettrica di)	22/11
— (Orientamento dell')	24/17
— panoramica	24/14
— (Portante dell')	23/18
— radar	24/17; 24/18
— (Regolatore dell'altezza e larghezza dell')	22/19
— (Ricomposizione dell')	21/4
— (Riproduzione dell')	24/23
— (Schermo d'— nel microscopio elettronico)	21/3
— (Scomposizione dell')	22/5
— (— elettronica dell')	22/3
— (meccanica dell')	22/3
— (Segnale di)	22/3; 22/10; 22/12; 22/16; 22/27; 24/8; 24/9
— (Telegrafia di)	21/1
— (Trasmissione senza fili dell')	21/4
— (Tubo di)	24/25
Immagini (Accumulazione di)	22/5
— di diffrazione	24/34
— (Dispositivi per la scomposizione meccanica delle)	22/3
— (Retino per la trasmissione delle)	21/2
— (Trasmissione di)	21/1; 21/2
Impedenza	7/2; 10/15; 13/10; 16/6
— (Amplificatore a bobina di)	17/6; 24/4
— anodica	17/2; 17/3
— (Bobina di)	7/1
— caratteristica	17/17
— complessiva	17/24
— d'entrata	17/18
— (Determinazione dell')	13/11; 13/12
— di filtraggio	16/3
— di livellamento	16/3
— di protezione	18/7
— minima	17/21
— nei collegamenti in parallelo	16/6
— — in serie	16/6

Impianti avvisatori d'incendio	
— con quarzi oscillanti	20/18
— d'allarme e antifurto	12/10
— di campanelli	2/10; 5/5
— di chiamata luminosa	4/1
— di emissione	13/13
— di segnalazione	1/1; 4/1; 5/5; 6/9; 7/19; 12/10; 14/6
— telefonici a inserzione diretta	9/9
— — — indiretta	9/13
— — con chiamata a induttore	10/5
— — intercomunicanti	9/12
— — interni automatici	24/11
— — — manuali	11/22
— telegrafici	2/19; 2/20; 8/18
— (Protezione contro le sovratensioni negli)	8/20
Impianto d'antenna collettiva	14/21
— per localizzazione radioelettrica	23/9; 23/10
Impugnatura telefonica	9/10; 9/11
Impulsi (Circuito degli)	14/13
— (Conservazione degli)	19/5
— (Contatto di)	13/7; 13/8
— (Datore di)	21/9
— di comando	22/16
— di compensazione	22/17; 22/18
— di sincronismo	22/16; 22/17; 22/27
— di tensione	21/3; 21/4; 22/18
— fotoelettrici	21/5
— (Modulazione ad)	23/26
— rettangolari	23/27
— (Ripetitore di)	23/5
— (Settore di)	13/7; 13/8
— verticali e orizzontali	22/17
— — (Separazione degli)	22/18
Impulso d'AF	23/10
— d'arresto	16/15; 16/16
— di deflessione verticale	23/9
— di deviazione verticale	23/9
— di partenza	16/15; 16/16
— di riflessione	23/11
— di risposta	19/3
— di zero	23/10
— pilota	23/27
— rettangolare di corrente	22/20
Incendio (Avvisatori di)	12/10
Incrocio di fili	17/16
Indicatore di sintonia (Tubo elettronico)	19/15
Indicazione diretta (Metodo della)	13/5
Indice (Avvisatore ad)	12/11
— goniometrico	22/22
Indiretta (Telefono a inserzione)	5/23; 9/13
Indiretto (Metodo)	12/18
Indotta (Tensione)	9/17
Indotto	9/20
— a doppio T	10/4
Induttanza	6/22
— e capacità (Circuiti con)	17/20
— (Misura dell')	24/20
— mutua	16/2; 17/16
— (Unità di misura dell')	6/22
— variabile	11/24
Indutanze (Calcolo di)	7/12; 23/14
— (Collegamento in parallelo di)	6/22; 6/23
— — in serie di)	6/23
— e capacità (Collegamento in parallelo di)	17/21
— — (Collegamento in serie di)	17/20
— pure	10/14
Induttiva (Reattanza)	6/23; 7/1; 7/15; 10/12; 10/15
Induttivo (Accoppiamento)	11/9; 11/10
— capacitivo (Principio)	15/21
Induttore	9/14
— a manovella	9/15; 9/18
— cortocircuitato	10/15
— interrotto	10/5

Induzione (Auto)	6/21
— (Bobine di)	5/24
— elettromagnetica	9/17
— estranea	6/21
— (Legge dell')	9/17
— mutua	5/10; 6/21
— propria (Bobina di)	7/2
— (Rocchetto d')	16/20; 16/21
Inerzia magnetica	6/21
— termica	20/17
Informazione	12/15
— e chiamata (Chiavetta di)	12/16
— (Presca di)	12/17
— (Tasto di)	24/13
Infraffetto	10/16
Ingresso (Stadi di)	23/10
Innesco (Tensione di)	20/21; 20/22;
	20/23
Innesto (Magnete di)	21/7
Inserzione diretta (Impianti tele- fonici a)	5/23; 9/9
— indiretta (Impianti telefoni- ci a)	5/23; 9/9
Installazione dell'antenna	13/15
Intelaiatura aggiuntiva	12/17
Intensità della corrente anodica	10/16
— elettrica	
— di corrente (Ampère)	1/20; 1/22;
	1/25; 3/8; 3/9; 3/10; 5/22
— (Misura della)	3/1
— effettiva	15/8
— d'onda	2/14
— sonora	15/3
Interdizione (Oscillatore a)	22/19
— (Periodi di)	13/22; 22/16
— (Segnale di)	24/8
— (Tensione di)	10/3; 22/16; 22/19
Interferenza (Ondametro a)	22/13
Intermedia (Stazione)	2/23
Interna (Antenna)	13/19
— (Caduta — di tensione)	9/17
— (Resistenza — di pile)	2/4
Interni (Impianti telefonici — a mano)	11/22
— — — automatici	24/11
Interpolazione	12/8
Interrotta (Corrente continua)	18/8
Interruttore (Diodo)	24/28
Interruzione (Contatto di)	19/6
— (Dispositivo d')	13/7
— (Suoneria ad)	1/3
Interurbane (Centrali intermedie telefoniche)	23/4
Interurbano (Nodi di collegamen- to telefonico)	23/4
Intervallo di frequenza	4/9; 15/2
Intraffetto	10/16
Inversione di fase	15/19
Ioni	3/26
— (Cattura degli)	24/24
Ionizzazione	8/26; 9/3
Ionosfera	23/2
Ipotenusa	11/5
Isolamento degli elettrodi	13/20
— dei conduttori	20/2; 20/3
— dell'antenna	13/14; 14/24
— in carta ed aria	20/2
Isolanti	7/7; 7/8; 7/10;
	7/11; 7/16; 8/2;
	20/2; 20/3; 20/17
Isolatore a campana	14/25
— a ovulo	13/14
— a sella	13/14
Isolatori	17/15
— (Catena di)	13/14
— per antenna	13/14

## K

Kirchhoff (Prima legge di)	5/15
— (Seconda legge di)	5/16
Klistron	24/16
Krarup (Cavo)	20/4
Krüger (Pila di)	2/4

## L

L (Antenna ad)	13/15
— (Misuratore di)	24/21
— (Risunatore di)	24/21
Lalande (Pila di)	2/4
Lamelle di contatto	13/8
Lamiera di ferro nichelata per accumulatori	6/14
Lamierini magnetici per trasfor- matori	5/21
Lamina vibrante	8/2; 8/3; 8/4
Lamine striscianti	13/8
Lampade di occupato	12/6; 12/17
— di fine conversazione	12/6
— radio	9/1; 9/2; 9/5
Lampadina di chiamata	12/15; 12/10
— luminiscente	20/21
Lampadine di gruppo	4/1
— di orientamento	4/1
— di segnalazione	4/1; 12/14
— tascabili (Batterie per)	2/3
Laterale (Banda)	15/1
— (Modulazione a banda — uni- ca)	20/12
— (Sistema a banda — unica)	20/12; 23/18
Lati (Rapporto normalizzato dei — televisione)	24/23
Lavoro (Caratteristica di)	14/3
— (Corrente di)	2/22
— (Esercizio a corrente di)	2/24
— (Punto di)	12/23; 12/24
— (Resistenza anodica di)	17/5
— (Retta di)	12/22; 12/23; 12/24
Leclanché, Pila	2/2
Legge dei nodi	5/15
— dell'induzione	9/17
— di Faraday	9/17
— di Kirchhoff (Prima)	5/15
— (Seconda)	
— di Ohm	3/7; 4/4
Leida (Bottiglia di)	7/8; 16/20
Leithäuser (Schema di)	15/21
Lente di protezione	24/33
— elettrica	22/6
— elettromagnetica	22/9; 24/30
— elettronica	24/30
— elettrostatica	24/3
Lenti magnetiche	22/10; 24/30
— per trasmissioni di immagini	21/3; 21/4
Leva di pressione	17/11
— tastatrice	16/17
Leve di controllo	21/26
— di scrittura	17/11
— di tasteggio	19/6
Liberi (Elettroni)	8/26
Limitatore	23/21
— di volume	21/13
— (Stadio)	23/21
Limitatrice di corrente (Griglia)	23/23
Limitazione d'ampiezza	23/21
Linea a due file	17/16; 20/9; 20/10
— (Adattamento della)	17/19
— aerea	17/15; 18/10
— a quattro fili	20/9; 20/10
— artificiale	20/8
— (Batteria di)	12/10
— bipolare	12/13; 17/16
— (Cercatore di)	21/9
— di discesa d'antenna	13/16
— di frazione	4/20
— esterna	24/13
Linea (Frequenza di)	22/17
— (Relè di)	21/8
— secondaria	17/15
— (Selettore di)	11/22; 14/14; 19/3
— (Selezione di)	14/14
— unica di collegamento per an- tenna collettiva	14/21
— (Verificatore di)	13/20

Linee alterne (Esplorazione del- l'immagine a)	22/16
— (Attenuazione delle)	18/10; 20/2
— di forza	1/15; 5/6; 22/8
— — concatenate	5/10
— — (Direzione delle)	1/16; 5/8
— di telecomunicazione	17/15; 17/16
— (Utilizzazione delle)	20/5
— (Numero di)	23/18
— per trasporto d'energia	17/15
— (Proprietà delle)	17/17
— Pupin	20/5; 20/15
— pupinizzate	20/5; 20/15
— schermate (Protezione anti- fulmine nelle)	14/25
— — (Rete di)	14/21
— secondarie	14/21
— telefoniche (Compensazione mediante condensatori de- gli accoppiamenti tra)	20/3
— — (Compensazione mediante condensatori degli accor- ciamenti tra	20/3
— — e telegrafiche (Fili di)	17/15
— telegrafiche	17/15
Lineari (Distorsioni)	24/1
— (Distorsioni non)	24/3
Liquidi usati nelle pile	2/2
Lissajous (Figure di)	19/13; 24/16
Livellamento (Condensatore di)	13/22
— della tensione continua	16/3
— (Filtro di)	16/5
— (Impedenza di)	16/3
Livello del nero	22/16
— di potenza	18/13
— fondamentale	24/8
— normale di corrente	18/13
— — di potenza	18/12
— — di tensione	18/13
Localizzazione elettrica	22/21
— radioelettrica (Impianto per)	23/9; 23/10
Loctal (Zoccolo)	12/6
Logaritmi (Applicazione dei)	12/8
— (Caratteristica dei)	12/7
— di Brigg	12/6
— (Divisione coi)	12/8
— (Elevamento a potenza coi)	12/9
— (Estrazione della radice coi)	12/9
— (Moltiplicazione coi)	12/9
— (Tavola dei)	12/26
— volgari	12/6
Lorenz (Telescrivente)	17/10
Luce	2/15
— (Sorgente di)	21/3; 21/4
Luminiscente (Lampada)	20/21
Luminosa (Impianto di chiamata)	4/1
Luminose (Onde)	2/15
Luminosità di fondo	24/8
— media (Frequenza di)	24/30
Lunghe (Onde)	1/13; 4/7
Lunghezza delle onde luminose	24/30
— di un conduttore	9/23
— d'onda	1/13; 2/14; 4/7; 11/2

## M

Macchina da ripresa	22/26
— di chiamata	12/16
— elettrostatica	16/21
Magico (Occhio)	16/11; 19/15
Magnete a tre gambe	8/5
— a vaso	8/5
— d'azionamento	21/7
— d'innesto	21/7
— di rotazione	21/9
— di sollevamento	13/9
— permanente	1/2
Magneti d'accensione	9/21
— di ripristino	21/9
— elementari	16/11; 19/15
— (Riunione di)	1/16

Magnetica (Bobina)	5/6	— (Stanga di)	14/27	— (Strumenti elettromagnetici di)	3/4
— (Deviazione — del raggio elettronico)	22/7; 22/8	— a zero (Vite di)	3/4	— (Tensione di)	19/14
— (Inerzia)	6/21	— in passo dei condensatori variabili	17/15	— (Trasmettitore di)	20/27
Magnetiche (Particelle)	1/17	— in sincronismo	15/23	Misuratore di C	24/21
Magnetici (Lamierini per trasformatori)	5/21	Metalizzazione	16/13	— di caduta di tensione	9/17
Magnetico (Altoparlante)	8/1	Metallo di Wood	8/23	— di corrente	3/1
— (Campo)	1/15; 1/17; 22/8	Metodo della indicazione indiretta	13/5	— di L	24/21
— (Derivatore)	7/20; 8/11	— elettrostatico in televisione	24/24	— di Output	21/17
— (Nastro)	19/25	— grafico (Determinazione dell'impedenza col)	13/11	— di tensione	3/1; 3/5
Magnetismo	1/14; 5/6	— indiretto (Misura della resistenza col)	12/18	— di uscita	21/17
— terrestre	1/17	— matematico (Determinazione dell'impedenza col)	13/12	Misure acustiche	22/13
Magnetizzazione	1/17	Mezzeria elettrica	20/3	— col tubo a raggi catodici (Effettuazione di)	19/12
Magneto-dinamico (Altoparlante)	8/6	Mezzo isolante	7/8	— fini (Generatore per)	22/14
Magneto-elettrica (Generazione — della tensione)	9/16	Mho (Unità di conduttanza)	9/22	— grossolane (Generatore per)	22/14
Magnetofono	19/25	Mica (Condensatori a)	7/11	— mediante l'oscilloscopio a raggi catodici	20/26
— (Amplificatore del)	19/27	Microfarad	7/9	— (Tecnica delle)	3/1
— (Applicazioni del)	19/28	Microfono	1/11; 3/20	Mobile o dinamica (Altoparlante a bobina)	8/6
— (Elettromagneti nel)	19/26	— a condensatore	3/23; 23/12	Modulare in frequenza (Demodulazione di oscillazioni)	23/20
Magnetomotrice (Forza)	5/10	— a cristallo	20/18	— (Onde)	6/4
Magnetron	23/25	— a granuli di carbone	3/21	Modulatore ad anello	20/12
— (Risuonatore)	19/28	— (Compito del)	1/14	— (Schema del)	23/13
Manganeso (Pila a sacchetto di biossido di)	2/3	— di Hughes	3/21	— (Stadio del)	23/13
Manganina (Resistenza di)	12/9	Microhenry	6/22	Modulazione	17/12; 23/11
Manipolatore Morse	2/20; 8/9	Microscopia elettronica	24/32	— a banda laterale unica	20/12
Mano destra (Regola della)	9/18	Microscopio	24/29	— ad impulsi	23/26
— sinistra (Regola della)	4/22	— elettronico	24/32	— a frequenza acustica	24/7
Manovella (Induttore a)	9/15; 9/18	— (Controllo dei materiali con il)	24/34	— (Banda di)	15/2
Mantissa	12/7	— (Schermo d'immagine del)	24/30	— d'ampiezza	6/4; 6/5; 23/11
Manuale (Perforatrice)	21/25	Microsecondi	23/8; 23/9	— del raggio luminoso	21/4
Marcatore (Cercatore)	21/9	Microtelefono	3/24; 9/9; 9/10	— di alta frequenza	21/26; 23/12
— delle decine	21/9	Milliamperometro	4/24; 8/9	— di frequenza	21/5; 22/27; 23/12; 23/13
— delle unità	21/9	Millihenry	6/22	— di tempo	21/5
Marcatori (Comando dei)	21/9	Millisecondi	23/8; 23/9	— (Fattore di)	21/14; 23/12
— (Selettori)	21/6; 21/8	Millivolt	13/13	— (Frequenza di)	17/14
Marcatura	21/6	Millivoltmetro	8/9	— nella telefonia a frequenze vettrici	20/12
— (Circuito di)	21/6	Minimo comune denominatore	6/8	— (Segnale di)	22/16
Marconi Guglielmo	16/20	Minuendo	1/6	— televisiva (Banda di frequenza della)	22/16
Martelletti scriventi	16/16	Miscela detonante	2/2	— (Tensione di)	21/15
Massa	17/7	Misto (Collegamento — di consumatori)	15/10	Molecolare (Pompa)	24/31
— attiva	6/13	— (Collegamento — di sorgenti di corrente)	2/12; 15/9	Molecole	7/24; 8/25
— (Piastrine a)	6/13	Misura dell'eco	23/7	Moltiplicatore	8/16
— (Tensione verso)	21/20	— della capacità	24/20	— ad elettroni secondari	22/11
Massima (Avvisatore di)	12/12	— della frequenza	22/12	Moltiplicatrice (Bobina)	8/23
Materia (Particelle costitutive della)	7/27; 8/25	— della potenza	4/12	Moltiplicazione	1/7
— termoplastica per dischi	11/4	— della pressione meccanica (Cristalli per la)	20/19	— coi logaritmi	12/8
Materiale per gli elettrodi delle pile	2/2	— della resistenza	12/18; 13/4	— dei numeri decimali	2/18
Materiali per resistenze elettriche	9/21	— (Metodo della indicazione diretta)	13/5	— dei numeri interi	2/17
Meccanica (Potenza)	4/13	— (Metodo indiretto di)	12/18	— dei polinomi	5/19
— (Scomposizione — dell'immagine)	22/3	— (Metodo della sostituzione)	13/5	— delle frazioni	10/7
Meccanico (Raddrizzatore — in contro fase)	18/9	— (Metodo di — col ponte a filo)	13/4	— delle potenze	10/7
Meccanismo di commutazione	13/8	— (Metodo di — con ponte di Wheatstone)	12/18	— di espressioni fra parentesi	7/4
— di stampa	15/23	— della tensione	3/5	Monogriglia, Valvola	11/18
Media frequenza	15/2; 17/14	— di distanza col radar	23/9	Morse (Alfabeto)	2/20
— (Amplificatore di — dell'immagine)	23/17	— con le onde elettromagnetiche	23/9	— (Complesso)	2/22
— (Stadio di)	23/18	— dei tempi brevissimi col tubo di Braun	23/8	— (Ricevitore)	2/20; 2/21
Medie (Onde)	1/3; 4/7	— elettrica a distanza della temperatura	22/12	Morse Samuele	2/19
Megafono (Altoparlante a)	8/1	— (Frequenza di)	20/27	— (Tasto)	2/20
Megahometri	13/5	— (Generatore di)	21/17	— (Telegrafo)	2/19
Meidinger (Pila di)	2/4	— (Placche di)	19/11	Morsetti	2/1; 2/21
Meissner (Schema di)	16/21	— (Ponte di)	12/18; 24/20	— (Tensione ai)	2/1
Membrana	3/20	— (Precisione degli strumenti di)	12/27	Morsetto da terra	14/27
— conica	8/2	— (Raddrizzatore di)	22/13	Mosaico (Placca a)	22/6; 22/10
Mescolatrici (Valvole)	17/9; 18/14; 18/15	— (Resistenze di)	12/19	Moto degli elettroni	8/26
Mescolazione	18/14	— (Sensibilità degli strumenti di)	12/17	Motori elettrici (Protezione contro i disturbi nei)	18/3
Mesone	7/27	— (Sistema decadico di)	10/22	Motorino sincrono	20/19
Messa a fuoco del raggio catodico	22/9	— (Smorzamento degli strumenti elettrici di)	3/4	Muffola per condensatori	20/3
— del tubo a raggi catodici	19/11			Muffole di connessione	20/3
— a terra	2/21; 2/23; 14/23			Multiplare	14/14
— antifulmine	14/24			Multipli (Commutatori)	19/17
— d'esercizio	14/24; 14/26			— (Pannelli)	12/18
— (Deviatore di — dell'antenna)	13/14; 14/24			Multiplo (Collegamento)	14/14
				Multivibratore	22/19
				Mumetal	19/26
				— (Schermo di)	19/27
				Murray (Alfabeto)	16/17

Musica (Trasmissione della) 19/26  
Mutua (Induzione) 5/10

## N

Nastro (Altoparlante a) 8/4  
— magnetico 19/25  
— (Registrazione sonora su) 19/25  
— perforato 21/26  
Nebbia di disturbi 17/26  
Navale (Radar) 24/15  
Negativa (Fase — dell'immagine) 22/16  
— metallica 11/4  
Negative (Grandezze) 3/26  
Negativi (Numeri) 3/26  
Neper 18/11  
Nero (Livello del) 22/16  
— (Valore del) 22/16  
Neutralizzazione (Corrente di) 22/5  
Neutrino 7/27  
Neutrone 7/26; 8/26  
Nichelio (Itrato di) 6/14  
Nido d'ape (Bobina a) 6/23  
Nipkow (Disco di) 22/3  
Nodi della corda vibrante 4/16  
— di collegamento telefonico in-  
terurbano 23/4  
Nominale (Corrente) 15/6; 15/8  
Nomogrammi dei circuiti oscil-  
lanti 11/26  
Non conduttori 8/27  
Non lineari (Distorsioni) 24/3  
Non modulate (Onde) 6/4  
Normale (Generatore) 18/12  
Norme per al terra di prote-  
zione antifulmine 14/27  
Note armoniche superiori 3/17; 4/15  
Nottolino 13/7  
Noval (Zoccolo) 24/26  
Nucleo atomico 7/26  
— di ferro 1/2; 1/3  
— aperto 5/20  
— chiuso 5/21  
Numeratore 4/20  
Numeri decimali 2/18  
— (Divisione dei) 2/18  
— (Moltiplicazione dei) 2/18  
— interi 2/17  
— negativi 3/26  
— (Potenze di) 19/8  
— positivi 3/26  
— (Divisione dei) 2/17  
— (Moltiplicazione dei) 2/17  
Numero (Logaritmo di un) 12/7  
— nelle sigle delle valvole 16/11  
— delle linee 23/18  
— di raggi 24/15  
— di spire 5/10  
— di vibrazioni delle onde 2/17; 4/8  
Nyquist (Filtro con fianco di)

## O

Occhio magico 16/11; 19/15  
Octal (Zoccolo) 12/6  
Occupato (Segnale di) 14/15  
Oersted Giovanni Cristiano 8/15  
Ohm Giorgio Simone 1/24  
— (Legge di) 3/7; 4/4  
— (Unità di resistenza) 1/22  
Ohmica (Caduta di tensione) 6/24  
— (Resistenza) 6/24  
Olivetti (Telescrivente) 16/18; 18/27  
Ombra (Angolo d') 19/16  
Onda (Ampiezza d') 2/14  
— (Banda d') 15/2  
— (Cambio di gamma d') 11/25  
— (Commutatore d') 19/18  
— (Distorsioni d'ampiezza d') 24/2  
— (Filtro d'ampiezza d') 24/26

— (Gamma d') 11/25  
— (Guida d') 24/15  
— (Lunghezza d') 1/13; 2/14; 4/7;  
11/24  
— (Intensità d') 2/14  
— portante 6/4; 15/2; 15/13  
— riflessa 24/15  
— (Riflessione dell') 24/15  
Ondametro 22/13  
— a interferenza 22/13  
— a risonanza 22/13  
— ad assorbimento 22/13  
Onde a bassa frequenza 6/1; 6/2; 6/3  
— ad alta frequenza 6/1; 6/2; 6/3  
— acustiche 23/8  
— centimetriche 4/8  
— (Produzione delle) 23/25  
— (Trasmettitore di) 23/25  
— corte 1/13; 4/7; 15/4  
— (Amplificatore per) 14/22  
— (Cavi per) 14/23  
— deboli 2/14  
— decimetriche 4/8  
— delle radiotrasmissioni 6/2  
— dell'etere 2/16; 13/13; 16/20  
— demodulate 15/13  
— di disturbo 17/25; 17/26; 17/27  
— elettriche 2/13  
— (Attenuazione delle) 17/26  
— (Decremento delle) 17/25  
— (Proprietà delle) 2/16  
— (Smorzamento delle) 17/25  
— (Velocità delle) 1/13  
— elettromagnetiche 2/13; 23/8  
— (Misura di distanza con  
le) 23/9  
— (Propagazione delle) 24/15  
— (Filtraggio delle) 12/3  
— (Filtro d'ampiezza d') 24/26  
— forti 2/14  
— hertziane 16/20  
— luminose 2/15; 2/16  
— (Lunghezza delle) 24/30  
— lunghe 1/3; 4/7  
— medie 1/3; 4/7; 15/4  
— (Amplificatori per) 23/3  
— (Antenna di trasmissione  
per) 13/13  
— millimetriche 4/8  
— modulate 6/4; 15/13  
— non modulate 6/4  
— (Numero di vibrazioni delle) 2/17  
— radio 2/15; 2/16; 23/8  
— (Scarsità di) 15/4  
— (Rifrazione delle) 23/3  
— sonore 1/12; 2/15; 2/16; 3/11; 23/8  
— (Registrazione delle) 3/17  
— (Trasformazione delle) 1/14  
— (Treno d') 6/3; 23/9; 23/10  
— ultracorte 4/8; 22/3; 23/1  
— (Antenna per) 23/2; 23/3; 24/18  
— (Generazione delle) 23/25  
— (Particolarità delle) 23/1  
— (Portata delle) 23/2  
— (Propagazione delle) 23/1; 23/2;  
23/3; 23/13; 24/15  
— (Radiodiffusione a) 23/11  
— (Tubo per) 24/16  
— (Valvole per) 24/26  
Ordinata 11/13  
Orecchio umano 4/17  
Organi di azzeramento 22/13  
— di commutazione 11/22  
Organo d'allarme 12/10  
Orientamento dell'immagine 24/17  
Origine delle coordinate 11/13  
Orizzontale (Caratteristica) 22/22  
Orizzontali e verticali (Impulsi) 22/17;  
22/18  
Orologi elettrici 14/6  
— sincronizzati 14/7  
Orologio madre 14/6

Orthikon a immagine intermedia 22/10  
— (Principio dell') 22/9  
— (Tubo televisivo) 22/9; 22/26  
Oscillante (Circuito) 7/2; 11/10  
— (Calcolo del circuito) 11/23  
— (Nomogrammi del circuito) 11/26  
— (Sistema) 6/16; 6/17  
Oscillatore 17/13; 21/21  
— a battimenti 21/16  
— a interdizione 22/19  
— a quarzo 20/18; 22/27  
— a rilassamento 20/23; 22/17; 22/19  
— con trasformatore 20/23  
— (Circuito dell') 19/18  
— di Hatley 23/16  
— pilota 22/17  
— (Triodo) 21/22  
Oscillatoria (Formula — di  
Thompson) 7/23; 17/20; 17/22; 17/23  
Oscillatrice (Valvola) 18/16  
Oscillazione di rilassamento 20/21; 20/22  
— fondamentale 4/15  
— libera (Altoparlante a) 8/4  
— modulata in frequenza 23/12  
Oscillazioni ad AF 23/9  
— a bassa frequenza 15/14  
— acustiche 23/12  
— a dente di sega 20/23; 20/24; 22/20  
— alternate 24/7  
— a rilassamento 22/15; 22/19  
— (Attenuazione delle) 12/1  
— (Circuito del generatore di) 19/18  
— d'AF (Valvola generatrice di) 16/22  
— elettriche 1/12  
— d'alta frequenza 1/13  
— di bassa frequenza 1/13  
— (Trasformazione delle) 1/14  
— (Generatore di) 17/13; 21/21  
— meccaniche 20/17; 21/4  
— modulazione in frequenza (De-  
modulazione delle) 23/20  
— parassite 17/13  
— sinusoidali 23/8; 23/12; 24/17  
Oscillografo elettromagnetico 21/4  
Oscilloscopio a raggi catodici 19/13;  
20/19  
— (Alimentatore dell') 20/19  
— (Immagine immobile  
nell') 20/24  
— (Misure mediante l') 20/26  
— (Sincronizzazione nell') 20/24  
Osservazione (Finestre d') 24/32  
— (Schermo d') 24/16; 24/17  
Ossido di bario 9/3; 12/5  
— di rame (Raddrizzatore a) 21/17  
Ottava 4/15  
Ottodo 16/11; 18/17  
— (Stadio convertitore a) 18/18  
Output (Misuratore di) 21/17

## P

Pacco 16/2  
Padding 17/15; 18/18; 18/19; 21/21  
Pannelli multipli 12/16  
Panoramica (Immagine) 24/14  
Parallelo (Circuito di risonanza  
in) 17/7; 17/23  
— (Collegamento in) 2/12  
— di capacità 7/13  
— di condensatori 7/13  
— di consumatori 5/13  
— di induttanze 6/23  
— di induttanze e capacità 17/21  
— di pile 2/7; 15/5  
— di reattanza 10/15; 17/21  
— (Impedenza nei collegamenti  
in)  
Parassite (Capacità — dei colle-  
gamenti) 24/5; 24/6  
Parassiti (Radio) 17/24; 18/1

Parentesi	6/19; 7/4	— Leclanchè	2/2	— efficace	13/18
— (Eliminazione delle)	6/19	— Meidinger	2/4	— elettrica	4/11; 4/12
— (Moltiplicazione di espressioni fra)	7/4	— per lampadine tascabili	2/3	— (Misura della)	4/12
— (Riduzione delle)	7/5	— (Resistenza interna della)	2/3; 2/4	— (Elevazione a)	4/20; 10/7
Parete di dipoli	22/24	Pile a liquido	2/3	— (Elevazione a — con l'aiuto dei logaritmi)	12/9
— riflettente	24/16	— a secco	2/3	— fonica in arrivo	20/10
Parola (Riproduzione della)	4/17	— (Collegamento di)	2/5; 2/10	— in uscita	20/10
— (Trasmissione della)	19/26	— (Collegamento di — in parallelo)	2/7; 15/5	— in corrente alternata	13/17
Partenza (Impulso di)	16/15; 16/16	— (Collegamento di — in serie)	2/6; 15/5	— (Livello di)	18/13
Particelle costitutive della materia	8/25	— (Collegamento misto di)	2/12	— (Livello normale di)	18/12
— magnetiche	1/17; 1/19	— (Elettrodo nelle)	1/9; 2/2; 6/11	— meccanica	4/13
Particolarità delle onde ultracorte	23/1	— (Liquido usato nelle)	2/2	— primaria	5/22
Partitore di tensione	15/11; 20/21	Pilone	1/3; 24/19	— reale	13/19
— (Collegamento a)	15/25	— a oscillazione propria	13/13	— reattiva	10/15
Passa alto (Filtro)	20/5; 20/13	Pilota (Griglia)	14/8	— secondaria	5/22
— basso (Filtro)	20/6; 20/13; 20/15	— (Oscillatore)	22/17	— (Triodo di)	16/11
Passaggio automatico della chiamata	24/13	Piombo (Accumulatore al)	6/3; 16/12	— (Valvola di)	16/11
— della comunicazione	24/13	— (Biossido di)	6/13	Potenze	4/20
— della corrente alternata attraverso i condensatori	7/15	— spugnoso	6/13	— (Addizioni di)	10/7
Passo variabile (Griglia a)	18/22	Placca a mosaico	22/6; 22/10	— (Calcolo con le)	10/7
Pendenza	10/19; 18/21	— del tubo elettronico	9/2	— decadiche	10/9
— di lavoro	14/2	— diseguale	22/6	— di numeri negativi	10/8
— statica	14/2	— e griglia (Batteria combinata di)	9/5	— (Divisione delle)	10/7
— (Valvole ad alta)		— fotoelettrica	22/5	— (Moltiplicazione delle)	10/7
— (Valvole ad altissima)	24/7	— isolante	22/6	— (Sottrazione di)	10/7
— variabile (Valvole a)	23/13	— (Tensione di)	10/2; 14/3	Potenziometro	11/2; 14/9; 15/12
Pendolamento	20/17	— (Tensione alternata di)	19/19	— a filo	11/3
Pendolo	6/16	Placche dell'asse dei tempi	20/11; 20/24	Preamplificatore d'AF	13/1; 23/15
Pentodo	14/10	— di deviazione	19/12; 20/21; 20/22; 20/26	— (Triodo)	21/23
— ad amplificazione variabile	18/21	— di misura	19/11	Preamplificatori (Stadi)	23/17
— amplificatore	14/11	— orizzontali	20/22	Preamplificatrice (Valvola)	13/1
— finale	14/11; 16/11	— verticali di deflessione	23/8	Precisione (Classi di)	12/18
Percussore	21/6	Plug	12/15	— degli strumenti di misura	12/17
Perforato (Nastro)	21/25; 21/26	Polarità	1/10	Prefissi decadici	10/23
Perforatrice manuale	21/25	Polarizzazione	2/2; 6/11; 9/5	— decimali	10/23
Pericolo (Avvisatore di)	12/11	— automatica di griglia	15/25	Presa centrale (Trasformatori con)	20/9
Periodo	2/17; 3/14; 4/8; 5/4; 4/9	— di griglia	9/5; 10/3; 10/16	— d'informazione	12/17
— d'interdizione	22/16	— negativa di griglia	10/6; 11/18; 14/2	— mediana (Trasformatori con)	20/13
— di ritorno	22/16	— positiva di griglia	10/16	— telefonica	12/15
Permalloy	20/4	Poligriglia (Tubo elettronico)	14/18	Prese multiple	12/17
Pertinax isolante	8/2	— (Valvola)	14/18	Preselezione Siemens	23/6
Perturbazione	2/14	Poli magnetici	1/14	Preselettori (Sistema a)	14/15
— (Punto di)	2/14	Polinomi (Moltiplicazione di)	7/6	Preselezione	14/15
Philoscop	19/16	Polo	1/9	Pressione (Leva di)	17/11
Phon	3/14	— negativo	1/9	— meccanica (Cristalli per la misura della)	20/19
Piastra di carbone	2/1	— nord	1/14	Prima legge di Kirchhoff	5/15
— di rame nelle pile	2/1	— positivo	1/14	Primaria (Corrente)	5/11; 5/22
— di zinco nelle pile	2/1	— sud	1/14	— (Potenza)	5/21
— negativa	6/13	Pompa da vuoto	24/30	— (Tensione)	5/21
— positiva	6/13	— molecolare	24/31	Primario (Avvolgimento)	5/21
Piastre di accumulatori	6/13	— prelininare	24/31	Primitivi (Elettroni)	22/11
— a grande superficie	6/13	Ponte a filo	13/4	Primo dispositivo radiotelegrafico	16/21
— a griglia	6/13	— di Graetz	21/11	Principi della televisione	22/1
— a massa	6/13	— di Wheatstone	12/18; 12/19	Principio decadico	19/4
— (Formazione delle)	6/13; 4/19; 11/12	— (Rapporto del)	12/19	— dei tubi elettronici (Fenomeni fisici e)	9/2
Piatti avvolgitori	19/26	Ponti di misura	12/18; 24/20	— dell'Orthikon	22/9
Piatto fonografico	11/3	Portafusibili	8/23	— elettrodinamico	8/3
— riavvolgitore	19/26	Portante del suono	23/18	— induttivo-capacitivo	15/21
— svolgitoro	19/26	— (Onda)	6/4; 15/13	Processo di formazione dello strato di ossido di bario	9/3
Pick-up	4/19; 11/1; 11/2; 11/12	— dell'immagine	23/18	Prodotto	1/8
Picofarad	7/9	Portata delle onde ultracorte	23/2	Produzione automatica della tensione di griglia	15/25
Piezoelettricità	11/2; 20/16; 20/18	— delle trasmittenti televisive	23/2; 23/3	— della tensione di griglia schermo	15/26
Piezoelettrico (Effetto)	11/2; 20/16; 20/18	Porte (Dispositivi di bloccaggio delle)	12/10	— delle onde centimetriche	23/25
Pila	1/1; 1/8; 2/1	— e finestre (Contatti per)	12/10	— elettrica del calore	
— all'acido cromico	2/4	Positive (Grandezze)	3/26	— semiautomatica della tensione di griglia	21/20
— (Anodo di)	6/11	Positivi (Numeri)	3/26	Programma (Selettore di)	21/12
Pila a sacchetto	2/3	Positrone	7/27	Proiettivo	24/32
— di biossido di manganese	2/3; 6/12	Posizione della virgola	10/10	Proiezione (Lente di)	24/33
— Bunsen	2/3	— di conversazione	19/6	Propagazione dell'elettricità	2/13; 16/20
— (Catodo della)	6/12	Potassa caustica (negli accumulatori)	6/16	— delle onde elettromagnetiche	24/15
— Daniell	2/3	Potenza (Amplificazione di)	13/3	— ultracorte	23/1; 23/2; 23/13; 23/15
— di Kruger	2/4	— apparente	13/18; 13/19	— dei disturbi	17/25
— di Volta	1/9	— attiva	13/18; 13/19	Proporzioni	9/14
— Lalonde	2/4	— d'entrata	18/10		
		— di trasmissione	4/10		
		— d'uscita	18/10		

Proprietà delle linee	17/17
— delle onde elettriche	2/16
Protezione antifulmine	13/16; 14/23
— nelle linee schermate	14/25
— (Norme per la terra di)	14/27
— per cavi schermati	14/26
— antiparassita di un relè-vibratore	18/3
— di un campanello	18/2
— di un termostato	18/1
— nei motori elettrici	18/3
— nei raddrizzatori a catodo caldo	18/5
— nelle automobili	18/6
— nel survoltore	18/8
— (Condensatori di)	18/5; 18/7
— contro i disturbi	17/24; 17/26; 18/1
— contro le sovratensioni (Fusibili di)	8/3
— negli impianti telegrafici	8/20
— (Scaricatori di)	8/20; 14/23
— (Filtro di)	21/15
— fine contro le sovratensioni	8/21; 14/21; 14/25
— grossolana contro le sovratensioni	8/20; 14/23
— (Impedenza di)	18/17
Protoni	7/26; 8/26
Prova dei radioricevitori (Generatore per la)	20/27 21/14
Provalinee	13/15
— valvole (Apparecchi)	13/20
Pulsante (Avvisatore a)	12/11
— (Corrente continua)	11/29; 13/21; 18/8
Pulsazione	10/13
Punte di tensione	22/18; 24/18
Punti oscuri (Frequenza dei)	21/5
Puntine da grammofono	11/4
Punto di lavoro	11/18; 12/23; 12/24
— di perturbazione	2/14
— di zero (Coordinate)	11/13
Pupin (Bobine)	20/3
— (Cavo)	20/4
— (Linee)	20/5; 20/15
Pupinizzazione	20/5; 20/15

## Q

Quadranti	11/13
Quadrato (Elevare al)	8/24
Quadri di controllo	4/2
Quarzi oscillanti (Impianto con)	20/18
— Quarzo	20/16
— (Cronometro a)	20/19
— (Generatore campione a)	22/14
— (Oscillatore a)	20/18; 22/17
— (Schema equivalente del)	20/18
Quoziente (Demodulatore di)	23/22

## R

Radar	22/21; 23/7; 23/10; 23/25; 24/14
— (Antenna per)	24/15
— (Apparecchiatura panoramica per)	24/17
— (Esercizio simultaneo delle antenne)	24/16
— (Immagine)	24/17; 24/18
— (Misura di distanza con il)	23/9
— navale	24/15
— (Retino)	24/14
— (Stazione)	23/10; 24/15
— (Tubo d'osservazione)	24/16
Raddrizzamento	6/6
— a due vie	13/22
— a una via	13/22
— dell'alta frequenza	15/13
— della tensione di rete	13/22

Raddrizzatore	8/14
— a due vie	13/22
— a secco	20/12; 21/10
— a una via	13/22; 15/14
— al selenio	21/10
— all'ossido di rame	21/17
— (Detector)	6/6
— di misura	22/13
— di rete	15/14; 15/25
— (Diodo)	21/23
— meccanico in controfase	18/9
Raddrizzatori (Disturbi nei — a catodo caldo)	18/5
Raddrizzatrice (Valvola)	13/21; 15/13
— di rete (Valvola)	19/20
Radice cubica	9/7
— (Estrazione della)	9/7
— coi logaritmi	12/19; 12/10
— quadrata	5/19; 8/24; 5/20
Radici	5/19; 8/24; 9/7; 9/8; 9/9
— superiori	9/9
Radio (Amplificatore nella)	16/26
— (Auto)	18/6
— (Demodulazione nella)	15/13
— portatili	16/1
— (Stazione)	11/17
— (Trasmettitore)	1/12; 16/22
Radio-detector	23/22
Radiodiffusione a onde ultracorte	23/11
— (Stazione di)	
Radiofari	22/22
Radiofil	21/13
Radiofrequenza	3/14
Radiogoniometria	22/21
Radioparassiti	17/24; 18/1
Radiorecettore a cristallo	11/12
— completo B X 290 V	19/16; 19/20; 19/21
— TESA 61	21/18
Radiorecettori alimentati da batterie	16/1
— (Alimentazione dei)	16/1
— (Generatore di prova per)	20/27; 21/14
Radiotelescrivente (Alfabeto della)	19/7
— Siemens-Hall	19/7
— (Sincronismo nella)	19/9
Radiotrasmissione delle immagini	21/4
— (Studio di)	1/11
Radiotrasmissioni (Onde delle)	6/2
Radiotrasmittente (Stazione)	1/12
Raggi catodici	19/10
— (Amplificatore di deviazione)	20/24
— (Esplorazione a)	22/5; 22/12
— (Oscilloscopio a)	20/19
— (Sincronizzazione nell'oscilloscopio a)	20/24
— di elettroni (Deviazione dei)	22/7
— (Numero di)	24/15
— Röntgen	2/16; 24/30
— ultravioletti	24/30
— X	2/16; 24/30
Raggio catodico (Deflessione del)	24/16
— di esplorazione	22/5
— (Messa a fuoco del)	22/9
— elettronico	19/10
— (Comando del)	22/15
— (Deflessione circolare del)	24/16
— (Deviazione elettromagnetica del)	22/9
— (Deviazione elettrostatica del)	22/20; 24/24
— (— magnetica del)	22/7; 22/8
— localizzatore	24/16
— luminoso modulato	21/4
Rame (Elettrodo di)	1/10
— (Piastra di)	2/1
Rana (Esperimento della)	1/8
Rapporti e proporzioni	9/14

Rapporto del ponte di Wheatstone	12/19
— delle resistenze	17/5
— di trasformazione	5/31
— di variazione	19/22
— normalizzatore dei lati (televisione)	24/23
— (Resistore di)	12/19
Rappresentazione diagrammatica delle correnti elettriche	11/13
— grafica	11/13
RC (Generatore)	21/18
Reattanza	6/24
— capacitiva	7/15; 10/13; 10/15
— complessiva	17/20
— di bobine d'induzione	7/16
— di condensatori	7/16
— induttiva	6/23; 7/1; 7/15; 10/12; 10/15
— nulla	17/20
Reattanze capacitive e induttive, (Compensazione delle)	17/20
Reattanze (Colegamento in parallelo di)	10/15; 17/21
— (— in serie di)	10/15; 17/20
— induttive di accoppiamento	23/4
— pure	10/12
Reattiva (Conduttanza)	16/7
— (Corrente)	10/15
— (Potenza)	10/15
— (Resistenza)	6/24
— (Tensione)	10/15
Reazione	15/18
— (Accoppiamento di)	20/18
— anodica	14/8
— (Audion a)	15/18
— (Bobine di)	15/20
— (Circuito a)	16/21
— (Fischio di)	15/20
— (Sistema di)	16/21
— (Tensione di)	16/22
— (Trasmettitore d'A.F. a)	23/12
Reazioni chimiche nelle pile	2/2
Regia (Sala e tavolo di)	1/2
Registratore	19/4; 19/6
— (Cercatore di)	19/5; 19/6; 21/8
Registratori scriventi (Apparecchi)	12/11
Registrazione del suono	3/17
— fonografica	3/17
— sonora (Amplificatore di)	19/27
— sul nastro magnetico	19/25
— (Testa di)	19/26
Registrazioni (Cancellazione delle)	19/17
Regola del cacciavite	5/7
— del cavatappi	5/7; 8/16
— della mano destra	9/18
— della mano sinistra	4/22
Regolatore del contrasto	23/19
— del sincronismo	22/19
— del volume	11/2
— della larghezza o dell'altezza dell'immagine	22/19
Regolazione a gradini di potenza	20/18
— della corrente anodica	9/3; 9/4
— elettronica	9/3; 9/4
— della reazione	15/20
— della tonalità	21/24
— fine della frequenza	20/22
Relazione di fase	18/20
Relé	2/22; 7/19
— a mercurio	7/21
— a sollevamento	7/22
— a sportellino cadente	12/14
— a uno o più contatti	7/19
— differenziale	20/8; 24/11
— di linea	21/8
— di separazione	12/16
— per corrente di lavoro	7/19
— forte	7/21
— ricevente	16/17
— vibratore (Protezione antiparassita di un)	18/3

Resistenza	1/20; 1/24	— di telediffusione	21/12	Rivelatore a cristallo	11/2; 20/18
— addizionale	8/9	— di televisione	17/3; 24/25	— dinamico	11/2
— a decadi	12/20	— — (Alimentazione del)	24/27	— fonografico	11/1
— (Amplificatore a)	17/2; 24/4	— Morse	2/20; 2/21; 12/11	— elettromagnetico	11/2
— (Amplificatore e condensatore a)	24/4	— scrivente	8/19	— piezoelettrico	11/2
— anodica di lavoro	17/5	— selettivo	12/3	Rivelatrice (Resistenza)	24/9
— apparente	13/11	— Siemens-Hell	19/9	Rivelazione	6/6; 15/13; 15/16
— a spinotti	12/19	— telefonico	3/23	— anodica	15/17
— attiva	10/15	— — a impugnatura	9/11	— (vedasi anche « Demodulazione »)	
— (Calcolo della)	9/21	— telegrafico	2/20; 2/21	Rocchetto d'induzione	16/20; 16/21
— catodica	15/25	— telescrivente	15/22; 16/17	— di Ruhmkorff	16/20
— complessiva	5/14	Ricevitori universali	16/10	Ronzio (Disturbi da)	12/4; 19/20
— composta	10/15	Ricezione	1/11; 1/13	— (Frequenza di)	20/26
— d'entrata	17/18	— (Albero a camme di)	16/17	— (Tensione di)	13/22; 20/26
— di carico	15/15	— (Antenna di)	13/13; 24/19	Rotary (Sistema telefonico)	19/3
— di chiusura	14/21	— (Barre di codice di)	16/17	Rotazione (Selettore a)	13/7; 13/8
— dielettrica	7/15	— (Frequenza di)	21/22	Rotolo (Condensatori a)	7/10
— di perdita	17/21	Ricomposizione dell'immagine	21/4	Rotore	9/20
— di protezione	18/7	Riduzione dell'effetto induttivo	17/17	— (Avvolgimento del)	19/20
— di risonanza	17/12; 17/23	— delle parentesi	7/5	— a doppio T	9/20
— di un conduttore	9/22	Riflettente (Parete)	24/16	Rottura di filo (Suoneria a)	12/10
— e capacità (Amplificatore a)	24/7	Riflettore	22/24; 24/20	Ruhmkorff (Rocchetto di)	16/20
— interna di amperometri	3/5; 3/7	Riflessione dell'onda	24/15	Rullo sonoro	19/26
— — di pile	2/3; 2/14	— (Impulso di)	23/11	Rumore	3/15; 3/16
— — di valvole termoioniche	10/20	Rifrazione delle onde	23/3	Ruota a specchi	23/
— — di voltmetri	3/7; 8/10; 9/17	Righi Augusto	16/20	— dei caratteri	
— (Misura della — con il metodo della indicazione diretta)	13/5	Rilassamento (Generatori a)	22/17; 22/19	— di trasporto	21/26
— ( — — — del ponte a filo)	13/4	— (Oscillatore a)	20/23; 22/17; 22/19; 22/20		
— ( — — — del ponte di Wheatstone)	12/18	— (Oscillatore a — con trasformatore)	20/23	S	
— ( — — — della sostituzione)	13/5	— (Oscillazioni a)	22/15; 22/19	Sacchetto (Elettrodo a — di carbone)	2/3
— ( — — — indiretto)	12/18	— (Oscillazioni di)	20/21; 20/22	— (Pila a)	2/3
— Ohmica	6/24; 10/15	— (Tensione a)	24/16	Sala e tavolo di regia	1/12
— propria o interna di uno strumento	8/10	Rilevamenti radiogonometrici	22/22	Saldatura fonde (Avvisatore a)	12/11
— reale	10/15	Rimbombo (Elettrodi di)	22/11	Saldature fredde	17/25
— reattiva (vedasi Reattanza)	6/24	Rinvio (Rulli di)	19/26	Sale di Rochelle	20/18
— regolabile	12/18	Ripetitore d'impulsi	23/5	— di Seignette	20/16; 20/18
— (Retta di)	22/22; 12/23; 12/24	Ripiego (Antenna di)	24/20	Saturazione (Campo di)	10/3
— rivelatrice	24/9	Riposo (Corrente di)	2/23	Sbarre collettrici	21/13
— specifica	9/24	Ripresa (Macchina di)	22/26	Scala (Coordinate)	11/13
— (Termometro a)	12/19	— televisiva (Camera di)	22/26	Scambio (Contatto di)	7/20
— (Unità di)	1/22	— (Tubi per)	22/12	Scarica (Corrente di)	22/7
— utile	21/23	— (Tubo di)	22/27	— degli accumulatori	6/13
— variabile	3/3	Riprese sonore	19/25	— di condensatori	7/7
Resistenze di manganina	12/19	Ripristino (Magnetici di)	21/9	Scaricatore a carbone	8/20; 14/24
— di misura	12/19	Riproducibilità	12/17	— a gas nobile	14/24
— di rapporto	12/19	Riproduzione della parola	4/17	— ausiliario	23/27
— (Dipendenze delle — dalla temperatura)	9/24	— dell'immagine nella televisione	22/18; 24/23	— di sovratensioni	8/20; 8/21; 14/23
— (Materiali per)	9/21	— (Intensità di)	15/20	— fine	14/25
— ohmiche (Compensazione di)	17/23	— sonora (Amplificatore di)	19/27	— (Fuochi nello)	14/24
— (Rapporto delle)	17/5	— — (Testa di)	19/26	— grossolano	14/24; 14/25
Resistività	9/22; 9/23	Riscaldamento diretto (Valvole a)	12/4	— nel vuoto	8/24; 14/24; 23/27
Resistore di rapporto	12/19	— indiretto (Valvole a)	12/4	— principale	
Rete di distribuzione	14/21	— rapido (Catodo a)	12/4	Scaricatori	14/24
— di linee	14/21	Risonanza	6/14; 6/17; 11/12	Scariche atmosferiche	8/20
— (Raddrizzatore di)	15/14; 15/25	— (Amplificatore a)	17/6	— elettriche (Disturbi da)	13/15
— telefonica locale	17/16	— (Caratteristica di)	24/7	— (Ricevitore di)	16/20
— (Trasformatore di)	12/4; 16/2	— (Circuito di)	15/3; 17/7	— (Trasmettitore a)	16/19
— (Valvola raddrizzatrice di)	19/20	— in parallelo (Circuito di)	1/77; 17/23	Scarsità di onde radio	15/11
Reti rurali	21/9	— in serie (Circuito di)	17/20; 17/21	Schema a tre punti	16/25
— telefoniche (Gruppo di)	23/4; 23/6	— (Curve di)	12/1; 15/3; 15/4	— ad audion	15/16
Reticolo (vedi Retino)		— di tempi brevissimi col tubo di Braun	23/8	— completo di radiorecettore	
Retino di ossido di cesio	22/6; 22/10	— (Frequenza di)	17/21; 17/22; 22/13; 23/14	BX 290 V	19/16; 19/21
— del radar	24/14	— (Ondametro a)	22/13	— completo di radiorecettore	
— per la trasmissione d'immagini	21/12	— (Resistenza di)	17/23	Tesa 61	21/18
Retta di lavoro	12/22; 12/23; 12/24	— (Tensione di)	12/2	— con controllo automatico di volume	23/21
— di resistenza	12/22; 12/23; 12/24	Risonatore di Hertz	16/20	— del modulatore	23/13
Ricevitore	1/13	Risposta (Impulso di)	19/3	— dello zoccolo	16/12
— a battimento	17/12	Risuonatore magnetron	23/26	— demodulatore	15/14
— a conversione di frequenza	17/12; 18/15	Ritorno del carrello (telescrivente)	16/19	— di centralino	12/14
— a supereterodina B X 290 V		— (Periodo di)	22/16	— di dipolo	22/24
— — Tesa 61	21/18	— (Tempo di)	22/16	— di Graetz	21/11
— acustico telegrafico	8/18	— (Verticale)	22/16; 22/17	— di Leithäuser	15/21
— ad amplificazione diretta	17/12	Ritrasposizione di frequenza	20/15	— di Meissner	16/25
— audion a reazione	15/18	Riunione di magneti	1/16	— di radiorecettore	11/13
— di scariche	16/20			— equivalente	17/18; 17/23; 20/2
				— — del quarzo	20/18
				— in controfase	16/23

Schemi	1/4	Sensibilità degli strumenti di misura	8/17; 12/17; 19/14	— orizzontale	22/18
— di demodulazione	23/21	Senza filo (Trasmissione — di immagini)	21/4	— (Sistema aritmico di — nella telescrivente)	16/16
Schermo	19/16	Separazione (Condensatore di)	18/18	— (Tensione di)	20/24
— d'antenna	13/16	— (Relè di)	12/16	— (Valvola di)	20/24
— d'immagine del microscopio elettronico	24/30	— degli impulsi verticali ed orizzontali	22/18	Sintonia	6/17
— di numetal	19/27	Serie A (Valvole della)	16/9	— automatica	23/13
— d'osservazione	24/16; 24/17	— armonica (Valvole della)	16/10	— (Bobine di)	23/15
— fluorescente	14/8	— dei suoni	4/16	— (Circuito di)	11/24
— (Griglia)	14/8	— B (Valvole della)	16/10	— (Condensatore di)	23/15
— luminoso	19/10	— (Collegamento in — di capacità)	7/13	— (Dispositivo di)	11/27; 17/15; 19/15
— ribaltabile	24/32	— (— — — di condensatori)	7/13	— (Indicatore di)	19/15
Scintilla d'apertura	6/21	— (— — — di consumatori)	5/16; 5/17	— (Tubo elettronico indicatore di)	19/15
Scintille (Trasmettitore a)	16/19	— (— — — di induttanze)	6/22	— (Valvola indicatrice di)	16/11
Scintillio	22/16; 22/17	— (— — — di induttanze e capacità)	17/20	Sintonizzazione	11/11
Scomposizione dell'immagine	21/3	— (— — — di pile)	2/6; 15/5	Sinusoidale (Corrente alternata)	11/16; 11/17
— elettronica delle immagini	22/5	— (— — — di reattanze)	10/15; 17/20	— (Curva)	19/13
— meccanica delle immagini	22/3	— (— — — di sorgenti di corrente)	2/6	Sinusoidali (Alternanze)	20/24
Scrittura (Leve di)	17/11	— C (Valvole della)	16/10	— (Oscillazioni)	23/8; 23/12; 24/17
Secco (Pile a)	2/3	— D (Valvole della)	16/10	Sinusoidale	10/5; 11/6
Secondari (Elettroni)	14/9; 22/7; 22/9	— E (Valvole della)	16/10	Sistema a banda laterale unica	20/12; 23/18
— (Moltiplicatore ad elettroni)	22/11	— elettricità delle tensioni	2/2	— a detector di fase	23/23
Secondaria (Corrente)	5/11; 5/22; 5/23	— F (Valvole della)	16/10	— a dodici canali	20/12
— (Raddrizzatore a corrente)	21/10	— (Impedenza nei collegamenti in)	16/6	— a due fili	20/9
— (Potenza)	5/22	— K (Valvole della)	16/10	— a filo magnetico	19/25
— (Tensione)	5/21	— Rimlock	17/2	Sistema a luci alterne di esplosione dell'immagine	22/16
Secondario (Avvolgimento)	5/21	— U (Valvole della)	16/10	— a oscillazione libera	8/3; 8/4
Sega (Corrente a dente di)	22/8; 22/20	— V (Valvole della)	16/10	— a quattro fili	20/9; 20/10
— (Tensione a dente di)	19/13; 20/21	Serratura elettrica	12/10	— aritmico di sincronizzazione nella telescrivente	16/16
Segnalazione (Cassetta di)	14/7	Servizio (Stazione di)	14/14	— assoluto elettrostatico	7/9
— (Dispositivi di)	1/1; 4/1; 8/23; 12/10; 12/12	Sestante	22/21; 22/21	— Belin	21/4
— (Dispositivi di — a cartellini)	12/12	Settore d'impulsi	13/7; 13/8	— Bell di telefonia automatica	19/2
— (Impianti di) vedi Impianti di segnalazione		Settori fluorescenti	19/16	— bianco e nero	24/23
— (Lampadine di)	4/1; 12/14	Sezione di un conduttore	9/23	— decadico di misura	10/22
— (Tasto di)	24/11	Sfarfallamento	22/16; 22/17	— della suddivisione di frequenza	20/19
— (Tasto di — circolare)	24/13	Sfasamento	10/14	— di coordinate	11/13
Segnale di centrale	14/16	— capacitivo	10/15	— di distribuzione a linea unica	14/21
— di immagine	22/3; 22/7; 22/12; 22/16; 22/27; 24/3; 24/9; 24/10	— induttivo	10/15	— — — diramate	14/21
— di interdizione	28/8	Shunt	8/11	— di misura del galvanometro a specchio	8/7
— di libero	22/16	— magnetico	7/20	— di reazione	16/21
— di modulazione	22/16	Siemens-Hell (Radiotelescrivente)	19/7	— diretto di telefonia	5/23; 9/9; 13/6; 14/13; 14/18; 14/19
— di occupato	14/15	— (Sistema di telefonia automatica)	13/6; 14/13; 14/18	— duplice	20/8
— di sincronismo	21/4; 22/15; 22/18	— (Trasmettitore)	19/8	— indiretto di telefonia	5/23; 9/13; 14/18; 19/2; 21/6; 23/6
— di televisione	24/17	— (Preselettore)	23/6	— Hasler di reti telefoniche	23/6
— (Placca di)	22/6	— (Telescrivente)	16/16	— di telefonia automatica	21/6
Segnali di tromba	14/8	— (Unità di conduttanza)	5/15; 9/24	— oscillante	6/16; 6/17
— luminosi	4/1	— Werner	5/15; 9/22	— Rotary	19/3
Segno riflesso	23/11	Sigle delle valvole (Numeri nelle)	16/11	— Siemens di telefonia automatica	13/6; 14/13; 14/18
Seignette (Sale di)	20/16; 28/18	— delle valvole termoioniche	16/9; 16/10; 16/11; 16/12; 16/14	— start-stop	16/16; 17/10
Selenio (Raddrizzatore al)	21/10	— — — (Chiave per la lettura delle)	16/9	— telefonico a batteria centrale	10/7
Selettività	12/3; 15/2	Simboli grafici	1/5	— — locale	10/7
— della supereterodina	17/14	— importanti della telefonia	9/9	— Bell	19/2
Selettore a cento posti	19/4; 21/6	Simultaneo (Esercizio — delle antenne radar)	24/16	Sistemi radiogonometrici	22/23
— a passo a passo	23/6	Sincronismo	14/7; 15/23	Smagnetizzazione	19/25; 19/27
— a rotazione	13/7; 13/8	— (Correzione del)	15/23	— (Testa di)	19/27
— a sollevamento e rotazione	13/9	— (Impulsi di)	22/17; 15/23	Smistamento automatico (Telefonia con)	14/13
— a trenta posti	24/11	— nella telescrivente	15/22; 16/18	— (Centralino di)	12/13
— delle decine	21/9	— nella radiotelescrivente	19/9	— manuale (Telefonia con)	12/15; 13/6
— delle unità	21/9	— nella trasmissione di immagini	21/4	Smorzamento (Camera di)	3/4
— di gruppo	14/16; 19/3	— parziale	17/9	— degli strumenti di misura elettrici	3/4
— di linea	11/22; 14/14; 19/3	— (Regolatore del)	22/19	— delle onde elettriche	17/25
— di programma	21/12	— (Segnale di)	21/4; 22/15; 22/18	Smorzatore ad aria	8/17
— tridecadico	19/4	Sincronizzazione di partenza e di arresto (start-stop)	16/16; 17/10	Solco fonografico	11/4
Selettori	13/6; 13/7	— nell'oscilloscopio a raggi catodici	20/24	Solenoide	5/6; 5/8; 6/23
— marcatori	21/8; 21/9	— nel telescrittore	15/22; 16/18	Sollevamento (Relè a)	7/22
Selezione automatica	13/7; 14/13; 19/1; 21/6			— e rotazione (Selettore a)	13/9
— (Barretta di)	18/26			Somma	1/6
— decadica	19/4			Sömmering Tommaso	2/19
Selezione di gruppo	14/16			Sonore (Onde)	1/12; 2/15; 2/16; 3/11
— di linea	14/14				
— (Dispositivo di)	21/13				
— interna	24/13				
— libera	19/13				
Semionda	2/14; 3/12				
Semplificazione delle frazioni	5/18				
Seno	11/5				

Sonoro (Rullo) 19/26  
 Soppressione (Griglia di) 14/10  
 Sorgente di corrente (Collegamento in serie di) 2/6  
 — (— in parallelo di) 2/7  
 — (— misto) 2/12; 15/9  
 Sorgente di luce 21/3; 21/4  
 — di tensione 9/18  
 Sorgenti di corrente 2/1; 9/18  
 — debole 1/8; 1/9  
 — nelle telecomunicazioni  
 Sostanze elementari 8/25  
 — gassose (Costante dielettrica delle) 7/16  
 — solide (Costante dielettrica delle) 7/16  
 Sostituzione (Metodo della) 13/6  
 Sottraendo 1/6  
 Sottrazione 1/6  
 — di frazioni 6/8  
 — di potenze 10/7  
 Sovrapposte (Correnti) 11/19  
 Sovratensioni atmosferiche 8/21  
 — (Protezione contro le — con fusibili) 8/23  
 — (— con scaricatori) 8/20  
 — (— negli impianti telegrafici) 8/20  
 — (Protezione grossolana contro le) 8/20; 14/23  
 — (Protezione fine contro le) 8/21  
 — (Scaricatore di) 8/20; 14/23  
 Spazio (Telescrivente) 16/19  
 Spazzole 9/20  
 — (Comando) 19/3  
 Specchi (Ruota a) 22/4  
 — (Vite a) 22/4  
 Specchio (Detrazione dello) 21/4  
 — (Galvanometro a) 8/16  
 — mobile 21/4  
 Specifica (Conduttanza) 9/22  
 — (Resistenza) 9/22  
 Spegnimento (Tensione di) 20/21  
 Spegniscintille (Condensatore) 12/13  
 Spina telefonica 14/26  
 Spina banana 12/6  
 — d'informazione 12/13  
 — telefonica 12/13  
 — bipolare 12/13  
 — multipolare 12/13  
 Spinotti di contatto 3/6; 9/7  
 — (Resistenza a) 12/19  
 Spinterogeni 9/21  
 Spira ruotante 9/19; 9/20  
 Spirale 8/17  
 Spire (Numero di) 5/10  
 Spostamento degli elettroni 7/24  
 Spugna di piombo 6/13  
 Spugnoso (Piombo) 6/13  
 Stabilizzazione della frequenza portante 20/16  
 Stadi d'amplificazione 12/6; 24/2  
 — di BF 24/4  
 — d'ingresso 23/10  
 — preamplificatori 23/17  
 — produttori di distorsione 22/14  
 Stadio convertitore di frequenza 23/16  
 — a ottodi 18/18  
 — demodulatore 21/22  
 — di MF 23/13  
 — finale in controfase 17/5  
 — limitatore 23/21  
 — mescolatore 21/16  
 — modulatore 23/13  
 — raddoppiatore di frequenza 22/27  
 — raddrizzatore d'AF 15/14  
 — rivelatore 24/4  
 Start-stop (Sistema di sincronizzazione) 16/16; 17/10  
 Statica (Pendenza) 14/2  
 Statore 9/20

Stazione di radiodiffusione  
 — intermedia 2/23; 2/24; 8/19  
 — radar 23/10; 24/15  
 — radio 11/17  
 — radiotrasmittente 1/12  
 — terminale 8/19  
 — trasmittente  
 — di televisione 22/26; 23/2  
 Stazioni d'amplificazione 23/5  
 — di controllo 14/14  
 — di servizio 14/14  
 — telefoniche (Attacchi delle) 9/11  
 Stecche di comando 19/16  
 Stilo (Antenna a) 14/20  
 Strato attivo 12/4  
 — d'argento 22/6; 24/15  
 — fosforescente 19/10  
 — di Heaviside 23/2  
 Strofinamento (Elettricità di) 1/8  
 Strumenti di misura (Precisione degli) 12/17  
 — (Sensibilità degli) 8/18; 12/17; 19/14  
 — elettrici (Smorzamento degli) 3/4  
 — elettromagnetici 3/4  
 — universali o multipli 8/13  
 Strumento a bobina mobile 4/21; 4/23; 8/9  
 — per la misura della tensione 8/9  
 — a ferro dolce 3/3  
 — mobile 3/4  
 — (Resistenza propria o interna d'uno) 8/10  
 Studio di radiotrasmissione 1/11  
 — trasmissione di televisione 22/26  
 Successione (Commutatore di) 19/3; 19/6  
 Suoneria 6/9  
 — a corrente alternata e continua 5/5; 6/10  
 — a correnti inverse 6/10  
 — ad auto-interruzione 6/9  
 — a interruzione 1/3  
 — a rottura di filo 12/10  
 — a scatola 6/11  
 — a un colpo solo 6/11  
 — d'allarme 12/10; 12/11; 12/12  
 — in derivazione 6/10  
 — telefonica  
 Suoni acuti 15/3  
 — armonici 3/17; 14/15  
 — gravi 15/3  
 — (Serie armonica dei) 4/16  
 Suono 3/11; 4/14  
 — adiacente (Trabocchetto per il) 23/19  
 — (Amplificatore di BF per il) 24/5  
 — (Canale del) 23/13; 23/119  
 — composti 3/15; 3/16  
 — (Portante del) 23/18  
 — proprio (Trabocchetto per il) 23/19  
 — puro 3/16  
 — (Registrazione del) 3/17  
 — (Timbro del) 3/17; 4/15  
 — (Velocità del) 3/13; 23/8  
 — semplice 3/15  
 — (Trasmissione del) 22/27  
 Supereterodina 15/4; 17/12  
 — (Alimentazione della) 19/19  
 — (Allineamento della) 17/14  
 — (Ricevitore a — BX 290 V) 19/16  
 — (— Tesa 61) 21/18  
 — (Selettività di una) 17/14  
 — (Superficie estesa: Altoparlante a —) 8/2  
 Survolto 18/8  
 — in controfase 18/9  
 — (Protezione dei disturbi nel)

Suscettanza 16/7  
 — capacitativa 16/7  
 — complessiva 17/22  
 — induttiva 16/7  
 T  
 T (Antenna a) 13/15  
 — (Rotore a doppio) 9/20; 10/4  
 Tabelle trigonometriche 11/28  
 Talete di Mileto 1/18  
 Tamburi graduati 15/23  
 Tamburo di contatto 19/8  
 — della telescrivente 15/23  
 Tangente 11/7  
 Taratura (Condensatore di) 21/17  
 — degli amperometri 3/3  
 — (Dispositivo di) 21/17  
 Tastaggio (Dispositivo di) 21/17  
 — (Leve di) 21/26  
 Tasto di chiamata 4/2; 9/10  
 — d'informazione 24/13  
 — d'inserzione 9/10  
 — di segnalazione 24/11  
 — — circolare 24/13  
 — di spegnimento 4/4  
 — Morse 2/20  
 — di terra 24/13  
 Tavola dei logaritmi 12/26  
 Tecnica delle correnti deboli 2/9  
 — — forti 2/9; 17/16  
 — dei collegamenti 2/5  
 — elettronica 12/3  
 Telaio (Antenna a) 14/19  
 Telediffusione 21/11  
 — ad alta frequenza 21/13  
 — a bassa frequenza 21/11  
 Telefonia 3/20  
 — a bassa frequenza 21/11  
 — a comando diretto 5/23; 9/9; 13/6; 14/13; 14/18; 14/19  
 — — indiretto 5/23; 9/13; 14/18; 19/2; 21/6; 23/6  
 — ad acqua 3/20  
 — a frequenze vettrici 17/16; 20/12  
 — — (Demodulazione nella) 20/14  
 — — (Modulazione nella) 20/12  
 — (Amplificatore di) 20/9  
 — automatica 13/6; 14/13; 21/6  
 — — Sistema Bell (Rotativo) 19/2  
 — — Sistema Hasler 21/6  
 — — Sistema Siemens 13/6; 14/13  
 — (Centrali intermedie interurbane di) 23/4  
 — (— principali di) 23/6  
 — (— regionali di) 23/4  
 — — semiautomatiche di) 13/6  
 — (— terminali di) 23/4  
 — (— interurbane di) 23/4  
 — (Conformazione delle centrali di) 14/14  
 — con smistamento manuale 12/15; 13/7  
 — (Distribuzione delle centrali di) 23/4  
 — (Gruppi di reti di) 23/6  
 — interurbana 23/4  
 — (Simboli importanti nella) 14/13  
 — (Traffico interurbano di) 23/4  
 Telefono a inserzione diretta 5/23; 9/9  
 — a inserzione indiretta 5/23  
 — (Apparecchio d'utente) 14/13  
 — (Ricevitore del) 3/23  
 Telegrafia 2/19; 8/18; 15/21; 16/15; 17/9; 17/15; 18/10; 18/24; 19/7; 21/25  
 — acustica 2/19  
 — ad acqua 3/20  
 — a frequenze vettrici 20/16  
 — (Apparecchi ausiliari in) 21/25

— di immagini	21/1; 22/2	— a rilassamento	24/16	Termostati (Protezione contro i disturbi nei)	18/1
— infracustica	20/26	— autoindotta	6/24	Termostato	20/17
— Morse	3/21	— (Caduta di)	9/17	— (Disturbi in un)	18/1
— (Apparecchiature per)	8/18	— (Caduta interna di)	9/17	Terra antifulmine	14/24
— (Trasmissione meccanica in)	21/5	— (— — — ohmica)	6/24; 6/27	— (Attacco di)	14/22
Telegrafo a fac-simile	19/9	— (— — — reattiva)	6/24; 6/27	— (Collare di)	14/27
— (Impianti)	2/19; 2/20	— (Cambio di)	16/3	— (Collegamento del filo di)	14/26
— Morse	2/19; 3/21	— caratteristica	21/9	— d'esercizio	14/24; 14/26
— ottico	2/19	— (Collegamento a partitore di)	15/25	— (Filo di)	14/27
— scrivente	2/19	— complessiva	5/16	— (Messa a)	2/21; 14/23
Telemisura della temperatura	12/12	— continua applicata	17/3	— (— — — antifulmine)	14/24
Teleruttore	7/19; 7/21	— di placca	12/20	— (Tasto di)	24/13
— a sollevamento	7/22	— di griglia	12/20	Terrestre (Magnetismo)	1/17
Telescrittore (vedasi anche «Telescrivente»)	15/21	— d'autoinduzione	6/23; 6/25	Tesa 61 (Ricevitore a supereterodina)	21/18
— di Hughes	15/22	— d'innescio	20/21	Testa sonora di cancellazione	19/26
— (Sincronizzazione nel)	15/22	— di controllo	15/14; 18/19; 18/22	— di registrazione	19/26
Telescrivente di Creed	18/24	— di controreazione	19/28	— di riproduzione	19/26
— di Hughes	15/22	— di deviazione	20/26	— di smagnetizzazione	19/27
— (Dispositivi supplementari nella)	16/19	— di disturbo	19/20	Teste magnetiche	19/25; 19/26
— (Dispositivo di risposta automatica nella)	16/19	— d'entrata	15/18; 18/27	— sonore	19/25; 19/26
— Lorenz	17/10	— di griglia	10/1; 10/2	Tasto d'informazione	24/13
— Olivetti	14/18; 18/27	— (Produzione automatica della)	15/25	Tetrodo	14/8
— (Radio — Siemens Hell)	18/7	— (—, — semiatomatica della)	21/20	— finale	16/11
— (Servizi speciali nella)	16/19	— schermo (Produzione della)	15/26	Thyratron	21/24
— Siemens	16/16	— d'innescio	20/22; 20/23	Thomson (Formula oscillatoria di)	11/23; 17/20; 17/22; 17/29
— Siemens-Hell	19/7	— d'interdizione	10/3; 22/16; 22/19	Timbro del suono	3/17; 4/15
— (Sincronismo nella)	15/22	— di misura	19/14	Timpani di campanelli	6/11
— Sistema aritmico di sincronizzazione nella)	16/16; 17/10	— di modulazione	21/15; 24/8	Tonalità (Controllo di)	21/24
— (Velocità di trasmissione della)	16/18	— di placca	10/2; 14/3	Tono	3/16
Telescezione	23/4; 23/5	— di reazione	16/22	— fondamentale	3/16; 3/17; 4/15
Televisione	21/1; 22/1; 22/9; 22/15; 22/26; 23/15; 24/4	— di rete (Raddrizzamento della)	13/22	Tornalina	20/10
— (Alimentazione del ricevitore di)	24/27	— (Raddrizzatore di)	15/25	Trabocchetto per il suono adiacente	23/19
— (Amplificatore di)	23/15; 24/4	— di risonanza	12/2	— — — — proprio	23/19
— (— di MF dell'immagine)	23/17	— di ronzo	13/22	Traferro	8/5
— (— Video)	24/4	— di sincronizzazione	20/24	— cilindrico	8/6
— (Antenna per)	24/18	— (Diodo per alta)	24/26	Trasformatore (Amplificatore a)	17/3
— (Distanza fra antenne per)	23/3	— (Generatore di)	9/18	— anodico	17/5
— (Metodo elettrostatico in)	24/24	— (Generazione magnetoelettrica della)	9/16	— (Auto)	24/26
— (Portata delle trasmissioni di)	23/2; 23/3	— (Impulsi di)	21/3; 21/4; 22/18	— corazzato	16/3
— (Preamplificatore d'AF di)	23/15	— (Impulsi rettangolari di)	23/27	— da campanello	5/6
— (Principi della)	22/1	— indotta	9/17	— da controfase	18/8
— (Rapporto normalizzato dei lati)	24/13	— (Livellamento della — continua)	16/3	— d'adattamento	17/5
— (Ricevitore per)	17/3; 24/25	— (Livello normale di)	18/13	— d'alimentazione	16/2
— (Riproduzione dell'immagine in)	22/18; 24/23	— (Misuratore di)	3/1	— d'entrata	20/9
— (Segnale di)	22/15	— mobile di griglia-schermo	14/9	— di griglia	17/5
— (Sincronismo nella)	22/15	— (Partitore di)	15/11; 20/21	— di rete	12/4; 16/12
— (Stazione trasmittente di)	22/26	— primaria	5/21	— d'uscita	20/9
— (Studio di trasmissione di)	22/26	— primitiva	9/17	— (Oscillatore a rilassamento con)	20/23
— (Tubi elettronici per)	24/23	— (Punte di)	22/18; 24/28	— per frequenze acustiche	21/17
— (Valvole ausiliarie per)	24/25	— reattiva	10/15	Trasformatori	5/20
Televisore	24/25	— secondaria	5/21	— (Autotrasformatori)	24/28
Temperatura (Coefficiente di)	9/24	— sinusoidale	22/4	— con presa centrale	20/9
— (Dipendenza della resistenza dalla)	9/24	— (Sorgente di)	9/18	— — mediana	20/13
— (Misura a distanza della)	12/12	— (Strumenti per la misura della)	8/9	— (Lamierini per)	5/21
Tempi (Asse dei)	20/21	— survoltata	14/20	— per bassa frequenza	11/9
— brevissimi (Misura di — — col tubo di Braun)	23/8	— verso massa	21/20	— (Rapporto di trasformazione dei)	5/21
Tempo (Contatore di — e di zona)	23/6	Tensioni	3/10	Trasformazione delle frazioni	5/18
Tempo di ritorno	22/16	— asimmetriche	20/25	Traslatore	12/19
— (Fusibili a)	8/23	— di fase opposta	20/25	— d'antenna	14/22
— (Modulazione di)	21/5	— simmetriche	2/2	— di radiorecettore	14/22
Tensione	1/10; 1/23; 1/25; 2/1	— (Serie elettrolitica delle)	12/13	Trasmittitore a scariche	16/19
— a dente di sega	19/13; 20/21; 22/16; 22/19; 22/20; 24/16; 24/17	Termocoppia	18/1	— a scintille	16/19
— ai morsetti	2/1; 9/17	Termoionica (Caratteristica della valvola)	10/2	— automatico a nastro perforato	21/26
— alta	24/28	Termoioniche (Collaudo delle valvole)	13/19	— a valvole termoioniche	16/19; 16/21
— alternata	9/19	— (Designazione delle valvole)	16/8	— di misura	20/27
— di griglia	12/21; 12/23	— (Forme costruttive delle valvole)	9/5	— radio	1/12; 16/22
— (Amplificazione di)	12/21; 13/1	— (Fruscio delle valvole)	23/16	Trasmittente (Stazione di televisione)	22/26
— anodica alternata	12/20	— (Grandezze caratteristiche delle valvole)	10/16	— (Stazione radio)	1/12
— — continua	12/20	— (Valvole)	1/13	— (Telescrivente)	15/22
		Termomerto a contatto		Trasmissione (Antenna di)	13/13
		— a distanza	12/13	— delle immagini (Retino per la)	21/2
		— a resistenza	12/13	— (Potenza di)	4/10
				— (Radio — delle immagini)	21/4
				— (senza fili delle immagini)	21/4



**ELENCO DELLE FORMULE CONTENUTE NELLE DISPENSE  
DEL CORSO «TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI»  
ORDINATE SECONDO L'ARGOMENTO**

L E G G E D I O H M			
Grandezza da determinare	Formula	Formula N.º	Dispensa e pagina
Corrente continua e corrente alternata in circuiti non induttivi			
Intensità di corrente . . . . .	$I = \frac{V}{R}$	(2)	3-8
Tensione . . . . .	$V = I \cdot R$	(3)	3-8
Resistenza . . . . .	$R = \frac{V}{I}$	(4)	3-8
Per i circuiti a corrente alternata contenenti induttanze e capacità vedasi le formule a pagg. 24 e 25.			
P O T E N Z A E L A V O R O E L E T T R I C I			
a) Corrente continua e corrente alternata in circuiti senza reattanze			
Potenza . . . . .	$P = V \cdot I$	(6-a)	4-12
Intensità di corrente . . . . .	$I = \frac{P}{V}$	(6-b)	4-12
Tensione . . . . .	$V = \frac{P}{I}$		
Lavoro . . . . .	$L = P \cdot t = V \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t = \frac{V^2}{R} \cdot t$	(6-c)	4-13
b) Corrente alternata in circuiti induttivi			
Potenza apparente . . . . .	$N_{app} = V \cdot I = V_{eff} \cdot I_{eff}$	(52)	13-19
Potenza attiva . . . . .	$N_{eff} = V \cdot I \cdot \cos \varphi = N_{app} \cdot \cos \varphi$	(51)	13-18
Potenza reattiva . . . . .	$N_r = V \cdot I \cdot \sin \varphi = N_{app} \cdot \sin \varphi = P \cdot \operatorname{tg} \varphi$	(53)	13-19
Lavoro . . . . .	$L = V \cdot I \cdot t \cdot \cos \varphi$		
Potenza . . . . .	1 CV = 736 watt	(7-a)	4-13
Potenza . . . . .	1 kW = 1,36 CV	(7-b)	4-13
Potenza . . . . .	1 CV = 75 kgm/sec	(8)	4-14
C A L C O L O D E L L A R E S I S T E N Z A			
Resistenza . . . . .	$R = \frac{\rho \cdot l}{q}$	(24)	9-23
	$R = \frac{l}{\kappa \cdot q}$	(25)	9-24
Sezione del conduttore . . . . .	$q = \frac{\rho \cdot l}{R}$	(24-a)	9-23
	$q = \frac{l}{\kappa \cdot R}$	(25-a)	9-24
Lunghezza del conduttore . . . . .	$l = \frac{R \cdot q}{\rho}$	(24-b)	9-23
	$l = R \cdot \kappa \cdot q$	(25-b)	9-24
Resistività . . . . .	$\rho = \frac{R \cdot q}{l}$	(24-c)	9-23
Conduttività . . . . .	$\kappa = \frac{l}{R \cdot q}$	(25-c)	9-24

Grandezza da determinare	Formula	Formula N.º	Dispensa e pagina
Resistenza a una temperatura qualsiasi . . . . .	$R_t = R (1 + at)$ $R_t = R [1 + a (t_2 - t_1)]$	(26) (26-a)	9-25 9-25
<b>COLLEGAMENTO IN SERIE</b> (vedasi anche a pag. 28)			
Tensione complessiva . . . . .	$V = v_1 + v_2 + v_3 + \dots$	(12-a)	5-16
Resistenza complessiva . . . . .	$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$	(12-b)	5-17
Induttanza complessiva . . . . .	$L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots$	(14)	6-22
Capacità complessiva . . . . .	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$	(18)	7-13
Resistenza ohmica, induttanza e capacità in serie:			
Impedenza . . . . .	$Z = \sqrt{R_{att}^2 + (R_{ind} - R_{cap})^2}$		
Rapporto . . . . .	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{G_2}{G_1}$		
<b>COLLEGAMENTO IN PARALLELO</b> (vedasi anche a pag. 28)			
Corrente complessiva . . . . .	$I = i_1 + i_2 + i_3 + \dots$	(9)	5-15
Resistenza complessiva . . . . .	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$	(10)	5-15
Resistenza complessiva di due resistenze	$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$	(57)	15-10
Conduttanza complessiva . . . . .	$G = G_1 + G_2 + G_3 + \dots$	(11)	5-15
Induttanza complessiva . . . . .	$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots$	(15)	6-23
Capacità complessiva . . . . .	$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$	(17)	7-13
Rapporto di due resistenze . . . . .	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{G_1}{G_2}$	(22)	8-12
Ammettenza (circuito induttivo) . . . . .	$Y = \sqrt{G_{att}^2 + G_{ind}^2}$	(58-a)	16-7
Ammettenza (circuito capacitivo) . . . . .	$Y = \sqrt{G_{att}^2 + G_{cap}^2}$	(58-b)	16-7
Impedenza (circuito induttivo) . . . . .	$Z = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{R_{att}^2} + \frac{1}{R_{ind}^2}}}$	(59-a)	16-7
Impedenza (circuito capacitivo) . . . . .	$Z = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{R_{att}^2} + \frac{1}{R_{cap}^2}}}$	(59-b)	16-8
<b>CORRENTE ALTERNATA</b>			
Corrente efficace . . . . .	$I_{eff} = 0,707 \cdot I_{max}$	(49)	13-18
Tensione efficace . . . . .	$V_{eff} = 0,707 \cdot V_{max}$	(50)	13-18
Potenza apparente . . . . .	$N_{app} = V \cdot I$ $= V_{eff} \cdot I_{eff}$	(52)	13-19
Potenza attiva . . . . .	$N = V \cdot I \cdot \cos \varphi$ $= N_{app} \cdot \cos \varphi$	(51)	13-18
Impedenza (circuito induttivo) . . . . .	$Z = \sqrt{R_{att}^2 + R_{ind}^2}$	(53)	13-19
Impedenza (circuito capacitivo) . . . . .	$Z = \sqrt{R_{att}^2 + R_{cap}^2}$	(48)	13-12

Grandezza da determinare	Formula	Formula N.º	Dispensa e pagina
Angolo di fase . . . . .	$\cos \varphi = \frac{R_{att}}{Z} = \frac{N}{N_{app}}$	(47)	13-12
	$tg \varphi = \frac{R_{ind}}{R_{att}}$		
Valore istantaneo della corrente alternata	$i = I \cdot \text{sen } a$	(39)	11-16
<b>INDUTTANZE (Bobine)</b>			
Induttanza . . . . .	$L \approx k \cdot w_1^2 \cdot D^2 \cdot l \cdot 10^{-3} [H]$	(16)	7-3
Reattanza induttiva . . . . .	$R_{ind} = 2 \pi \cdot f \cdot L [ohm]$	(27)	10-12
	$R_{ind} = \omega \cdot L$	(28)	10-13
Tensione autoindotta . . . . .	$v_L = I \cdot \omega \cdot L [volt]$		
Potenza reattiva induttiva . . . . .	$P_r = \frac{V^2}{\omega \cdot L}$		
<b>CAPACITA' (Condensatori)</b>			
Capacità del condensatore a piastre . . . . .	$C = \frac{A \cdot A}{d}$	(20)	7-17
Conduttività dielettrica . . . . .	$A = \varepsilon \cdot A_0$	(19)	7-16
Reattanza capacitiva . . . . .	$R_{cap} = \frac{2 \pi \cdot f \cdot C}{1}$	(29)	10-13
	$R_{cap} = \frac{1}{\omega \cdot C}$	(30)	10-13
Potenza reattiva capacitiva . . . . .	$P_r = V^2 \cdot \omega \cdot C$		
<b>RADIOTECNICA</b>			
Frequenza . . . . .	$f = \frac{300\ 000\ 000}{\text{lunghezza d'onda (m)}} [Hz]$	(5-a)	4-9
Lunghezza d'onda . . . . .	$\lambda = \frac{300\ 000\ 000}{\text{frequenza (Hz)}} [m]$	(5-b)	4-9
Formula oscillatoria di Thomson			
Frequenza . . . . .	$f = \frac{1}{2 \pi \sqrt{L \cdot C}} [Hz]$	(40)	11-24
Lunghezza d'onda . . . . .	$\lambda = 6 \pi \cdot 10^5 \cdot \sqrt{L \cdot C} [m]$	(41)	11-24
Resistenza di risonanza . . . . .	$R_{ris} = \frac{L}{C \cdot R}$	(61)	17-23
<b>TUBI ELETTRONICI</b>			
Intraeffetto . . . . .	$D = \frac{\Delta V_g}{\Delta V_a}$	(31)	10-27
Fattore d'amplificazione . . . . .	$\mu = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g} = \frac{1}{D}$		
Pendenza . . . . .	$S = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g}$	(32)	10-19

Grandezza da determinare	Formula	Formula N.º	Dispensa e pagina
Resistenza interna . . . . .	$R_i = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a}$	(33)	10-20
Formula di Barkhausen . . . . .	$D \cdot S \cdot R_i = 1$	(34)	10-21
	$\mu = S \cdot R_i$	(34-a)	10-21
Tensione anodica continua . . . . .	$V_a = V_b - I_a \cdot R_a$	(43)	12-21
Tensione anodica alternata . . . . .	$v_a = -i_a \cdot R_a$	(44)	12-21
Amplificazione . . . . .	$a = \frac{v_a}{v_g}$	(45)	12-21
Corrente anodica alternata . . . . .	$i_a = S_D \cdot v_g$	(54)	14-4
Pendenza dinamica . . . . .	$S_D = S \cdot \frac{1}{1 + \frac{R_a}{R_i}}$	(55)	14-4
Amplificazione di tensione . . . . .	$\frac{v_a}{v_g} = -S_D \cdot R_a$	(56)	14-4
Velocità degli elettroni . . . . .	$v = 395 \cdot \sqrt{V_a} [km/sec]$	(66)	19-14
<b>ONDE ULTRACORTE</b>			
Portata delle onde ultracorte . . . . .	$r = 3,57 \sqrt{h [m]} [km]$	(69)	23-2
<b>LINEE AEREE E CAVI</b>			
Impedenza caratteristica . . . . .	$= \sqrt{\frac{\text{Induttanza/km}}{\text{Capacità/km}}}$	(60)	17-17
Attenuazione . . . . .	$b' = \lg \frac{P_1}{P_2} [bel]$	(62)	18-10
Attenuazione . . . . .	$b = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_2} [neper]$	(63)	18-11
Attenuazione . . . . .	$b = \ln \frac{V_1}{V_2} [neper]$	(64)	18-12
Attenuazione al km . . . . .	$\beta = \frac{1}{2} \cdot \frac{\text{Resistenza del filo al km}}{\text{Impedenza caratteristica}} [neper/km]$	(67)	20-2
Attenuazione al km . . . . .	$\beta = \sqrt{\frac{2 \pi f \cdot RC}{2}} [neper/km]$	(68)	20-2
Livello di potenza . . . . .	$p = \frac{1}{2} \ln \frac{P_2}{P_0} [neper]$	(65)	18-13

**TECNICA DELLE MISURE**

Grandezza da determinare	Formula	Formula N.º	Dispensa e pagina
Resistenza addizionale per l'allargamento del campo di misura . . . .	$R_s = R_1 \cdot (n - 1)$	(21)	8-10
Resistenza in derivazione per l'allargamento del campo di misura . . . .	$R_p = \frac{R_1}{n - 1}$	(23)	8-12
Determinazione della resistenza mediante il ponte di Wheatstone . . . .	$R_x = \frac{R \cdot r_2}{r_1}$	(42)	12-19
Determinazione della resistenza col metodo della indicazione diretta . . . .	$R_x = R_1 \cdot \left( \frac{V}{v} - 1 \right)$	(46)	13-5

**TRASFORMATORI**

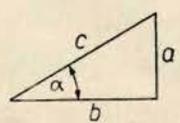
Rapporto di trasformazione . . . .	$r = \frac{V_1}{V_2} = \frac{w_1}{w_2}$	(13)	5-21
Rapporto fra le tensioni . . . .	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{w_1}{w_2}$		
Rapporto fra le correnti . . . .	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{w_2}{w_1}$		

**PLANIMETRIA**

Circonferenza del circolo . . . .	$C = \pi \cdot d = 3,14 \cdot d$	(1)	1-6
Area del cerchio . . . . .	$A = d^2 \cdot \frac{\pi}{4} = d^2 \cdot 0,785$		
Diametro del cerchio . . . . .	$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$		

**TRIGONOMETRIA**

	<i>Seno</i>	$= \frac{\text{cateto opposto}}{\text{ipotenusa}} = \frac{a}{c}$	(35)	11-6
	<i>Coseno</i>	$= \frac{\text{cateto adiacente}}{\text{ipotenusa}} = \frac{b}{c}$	(36)	11-6
	<i>Tangente</i>	$= \frac{\text{cateto opposto}}{\text{cateto adiacente}} = \frac{a}{b}$	(37)	11-7
	<i>Cotangente</i>	$= \frac{\text{cateto adiacente}}{\text{cateto opposto}} = \frac{b}{a}$	(38)	11-7



## ELENCO DEI SIMBOLI LETTERALI IMPIEGATI NELLE FORMULE

<p><math>A</math> = area</p> <p><math>a</math> = lato del triangolo</p> <p><math>a</math> = amplificazione</p> <p><math>b</math> = attenuazione (neper)</p> <p><math>b</math> = lato del triangolo</p> <p><math>b'</math> = attenuazione (bel)</p> <p><math>C</math> = capacità</p> <p><math>C</math> = circonferenza</p> <p><math>c</math> = ipotenusa del triangolo rettangolo</p> <p><math>CV</math> = cavallo vapore</p> <p><math>D</math> = diametro della bobina solenoidale</p> <p><math>D</math> = infraeffetto</p> <p><math>d</math> = diametro in generale</p> <p><math>F</math> = farad</p> <p><math>f</math> = frequenza</p> <p><math>f.e.m.</math> = forza elettromotrice</p> <p><math>G</math> = conduttanza</p> <p><math>G_{att}</math> = conduttanza attiva</p> <p><math>G_{cap}</math> = suscettanza capacitiva</p> <p><math>G_{ind}</math> = suscettanza induttiva</p> <p><math>H</math> = henry</p> <p><math>Hz</math> = hertz</p> <p><math>h</math> = altezza</p> <p><math>I</math> = intensità di corrente</p> <p><math>I_a</math> = corrente anodica continua</p> <p><math>I_{att}</math> = corrente attiva</p> <p><math>I_{eff}</math> = corrente efficace</p> <p><math>I_g</math> = corrente di griglia</p> <p><math>I_{max}</math> = corrente massima</p> <p><math>I_r</math> = corrente reattiva</p> <p><math>i</math> = corrente singola o parziale</p> <p><math>i</math> = valore istantaneo della corrente</p> <p><math>i_a</math> = corrente anodica alternata</p> <p><math>k</math> = fattore di forma delle bobine d'induzione</p> <p><math>L</math> = induttanza</p> <p><math>L</math> = lavoro</p>	<p><math>l</math> = lunghezza</p> <p><math>N</math> = potenza</p> <p><math>N_{app}</math> = potenza apparente</p> <p><math>N_{eff}</math> = potenza attiva</p> <p><math>n</math> = numero di giri</p> <p><math>P</math> = potenza in generale</p> <p><math>P_{app}</math> = potenza apparente</p> <p><math>P_{att}</math> = potenza attiva</p> <p><math>P_r</math> = potenza reattiva</p> <p><math>p</math> = livello di potenza (neper)</p> <p><math>q</math> = sezione di un conduttore</p> <p><math>R</math> = resistenza (talvolta anche reattanza)</p> <p><math>R_a</math> = resistenza anodica</p> <p><math>R_{att}</math> = resistenza attiva</p> <p><math>R_{cap}</math> = reattanza capacitiva</p> <p><math>R_l</math> = resistenza interna</p> <p><math>R_{ind}</math> = reattanza induttiva</p> <p><math>R_p</math> = resistenza in parallelo o derivatore</p> <p><math>R_{ris}</math> = resistenza di risonanza</p> <p><math>R_s</math> = resistenza in serie o resistenza addizionale</p> <p><math>R_t</math> = resistenza alla temperatura <math>t</math></p> <p><math>R_x</math> = resistenza incognita</p> <p><math>r</math> = raggio</p> <p><math>r</math> = portata delle onde ultracorte</p> <p><math>r</math> = resistenza singola o parziale</p> <p><math>r</math> = rapporto di trasformazione</p> <p><math>S</math> = pendenza</p> <p><math>SD</math> = pendenza dinamica</p> <p><math>s</math> = sec = secondo</p> <p><math>t</math> = temperatura</p> <p><math>t</math> = tempo</p> <p><math>U</math> = tensione (usato talvolta invece di <math>V</math>)</p> <p><math>V</math> = tensione</p> <p><math>V_a</math> = tensione anodica continua</p> <p><math>V_B</math> = tensione della batteria</p> <p><math>V_e</math> = tensione ai morsetti</p> <p><math>V_{eff}</math> = tensione efficace</p>	<p><math>V_g</math> = tensione continua di griglia</p> <p><math>V_{max}</math> = valore massimo della tensione alternata</p> <p><math>v</math> = tensione singola o parziale</p> <p><math>v</math> = velocità</p> <p><math>v_a</math> = tensione anodica alternata</p> <p><math>v_g</math> = tensione alternata di griglia</p> <p><math>v_L</math> = tensione di autoinduzione</p> <p><math>v_R</math> = caduta di tensione ohmica</p> <p><math>W</math> = watt</p> <p><math>w</math> = numero di spire</p> <p><math>w_1</math> = numero di spire per cm di lunghezza del solenoide</p> <p><math>Y</math> = ammettenza</p> <p><math>Z</math> = impedenza</p> <p><math>\alpha</math> = coefficiente di temperatura</p> <p><math>\alpha</math> = angolo del triangolo</p> <p><math>\beta</math> = attenuazione al km (neper/km)</p> <p><math>\gamma</math> = angolo del triangolo</p> <p><math>\Delta</math> = differenza</p> <p><math>\Delta</math> = conduttività dielettrica</p> <p><math>\Delta_0</math> = conduttività dielettrica del vuoto</p> <p><math>\epsilon</math> = costante dielettrica</p> <p><math>\kappa</math> = conduttività</p> <p><math>\lambda</math> = lunghezza d'onda</p> <p><math>\mu</math> = fattore d'amplificazione</p> <p><math>\rho</math> = resistività o resistenza specifica</p> <p><math>\varphi</math> = angolo di fase o sfasamento</p> <p><math>\omega</math> = pulsazione</p>
--	---	---

**TABELLA DEI MATERIALI MAGGIORMENTE IMPIEGATI  
IN ELETTROTECNICA**

Materiali	Resistività <i>ohm mm/m<sup>2</sup></i>	Conduttività <i>siemens m/mm<sup>2</sup></i>	Coefficiente di temperatura	Peso specifico <i>kg/dm<sup>3</sup></i>
Acciaio in filo	0,10-0,25	10-4	+ 0,005	7,8
Alluminio	0,028-0,03	35,7-33,3	+ 0,0041	2,7
Argento	0,016	62,5	+ 0,0036	10,6
Argentone	0,35-0,50	2,86-2	+ 0,0003-0,0007	8,5
Bismuto	1,1-1,4	0,91-0,715	+ 0,0036	9,8
Carbone	20-100	0,05-0,01	- 0,0003-0,0008	1,2-1,5
Costantana	0,5	2	- 0,00003	8,8
Ferro puro	0,11	9,1	+ 0,0047	7,8
Ferro - Barre acciaio	0,18-0,28	5,55-3,57	+ 0,0047	7,8
Grafite	13	0,077	- 0,0002-0,0007	1,8-2,35
Kantal A-1	1,45	0,69	+ 0,00007	7,1
Manganina	0,43	2,32	± 0,00001	8,4
Mercurio	0,95	1,05	+ 0,0009	13,6
Nichel	0,1	10	+ 0,0043	8,9
Nichel-Cromo	1,05-1,1	0,95-0,91	+ 0,00015-0,00025	8,42
Nichelina	0,4	2,5	+ 0,00013-0,00023	8,9
Ottone	0,07-0,09	14,3-11,1	+ 0,0013-0,0019	8,5
Piombo	0,2	5	+ 0,0042	11,4
Rame	0,0176	57	+ 0,004	8,9
Reotana	0,47-0,50	2,13-2	+ 0,00022	8,6
Stagno	0,11-0,14	9,1-7,15	+ 0,0044	7,2-7,4
Tantalio	0,165	6,06	+ 0,003	16,8
Tungsteno	0,07	14,3	+ 0,0051	19
Zinco	0,063	15,9	+ 0,0037	6,9-7,2

**COLLEGAMENTO IN SERIE ED IN PARALLELO**

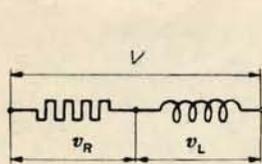
Il circuito comprende	Collegamento in serie	Collegamento in parallelo
Un numero qualsiasi di resistenze	$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$
Due resistenze	$R = R_1 + R_2$	$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$
Un numero qualsiasi di sorgenti di tensione	$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$	<i>Collegare in parallelo solo sorgenti di uguale valore di tensione</i>
Un numero qualsiasi di sorgenti di corrente	<i>Collegare in serie solo sorgenti di uguale intensità di corrente</i>	$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$
Un numero qualsiasi di conduttanze	$\frac{1}{G} = \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} + \frac{1}{G_3} + \dots$	$G = G_1 + G_2 + G_3 + \dots$
Due conduttanze	$G = \frac{G_1 \cdot G_2}{G_1 + G_2}$	$G = G_1 + G_2$
Un numero qualsiasi di induttanze	$L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots$	$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots$
Due induttanze	$L = L_1 + L_2$	$L = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$
Un numero qualsiasi di capacità	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$	$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$
Due capacità	$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$	$C = C_1 + C_2$
Resistenze ohmiche, reattanze induttive e reattanze capacitive	$Z = \sqrt{R_{att}^2 + (R_{ind} - R_{cap})^2}$	$Y = \sqrt{G_{att}^2 + (G_{ind} - G_{cap})^2}$
Rapporto	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{G_2}{G_1}$	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{G_1}{G_2}$

## CIRCUITI CON INDUTTANZE

### 1. Correnti.

#### a) Collegamento in serie.

Se una resistenza e una reattanza sono collegate in serie, la tensione  $V$  si suddivide in una componente attiva  $v_R$ , applicata alla resistenza, e in una componente reattiva  $v_L$ , applicata alla reattanza. Anche la corrente  $I$  può essere scomposta nella componente attiva  $I_a$  e nella componente reattiva  $I_r$ , e i calcoli possono essere eseguiti con questi valori. In realtà però è presente solo la corrente totale  $I$ .



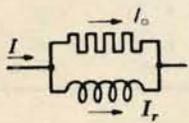
$$\text{Corrente } I = \frac{V}{Z}$$

$$\text{Corrente attiva } I_a = I \cdot \cos \varphi = I \cdot \frac{R_{att}}{Z} = \frac{v_R}{Z}$$

$$\text{Corrente reattiva } I_r = I \cdot \sin \varphi = I \cdot \frac{R_{ind}}{Z} = \frac{v_L}{Z}$$

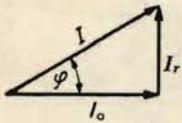
#### b) Collegamento in parallelo.

Quando una resistenza e una reattanza sono collegate in parallelo, si ha realmente la presenza della corrente attiva  $I_a$  e della corrente reattiva  $I_r$ . Si ha invece una sola tensione  $V$ . Si ottiene quindi:



$$\text{Corrente attiva } I_a = \frac{V}{R_{att}} = I \cdot \cos \varphi = I_r \cdot \operatorname{ctg} \varphi = \sqrt{I^2 - I_r^2}$$

$$\text{Corrente reattiva } I_r = \frac{V}{R_{ind}} = I \cdot \sin \varphi = I_a \cdot \operatorname{tg} \varphi = \sqrt{I^2 - I_a^2}$$

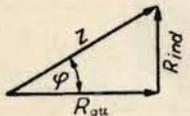


$$\begin{aligned} \text{Corrente totale } I &= V \cdot Y = V \cdot \sqrt{G_{att}^2 + G_{ind}^2} = V \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{R_{att}}\right)^2 + \left(\frac{1}{R_{ind}}\right)^2} \\ &= \frac{I_a}{\cos \varphi} = \frac{I_r}{\sin \varphi} = \sqrt{I_a^2 + I_r^2} \end{aligned}$$

### 2. Resistenze.

#### a) Collegamento in serie.

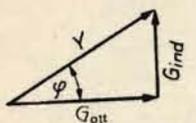
$$\text{Resistenza (ohmica) } R = \frac{v_R}{I} = Z \cdot \cos \varphi = R_{ind} \cdot \operatorname{ctg} \varphi = \sqrt{Z^2 - R_{ind}^2}$$



$$\text{Reattanza } R_{ind} = \frac{v_L}{I} = R_{att} \cdot \operatorname{tg} \varphi = Z \cdot \sin \varphi = \sqrt{Z^2 - R_{att}^2}$$

$$\text{Impedenza } Z = \frac{V}{I} = \frac{R_{att}}{\cos \varphi} = \frac{R_{ind}}{\sin \varphi} = \sqrt{R_{att}^2 + R_{ind}^2}$$

#### b) Collegamento in parallelo.

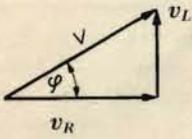


$$\text{Ammettenza } Y = \frac{I}{V} = \frac{G_{att}}{\cos \varphi} = \frac{G_{ind}}{\sin \varphi}$$

$$= \sqrt{G_{att}^2 + G_{ind}^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{R_{att}}\right)^2 + \left(\frac{1}{R_{ind}}\right)^2}$$

### 3. Tensioni.

#### a) Collegamento in serie.



Tensione ai capi della resistenza

$$v_R = I \cdot R_{att} = V \cdot \cos \varphi = v_L \cdot \operatorname{ctg} \varphi = \sqrt{V^2 - v_L^2}$$

Tensione ai capi della reattanza

$$v_L = I \cdot R_{ind} = v_R \cdot \operatorname{tg} \varphi = V \cdot \operatorname{sen} \varphi = \sqrt{V^2 - v_R^2}$$

Tensione totale

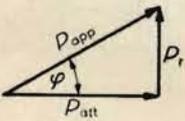
$$V = I \cdot Z = \frac{v_R}{\cos \varphi} = \frac{v_L}{\operatorname{sen} \varphi} = \sqrt{v_R^2 + v_L^2}$$

#### b) Collegamento in parallelo.

Nel collegamento in parallelo si ha soltanto la tensione  $V$ , per la quale vale la seguente relazione:

$$\text{Tensione } V = \frac{I}{Y}$$

### 4. Potenze.



Potenza attiva

$$P_{att} = I_a \cdot V = I \cdot v_R = I \cdot V \cdot \cos \varphi = P_{app} \cdot \cos \varphi$$

Potenza reattiva

$$P_r = I_r \cdot V = I \cdot v_L = I \cdot V \cdot \operatorname{sen} \varphi = P_{app} \cdot \operatorname{sen} \varphi$$

Potenza apparente

$$P_{app} = I \cdot V = \frac{I_a \cdot V}{\cos \varphi} = \frac{I \cdot v_R}{\cos \varphi} = \frac{P_{att}}{\cos \varphi} = \frac{P_r}{\operatorname{sen} \varphi}$$

### 5. Angolo di fase, rispett. fattore di potenza.

Fattore di potenza

$$\cos \varphi = \frac{I_a}{I} = \frac{R_{att}}{Z} = \frac{v_R}{V} = \frac{P_{att}}{P_{app}}$$

$$\operatorname{sen} \varphi = \frac{I_r}{I} = \frac{R_{ind}}{Z} = \frac{v_L}{V} = \frac{P_r}{P_{app}}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{I_r}{I_a} = \frac{R_{ind}}{R} = \frac{v_L}{v_R} = \frac{P_r}{P_{att}}$$

Per i circuiti capacitivi si possono usare le medesime formule, introducendo però la reattanza capacitiva  $R_{cap}$  in luogo di quella induttiva  $R_{ind}$ .

Grandezza da determinare	Formula
Tensione di autoinduzione . . . . .	$v_L = I \cdot \omega \cdot L$ (volt)
Reattanza induttiva . . . . .	$R_{ind} = 2 \pi \cdot f \cdot L = \omega \cdot L$ (ohm)
Reattanza capacitiva . . . . .	$R_{cap} = \frac{1}{2 \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{\omega \cdot C}$ (ohm)
Potenza reattiva induttiva . . . . .	$P_r = \frac{V^2}{\omega \cdot L}$
Potenza reattiva capacitiva . . . . .	$P_r = V^2 \cdot \omega \cdot C$

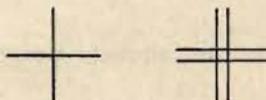
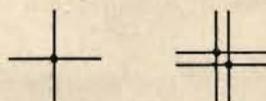
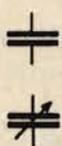
## TABELLE DEL CORSO DI TELECOMUNICAZIONI

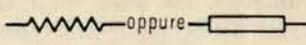
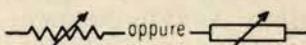
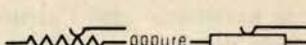
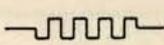
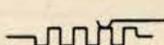
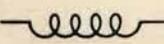
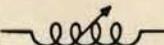
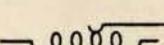
ELETTROTECNICA GENERALE	Tabella N.º	Dispensa e pagina
Serie elettrolitica delle tensioni . . . . .	1	2-2
Elementi galvanici (pile) . . . . .	2	2-4
Costante dielettrica . . . . .	3	7-28
Resistività e conduttività di vari materiali a 20° C . . . . .	4	9-22
Coefficienti di temperatura . . . . .	5	9-24
<b>RADIOTECNICA</b>		
Diametro dei fili d'antenna . . . . .	10	13-14
Freccia del filo d'antenna . . . . .	11	13-14
Significato della prima lettera della sigla delle valvole . . . . .	12	16-9
Significato della seconda e terza lettera della sigla delle valvole . . . . .	13	16-11
<b>MATEMATICA</b>		
Radici quadrate . . . . .	4	5-25
Radici cubiche . . . . .	6	9-32
Seno e coseno . . . . .	7	11-28
Tangente e cotangente . . . . .	8	11-28
Logaritmi volgari . . . . .	9	IV pag. copertina

## SIMBOLI GRAFICI PER GLI IMPIANTI DI TELECOMUNICAZIONI

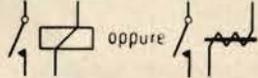
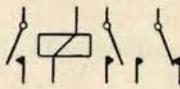
La normalizzazione dei segni grafici per gli impianti di telecomunicazione non è stata a tutt'oggi decisa definitivamente. Da anni sono in corso trattative tendenti a fissare dei simboli riconosciuti sul piano internazionale. In Italia sono state emesse le norme CEI sui « Segni grafici per le telecomunicazioni » (Fascicolo 58). In Svizzera, la SEV-ASE (Associazione Svizzera Elettrotecnica) ha pubblicato delle nuove proposte nel 1950 (pubblicazione N. 112). Queste proposte riguardano segni che differiscono in parte da quelli finora usati e riportati anche nel nostro Corso; in questi casi abbiamo indicato entrambe le varianti.

Non si garantisce che l'elenco sotto riportato sia completo. Esso contiene soprattutto quei simboli che sono già usati nel Corso, completati con una serie di simboli che potranno ugualmente essere utili al tecnico interessato alla materia.

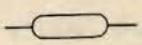
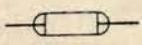
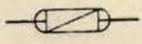
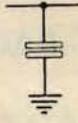
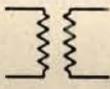
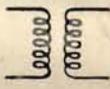
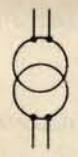
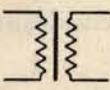
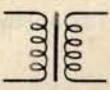
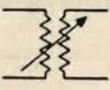
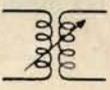
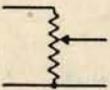
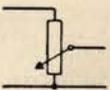
SISTEMI DI CORRENTE, CONNESSIONI	
O g g e t t o	S i m b o l o
Corrente continua . . . . .	— oppure =
Corrente alternata, frequenza industriale . . . . .	~
Corrente alternata, frequenza acustica (BF) . . . . .	≈
Corrente alternata, alta frequenza (AF) . . . . .	≡
Conduttore in generale (le linee vengono tracciate più o meno grosse a seconda dell'importanza del circuito) . . . . .	=
Incrocio senza connessione . . . . .	
Incrocio con connessione elettrica . . . . .	
Linea derivata . . . . .	
Terra . . . . .	
ELEMENTI DI CIRCUITO	
Organo regolabile durante l'esercizio, simbolo generale . . . . .	↗
Contatto a cursore . . . . .	⌋
Condensatore (capacità), in generale . . . . .	
Condensatore variabile . . . . .	
Condensatore tarabile o compensatore (trimmer) . . . . .	
Condensatore elettrolitico con contrassegno dell'armatura esterna . . . . .	

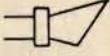
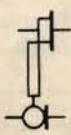
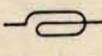
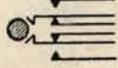
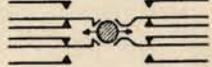
Oggetto	Simbolo
Resistenza in generale (con o senza induttanza) . . . . .	
Resistenza variabile, reostato . . . . .	
Reostato a cursore . . . . .	
Resistenza priva di induttanza (puramente ohmica) . . . . .	
Resistenza variabile con cursore, priva di induttanza (potenziometro) . .	
Bobina d'induzione (induttanza), in generale . . . . .	
Induttanza variabile . . . . .	
Induttanza variabile con cursore . . . . .	
Induttanza con nucleo di ferro . . . . .	

**DISPOSITIVI DI INTERRUZIONE E DI INSERZIONE**

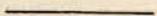
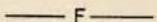
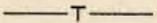
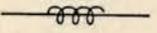
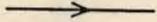
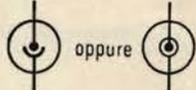
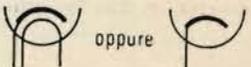
Morsetto, simbolo generale . . . . .	
Punto di collegamento fisso . . . . .	
Punto di collegamento facilmente apribile . . . . .	
Contatto . . . . .	
Tasto o pulsante con contatto di lavoro . . . . .	
Tasto o pulsante con contatto di riposo . . . . .	
Commutatore a pulsante, contatto di scambio . . . . .	
Commutatore unipolare a più posizioni . . . . .	
Commutatore bipolare a due posizioni . . . . .	
Relè in generale . . . . .	
Relè a più contatti . . . . .	

Oggetto	Simbolo
Relè ad attrazione ritardata (relè a tempo) . . . . .	
Relè a caduta ritardata . . . . .	
Relè polarizzato . . . . .	
Relè a corrente alternata . . . . .	
Relè differenziale . . . . .	
<b>SORGENTI DI CORRENTE, RADDRIZZATORI, TERMOCOPPIE</b>	
Pila o celle d'accumulo . . . . .	
Batteria costituita da diversi elementi . . . . .	
Batteria d'accumulatori . . . . .	
Generatore di corrente continua . . . . .	
Generatore di corrente alternata . . . . .	
Raddrizzatore o detector . . . . .	
Termocoppia a riscaldamento indiretto . . . . .	
Termocoppia a riscaldamento diretto . . . . .	
<b>DISPOSITIVI DI SEGNALAZIONE</b>	
Suoneria in generale . . . . .	
Suoneria per corrente continua . . . . .	
Suoneria a un colpo solo . . . . .	
Suoneria per corrente alternata . . . . .	
Relè a sportellino o a cartellino . . . . .	

Oggetto	Simbolo
Lampadina spia . . . . .	
Segnalatore ottico periodico . . . . .	
<b>DISPOSITIVI DI PROTEZIONE</b>	
Valvola fusibile, in generale . . . . .	
Fusibile grossolano (correnti superiori a 1 ampère) . . . . .	
Fusibile fine (correnti inferiori a 1 ampère) . . . . .	
Fusibile per batteria . . . . .	
Scaricatore in aria (protezione grossolana contro le sovratensioni) . . . . .	
Scaricatore nel vuoto (protezione fine contro le sovratensioni) . . . . .	
<b>TRASFORMATORI E REGOLATORI DI TENSIONE</b>	
Trasformatore in generale . . . . .	 oppure 
Trasformatore, simbolo semplificato . . . . .	 oppure 
Trasformatore con nucleo di ferro . . . . .	 oppure 
Trasformatore di regolazione . . . . .	 oppure 
Potenzimetro (partitore di tensione) . . . . .	 oppure 
<b>STRUMENTI DI MISURA</b>	
Voltmetro . . . . .	
Amperometro, milliamperometro . . . . .	 
Frequenziometro . . . . .	

Oggetto	Simbolo
Ohmetro . . . . .	
Ondametro . . . . .	
Galvanometro . . . . .	
<b>APPARECCHI ACUSTICI</b>	
Altoparlante, in generale . . . . .	
Rilevatore fonografico (pick-up) . . . . .	
Tromba elettromagnetica (clacson) . . . . .	
<b>TELEFONIA</b>	
Microfono . . . . .	
Ricevitore telefonico . . . . .	
Microtelefono . . . . .	
Generatore magnetoelettrico (induttore a manovella), simbolo generale . . . . .	
Presa telefonica (jack) . . . . .	
Presa (jack) completa di molle . . . . .	
Spina telefonica (plug) a uno, due e tre poli . . . . .	
Chiave telefonica a ritorno automatico (p. es. chiave di chiamata) . . . . .	
Chiave telefonica a due posizioni stabili (p. es. chiave di conversazione) . . . . .	
Chiave a tre posizioni (due stabili, una instabile) . . . . .	
Stazione telefonica, simbolo generale . . . . .	
Stazione telefonica, sistema a batteria locale . . . . .	
Stazione telefonica, sistema a batteria centrale . . . . .	

Oggetto	Simbolo
Stazione telefonica automatica . . . . .	
Centrale telefonica (tavolo di commutazione), simbolo generale . . .	
Centrale a batteria locale . . . . .	
Centrale a batteria centrale . . . . .	
Centrale semiautomatica . . . . .	
Centrale automatica . . . . .	
Selettore o cercatore, simbolo generale . . . . .	
Selettore con più spazzole di contatto . . . . .	
Selettore a più gradini, per es. a sollevamento e rotazione . . . . .	
Cercatore di chiamata . . . . .	
Registratore (immagazzinatore d'impulsi) . . . . .	
Contatore di conversazioni (contatore d tempo e di zona) . . . . .	
<b>TELEGRAFIA</b>	
Apparato o installazione telegrafica, simbolo generale . . . . .	
Apparato Morse . . . . .	
Manipolatore Morse . . . . .	
Ricevitore Morse per corrente di lavoro . . . . .	
Ricevitore Morse per corrente di riposo . . . . .	
<b>TELESCRIVENTI</b>	
Apparato Hughes . . . . .	
Apparato Siemens . . . . .	
Telescrivente aritmica . . . . .	

Oggetto	Simbolo
Trasmittitore a zona perforata . . . . .	
Ricevitore a zona perforata . . . . .	
<b>LINEE</b>	
Linea di telecomunicazione in generale . . . . .	
Linea telefonica . . . . .	
Linea telegrafica . . . . .	
Linea in cavo con involucro metallico . . . . .	
Bobina Pupin, simbolo generale . . . . .	
Linea pupinizzata . . . . .	
Linea krarupizzata . . . . .	
Circuito virtuale . . . . .	
Linea esercitata in un sol senso . . . . .	
Linea esercitata in entrambi i sensi . . . . .	
<b>RADIOTELEGRAFIA D'IMMAGINI</b>	
Cellula fotoelettrica . . . . .	
Trasmittitore d'immagini (apparato fototelegrafico) . . . . .	
<b>TUBI ELETTRONICI</b>	
Anodo . . . . .	
Catodo a riscaldamento diretto . . . . .	
Catodo a riscaldamento indiretto . . . . .	

Oggetto	Simbolo
Griglia pilota . . . . .	
Griglia di soppressione . . . . .	
Griglia schermo . . . . .	
Diodo . . . . .	
Doppio diodo . . . . .	
Triodo . . . . .	oppure
Pentodo . . . . .	
Esodo . . . . .	
Eptodo . . . . .	
Tubo indicatore di sintonia . . . . .	
Tubo con riempimento di gas nobile . . . . .	
Tubo a raggi catodici . . . . .	
<b>RADIOTECNICA</b>	
Antenna, simbolo generale . . . . .	oppure
Antenna di trasmissione . . . . .	

Oggetto	Simbolo
Antenna di ricezione . . . . .	
Antenna a telaio o quadro . . . . .	
Antenna a dipolo . . . . .	
Amplificatore . . . . .	oppure
Amplificatore di BF . . . . .	
Amplificatore di AF . . . . .	
Spinterometro . . . . .	
Cellula piezoelettrica (cristallo) . . . . .	
Filtro, simbolo generale . . . . .	
Filtro passa-alto . . . . .	
Filtro passa-basso . . . . .	
Filtro di banda . . . . .	
Filtro ad eliminazione di banda . . . . .	

### ALFABETO GRECO

Nome	Minuscolo	Maiuscolo	CorrISP. ital.	Nome	Maiuscolo	Minuscolo	CorrISP. ital.
Alfa	A	$\alpha$	a	Ny	N	$\nu$	n
Beta	B	$\beta$	b	Xi	$\Xi$	$\xi$	x
Gamma	$\Gamma$	$\gamma$	g	Omicron	O	o	o breve
Delta	$\Delta$	$\delta$	d	Pi	$\Pi$	$\pi$	p
Epsilon	E	$\epsilon$	e breve	Rho	P	$\rho$	r
Zeta	Z	$\zeta$	z	Sigma	$\Sigma$	$\sigma$	s
Eta	H	$\eta$	e lungo	Tau	T	$\tau$	t
Theta	$\Theta$	$\theta$	th	Ypsilon	$\Upsilon$	$\upsilon$	y
Iota	I	$\iota$	i	Fi	$\Phi$	$\phi$	f (ph)
Kappa	K	$\kappa$	k	Chi	X	$\chi$	ch
Lambda	$\Lambda$	$\lambda$	l	Psi	$\Psi$	$\psi$	ps
My	M	$\mu$	m	Omega	$\Omega$	$\omega$	o lungo

## Piano delle onde delle principali stazioni europee e di quelle Italiane (1952)

Lun- ghezza d'onda m	Fre- quenza kHz	Stazione	Po- tenza kW		Lun- ghezza d'onda m	Fre- quenza kHz	Stazione	Po- tenza kW
<b>ONDE LUNGHE (150-285 kHz)</b>								
1936	155	Brasov (Romania)	150		318	944	Tolosa (Francia)	100
1830	164	Allouis (Francia)	450		315	953	Morava (Cecoslovacchia)	150
1734	173	Mosca I (Russia)	500		309	971	Amburgo (Germania)	70
1571	191	Motala (Svezia)	200		306	980	Goteborgo (Svezia)	150
1500	200	Droitwich (Inghilterra)	400		298	1007	Hilversum II (Olanda)	120
1376	218	Oslo (Norvegia)	200		295	1016	Costantinopoli (Turchia)	150
1321	227	Varsavia I (Polonia)	200		292	1025	Graz (Austria)	100
1103	272	Praga (Cecoslovacchia)	200		290	1034	Gruppo sincronizzato A2:	
400-500 kHz Navigazione, polizia, ecc.				—			Genova 2	10
<b>ONDE MEDIE (525-1605 kHz)</b>							Milano 2	25
							Napoli 2	5
							Venezia	25
577	529	Beromüntser (Svizzera)	150		288	1043	Stazione germanica zona russa	70
557	539	Budapest I (Ungheria)	135		285	1052	Start Point (Inghilterra)	150
539	557	Monte Ceneri (Svizzera)	50		283	1061	Cagliari 1	25
530	566	Athlone I (Irlanda)	100		280	1070	Parigi II (Francia)	100
		Caltanissetta	25		276	1088	Droitwich III (Inghilterra)	150
522	575	Riga (Lettonia)	100		273	1097	Bratislava (Cecoslovacchia)	150
514	584	Vienna I (Austria)	120		269	1115	Gruppo sincronizzato B2:	
506	593	Sundsvall (Svezia)	150				Bari 2	50
499	602	Lione (Francia)	150				Bologna 2	50
484	620	Brusselle (Belgio)	150				Pisa	25
470	638	Praga I (Cecoslovacchia)	150		265	1133	Zagabria (Jugoslavia)	135
464	647	Droitwich II (Inghilterra)	120		263	1142	Trieste	
457	656	Gruppo sincronizzato A1:			259	1160	Strasburgo (Francia)	150
		Bolzano 1	20		257	1169	Odessa (Ucraina)	150
		Firenze 1	100		253	1187	Budapest II (Ungheria)	135
		Napoli 1	100		251	1196	Staz. germanica zona fran- cese	70
		Torino 1	45		249	1205	Bordeau (Francia)	100
		Venezia 1	25		243	1232	Praga II (Cecoslovacchia)	100
445	674	Marsiglia (Francia)	100		237	1268	Belgrado II (Jugoslavia)	135
439	683	Belgrado (Jugoslavia)	150		235	1277	Lilla (Francia)	150
434	692	Moorside Edge (Inghilt.)	150		232	1295	Ottringham (Inghilterra)	150
423	710	Limoges (Francia)	150		229	1313	Stavanger (Norvegia)	100
417	719	Lisbona (Portogallo)	120		225	1331	Gruppo sincronizzato B1:	
412	728	Atene (Grecia)	100				Bari 1	20
402	746	Hilversum I (Olanda)	120				Bologna 1	25
393	764	Sottens (Svizzera)	150				Catania 1	0,25
388	773	Stoccolma (Svezia)	150				Genova 1	50
384	782	Kiev II (Ucraina)	100				Messina	5
379	791	Rennes (Francia)	150				Palermo 1	0,25
375	800	Leningrado II (Russia)	100				Pescara 1	25
367	818	Posen (Polonia)	100				Roma 1	100
359	836	Nancy (Francia)	150		224	1340	Crowborough (Inghilterra)	150
355	845	Roma 2	150		222	1349	Marsiglia (Francia)	50
352	854	Bucarest (Romania)	150		220	1367	Gruppo sincronizzato A3:	
348	863	Parigi I (Francia)	150				Bari 3	1
344	872	Mosca III (Russia)	150				Bologna 3	1
340	881	Washford (Inghilterra)	150				Bolzano 3	
334	899	Milano 1	150				Catania 3	0,25
330	908	Londra (Inghilterra)	150				Firenze 3	2
324	926	Brusselle II (Belgio)	150				Genova 3	0,25
							Milano 3	10

Lun- ghezza d'onda m	Fre- quenza kHz	Stazione	Po- tenza kW	Lun- ghezza d'onda m	Fre- quenza kHz	Stazione	Po- tenza kW
		Napoli 3	1			Trento	0,025
		Palermo 3	0,25			Verona 2	0,100
		Roma 3	5			Vicenza	0,025
		Torino 3	5	189	1586	Staz. germanica zona ingl.	70
		Venezia 3	5	187	1602	Staz. germanica zona amer.	70
218	1376	Strasburgo II (Francia)	150	1,5 — 3 MHz Stazioni radio commerciali			
217	1385	Kaunas (Lituania)	150	ONDE CORTE (3 — 30 MHz)			
215	1394	Innsbruck-Vorarlberg (Au- stria)	15	3 — 5 MHz Dilettanti			
209	1439	Lussemburgo	150	ONDE ULTRACORTE (30 — 300 MHz)			
207	1448	Gruppo sincronizzato C2:		Canali di televisione secondo il CCIR:			
		Ancona 2	5	41, 48, 55, 62, 69 MHz			
		Catania 2	5	86, 93, 100 MHz			
		Firenze 2	5	174, 181, 188, 195, 202, 209, 216 MHz			
		Palermo 2	25	ONDE DECIMETRICHE (300 — 3000 MHz)			
		Sanremo	5	ONDE CENTIMETRICHE (3000 — 30000 MHz)			
		Torino 2	20	STAZIONI ITALIANE A MODULAZIONE DI FREQUENZA			
205	1466	Montecarlo (Monaco)	120	Lun- ghezza d'onda m	Fre- quenza kHz	Stazione	Po- tenza kW
202	1484	Verona 1	1	3,34	89,9	Monte Penice II	3
		Bolzano 2	1	3,30	90,9	Bologna	1
		Udine	1	3,27	91,7	Monte Penice	3
		La Spezia	0,25	3,26	91,9	Genova	3
197	1529	Città del Vaticano	100	3,20	93,7	Milano II	
193	1554	Stazione germanica zona americana	70	3,19	93,9	Firenze	
190	1578	Alessandria	0,025	3,17	94,5	Napoli	
		L'Aquila	0,025	3,16	94,9	Venezia	
		Arezzo	0,025	3,12	95,9	Torino II	3
		Ascoli Piceno	0,025	3,03	98,9	Roma	3
		Biella	0,025	3,03	98,9	Torino	3
		Bressanone	0,025	3,00	99,9	Milano	3
		Cuneo	0,025				
		Foggia	0,025				
		Merano	0,025				
		Pescara 2	0,025				
		Potenza	0,025				
		Reggio Calabria	0,025				
		Salerno	0,025				
		Savona	0,025				
		Siena	0,025				

**Stampato come manoscritto**

Ogni alienazione, prestito o diffusione in genere di questa Dispensa, anche in riassunto, è proibita.

Tutti i diritti, in particolare la traduzione in lingue straniere, sono riservati.

**TUTTI I DIRITTI  
RISERVATI**

---

**OFFICINE  
D'ARTI GRAFICHE  
VIA BRUNICO N. 9  
V A R E S E**

---