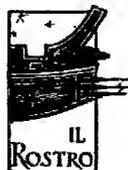


A Germana

GIUSEPPE GAIANI

TRASMISSIONE E RICEZIONE

ELEMENTI PROPEDEUTICI DI RADIOTECNICA



IL ROSTRO - MILANO

T U T T I I D I R I T T I R I S E R V A T I

P R E F A Z I O N E

Lo scopo che mi sono prefisso di ottenere con questa pubblicazione, non è tanto quello di dare alla stampa un'opera dedicata agli studiosi profondi di problemi radiotecnici, quanto di colmare finalmente una lacuna nella letteratura del ramo, che finora difetta di un testo facile, e nel contempo scientifico, tale da essere adottato nelle scuole per radiotecnici, ed in quelle militari dove si istruisce e si specializza, in questa materia altrettanto facile quanto interessante, quella classe di operai e tecnici di cui ha tanto bisogno l'industria moderna.

Ho usato nella sua compilazione un metodo didattico che ho potuto constatare particolarmente vantaggioso nell'addestramento dei giovani genieri i quali con vero successo sono usciti dai corsi che ho avuto la fortuna di dirigere e che oggi, sui vari fronti di battaglia, assolvono con orgoglio ed ottima capacità, il difficile compito loro affidato.

Come più sopra accennato, quest'opera è stata scritta per coloro che, possedendo i principi elementari di scienze matematiche e di calcolo, desiderano iniziarsi allo studio della radiotecnica. Il volume è formato di una prima parte che tratta di elettrotecnica generale, scevra di tutti quei passi che non interessano da vicino il ramo radiotecnico e che, come tali, esorbitano dal nostro campo di azione. Lo studio ne è risultato snellito, e particolarmente facilitata ne è uscita la comprensibilità.

Il sistema seguito per introdurre il lettore nello studio particolare del fenomeno, è quello dell'osservazione analitica dell'aspetto fisico di esso, per passare poi all'interpretazione della formula attingente che si suppone nota, e che serve a rendere in forma concreta ciò che era concettuale acquisito ed assimilato dalla mente dell'allievo.

La seconda parte è interamente dedicata allo studio completo della tecnica della radiricezione e radiotrasmissione. I vari argomenti sono stati trattati seguendo un ordine cronologico tale da introdurre man mano senza difficoltà l'allievo allo studio particolare dei vari rami tecnici.

Seguono infatti nell'ordine, i capitoli trattanti il circuito oscillante, i tubi elettronici, gli apparati trasmettenti, gli aerei, gli apparati riceventi. In essi è tenuto conto di una intima analisi dei componenti i vari stadi, tale che ne uscisse un che di organico, sufficiente ad una esatta interpretazione della materia.

Corredando il testo di numerosi schemi elettrici, e di dati tabellari e tecnici, è stata ottenuta la fusione di tutti quegli elementi che si rendono necessari alla realizzazione, dei vari circuiti, di tutti gli apparati descritti, tanto riceventi che trasmettenti, nonché del loro eventuale progetto e messa a punto.

Sicuro di avere assolto il mio compito ed il mio desiderio, prego i lettori di scusarmi laddove essi vedrebbero diversamente trattato l'argomento, tenendo conto che lo scopo che ho cercato di raggiungere, è che il libro potesse passare anche nelle mani di giovani la cui professione non ha alcuna attinenza con il ramo radiotecnico.

Finora i consensi che da varie parti mi giungono, mi danno fiducia circa la buona riuscita di quest'opera, e sono sicuro che, con un po' di buona volontà da parte di tutti, l'Italia possa avere in breve quel numero di operai e di tecnici di cui ha tanto bisogno per raggiungere la grande e luminosa meta che si è prefissa, nell'ordine nuovo d'Europa.

l'Autore

A lavoro ultimato sento di dover rivolgere la espressione più viva della mia riconoscenza ed il mio ringraziamento al Dott. Borsellino Antonio che mi è stato di appoggio e di aiuto nel campo dell'elettrotecnica in questo mio primo e non facile compito.

INDICE DEI CAPITOLI

<i>Parte Prima</i> — <i>Capitolo I</i> — Elementi Propedeutici	Pag. 11
<i>Parte seconda</i> — <i>Capitolo I</i> — Elementi preliminari . . .	» 47
» <i>II</i> — Tubi elettronici . . .	» 63
» <i>III</i> — Amplificatori . . .	» 85
» <i>IV</i> — Accoppiamenti intervalvo- lari	» 93
» <i>V</i> — Diffusori sonori . . .	» 99
» <i>VI</i> — Oscillatori	» 103
» <i>VII</i> — Amplificatori AF. . .	» 115
» <i>VIII</i> — Modulatori	» 119
» <i>IX</i> — Propagazione delle ra- dioonde — Antenne . . .	» 131
» <i>X</i> — Ricevitori	» 147

P A R T E P R I M A
ELETTRTECNICA

ELEMENTI PROPEDEUTICI

1. Costituzione della materia: Teoria elettronica.

Prima di passare allo studio dei circuiti elettrici e dei risultati tecnici ottenuti dalla loro combinazione è necessario dare brevi cenni sulla costituzione della materia al fine di poter sapere per es. cosa avvenga in un conduttore quando è percorso da corrente elettrica, oppure come si modifichi il dielettrico di un condensatore sottoposto alle azioni di un campo elettrico, od infine quali forze agiscano nelle vicinanze di un solenoide quando questo, percorso da corrente, dia origine ad un campo magnetico.

Analizzando i corpi materiali costituenti il nostro pianeta, si vede che essi sono formati da sostanze che possono essere semplici o composte: semplici sono le sostanze come il rame, il ferro, il piombo, lo zinco, oppure l'idrogeno, l'ossigeno, l'elio od anche il calcio, il sodio ecc. chiamati rispettivamente, metalli, gas, metalloidi; composte sono le sostanze che risultano dalla combinazione di due o più sostanze semplici. L'acqua, ad es., è una sostanza composta: infatti può essere scomposta mediante un sistema speciale, chiamato elettrolisi, in due componenti semplici: idrogeno e ossigeno.

Se ora si suddivide una sostanza composta in parti sempre più piccole, si nota che si può giungere fino ad ottenere particelle piccolissime che conservano ancora le caratteristiche del corpo che le contiene, ma se si continua ancora in quella operazione si arriva ad un punto in cui le particelle ottenute non assomigliano più alla sostanza composta, ma hanno le caratteristiche dei corpi semplici formanti la sostanza stessa. Suddividendo, ad es., un pezzo di marmo (sostanza composta di carbonio e di calcio) arriveremo ad un punto in cui i pezzettini che ancora sono marmo saranno suddivisi in

pezzettini non più di marmo ma di carbonio e di calcio. Le parti infinitesime in cui un corpo composto può essere suddiviso senza essere scisso nei propri componenti si chiamano *molecole*. I componenti le molecole sono chiamati *atomi*. I corpi sono perciò costituiti dall'insieme di queste minuscole particelle che sono poste fra di loro a distanze molto superiori alle loro dimensioni e sono tenute da forze attrattive di *coesione*; esse sono poi animate da un movimento continuo ed agitato che può ritenersi la causa della temperatura dei corpi.

Per poterci spiegare i fenomeni elettrici, occorre penetrare nell'interno degli atomi e studiarne la costituzione. In essi non avremo più la presenza solo di materia, ma anche di elettricità che si manifesta in due modi differenti ed opposti: elettricità positiva ed elettricità negativa. Caratteristica di queste elettricità è di agire tra di loro con forze di attrazione, se di segno opposto, di repulsione se del medesimo segno. L'atomo è perciò formato da un nucleo molto stabile contenente particelle chiamate *protoni* e da un'aureola di altre particelle, meno saldamente vincolate all'atomo, che sono sempre uguali per atomi di qualsiasi sostanza e che sono chiamate *elettroni*. Tanto i protoni quanto gli elettroni hanno una propria massa, essendo quella di un protone uguale a circa 2000 volte quella di un elettrone, la quasi totalità della massa dell'atomo è concentrata nel nucleo.

Come è stato prima accennato, occorre considerare l'elettricità contenuta nell'atomo e precisamente gli elettroni che contengono elettricità negativa, i protoni contenenti elettricità positiva.

Per *elettricità negativa* s'intende quindi quella manifestata dagli elettroni che sono la più piccola manifestazione di elettricità negativa; per *elettricità positiva* quella manifestata dai protoni.

Per la proprietà prima accennata, le due elettricità spingerebbero gli elettroni a cozzare, per effetto della forza di attrazione, contro i protoni. Questo è evitato dal fatto che gli elettroni non sono fermi, ma animati da una rotazione attorno al nucleo che dà luogo ad una forza centrifuga, la quale controbilancia la forza di attrazione. Atomo elettricamente neutro è un atomo in cui la somma delle cariche positive è uguale alla somma delle cariche negative.

2. Corrente elettrica.

Gli atomi dei vari corpi sono tra loro molto simili e si differenziano solo per il numero dei protoni e degli elettroni in esso contenuti (fig. 1). Il loro numero ascende a 92.

A caratterizzare una sostanza ed a distinguerla da un'altra, serve il numero dei protoni formanti i rispettivi nuclei. La perdita o l'acquisto di un protone in un nucleo, fenomeno che si verifica solo nelle sostanze radioattive, oltre a squilibrio elettrico porta anche ad un cambiamento di sostanza. La perdita o l'acquisto di un elettrone da parte di un atomo porta solo a squilibrio elettrico. Un atomo diventa quindi elettricamente positivo se ha perduto elettroni, negativo se ne ha acquistati. In tali casi l'atomo viene chiamato *jone positivo* oppure *jone negativo*.

Normalmente gli atomi dei metalli perdono con facilità uno o più elettroni, che diffondendosi negli spazi interatomici assumono movimenti disordinati nell'interno del metallo. Gli atomi che hanno perso gli elettroni diventano joni positivi per cui, appena lo possono, riprendono gli elettroni perduti. Se si fa in modo di orientare gli elettroni vaganti nei metalli e di obbligarli a seguire un percorso determinato, si dà luogo ad un flusso ordinato di elettroni detto *corrente elettrica*. Il cammino percorso dagli elettroni si chiama *circuito elettrico*. Il movimento degli elettroni che costituisce la corrente elettrica è simile a quella di un liquido in un condotto. La causa che fa muovere il liquido è la differenza di altezza fra il punto da cui arriva ed il punto verso il quale si muove.

Nello stesso modo la causa che fa spostare gli elettroni da un punto di un circuito ad un altro è una differenza di livello elettrico che viene chiamata *differenza di potenziale* od anche *tensione*. In fatti se per potenziale elettrico s'intende la pressione elettrica esercitantesi tra cariche esistenti in un punto, si vede che unendo due punti a potenziale diverso si ha tendenza a ristabilire l'equilibrio con passaggio di *elettroni* (cariche elettriche) da un punto ad un altro. Ma mentre nel paragone idraulico il flusso del liquido avveniva dal punto a livello superiore a quello a livello inferiore, nei conduttori la corrente elettrica non è passaggio di cariche positive, come si era ad un tempo creduto, da un punto a potenziale più alto verso punti a potenziale più basso, ma un flusso di cariche negative (elettroni) che si muovono da punti a potenziale basso (negativo) verso punti a potenziale più alto (positivo).

Limitandosi nell'elettrotecnica solo allo studio delle manifestazioni energetiche della corrente, è indifferente considerare la corrente tanto come flusso di cariche positive quanto di negative. Adotteremo in questo testo l'antica convenzione.

Gli apparecchi che servono a produrre ed a mantenere le differenze di potenziale si chiamano *generatori di forza elettromotrice*

In quanto determinando delle d. d. p. vengono a produrre il passaggio della corrente nei circuiti. Questi apparecchi sono le macchine elettrostatiche, le pile, gli accumulatori, le dinamo, gli alternatori.

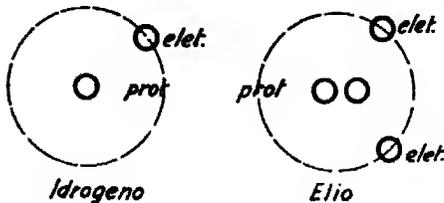


Fig 1

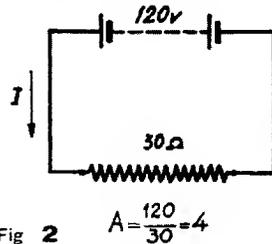


Fig 2

3. Resistenza elettrica.

Le differenze di potenziale si misurano in *volt* (V.) e gli strumenti di misura si chiamano *voltmetri*. La corrente che passa in un conduttore ai cui capi è applicata una differenza di potenziale è più o meno grande a seconda del conduttore e della sua forma.

La corrente elettrica si misura in *ampere* (A.) e gli strumenti che servono a questo scopo si chiamano *amperometri*. Per correnti deboli si usa come unità di misura il *milliampere* (mA.), che è la millesima parte dell'ampere. Gli strumenti di misura che sono sensibili a queste deboli correnti si chiamano *milliamperometri*.

La quantità di elettricità che passa in un corpo durante un determinato tempo si misura in *coulomb* (C.); precisamente il coulomb è la quantità di elettricità trasmessa dalla corrente di un ampere in un minuto secondo.

La quantità di corrente che passa in un conduttore ad una data tensione è tanto più piccola quanto più il conduttore è sottile e quanto più è lungo. Inoltre essa dipende dal materiale impiegato nel circuito ed il suo valore è tanto più piccolo quanto più il materiale è cattivo conduttore. La resistenza che esso offre al passaggio della corrente si chiama *resistenza elettrica*. L'unità di misura di questa grandezza elettrica è l'*ohm* (Ω) e gli strumenti che la rivelano sono chiamati *ohmetri*. Oltre all'ohm vengono usati i suoi multipli quali il *kilo-ohm* (K Ω) equivalente a mille ohm ed il *mega-ohm*, pari ad un milione di ohm.

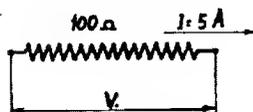
4. Legge di Ohm.

La legge di Ohm esprime la relazione che esiste fra la tensione ai capi di un circuito, la corrente che in esso passa e la sua resistenza elettrica; la dipendenza tra le tre grandezze elettriche è espressa dalle tre seguenti relazioni :

1. $V : \Omega = A$
2. $\Omega \times A = V$
3. $V : A = \Omega$

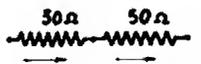
che non sono altro che tre espressioni energetiche di una stessa legge e che permettono la soluzione dei tre seguenti problemi tecnici molto frequenti nello studio dei circuiti elettrici :

1. - Trovare la corrente che passa in un circuito quando sia nota la sua resistenza e la tensione ai suoi capi (fig. 2).
2. - Trovare la tensione ai capi di un circuito quando sia conosciuta la resistenza dello stesso e la corrente che vi passa (fig. 3).
3. - Determinare il valore della resistenza di un circuito quando si sia a conoscenza della tensione ai suoi capi e della corrente che vi passa.



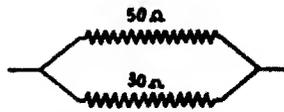
$$V = 100 \times 5 = 500 \text{ V.}$$

Fig 3



$$R = 50 + 30 = 80 \Omega$$

Fig 4



$$R = \frac{50 \cdot 30}{50 + 30} = \frac{1500}{80} = 18,7$$

Fig 5

5. Accoppiamento di resistenze.

Le resistenze possono essere accoppiate in due modi diversi : in serie (fig. 4) ed in parallelo (fig. 5).

Nel primo caso il valore della resistenza complessiva è uguale alla somma delle due resistenze; se con R' si indica il valore della prima, con R'' quello della seconda, la resistenza totale è

$$R = R' + R''$$

Nel secondo caso la resistenza complessiva è uguale all'inverso della somma degli inversi : usando gli stessi simboli impiegati nell'espressione precedente abbiamo :

$$R = \frac{I}{\frac{I}{R'} + \frac{I}{R''}}$$

Se le resistenze sono solo due questa espressione si trasforma nella seguente :

$$R = \frac{R' \times R''}{R' + R''}$$

Mentre per le resistenze in serie la resistenza totale è sempre maggiore di ciascuna resistenza, per quelle in parallelo la resistenza complessiva è sempre minore di ciascuna delle componenti; infatti ogni resistenza è percorsa da una corrente che è sempre minore di quella che passerebbe se fosse da sola inserita nel circuito.

6. Reostato.

Qualora necessiti una scala variabile di valori della resistenza, si può escludere o inserire nel circuito una parte della resistenza applicandovi un cursore scorrevole : spostando tale cursore lungo la resistenza si determina il valore desiderato tra un morsetto della resistenza stessa e il morsetto del cursore. Questo apparecchio si chiama *reostato*. (fig. 6) Il reostato può anche essere ottenuto mettendo in



Fig 6

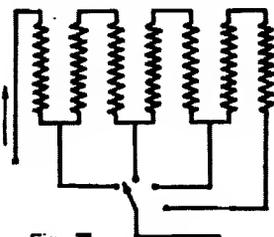


Fig 7

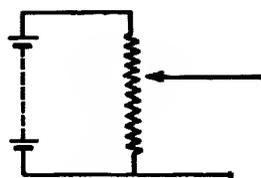


Fig 8

serie molte resistenze e collegando i rispettivi punti di unione con altrettanti elettrodi di un commutatore rotante a scatti, girando il quale si può escludere parte delle resistenze in serie (fig. 7).

7. Potenzimetro.

Il potenziometro serve per ottenere una differenza di potenziale variabile tra due valori fissi (fig. 8).

La differenza di potenziale può essere data da una batteria di pile ai cui morsetti si collega una resistenza con un cursore variabile scorrente su di essa. La tensione ai morsetti della batteria si distribuirà lungo la resistenza, per cui sarà possibile tra il terminale della resistenza ed il corsoio, prelevare una differenza di potenziale variabile.

8. Capacità elettrica.

Capacità elettrica viene definita l'attitudine di un corpo a caricarsi di elettricità. Essa misura il numero di coulomb che il corpo acquista sotto l'azione di un volt. Se il potenziale che determina la carica è maggiore di un volt, il valore della capacità si ottiene dividendo il valore della carica per il potenziale; per cui, generalizzando, la capacità è:

$$C = \frac{Q}{V}$$

L'unità di capacità è il *farad* (F) che è definito come la capacità di un corpo che acquista il potenziale di un coulomb sotto la differenza di potenziale di un volt. Oltre al farad vengono usati i suoi sottomultipli: il *microfarad* (μF), che è la milionesima parte del farad, il *micromicrofarad* ($\mu\mu\text{F}$), che è la milionesima parte dei microfarad; dai radiotecnici il micromicrofarad viene chiamato anche *picofarad* (pF).

9. Condensatore.

Il condensatore è un apparecchio formato da due piastre metalliche separate da un isolante (dielettrico) (fig. 9), avente capacità molto grande in rapporto alle proprie dimensioni fisiche in modo da permettere l'accumulo di una grande quantità di elettricità anche con piccole differenze di potenziale.

Se si carica una piastra del condensatore positivamente, sulla faccia interna dell'altra vengono indotte cariche negative mentre su quella esterna sono respinte cariche positive (fig. 9). In conseguenza di ciò, se si collegano le piastre di un condensatore con i poli di una pila, la piastra collegata col polo positivo induce sull'altra: internamente delle cariche negative, esternamente delle cariche positive che

raggiungono il polo negativo della pila fig. 10). Si stabilisce così una corrente attraverso il condensatore, detta *corrente di carica*, la quale ha breve durata perchè cessa quando il condensatore ha raggiunto la carica completa. Cessata questa corrente resteranno allora, sulla prima faccia delle cariche positive, sulla seconda delle cariche negative, le quali, attraendosi tra di loro, determinano l'accumulo di sè stesse (cioè di elettricità). Il dielettrico fra le piastre subisce una modifica (*polarizzazione*) dovuta al fatto che l'elettricità dei suoi atomi, pur non essendo libera di muoversi, si sposta nell'interno dell'atomo stesso, orientandosi la positiva verso la piastra negativa, la negativa verso la positiva. L'isolante è sottoposto così all'azione di sforzi interni che tendono a schiacciarlo nel senso da una piastra all'altra ed allungarlo in senso laterale. Lo strato di atomi superficiali (per esempio quello adiacente alla piastra positiva) presenta a questa faccia cariche negative, che neutralizzano perciò una parte delle cariche positive della piastra stessa. Il contrario succede per l'altra piastra. Queste cariche superficiali si chiamano cariche indotte di polarizzazione e fanno aumentare la capacità del condensatore.

L'attitudine del dielettrico a polarizzarsi si chiama *costante dielettrica* (ϵ) o *potere induttore dell'isolante*. L'isolante deve inoltre impedire che le cariche positive e negative sulle piastre del condensatore si riuniscano. Se il condensatore è troppo carico l'isolante non resiste più e nell'interno di esso si ha una scarica con la perforazione dell'isolante stesso. La capacità di un condensatore è tanto più grande quanto più grande è la superficie delle sue armature, quanto più piccola è la loro distanza e quanto più grande è la costante dielettrica dell'isolante. Essa si calcola con la formula :

$$C = \epsilon \frac{S}{4 \pi d}$$

ove (ϵ) è la costante dielettrica dell'isolante, S la superficie dell'armatura, d lo spessore del dielettrico, $4\pi = 6,28$.

Nella formula scritta se S è espresso in cm^2 , d in cm la capacità risulta pure espressa in cm . (1 cm . = \sim 1 pF).

10. Condensatori industriali.

Dalla formula $C = \epsilon \frac{S}{4 \pi d}$ precedentemente vista, si nota come il valore della capacità di un condensatore aumenti al crescere del

valore di ϵ del dielettrico. Per questa ragione viene impiegata la mica come isolante fra le piastre dei condensatori (fig. 11). Anzichè mica si può usare carta paraffinata, posta fra strisce di stagnola, (fig. 12) ottenendo valori alti di capacità. Capacità ancor più elevate si ottengono con i condensatori elettrolitici, in cui la formazione del dielet-



Fig. 9

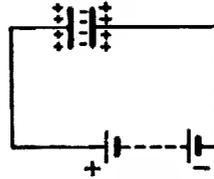


Fig. 10



Fig. 11

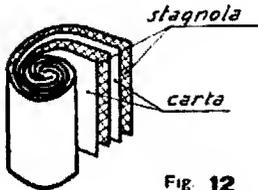


Fig. 12

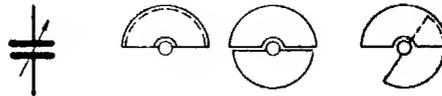
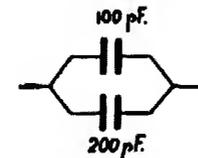


Fig. 13

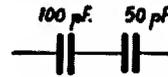


Fig. 14



$$C = 100 + 200 = 300 \text{ pF}$$

Fig. 15



$$C = \frac{100 \cdot 50}{100 + 50} = \frac{5000}{150} = 33,3 \text{ pF}$$

Fig. 16

trico si ottiene sfruttando il fenomeno della polarizzazione delle pile. Questi condensatori sono infatti composti da due elettrodi di alluminio immersi in una sostanza acidulata; inviando una corrente nell'interno del condensatore si determina sull'anodo la formazione di uno strato di ossido o di gas il quale serve da dielettrico.

Dopo la formazione dello strato si fa cessare la corrente ed il condensatore è pronto per l'uso; questi tipi di condensatori presentano evidentemente una polarità ben determinata.

11. Condensatori variabili.

Si ha un condensatore variabile quando è possibile variare il suo valore di capacità aumentando o diminuendo la superficie delle armature oppure la loro distanza. Un tipo a superficie variabile è chiaramente illustrato dalla fig. 13. Esistono poi dei condensatori di capacità molto piccola, che vengono usati per la taratura dei circuiti oscillanti degli apparecchi radio e che sono chiamati compensatori. (fig. 14).

12. Accoppiamento di condensatori.

I condensatori si possono riunire tra loro accoppiandoli in parallelo oppure in serie. L'accoppiamento in parallelo si dice *in capacità* (fig. 15); in questo caso le due capacità si sommano; se C' e C'' sono le due capacità, la capacità totale

$$C = C' + C''.$$

Si possono anche accoppiare in serie e allora si dice *in tensione*. La capacità totale è più piccola di quella di ognuno dei condensatori.

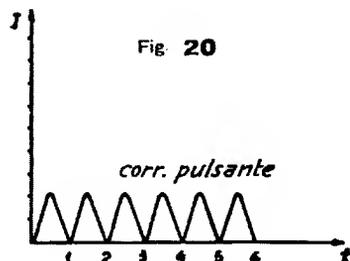
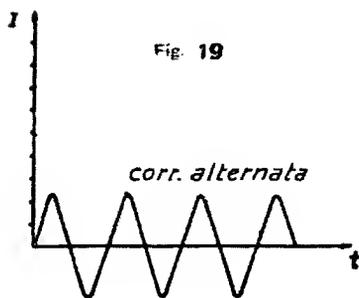
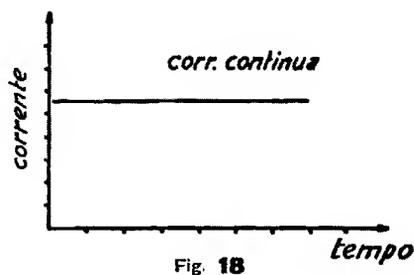
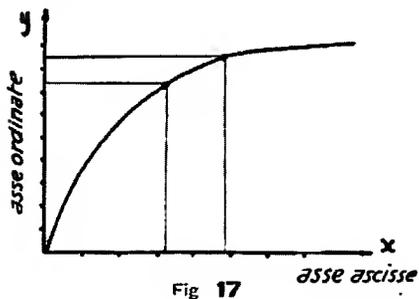
$$C = \frac{C' \times C''}{C' + C''} \quad \text{oppure} \quad C = \frac{1}{\frac{1}{C'} + \frac{1}{C''}} \quad (\text{fig. 16}).$$

13. Rappresentazioni grafiche.

Quando si è in presenza di una grandezza elettrica che varia, ci si può servire, per studiarne l'andamento, della sua rappresentazione grafica su un foglio da disegno.

Per fare questo si traccia su un foglio di carta millimetrata una retta chiamata *asse* e perpendicolarmente a questa un'altra verticale. L'incontro dei due assi si chiama *origine*. Da questa in un verso stabilito da una freccia si riportano sull'orizzontale dei valori opportuni; altri valori si riportano sulla linea verticale. Le due rette, dette rispettivamente *asse delle ascisse* e delle *ordinate*, sono chiamate *assi cartesiani* oppure *assi coordinati*. Mediante questi assi si può fare la rappresentazione grafica, o *diagramma* di una quantità variabile al variare di un'altra da cui dipende (fig. 17); per esempio si può studiare come vari in un circuito la corrente in dipendenza della ten-

sione applicata ai suoi capi. Si riportano i valori di una grandezza sull'asse delle ascisse, quelle dell'altra sull'asse delle ordinate. Per ogni valore sull'ascissa (x) si segna il corrispondente valore dell'ordinata (y). Il punto del diagramma corrispondente si trova



mandando dal valore x e dal valore y le rette parallele agli assi finchè si incontrano nel punto da trovare. Congiungendo i punti così individuati si ottiene il diagramma. Vediamo ora alcuni esempi di diagrammi di grandezze variabili in funzione del tempo. Una linea parallela all'asse delle ascisse rappresenta una corrente continua (fig. 18). Il diagramma della figura 19 può invece rappresentare una corrente alternata, cioè una corrente che scorre nei fili successivamente ora in un senso ora in un altro e il cui valore è continuamente variabile. Arrivato ad un massimo in un senso, torna a zero, per poi invertire il proprio senso e raggiungere un massimo in senso contrario, per tornare nuovamente, dopo una serie di valori decrescenti, a zero.

In figura 20 si ha la rappresentazione di una corrente pulsante ed in figura 21 quello di una corrente alternativa modulata.

14. Effetto termico della corrente - Legge di Joule.

La corrente passando dentro un conduttore lo riscalda: questo effetto si chiama *effetto termico*. Esso trova grande applicazione per il riscaldamento e l'illuminazione elettrica.

Il calore sviluppato per l'effetto termico si misura in calorie. La *caloria* è la quantità di calore necessaria a riscaldare di un **grado** un Kg. di acqua. Per produrre questo calore deve essere consumata dell'energia elettrica. L'energia elettrica consumata da una corrente in un secondo si chiama potenza dissipata ed è tanto maggiore quanto maggiore è la tensione e l'intensità della corrente. L'energia elettrica consumata in un secondo dalla corrente si misura in *watt* (W).

Se la corrente circola in una resistenza i watt si ottengono moltiplicando i volt di tensione ai morsetti per gli ampere di corrente, cioè

$$W = V \times I$$

Se poi la resistenza è conosciuta, sapendo dalla legge di Ohm che $V = R \times I$, si può scrivere:

$$W = R \times I^2$$

L'energia corrispondente al consumo di un watt per un secondo si chiama *Joule* il quale è uguale a: $W \times$ secondo.

Mentre i Joule danno l'energia totale consumata, i watt ci forniscono l'energia consumata nell'unità di tempo.

Il *wattora* (Wh) è uguale a $3600 W \times$ secondo, cioè è uguale a 3600 Joule. Il KWh è $1000 Wh = 3600000 \times$ secondo = 3600000 Joule. Come si è visto, la corrente passando in una resistenza produce l'effetto di riscaldarla ed il consumo è il medesimo tanto se continua o alternata o pulsante.

15. Corrente alternata.

La corrente alternata è una corrente che cambia continuamente il suo senso, compiendo delle oscillazioni avanti ed indietro entro il conduttore. Ogni oscillazione completa è costituita da una ansa in un senso e un'ansa in senso contrario. (fig. 22). La durata di una oscillazione di corrente si chiama *periodo* (T) o ciclo (c). Il numero di

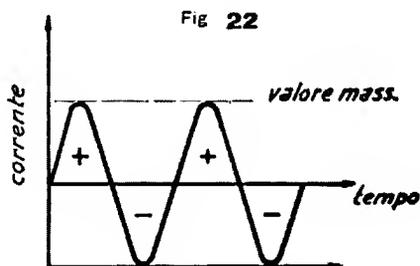
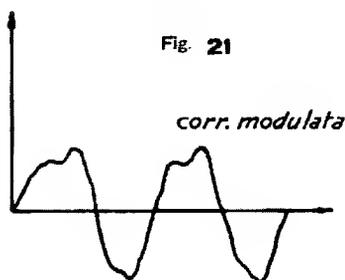
oscillazioni che avvengono in un secondo è detto *frequenza*. Il periodo perciò si trova dividendo il secondo per la frequenza; per cui

$$T = \frac{1}{f}$$

Dal diagramma della corrente alternata si vede che essa in ogni ciclo raggiunge un valore massimo in senso positivo ed un valore massimo in senso negativo, annullandosi tra l'uno e l'altro.

16. Consumo e potenza della corrente alternata.

Se noi vogliamo trovare il consumo della corrente alternata in una resistenza, non dobbiamo nell'espressione dei watt dissipati tener conto dei valori massimi della corrente bensì dei loro valori efficaci.



Difatti il consumo della corrente avviene tanto per un'alternanza che per l'altra di ogni ciclo; quindi la corrente alternata consuma come la corrente pulsante della fig. 23. Ma se prendiamo il valore massimo otteniamo un consumo superiore, perchè consideriamo la corrente come continua e con intensità uguale a quel valore massimo. Per ottenere effettivamente il consumo dobbiamo considerare un valore minore del massimo in modo da compensare gli istanti in cui la corrente è zero o quasi zero. Questo valore da prendersi si chiama *valore efficace della corrente* (I_{eff}) e si ottiene dividendo il valore massimo per 1,41, cioè per la radice di 2; invece di dividere si può moltiplicare per 0,707.

Il valore efficace è circa il 70% del valore massimo.

I watt di consumo si trovano esprimendo l'intensità col proprio valore efficace nella formula di Joule, cioè:

$$W = R \times I^2_{eff}$$

Come per la corrente si è considerato il valore efficace, così bisogna procedere anche per la tensione e precisamente

$$V \text{ eff.} = 0,7 V \text{ max}$$

I watt di consumo si trovano facendo il prodotto della tensione efficace per la corrente efficace :

$$W = V. \text{ eff.} \times I. \text{ eff.}$$

Oltre ai valori efficaci interessa talvolta conoscere il valore medio di una corrente variabile. Se la corrente è alternata il valore medio è zero. Per una corrente pulsante esso è invece compreso fra lo zero ed il valore massimo. Se questa corrente è ottenuta raddrizzando le semionde negative di una corrente alternata, il valore medio si trova moltiplicando per 0,635 il valore massimo.

17. Classificazioni delle correnti alternate.

Le correnti alternate vengono impiegate secondo la loro frequenza in usi determinati. Le frequenze più basse che si adoperano sono di qualche decina di cicli al secondo e le più alte di parecchie decine di milioni. Per frequenze alte come unità di misura, si usa il *chilociclo* ($Kc = 1000 c$). Per frequenze altissime si impiega il *megaciclo* ($Mc = 1000 Kc$) Invece di dire ciclo al secondo si può anche dire *Hertz* (Hz). Le frequenze più comunemente impiegate sono :

- 1) frequenze industriali da 42 a 60 Hz
- 2) frequenze acustiche da 200 a 5000 Hz.
- 3) radiofrequenze da 30.000 a 30.000.000 Hz.
- 4) frequenze per televisione o trasmissioni speciali da 30.000.000 a 300.000.000 Hz.

18. Passaggio di corrente alternata in un condensatore.

Un condensatore sottoposto a corrente continua viene caricato e la corrente passa per il tempo brevissimo della carica.

Oltre questo tempo la corrente non passa più. Se la corrente invece è alternata oppure oscillante (fig. 24) essa passa attraverso il condensatore tanto meglio quanto più alta è la sua frequenza e quanto più grande è la capacità del condensatore. Ad ogni oscillazione della

corrente, il condensatore viene caricato e scaricato; la corrente risulta però *sfasata* rispetto alla tensione che la produce.

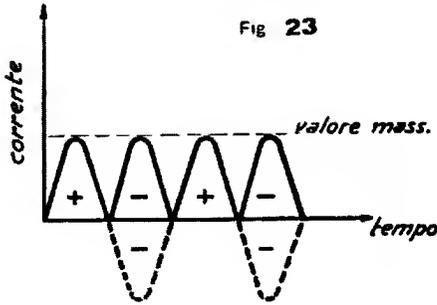


Fig. 23

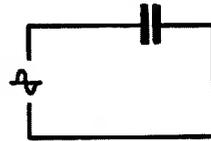


Fig. 24

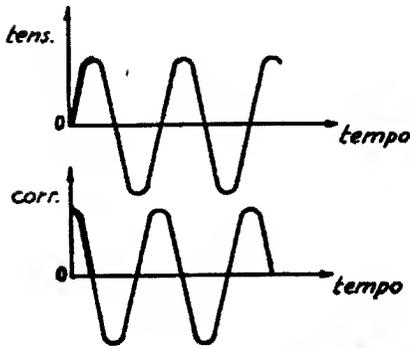


Fig. 25

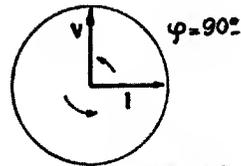


Fig. 26

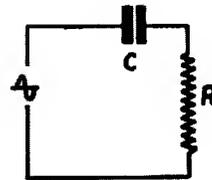


Fig. 27

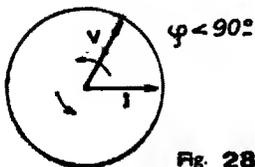


Fig. 28

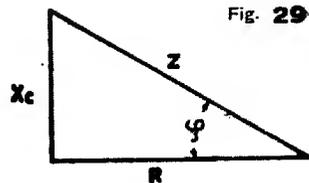


Fig. 29

Difatti quando il potenziale va da zero al valore massimo positivo (fig. 25) il condensatore viene percorso da una corrente di carica che cesserà quando il potenziale ha raggiunto il massimo ed il condensa-

tore sarà completamente carico. In una seconda fase, il potenziale va dal valore massimo a zero. Il condensatore si scaricherà allora formando una corrente di senso opposto a quella precedente. In una terza fase il potenziale va da zero al massimo negativo. Il condensatore si caricherà assorbendo una corrente che è la continuazione della corrente di scarica precedente e che si annullerà quando il potenziale ha raggiunto il massimo negativo. Infine il potenziale ritorna dal massimo negativo a zero. Il condensatore si scaricherà di nuovo in senso inverso a quello precedente di carica. La corrente è alternata come la tensione risultando però in anticipo di $1/4$ di periodo, cioè di 90° .

Rappresentando un ciclo della corrente con un cerchio, essendo l'intero cerchio di 360° , un quarto di ciclo corrisponderà a 90° ; allora si può dire che la corrente in un condensatore risulta in anticipo rispetto alla tensione di 90° . (fig. 26).

L'ostacolo che la corrente incontra passando entro un condensatore, si chiama *reattanza capacitiva* del condensatore (X_c). Questo ostacolo è tanto più forte quanto più piccola è la capacità. Difatti gli elettroni che costituiscono la corrente, hanno più difficoltà a caricare un condensatore di piccola capacità. La reattanza diminuisce con l'aumentare della frequenza, come si può vedere dalla formula:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

in cui la capacità è misurata in farad. Al denominatore si trova $2\pi f$ cioè 6,28 volte la frequenza; questo prodotto si chiama pulsazione (ω) della corrente. La reattanza capacitiva si può perciò anche scrivere

$$X_c = \frac{1}{\omega c}$$

La reattanza viene misurata in ohm; dividendo i volt di tensione per gli ohm della reattanza si trovano gli ampere passanti nel circuito. La corrente che passa attraverso un condensatore si dice *swattata*, ed i watt di consumo sono sempre zero.

19. Passaggio della corrente alternata in un circuito contenente un condensatore e una resistenza in serie.

In un circuito contenente una sola resistenza, la corrente è in fase con la tensione. In un circuito con solo un condensatore si ha uno sfasamento di 90° in anticipo. Quando sono in serie resistenza e con-

condensatore, si ha un caso intermedio fra questi due (fig. 27). La corrente risulta sfasata in anticipo con un angolo di sfasamento più piccolo di 90° (fig. 28). La corrente in questo circuito incontra un ostacolo il quale è dovuto sia alla resistenza sia alla reattanza presenti nel circuito. Questo ostacolo si chiama *impedenza* e si calcola con la regola pratica seguente: l'impedenza è l'ipotenusa di un triangolo rettangolo che ha per cateti la resistenza e la reattanza (vedi fig. 29). Essa è perciò:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

Lo sfasamento è l'angolo compreso fra l'ipotenusa e la resistenza. L'impedenza viene espressa in ohm come la resistenza e la reattanza. La corrente che passa in questo circuito, si trova dividendo i volt della tensione per gli ohm dell'impedenza. Il consumo della corrente alternata in questo circuito, a causa dello sfasamento fra tensione e corrente, risulta ridotto tanto più quanto più forte è lo sfasamento. I watt si trovano moltiplicando fra loro i volt efficaci per gli ampere efficaci e moltiplicando questo prodotto per un fattore che dipende dallo sfasamento e che si chiama *fattore di potenza*.

Questo fattore è detto anche $\cos \varphi$ e si trova dividendo la resistenza del circuito per l'impedenza, cioè:

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$$

Perciò il consumo in watt è eguale:

$$W = V_{eff} \times I_{eff} \times \cos \varphi$$

20. Angolo di perdita di un condensatore.

In un condensatore reale, le perdite non sono mai completamente zero, cioè la corrente alternata consuma un po' di energia passando attraverso ad un condensatore. Queste perdite sono dovute alla resistenza dei contatti ed al non perfetto isolamento del dielettrico. Quindi i watt consumati nel condensatore non sono esattamente zero, benchè siano sempre in quantità minima. Per la stessa ragione lo sfasamento della corrente rispetto alla tensione non è esattamente di 90° , ma leggermente inferiore. La differenza ai 90° si chiama angolo di perdita e si esprime con δ (δ). Le cause di perdita hanno una importanza diversa a seconda della frequenza a cui lavora il condensatore. Per bassa frequenza è importante avere un ottimo isolamento da

parte del dielettrico. Per alte frequenze è invece più importante che siano piccole le resistenze dei contatti dei conduttori alle armature.

21. Campo elettrico.

Sappiamo che un corpo carico esercita un'azione sopra un altro corpo anch'esso carico. Questa azione è attrattiva se i corpi sono carichi di elettricità di segno contrario, repulsiva se carichi di elettricità dello stesso segno.

Si chiama *campo elettrico* la formazione dello spazio in cui un corpo carico fa sentire la sua azione elettrica. Un campo elettrico si rappresenta con le linee di forza elettriche, le quali danno per ogni punto in cui passano la direzione in cui agisce la forza elettrica del campo (fig. 30). Per una sfera carica negativamente le linee di forza sono convergenti, cioè dirette verso il centro (fig. 31). Se si ha una sfera carica positivamente in vicinanza di un conduttore piano (ad esempio la superficie terrestre) le linee di forza partono dalla sfera e terminano a terra (fig. 32). Se la sfera fosse carica negativamente le linee di forza sarebbero dirette in senso contrario. Due sfere cariche di segno contrario danno un campo elettrico la cui forma ci è rappresentata nella fig. 33. Si vede che le linee di forza partono sempre dal corpo carico positivamente e terminano a quello carico negativamente.

In figura 34 si può osservare la forma del campo creato da due sfere cariche dello stesso segno.

Una sfera carica positivamente, tenuta isolata dentro una scatola metallica chiusa, attira sulle facce interne delle pareti delle cariche negative, che vengono chiamate *cariche indotte*. Sulle facce esterne delle pareti della scatola si avranno cariche positive anch'esse indotte (fig. 35).

Se la sfera è esterna, attira sulle facce più vicine della scatola delle cariche indotte negative, sulle facce lontane cariche indotte positive. Le linee di forza che partono dalla sfera e arrivano sulla scatola vengono ad essere prolungate da quelle che partono dalle cariche positive della scatola ma senza penetrare nell'interno di essa. Nell'interno della scatola non si ha quindi alcuna azione elettrica. In questo modo la scatola può funzionare da *schermo elettrico* nel senso che un corpo messo nell'interno della scatola non viene influenzato dall'azione elettrica dei corpi carichi esterni ad essa. Questo fenomeno si verifica sempre nell'interno di un involucro metallico, quand'anche questo fosse carico.

Nell'interno di un condensatore, le linee di forza vanno sempre

dai punti a potenziale più alto verso punti a potenziale più basso e sono rette fra loro parallele e normali alle armature (fig. 36). L'inten-

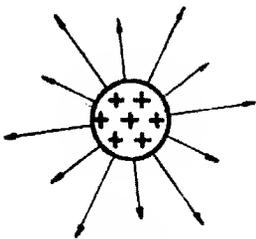


Fig. 30

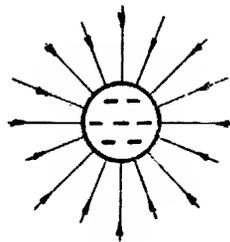


Fig. 31

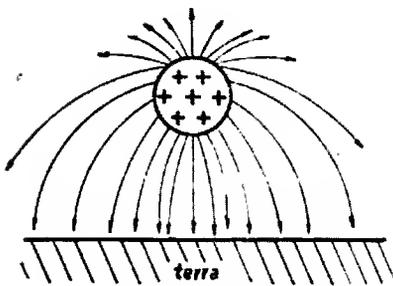


Fig. 32

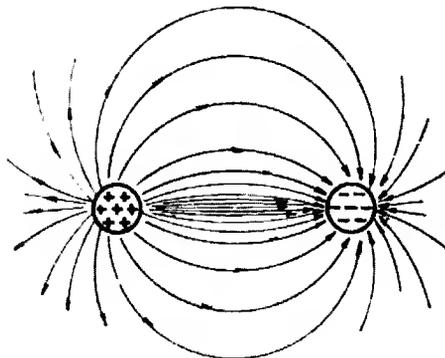


Fig. 33

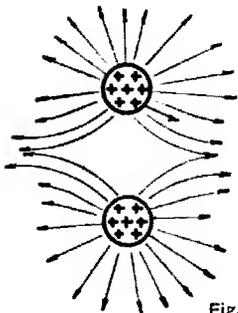


Fig. 34

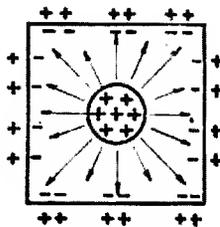


Fig. 35

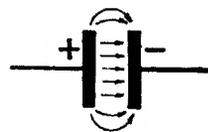


Fig. 36

sità del campo elettrico si misura esprimendo le differenze di potenziale in volt esistenti fra due punti fra di loro distanti un millimetro.

Le intensità dei campi elettrici sono molto diverse e possono talvolta raggiungere il valore di qualche centinaia di volt per millimetro.

22. Effetto magnetico della corrente - Bobine.

Le calamite naturali od artificiali sono costituite da due poli magnetici detti polo *nord* e polo *sud*. La bussola non è altro che un ago magnetico di acciaio che rivolge il suo polo nord verso il polo nord geografico della terra. Le calamite naturali sono formate da materiale ferroso: magnetite. Le calamite artificiali sono ottenute magnetizzando per mezzo della corrente elettrica dei pezzi opportunamente sagomati di acciaio dolce. Le calamite presentano la proprietà che il proprio polo nord non può essere diviso dal polo sud a differenza di quanto accade per l'elettricità, ove l'elettricità positiva può essere divisa dall'elettricità negativa. Così spezzando una calamita in due si ottengono due nuove calamite, aventi ciascuna i propri poli localizzati alle estremità (fig. 37). Tra i poli magnetici si esercitano delle azioni analoghe a quelle esercitantesi tra poli elettrici: poli dello stesso nome si respingono, poli di nome contrario si attraggono. Queste azioni fra i poli magnetici si chiamano *azioni magnetiche*.

Come abbiamo già fatto per il campo elettrico possiamo studiare le azioni magnetiche dovute ad una calamita mediante le linee di

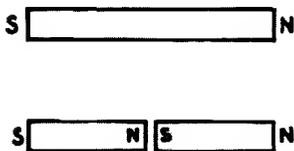


Fig. 37

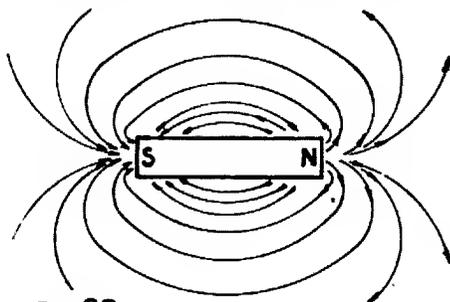


Fig. 38

forza magnetiche, cioè linee che rappresentano in ogni punto la direzione dell'azione magnetica esercitata dalla calamita. Si chiama *campo magnetico* il luogo di tutti i punti in cui si fa sentire l'azione magnetica (fig. 38). Nell'interno delle due estremità polari di una calamita a ferro di cavallo il campo magnetico ha direzione costante ed ha circa la stessa intensità salvo agli estremi. In relazione a quanto

prima detto, l'effetto magnetico consiste in questo: quando la corrente passa entro un filo conduttore lo rende simile ad un magnete, vale a dire che il filo percorso da corrente esercita un'azione magnetica sul polo nord e sul polo sud di una calamita.

Il campo magnetico di un filo conduttore rettilineo è costituito da linee di forza che sono dei cerchi intorno al filo e disposti normalmente ad esso. (fig. 39).

Avvolgendo un filo a forma di rocchetto si ottiene una *bobina*.

Si chiama *solenoid* un avvolgimento a forma cilindrica costituito da un solo strato di spire. Il campo magnetico dovuto ad una bobina è costituito da linee di forza che attraversano la bobina e si chiudono esternamente a forma di anelli. Le linee di forza che attraversano



Fig. 39

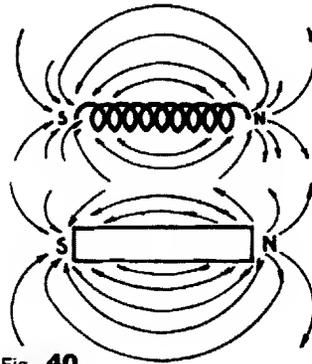


Fig. 40

sano tutta la bobina si dicono concatenate con la stessa. Quando le spire sono distanziate tra loro, per ogni spira ci saranno delle linee di forza le quali si chiudono solo attraverso quella, oppure concatenate con qualche altra vicina senza attraversare tutta la bobina. Le linee di forza entro la bobina hanno tutte la stessa direzione e l'intensità di esse nell'interno della bobina costituisce un flusso (Φ) di forza magnetica. Il campo magnetico entro la bobina ha una intensità proporzionale alla corrente che attraversa la bobina, cioè raddoppiando per esempio la corrente raddoppia l'intensità del campo magnetico, raddoppiandosi di conseguenza il numero delle linee di forza. La direzione delle linee di forza entro la bobina è stabilita dalla « regola del cava-tappi », cioè girando la corrente nel senso in cui si avvista un cava-tappi la direzione della forza magnetica è quella in cui avanza il cava-tappi stesso. La bobina si comporta esternamente come un magnete rettilineo, cioè presenta un nord magnetico dalla parte da

cui escono le linee di forza e sud magnetico dalla parte in cui entrano (fig. 40). Il flusso nell'interno della bobina si ottiene contando le linee di forza che attraversano la bobina stessa; il numero di linee di forza per cmq. di sezione della bobina misura l'intensità dell'azione magnetica nell'interno della bobina. Questa azione magnetica dipende anche dalla sostanza che riempie la bobina. Il ferro, l'acciaio, la ghisa, il nichel, il cobalto, rinforzano moltissimo l'azione magnetica della bobina stessa; per il ferro si ha una azione magnetica da 1000 a 3000 volte più forte rispetto a quella che si ha quando la bobina contiene semplicemente dell'aria; una lega di ferro e nichel detta Permalloy con alto tenore di nichel (70%) rinforza ancor più il campo magnetico. Tutte le altre sostanze compresi i metalli non hanno un'azione sensibile quando sono adoperati come nuclei di bobina. La ragione di questo fatto è che il ferro e le altre sostanze ferro-magnetiche sotto l'azione del flusso si magnetizzano e con il loro magnetismo contribuiscono ad aumentare il flusso concatenato con la bobina. L'azione magnetizzante o *forza magnetica* della bobina dipende dal numero delle spire, dalla sua lunghezza e dalla corrente che in essa circola. Se la bobina, costituita da N spire, ha forma rettilinea di lunghezza l viene percorsa da una corrente d'intensità I misurata in ampere, la forza magnetica H è uguale :

$$H = \frac{4\pi}{10} \frac{N}{l} \cdot I$$

L'effetto rinforzante del nucleo si misura mediante la permeabilità magnetica della sostanza (μ) di cui è fatto il nucleo. Per il ferro la permeabilità magnetica varia secondo la sua qualità da 1000 a 3000; il permalloy ha una permeabilità di circa 10.000. Le sostanze non ferromagnetiche come l'aria, il rame, l'alluminio hanno permeabilità 1.

L'azione magnetica di una bobina con nucleo di permeabilità μ viene ad essere μ volte maggiore e si chiama *induzione magnetica* (B) e si trova mediante l'espressione

$$B = \mu \cdot H$$

Il *flusso* d'induzione magnetica entro la bobina si ottiene moltiplicando B per la sezione S della bobina in cmq.

$$\Phi = B \times S$$

L'induttanza della bobina si trova dividendo il flusso concatenato con la bobina per la corrente che lo produce, cioè :

$$L = \frac{\Phi}{I}$$

Se la bobina ha la forma di un solenoide con le spire vicine l'una all'altra, e disposte su un solo strato, l'induttanza L si calcola con la seguente formula :

$$L = \frac{4 \pi N^2}{1.000.000.000 \ l} S \mu$$

Esprimendo la sezione in cmq. la lunghezza in cm. L viene misurata in henry (H). In pratica le induttanze hanno valori anche molto minori dell'henry, e si usa perciò esprimerle in *micro-henry* μ H). In questo caso la formula diventa la seguente :

$$L = \frac{4 \pi N^2}{1.000 \ l} S \mu$$

Quando la bobina è costituita da più strati di spire oppure è di lunghezza piccola rispetto al diametro, il valore trovato con la formula, si moltiplica per dei coefficienti che dipendono dallo spessore dell'avvolgimento e dalla lunghezza rispetto al diametro.

Anche un filo rettilineo percorso da corrente possiede un'induttanza la quale dipende dal diametro del filo e dalla sua lunghezza.

23. Correnti d'induzione.

Queste correnti si manifestano in un circuito quando questo è concatenato con linee di flusso variabile nel tempo. Esse si chiamano *correnti indotte* di induzione magnetica. La direzione di queste correnti è stabilita dalla legge di Lenz.

La corrente indotta da una variazione di flusso è sempre tale da creare un flusso che si oppone alla variazione di flusso che l'ha prodotta. Questo significa che se il flusso concatenato al circuito aumenta la corrente indotta circola in senso tale da opporsi a questo aumento, viceversa se diminuisce il flusso la corrente indotta crea un flusso nello stesso senso di quello in diminuzione. (fig. 41).

Nel primo circuito della figura circola una corrente che può essere interrotta manovrando il tasto. Durante la chiusura e l'apertura del circuito essa è variabile e produce un flusso magnetico variabile il quale penetra nel secondario. Il primo circuito si chiama circuito inducente o *primario*, il secondo indotto o *secondario*. Alla chiusura

ra del circuito primario il flusso magnetico è in aumento; allora nel secondario si ha una corrente indotta che crea un flusso il quale è opposto al flusso entrante in esso, per cui la corrente circola nel senso 1-2-3-4.

Se s'interrompe la corrente nel primo circuito il flusso entrante nel secondo sarà in diminuzione e la corrente indotta circolerà in senso contrario, cioè da 2 a 1 ossia nello stesso senso della corrente inducente.

Le variazioni di flusso si possono anche ottenere con il movimento di uno dei due circuiti rispetto all'altro.

Se nel primo circuito passa corrente alternata il flusso che attraversa il secondo circuito varia anch'esso alternativamente per cui nel circuito secondario si ha una corrente indotta alternata della stessa frequenza di quella primaria.

24. Applicazioni elettromagnetiche: strumenti di misura.

Gli strumenti di misura elettromagnetici sono costituiti da una calamita fissa a ferro di cavallo e da una bobinetta avvolta sopra un telaio girevole fra le due espansioni polari della calamita stessa. (fig. 42).

Al telaio è collegato un indice. Il telaio ha forma rettangolare e su di esso è fatto l'avvolgimento della bobina. Un cilindro di ferro costituisce poi il nucleo di essa in modo che resta libera di rotare, avendo inoltre il vantaggio di rinforzare il flusso magnetico che attraversa la bobina. Quando la corrente da misurare passa entro la bobina, questa diventa simile ad un magnete con le polarità dipendenti dalla direzione della corrente. La bobina tende così a ruotare perchè il polo sud viene attratto dal polo nord della calamita ed il suo nord dal sud. Il telaio tenderebbe così a disporsi normale alle linee di forza che vanno dal polo nord al polo sud della calamita fissa.

Una molla antagonista ostacola però la rotazione del telaio il quale gira allora di un angolo proporzionale alla corrente.

L'indice dello strumento collegato al telaio permette di leggere su di una scala l'intensità della corrente.

Ogni strumento ha una portata dipendente dalla corrente minima che è capace di far ruotare il telaio e dalla corrente massima che è capace di sopportare la bobina senza bruciarsi e senza rovinare l'insieme della bobina e dell'ago per colpi di corrente troppo forti.

Si può aumentare la portata di uno strumento mediante l'appli-

cazione allo stesso delle *derivazioni o shunt* (fig. 43). Lo strumento presenta una propria resistenza interna la quale è all'incirca la resistenza della bobina; mettendo in parallelo allo strumento una resistenza nove volte più piccola di quella dello strumento la corrente da misurare si divide nei due rami in parallelo costituiti dallo strumento e dallo shunt in modo che nove parti passino per lo shunt ed una parte delle dieci passi per lo strumento. La corrente totale può essere quindi dieci volte maggiore di quella massima che può sopportare lo strumento. Nello stesso modo mettendo uno shunt di resistenza 99 volte più piccolo di quello dello strumento la corrente totale può essere 100 volte maggiore.

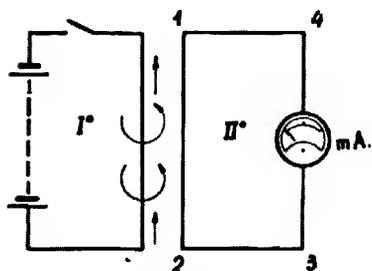


Fig 41

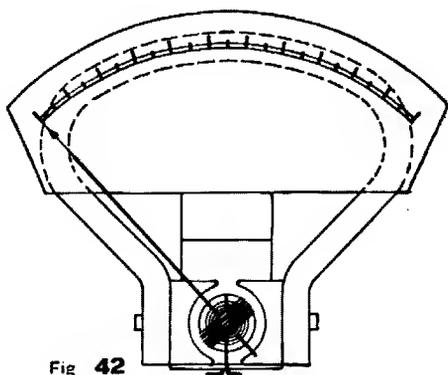


Fig 42

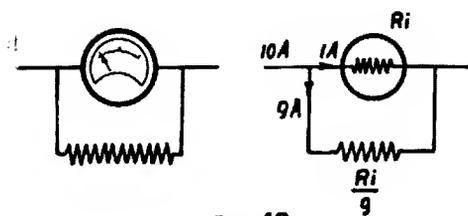


Fig 43

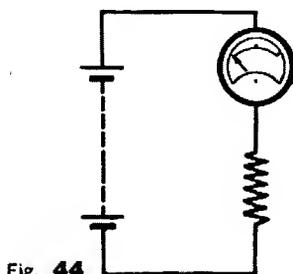


Fig 44

Così uno strumento che sopporta al massimo 6 mA, cioè ha una portata fino a 6 mA (e si chiama milliamperometro) con uno shunt di resistenza un nono di quella dello strumento misura fino a 60 mA,

con uno shunt di resistenza eguale a un novantesimo misura fino a 600 mA, con una resistenza ancor più piccola, cioè eguale ad un novacentonovantanovesimo, misura fino a 6 A (lo strumento si chiama in questo caso amperometro). La corrente da misurare come abbiamo già visto, va fatta passare entro lo strumento per cui gli amperometri vanno messi in serie al circuito percorso dalla corrente.

Per le misure di tensione si può adoperare uno strumento dello stesso tipo con la differenza che dovendo misurare una differenza di potenziale fra i due punti, il voltmetro va messo in parallelo al circuito fra questi due punti. La bobina dello strumento ha di solito una resistenza molto piccola ed allora chiudendo il circuito anche su una differenza di potenziale di pochi volt la corrente che passerebbe nello strumento sarebbe troppo forte. Per esempio avendo una bobina di 0,1 ohm ed una differenza di potenziale di 20 volt, nella bobina passerebbero 200 ampere. Per questa ragione va messo in serie alla bobina dello strumento una resistenza addizionale molto elevata in modo da ridurre la corrente (fig. 44).

Così se si vuole adoperare un milliamperometro la cui bobina sopporta al massimo 6 mA come voltmetro fino a 600 volt, la resistenza addizionale si può calcolare dividendo

$$\frac{600}{0,006} = 100.000 \text{ ohm}$$

e sottraendo dal quoziente il valore della resistenza interna dello strumento.

Aggiungendo resistenze addizionali più elevate si potrebbero misurare tensioni più alte; ma non si potrebbero oltrepassare certi limiti che dipendono dall'isolamento dei circuiti stessi che si hanno nello strumento. Gli strumenti elettromagnetici, a magnete permanente ora descritti, possono però servire solo per misure di correnti e tensioni continue in quanto le deviazioni dell'ago dipendono dal senso della corrente.

Inviando una corrente alternata non si avrebbe nessuna indicazione, perchè l'ago riceverebbe continuamente impulsi di senso contrario e per la sua inerzia non farebbe in tempo a spostarsi né da una parte né dall'altra.

Per correnti alternate si adoperano strumenti in cui l'effetto che fa deviare l'ago non dipende dal senso della corrente. Di questo tipo sono gli *Amperometri termici*, basati sull'effetto termico della corrente. Sono costituiti (fig. 45) da un filo metallico il quale riscaldandosi al passaggio della corrente subisce un dilatamento. Il filo

viene tenuto teso da una piccola molla e quando si allunga, il movimento viene trasmesso ad un indice. Questi strumenti servono tanto per misure di corrente continua quanto di alternata e per quest'ultima viene letto sulla scala il suo valore efficace.

Per misurare correnti ad alta frequenza si usano apparecchi speciali detti a *termo-coppia* (fig.46). Questi strumenti sono molto sensibili e quindi si prestano per misurare correnti relativamente deboli. Il loro funzionamento è basato sul fenomeno termoelettrico, per cui saldando due fili metallici insieme mediante due saldature e tenendo queste saldature a temperatura diversa nel circuito formato dai due fili si viene a generare una forza elettromotrice che dà luogo

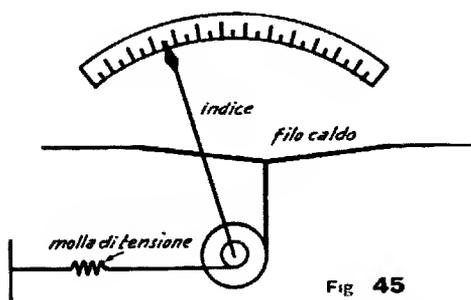


Fig 45

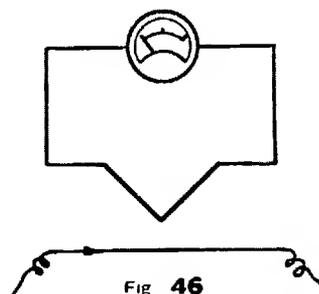


Fig 46

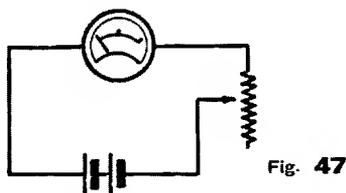


Fig. 47

ad una corrente. La corrente da misurare, che può essere ad esempio la corrente passante nei fili di alimentazione di un aereo, viene fatta scorrere entro un filo il quale (per effetto Joule) si riscalda; vicinissimo al filo si pone la saldatura fra i due metalli diversi per cui anch'essa risulta riscaldata, contrariamente all'altra saldatura che essendo lontana resta a temperatura ambiente. Si sviluppa perciò per effetto di differenza di temperatura una corrente che viene misurata da un milliamperometro molto sensibile.

Gli *ohmmetri* che si adoperano per misure dirette di resistenze non sono altro che dei milliamperometri forniti di una pila e di un si-

stema di regolazione mediante un reostato in modo che ai capi della resistenza incognita da misurare venga sempre applicata una differenza di potenziale costante (fig. 47).

25. Trasformatori.

I *trasformatori*, tecnicamente detti trasformatori statici, sono costituiti da due avvolgimenti, *primario e secondario*, isolati tra loro ed accoppiati in virtù dell'azione magnetica l'uno sull'altro (fig. 48).

I trasformatori realizzano una trasformazione di una corrente alternata con una data tensione, in una corrente anch'essa alternata della stessa frequenza e con diversa tensione. Si dicono *elevatori* di tensione oppure in salita, quando la tensione ai morsetti del secondario è maggiore di quella applicata. *Riduttori* o in discesa, nel caso contrario; *traslatori* quando non realizzano alcun cambiamento di tensione.

Il loro funzionamento è basato sul fenomeno delle correnti indotte. La corrente alternata che circola nel primario produce un flusso magnetico, variabile con la stessa frequenza della corrente, e che penetra nel secondario; questo flusso variabile concatenato col secondario crea in esso delle correnti indotte. Per aumentare il flusso magnetico e far sì che esso non si disperda, le due bobine sono montate su un nucleo di materiale ferromagnetico, avvolte l'una sull'altra su un'asta centrale del nucleo fatto a forma di telaio.

L'effetto riduttore della tensione dipende dal rapporto fra il numero delle spire del secondario e il numero delle spire del primario. Questo rapporto si chiama *rapporto di trasformazione*. Così se le spire del primario sono 50 e le spire del secondario 250 il rapporto di trasformazione è

$$n = \frac{250}{50} = 5$$

La tensione ai morsetti del secondario è così 5 volte maggiore della tensione applicata al primario risultando, però, le correnti trasformate in senso inverso; nell'esempio fatto la corrente secondaria è 5 volte minore di quella primaria. Per questa ragione l'avvolgimento che ha più spire può essere fatto con un filo più sottile. La tensione al secondario si ottiene moltiplicando quella al primario per il rapporto fra le spire, cioè :

$$V_2 = V_1 \times n.$$

La corrente al secondario si ottiene dividendo invece quella al primario per il rapporto di trasformazione, cioè :

$$I_2 = \frac{I_1}{n}$$

La potenza resa al secondario risulta uguale a quella assorbita dal primario, cioè :

$$V_2 \times I_2 = V_1 \times I_1$$

Queste relazioni sono quasi esatte almeno in pratica, perchè le perdite nei trasformatori ben costruiti sono piccole e quindi praticamente si può ritenere la potenza resa al secondario uguale alla potenza assorbita al primario. Queste perdite vanno dal 5 al 10% e sono dovute a varie cause; fra queste sono molto importanti quelle dovute alle correnti indotte che si formano nei circuiti metallici interni nella massa del nucleo. Queste correnti consumano energia riscaldando

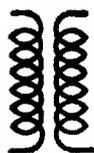


Fig. 48

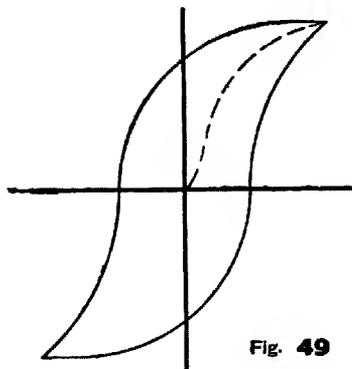


Fig. 49

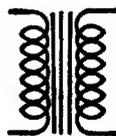


Fig. 50

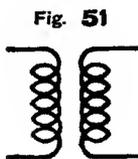


Fig. 51

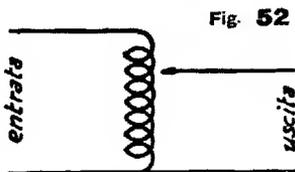


Fig. 52

il nucleo (correnti di Foucault); per ridurre queste perdite ed evitare cioè la formazione dei circuiti metallici nel ferro si fanno anche con lamierini isolati con carta anzichè compatti (fig. 50).

Un'altra causa di perdite si ha nel fatto che il nucleo di ferro è continuamente sottoposto ad una magnetizzazione variabile ciclicamente con frequenza uguale a quella della corrente di alimentazione. Il ferro presenta il fenomeno dell'*isteresi magnetica*, cioè si magnetizza e si smagnetizza sempre in ritardo rispetto al campo magnetico prodotto dalla corrente. Al crescere del campo magnetico la magnetizzazione aumenta fino ad un valore massimo (fig. 49) oltre il quale non può più aumentare (saturazione). Diminuendo il campo magnetico fino a zero il ferro non si smagnetizza completamente (magnetismo residuo). Per annullare questo magnetismo occorre un certo valore del campo magnetico in senso opposto a quello di prima (forza coercitiva). Aumentando il campo magnetico in senso contrario il ferro di nuovo si satura magneticamente in senso opposto e facendo diminuire di nuovo il campo si ripeterà lo stesso fenomeno di magnetismo residuo; si dovrà perciò applicare una nuova forza coercitiva per poter annullare la magnetizzazione rimasta; aumentando di nuovo il campo aumenterà la magnetizzazione del nucleo fino a raggiungere la saturazione e con ciò la chiusura del diagramma rappresentante il fenomeno, chiamato *ciclo d'isteresi*.

Per ridurre il lavoro necessario a magnetizzare e smagnetizzare il ferro lo si unisce in lega con altri metalli in modo che essi presentino il minimo possibile magnetismo residuo ed il ciclo d'isteresi risulti il più possibile sottile. L'energia necessaria a far percorrere al ferro il suo ciclo d'isteresi si trasforma anch'essa in calore. Le due perdite sopra citate sono chiamate perdite nel ferro; per lamierini di tre, quattro decimi di spessore e per frequenze di tipo industriale dai 40 ai 60 cicli al secondo queste perdite sono complessivamente di circa :

- 3,6 a 2,5 W per Kg. di ferro per lamierini di ferro dolce;
- 1,8 a 1,5 W per Kg. di ferro per lamierini di ferro in lega;
- 1,3 a 1,2 W per Kg. di ferro per lamierini di ferro elettrolitico.

Il ferro in lega è di solito ferro al silicio con piccola percentuale di silicio. Altre cause di perdite sono dovute alla resistenza dell'avvolgimento primario ed a quella del secondario; queste si riducono scegliendo opportunamente le sezioni del filo che costituisce ciascun avvolgimento. Queste sezioni si possono fare relativamente grandi ma occorre tener presente anche i fattori dell'economia del materiale e dell'ingombro consentito per gli avvolgimenti. Le perdite nel ferro aumentano coll'aumentare della frequenza di lavoro del trasformatore; per questa ragione si usano i nuclei di ferro a lamiera solo per le frequenze acustiche fino a circa 5.000—6.000 cicli al sec.

Per frequenze relativamente più alte da 100.000 a 1.000.000 di

cicli al sec. il nucleo di ferro viene sostituito da polvere di ferro impastata con materiale isolante (ferro-cart). Per frequenze ancora più alte si elimina completamente il nucleo di ferro ed i trasformatori si dicono ad aria (fig. 51).

Gli *autotrasformatori* sono tipi particolari di trasformatori in cui una parte di avvolgimento sostituisce l'altro avvolgimento. Questi trasformatori presentano il vantaggio che nella porzione comune la corrente che circola è minore in quanto le due correnti primaria e secondaria sono dirette in senso contrario (fig. 52).

26. Passaggio di una corrente alternata in una bobina.

La corrente continua in una bobina passa incontrando solo la resistenza del filo della bobina (fig. 53).

La corrente alternata, o variabile, per effetto del campo magnetico variabile produce delle correnti indotte le quali ostacolano il passaggio della c. a.

Queste correnti indotte hanno senso tale da opporsi alla variazione di corrente che le produce; se la corrente è in aumento la corrente indotta è di senso contrario e si oppone perciò all'aumento; se la corrente diminuisce la corrente indotta, avendo lo stesso senso di essa, si oppone alla sua diminuzione. La corrente alternata incontra perciò, per questi fenomeni che si dicono di autoinduzione, al suo passaggio nella bobina un ostacolo maggiore di quello offerto alla corrente continua. Questo ostacolo che la bobina oppone in più alla corrente alternata si chiama *reattanza induttiva*. Questa reattanza è tanto maggiore quanto più grande è l'induttanza della bobina e quanto più alta è la frequenza della corrente alternata. L'aumento della reattanza col l'aumentare della frequenza si spiega col fatto che aumentando la frequenza le variazioni di corrente sono più rapide e per questo le correnti indotte sono più forti.

La reattanza induttiva si esprime in ohm e si calcola mediante la formula

$$X_L = 2\pi fL = \omega L$$

Nella formula l'induttanza viene espressa in henry. Se invece viene espressa in mH oppure in μ H si deve dividere la frazione per mille oppure per un milione. La corrente che attraversa una bobina, come accadeva per il condensatore, risulta sfasata rispetto alla tensione; lo sfasamento però è in ritardo. Se la bobina non avesse alcuna resistenza lo sfasamento sarebbe di un quarto di periodo, cioè di 90°

La bobina ad ogni ciclo della corrente si carica magneticamente nel primo quarto di periodo, restituisce nel successivo quarto l'energia magnetica accumulata, nel terzo periodo si carica di nuovo in senso contrario e nell'ultimo quarto di periodo restituisce completamente l'energia magnetica accumulata, compiendo il ciclo. Se la bobina presenta invece delle perdite per resistenza o per altra causa l'energia restituita è minore di quella accumulata ogni volta. Le cause di perdita sono in primo luogo la resistenza del filo dell'avvolgimento della bobina e coll'aumentare della frequenza questa resistenza aumenta a causa dell'*effetto pellicolare*. Difatti alle alte frequenze la corrente tende a passare in vicinanza della superficie del conduttore in modo che la parte centrale della sezione resta inutilizzata equivalendo ciò ad una diminuzione della sezione del conduttore. Per questa ragione le bobine ad alta frequenza vengono costruite, quando si vogliono diminuire queste perdite, usando conduttori di sezione speciale aventi grandi superfici. Si usa ad esempio filo tubolare oppure piattina di rame, oppure treccia di fili sottili ed isolati uno dall'altro (filo Litz).

Altre cause di perdita sono gli isolanti che rivestono il filo o costituiscono il supporto dell'avvolgimento, nei quali, per effetto della tensione distribuita lungo la bobina, si hanno fenomeni di polarizzazione e correnti di dispersione come per l'isolante di un condensatore.

Infine altre cause di perdite possono essere i corpi metallici vicini alla bobina nei quali il campo magnetico della bobina produce correnti indotte (correnti di Foucault), le quali sono causa di assorbimento di energia. La resistenza di una bobina ad alta frequenza si esprime in ohm come una resistenza ordinaria; per la presenza di questa resistenza la corrente non è sfasata esattamente di 90° con la tensione ma un po' meno. L'angolo φ di sfasamento si calcola con il fattore di potenza $\cos \varphi$ e si trova dividendo la resistenza R per ωL :

$$\cos \varphi = \frac{R}{\omega L}$$

ed il consumo di energia è proporzionale a questo fattore di potenza. L'inverso del fattore di potenza si chiama fattore di merito della bobina ed è tanto più grande quanto più piccola è la resistenza in confronto della reattanza; infatti

$$Q = \frac{\omega L}{R}$$

27. Circuito completo di capacità, induttanza e resistenza in serie.

La bobina ed il condensatore in serie tendono, come sappiamo, a sfasare la corrente di 90°. Le due reattanze, capacitiva ed induttiva, sono però contrarie e la reattanza del circuito è la differenza delle due

$$X_t = X_l - X_c \quad X_s = \omega L - \frac{1}{\omega C}$$

Lo sfasamento è in anticipo o in ritardo, secondo che predomini la reattanza capacitiva o quella induttiva.

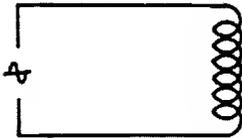


Fig 53

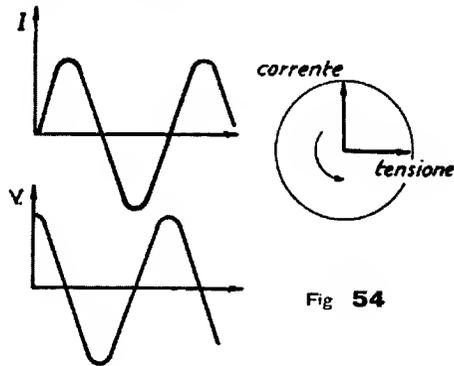


Fig 54

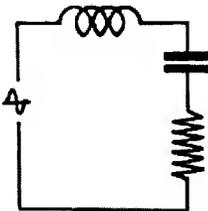


Fig 55

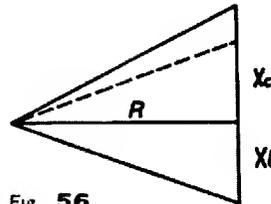


Fig 56

L'impedenza totale si ottiene con la regola del triangolo rettangolo, e lo sfasamento è l'angolo formato fra l'impedenza Z e la resistenza R . Il fattore di potenza è:

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$$

La corrente che passa nel circuito si ottiene dividendo la tensione applicata in volt per l'impedenza totale in ohm ed i watt di consumo si ottengono come al solito dall'espressione :

$$W = I_{eff} \times I_{eff} \times \cos. \varphi$$

Quando le due reattanze sono uguali, la reattanza totale è zero ed allora l'impedenza del circuito è minima ed è uguale alla sola resistenza. Si dice allora che il circuito è in risonanza, ed in questo caso si ha il massimo di corrente. Questo argomento ha la massima importanza e verrà trattato meglio quando si parlerà dei circuiti oscillanti.

.PARTE SECONDA
RADIOTECNICA

ELEMENTI PRELIMINARI

28. Radiocomunicazioni.

La tecnica delle radiocomunicazioni si basa sull'impiego dell'energia elettromagnetica alternata ad alta frequenza, dato che per la radiazione e la propagazione di questa energia non sono necessari dei conduttori metallici come accade per la corrente elettrica continua od alternata a bassa frequenza.

Infatti quando una corrente alternata ad alta frequenza circola in circuiti elettrici di caratteristiche appropriate alla radiazione, quali le antenne, crea, nello spazio, una perturbazione elettromagnetica che viene chiamata onda elettromagnetica e che si propaga in tutti i sensi con una velocità costante ed unica (cioè 299.860 km. per secondo).

29. Produzione di correnti oscillanti ad alta frequenza.

Il processo della trasmissione può essere risolto quindi con la produzione di correnti ad alta frequenza; si ottiene ciò mediante la conversione di corrente continua in altra ad alta frequenza che ha appunto spiccate proprietà per essere irradiata.

L'organo capace di compiere simile trasformazione è il circuito oscillante.

30. Circuito oscillante.

Il circuito oscillante è dunque quel circuito capace di generare oscillazioni proprie senza ricevere energia oscillatoria dall'esterno.

Nelle sue unità fondamentali il circuito oscillante elettrico è composto di induttanza L , di capacità C , e di resistenza ohmica R .

L'energia viene fornita a regime continuo dall'esterno e la sua trasformazione in energia oscillante ne è la caratteristica principale.

Il fenomeno si verifica per effetto del diverso comportamento di una bobina, di un condensatore e di una resistenza, allorchè essi vengano ad essere percorsi da corrente elettrica determinata da una differenza di potenziale localizzata ai loro capi.

Per meglio spiegare il fenomeno ricorriamo ad una analogia meccanica dei liquidi e più precisamente alla teoria dei livelli che meglio possono paragonarsi alle differenze di potenziale elettrico.

Immaginiamo in A ed in B (fig. 57) due vasi di capacità identica e fra di loro comunicanti attraverso una conduttura di sezione uniforme lungo tutto il percorso ed interrotta al suo centro O da una chiusura. Versiamo ora nel vaso A una quantità di litri 10 di acqua e nel vaso B una quantità di litri 5 dello stesso liquido. Essendo i vasi di capacità perfettamente uguali, lasciando l'interruttore O chiuso, nel primo avremo un livello 1-a doppio del livello 1-b del secondo.

Se apriamo ora l'interruttore, il liquido dei due vasi tenderà ad uno spostamento: quello del vaso B in un primo tempo si opporrà alla penetrazione dell'altro, ma la forza esercitata dal liquido a livello superiore vincerà, e l'acqua andrà dal recipiente A in quello B.

Tuttavia lo spostamento del liquido non si limiterà ai 5 litri eccedenti ma supererà detto valore: in altre parole, il liquido supererà il livello di litri 7,5 nel vaso B; di conseguenza B assumerà un livello superiore a quello di A e quindi il fenomeno di riflusso avverrà come prima, fino a che l'energia che prima si era opposta e che poi aveva aiutato a mantenere il passaggio del liquido, non si sarà consumata per attrito lungo le pareti dei vasi e della sezione della conduttura; allora il liquido raggiungerà il medesimo livello stabilizzandosi.

L'oscillazione del liquido da A verso B e da B verso A dicesi periodo o ciclo mentre una metà di esso si dirà *semiciclo* o *semi-periodo*.

Il numero di oscillazioni nell'unità di tempo o secondo, si chiama *frequenza*.

Il fenomeno elettrico è identico e basta sostituire alla differenza di livello di A e B una differenza di potenziale elettrico ed ai vasi un condensatore ed una induttanza.

Osserviamo ora il comportamento elettrico del circuito in parola rappresentato in fig. 58. Supposto il condensatore connesso in deri-

vazione sopra una sorgente di energia a corrente continua, si porti la capacità al suo massimo di carica. Non appena ai capi di essa avremo una differenza di potenziale uguale a quella del generatore, interrompiamo il circuito di alimentazione e ruotiamo il commutatore nella posizione 2 collegando così la capacità C in parallelo all'induttanza L .

Tutta l'energia sottoforma elettrostatica che si trova immagazzinata fra le armature di C tenderà a spostarsi verso l'induttanza L . Tuttavia la scarica istantanea del condensatore non potrà effettuarsi per il noto ostacolo offerto dall'induttanza stessa. La corrente di scarica però vincerà gradualmente questo ostacolo (f. e. m. di autoinduzione) che agiva in direzione contraria e raggiungerà il suo massimo valore quando tutta l'energia elettrostatica si sarà trasportata dal condensatore alla bobina. Nei primi istanti questa forza elettromotrice sarà coesistita con un campo magnetico creatosi fra spira e spira; mancando ora la corrente che lo aveva generato, avverrà una variazione di intensità del campo stesso con relativa generazione di f. e. m. diretta questa volta nel medesimo senso della corrente di scarica.

Allora l'energia che nel primo semiperiodo si era trasformata da energia elettrostatica in energia magnetica, nel secondo semiperiodo si raccoglierà di nuovo sotto forma elettrostatica ai capi del condensatore caricandolo però in senso contrario. Il fenomeno si ripeterà nuovamente fino a che la resistenza ohmica del circuito, normalmente apprezzabile, non avrà disperso una parte di energia oscillante sotto forma calorifica. Un'altra parte per effetto Foucault si disperderà in energia indotta in corpi metallici vicini, ed infine una terza parte andrà dispersa per riscaldamento del dielettrico.

Le oscillazioni di conseguenza andranno man mano diminuendo di ampiezza o più precisamente smorzandosi fino a che cesseranno del tutto. Dette oscillazioni si chiamano oscillazioni libere smorzate.

Se poi le resistenze nel circuito sono tali da non consentire il cambiamento fra energia elettrostatica e magnetica ma bensì un solo impulso unidirezionale di corrente, il circuito prende il nome di *aperiodico*.

Questi tipi di circuiti oscillanti vengono chiamati a *regime libero*.

31. Circuito oscillante a regime forzato.

Quando l'energia necessaria a mantenere le oscillazioni viene prelevata dall'esterno sotto forma di corrente alternata, il circuito prende

il nome di *circuito oscillante forzato*, poichè si obbliga il circuito ad oscillare colla medesima frequenza della sorgente la quale in questo caso rigenera quella parte di energia che viene a dissiparsi per qualsiasi fattore di perdita.

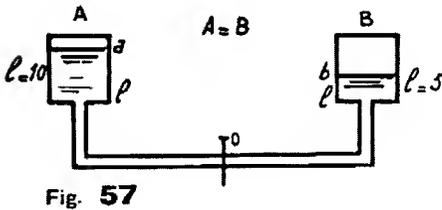


Fig. 57

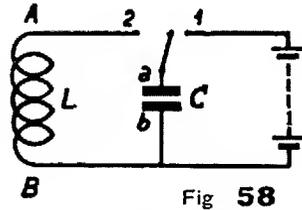


Fig 58

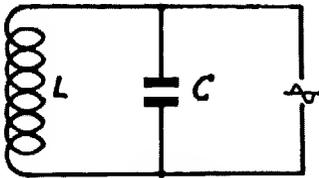


Fig. 59

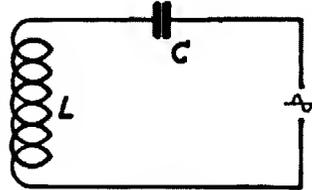


Fig. 60

I circuiti possono assumere diversità di collegamento rispetto alla sorgente di alimentazione. Si avranno così tre tipi fondamentali:

- a) *circuito oscillante in parallelo*;
- b) *circuito oscillante in serie*;
- c) *circuito oscillante ad accoppiamento magnetico*.

Consideriamo ora il comportamento di ciascun tipo:

- a) *circuito oscillante in parallelo*. (fig. 59).

Per le cognizioni di elettrotecnica già acquisite, per quanto riguarda il comportamento della intensità di corrente alternata ai capi di una capacità e di una induttanza connesse in derivazione, sappiamo:

- 1) che l'intensità di corrente ai capi della capacità è in anticipo di un quarto di periodo sopra le variazioni di potenziale;
- 2) che ai capi dell'induttanza l'intensità della corrente è un quarto di periodo in ritardo sopra le variazioni di potenziale.

Di conseguenza le due correnti saranno tra loro sfasate e preci-

samente in opposizione di fase; perciò mentre l'induttanza assorbe energia, la capacità la restituisce.

Quando la reattanza induttiva è uguale a quella capacitiva, il condensatore assorbe tutta l'energia offertagli dalla bobina e viceversa; quindi se non vi fosse resistenza ohmica, l'energia fornita al circuito oscillante sarebbe in grado di oscillare senza alcun dispendio e senza richiesta di altra energia alla sorgente.

Infatti ponendo $X_l = X_c$, essendo: $X_l = 2\pi fL$ ed $X_c = \frac{1}{2\pi fC}$

$$\text{si ha che } 2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC} \quad (1)$$

questa espressione è detta «condizione di risonanza» e ci dimostra che il parallelo di una reattanza induttiva e di una reattanza capacitiva, tenendo conto della fase di opposizione e considerando nulla la resistenza ohmica, risulta uguale a 0; per cui la corrente assorbita alla sorgente è nulla.

Infatti la reattanza totale è:

$$Z_t = \frac{1}{\frac{1}{X_l} - \frac{1}{X_c}} \quad \text{cioè} \quad Z_t = \frac{X_l \cdot X_c}{X_l - X_c}$$

Essendo il valore delle due reattanze uguale, la loro differenza è 0. Risolvendo la formola ne deriva:

$$Z_t = \frac{X_l \cdot X_c}{X_l - X_c} = \frac{X_l \cdot X_c}{0} = \infty \quad (2)$$

il che significa impedenza infinita; quindi il circuito quando la resistenza è nulla non assorbe energia.

Tuttavia praticamente la resistenza ohmica non è mai assente dai conduttori del circuito oscillante ed allora una parte di energia verrà dissipata sotto forma di energia calorifica. L'impedenza offerta da un siffatto circuito sarà:

$$Z = \frac{L}{C \times R}$$

Essa avrà allora valore finito e si comporterà come una resistenza ohmica, assumendo il nome di *resistenza dinamica* del circuito oscillante, per cui nel circuito passerà una corrente in fase con il potenziale, il cui valore viene calcolato con la formula della legge di Ohm.

L'energia assorbita è:

$$W = R \cdot I_r^2 \quad (4)$$

ove R rappresenta la resistenza conglobata dei fili di alimentazione ed I_r è la corrente di risonanza, il cui valore è dato dall'espressione

$$I_r = X_c \cdot V \quad \text{oppure} \quad I_r = \frac{V}{X_l}$$

Detta energia verrà consumata ad ogni unità di tempo ed il fattore di perdita dovrà allora essere calcolato per ogni secondo, per la frequenza di risonanza.

Quando $X_l = X_c$ si è in condizioni di risonanza, come precedentemente detto; il circuito allora si chiama risuonatore di tensione, perchè massima è la caduta di tensione ai suoi morsetti. La suddetta energia mancante verrà assorbita dal generatore durante la oscillazione stessa, poichè il suo potenziale verrà ad essere inferiore a quello dell'alimentatore.

b) Circuito oscillante in serie (fig. 60).

Supposto una capacità ed una induttanza in serie sopra un alternatore: il comportamento del circuito, in assenza di resistenza ohmica nel generatore ed in frequenza di risonanza, risulterà identico a quello di un circuito oscillante in parallelo, poichè l'energia elettrostatica fornita dalla capacità, sarà sufficiente a caricare con una f. e. m. di autoinduzione l'induttanza, che di riflesso riuscirà a ricaricare la capacità come al suo stato iniziale.

Pertanto l'energia fornita nel primo periodo ad L ed a C , continuerà ad oscillare nei periodi successivi, mantenendosi inalterata di valore, essendo nulle tutte le perdite. Tuttavia non è attuabile una generazione di corrente senza avere una sia pur minima perdita nella resistenza degli avvolgimenti del generatore stesso. Il circuito perderà quindi la sua caratteristica per assumerne una nuova.

Supposto che i valori delle due reattanze siano tali da trovarsi in frequenza di risonanza, avremo che la impedenza totale del circuito in assenza di resistenza ohmica esterna ed in presenza di induttanza e capacità pure, viene calcolata semplicemente dalla differenza delle due reattanze. Se il loro valore è identico l'una annullerà l'altra e perciò il c. o. in serie avrà impedenza nulla; quindi l'e-

nergia fornita nel primo periodo sarà sufficiente a mantenersi. Pertanto l'energia che nel primo periodo starà oscillando integralmente tra L e C , nel periodo successivo sarà sommata a quella di nuovo fornita. Infatti in un c. o. in serie è sempre possibile l'alimentazione di energia anche se questa non viene consumata (dimostreremo più avanti come la corrente, quando la R tende a O , tenda al ∞).

Così avverrà successivamente: l'intensità ai capi della capacità e induttanza tenderà a valori infiniti ed il potenziale ai capi di L e C tenderà a valori infinitamente piccoli. Ciò potrà avvenire solamente in un circuito ideale, senza alcuna resistenza. Essendo presenti normalmente anche delle resistenze di risonanza, l'impedenza risulterà uguale a R . Infatti:

$$Z = \sqrt{R + (X_L - X_C)^2} \text{ per } X_L = X_C \quad Z = \sqrt{R + 0} = R$$

L'intensità della corrente in cond. di risonanza è data da:

$$I_r = \frac{V}{R} \quad \begin{array}{l} V = \text{potenziale fornito dal generatore} \\ R = \text{resistenza del circuito.} \end{array}$$

Essendo R il minimo valore di impedenza, la corrente per la frequenza di risonanza risulta la massima per cui questo circuito è chiamato anche risuonatore di corrente. La potenza dissipata sarà data da:

$$W = \frac{V^2}{R} \quad (5)$$

L'espressione (5) viene ottenuta dalle seguenti relazioni, elevando al quadrato il potenziale, cioè:

$$\text{se } W = V I \text{ ed } I = \frac{V}{R} \text{ sostituendo avremo } W = \frac{V}{R} \cdot V = \frac{V^2}{R}$$

Chiamando con V' la differenza di potenziale ai capi del condensatore e con V'' quella ai capi della bobina avremo:

$$V' = X_C \cdot I, \text{ ma } X_C = \frac{1}{2\pi fC} \text{ e quindi sostituendo } V' = \frac{1}{2\pi fC} \cdot I,$$

$$\text{ricordando la (4) avremo } V' = \frac{1}{2\pi fC} \cdot \frac{V}{R} = \frac{V}{2\pi fC \cdot R} \quad (6)$$

La V'' sarà uguale $X_L \cdot I$, cioè:

$$V'' = 2\pi fL \cdot I \quad \text{ricordando la (4)} \quad V'' = 2\pi fL \cdot \frac{V}{R} = \frac{2\pi fL \cdot V}{R} \quad (7)$$

Concludendo: se R tende a zero, tanto ai capi del condensatore che ai capi dell'induttanza i valori di I tendono all'infinito, come si voleva dimostrare.

c) circuito oscillante ad accoppiamento magnetico (fig. 61).

Per circuito oscillante ad accoppiamento magnetico s'intende un circuito in cui l'energia viene fornita accoppiando l'induttanza del generatore con quello del c. o. stesso.

Il maggiore o minore trasferimento di energia, si otterrà quando i due circuiti saranno in frequenza di risonanza; i due circuiti accoppiati magneticamente si dicono in frequenza di risonanza, quando la frequenza di oscillazione del secondario, è superiore od inferiore a quella del primario. Il valore delle frequenze di risonanza si ottiene dalle formule seguenti:

$$f_1 = \frac{f}{\sqrt{1+K}} \quad \text{oppure} \quad f_2 = \frac{f}{\sqrt{1-K}}$$

in cui f_1 ed f_2 sono le due frequenze di risonanza, f la frequenza fondamentale del primario, e K il grado di accoppiamento. Il suo valore massimo è uguale ad 1 e quello minimo a zero. E' sempre preferibile un accoppiamento minimo, che permetta però un buon trasferimento di energia.

32. Formula della frequenza.

Dalla formula di risonanza (1) si può facilmente ottenere la frequenza di risonanza risolvendo l'equazione. Infatti basta isolare f :

$$2\pi fL = \frac{I}{2\pi fC}; \quad 4\pi^2 f^2 LC = I; \quad f^2 = \frac{I}{4\pi^2 LC}; \quad f = \frac{I}{\sqrt{4\pi LC}}$$

$$f = \frac{I}{2\pi \sqrt{LC}} \quad (8)$$

dove f è in hertz, C in farad, L in henry.

33. Circuiti risonanti in serie.

La fig. 62 mostra una induttanza, una capacità ed una resistenza collegate in serie, con una sorgente variabile di frequenza E a corrente alternata applicata al circuito. La resistenza è reperibile anche nel minimo grado sia nel condensatore che nella resistenza.

Se si varia la frequenza da un valore vicino allo zero ad un valore più elevato, vi sarà un suo valore particolare per il quale la reat-

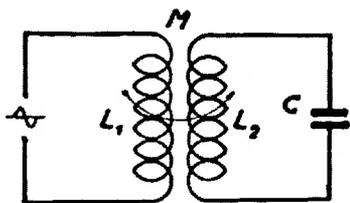


Fig. 61

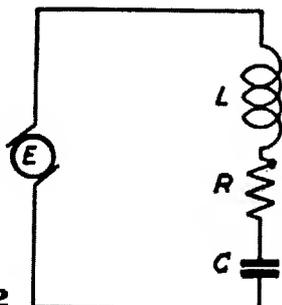


Fig. 62

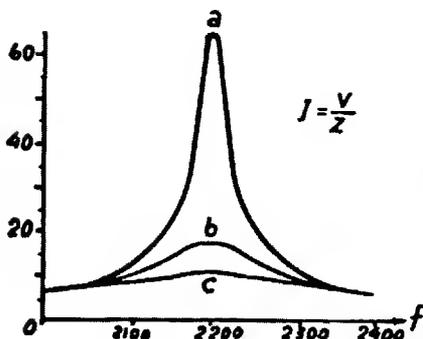


Fig. 63

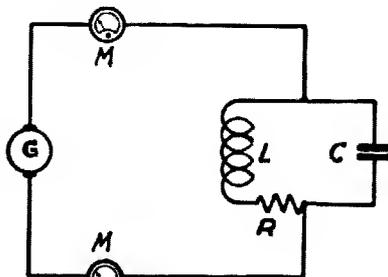


Fig. 64

tanza capacitiva e quella induttiva si eguaglieranno. Questa come sappiamo è nota come frequenza di risonanza per la quale la corrente raggiunge il massimo, essendo l'impedenza del circuito minima.

Tali circuiti risonanti in serie sono principalmente usati quando si desidera ottenere per una certa frequenza una bassa impedenza e contemporaneamente una considerevole opposizione alle correnti di

altre frequenze. Se i valori L e C sono ambedue fissi vi sarà una sola frequenza di risonanza.

Per ragioni meccaniche nell'accordo di un circuito è più comune variare la capacità piuttosto che l'induttanza, quantunque anche l'induttanza possa essere variabile.

34. Corrente e tensione in un circuito risonante in serie.

Le formule per il calcolo della risonanza in serie sono simili a quelle della legge di Ohm.

$$I = \frac{E}{Z} \qquad E = I \cdot Z \qquad (9)$$

L'equazione completa è :

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} \qquad E = I \cdot \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Dall'osservazione delle formule sopra date si desume che quando l'impedenza è bassa la corrente sarà alta, di conseguenza quando l'impedenza è alta la corrente sarà bassa. E' cosa nota che l'impedenza sarà molto bassa alla frequenza di risonanza e ne segue che la corrente avrà un massimo in questo punto.

Se tracciamo un grafico della corrente in funzione della frequenza avremo una curva simile a quella della fig. 63 chiamata curva di risonanza. Molti fattori hanno influenza sulla forma di questa curva e tra questi principalmente si annoverano la resistenza, l'impedenza, la capacità.

Le curve A, B, C, mostrano l'effetto di R sui valori di I e precisamente coll'aumentare di R diminuisce l'intensità di corrente. Questo fenomeno è chiamato selettività del circuito oppure decrescenza.

La selettività in questo campo può essere definita come la proprietà del circuito stesso a selezionare la frequenza di risonanza dalle frequenze vicine.

35. Tensione attraverso il condensatore e le spire del circuito in serie.

Poichè la corrente alternata a radiofrequenza attraverso una bobina ed un condensatore è proporzionale alla reattanza per la corrente data si ha che :

$$V = I \times \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

Assorbendo il circuito in serie ad ogni periodo una stessa quantità di energia e non venendo questa completamente consumata per la durata di ogni oscillazione, la reale tensione ai capi delle spire e della capacità diventerà molto più elevata della tensione ai terminali del circuito. Perciò la tensione potrà essere talvolta tanto elevata da causare persino la sua perforazione del condensatore sebbene la tensione del generatore sia di valore alquanto più basso di quello per il quale esso è calcolato.

36. Fattore « Q » di merito - Acutezza di risonanza.

Una proprietà importantissima dell'induttanza è il suo *fattore di merito* di solito chiamato fattore «Q». E' questo fattore che determina principalmente l'acutezza di risonanza di un circuito accordato; esso può essere definito come il rapporto fra la reattanza e la resistenza :

$$Q = \frac{2\pi fL}{R} \quad (10)$$

in cui R è la somma della resistenza totale alla corrente continua e della resistenza alla radiofrequenza.

La reale resistenza in un conduttore o in una induttanza può essere molto più elevata del suo valore di resistenza a corrente continua quando essa è usata in un circuito a radiofrequenza. Ciò è dovuto al fatto che detta corrente non passa nella intera sezione del conduttore ma ha la tendenza a percorrere sola la sua superficie esterna, e tanto più quanto più la frequenza è elevata. Questo fenomeno è conosciuto sotto il nome di «effetto Pelle» o «skin-effect». La reale porzione di conduttore entro cui scorre la corrente risulta diminuita e quindi la densità di corrente in esso aumentata.

Questo fenomeno diventa più pronunciato in conduttori quadrati o rettangolari poichè la parte principale della corrente tende a scorrere lungo i quattro spigoli del filo.

37. Risonanza in parallelo.

Nei circuiti radio la risonanza in parallelo è più frequentemente usata della risonanza in serie poichè è la base di funzionamento del ricevitore e del trasmettitore.

Nel circuito, in fig. 64, noi vediamo che, a differenza del circuito in serie, L e C sono connesse in parallelo tra loro ed il complesso è messo in serie al circuito. Questa combinazione di induttanza, capacità e resistenza è spesso chiamata *circuito ad assorbimento*, poichè essa funziona come un serbatoio di energia quando viene inserita in un circuito a valvola. In un circuito oscillante in parallelo, in contrasto con la risonanza in serie, vi sono due correnti da considerare:

- a) quella letta dagli strumenti M ;
- b) quella circolante nel circuito L, C, R .

Alla frequenza di risonanza, la corrente a) raggiungerà un valore molto basso, quantunque la corrente circolante nel circuito L, C, R , sia abbastanza elevata. Questa linea di corrente si nota nel miliamperometro del circuito di placca di un amplificatore o di uno stadio oscillatore poichè appena il circuito entra in risonanza, lo strumento rivela una istantanea depressione.

La corrente è quindi al punto minimo quando il circuito è in risonanza, poichè l'impedenza è al massimo; è quindi cosa interessante notare che il c. o. in parallelo si comporta in modo diametralmente opposto a quello in serie. In quest'ultimo, durante la risonanza, la corrente è al suo massimo valore e l'impedenza al suo minimo.

E' anche molto importante notare che la curva d'impedenza per circuiti in parallelo è simile alla curva della corrente per circuiti in serie.

Perciò le curve illustrate in fig. 63 possono essere applicate anche nella risonanza in parallelo.

Riferendoci alla curva d'impedenza, risulta evidente che aumentando la resistenza si otterrà un abbassamento dell'acutezza della curva stessa, e quindi anche della tensione ai capi del circuito, essendo direttamente proporzionale all'impedenza. Questo spiega come il circuito di griglia di una valvola rivelatrice od amplificatrice debba avere una curva d'impedenza acuta perchè il circuito risulti selettivo. Se la curva ha forma appiattita, tanto il segnale voluto che il segnale d'interferenza più prossimo alla frequenza di risonanza porteranno un valore di tensione, nella griglia della valvola, quasi uguale; il circuito, quindi, non sarà selettivo e la sua sintonia sarà molto piatta.

38. Effetto del rapporto $\frac{L}{C}$ in circuiti in parallelo.

Affinchè si possa ottenere il più elevato valore di tensione attraverso un circuito in parallelo occorre che l'impedenza di questo sia

elevatissima. L'impedenza, d'altronde, sarà tanto maggiore quanto più alto è il rapporto fra L e C .

Quando la resistenza del circuito è molto bassa λ , eguaglierà X_c in frequenza di risonanza e quindi vi sono innumerevoli rapporti di L e C che daranno reattanza eguale per una data frequenza di risonanza esattamente come nel caso di circ. osc. in serie. In contrasto però con la necessità di un elevato rapporto L/C per ottenere elevata impedenza, la capacità, per ottenere selettività massima, deve essere di valore alto.

In pratica quando un certo valore di L è accordato da un valore di C variabile sopra un raggio di frequenze piuttosto ampio, il rapporto L/C sarà piccolo alle frequenze più basse ed elevato verso la fine delle frequenze più alte. Il circuito quindi avrà una selettività non uguale ai due punti estremi della banda di frequenze in cui viene accordato. Per frequenze basse della banda di sintonia, la capacità predomina ed allora il coefficiente di amplificazione sarà minore di quello per le frequenze elevate, dove si verificano le condizioni opposte. E' evidente che aumentando il fattore Q del circuito aumenterà tanto la selettività che l'amplificazione.

39. Corrente oscillante in frequenza di risonanza.

Il fattore Q di un circuito ha un definito comportamento sopra la corrente circolante in frequenza di risonanza; questa corrente è molto vicina di valore a quella di linea moltiplicata per il fattore Q del circuito.

Per es. una corrente di linea a radiofrequenza di 50 mA, con un circuito di valore $Q = 100$, darà una corrente circolante di circa 5 A. Da ciò si può osservare che l'induttanza ed i fili di connessione in un circuito con alto fattore Q , debbono essere in bassa resistenza. Nel caso di trasmettitori specialmente di grande potenza, se si vogliono ridurre al minimo le perdite sotto forma di dispersione calorifica, bisogna impiegare fili di grande diametro al fine di ridurre al minimo la suddetta resistenza.

40. Effetti di accoppiamento sull'impedenza.

Se un circuito risonante in parallelo è accoppiato ad un altro circuito, come ad es. un aereo ad un circuito d'uscita, l'impedenza di esso diminuisce man mano che l'accoppiamento diventa sempre più stretto. L'effetto di accoppiamento più stretto è uguale a quello

che si potrebbe pensare se si aggiungesse al circuito in parallelo una reale resistenza, la quale può essere considerata come riflessa dal circuito d'uscita o dal circuito di carico verso quello pilota.

Se il carico lungo il circuito oscillante in parallelo è puramente resistivo, come lo può essere una resistenza ohmica che deriva una parte dell'induttanza, il carico non disturberà la posizione di risonanza. Se d'altra parte, il carico è reattivo, e ciò può avvenire con un aereo di lunghezza più elevata o più bassa di quella necessaria alla frequenza di risonanza, la posizione del condensatore d'accordo dovrà essere variata per mantenere il circuito in risonanza.

41. Funzionamento di corrente in circuito oscillante.

Quando il circuito di placca di una valvola funzionante in classe B o classe C è connesso ad un circ. osc. in parallelo, la corrente di placca serve a mantenere questo rapporto L/C in stato di oscillazione. Se un impulso iniziale è applicato ai terminali di un circuito in parallelo, il condensatore sarà carico quando una parte delle piastre avrà polarità positiva e l'altra polarità negativa. Il condensatore lungo le spire dell'induttanza darà origine ad una f. e. m. che caricherà il condensatore in direzione opposta.

Così si genera una corrente alternata nel circuito L/C e l'oscillazione continuerà senza termine con successive cariche e scariche della capacità, se il circuito non possiede alcuna resistenza.

L'effetto della resistenza è di dissipare parte della energia che in ogni periodo passa da L a C e viceversa, cosicchè l'ampiezza delle oscillazioni va man mano diminuendo fino a che cessa.

Però se l'energia viene applicata per piccoli istanti ed a tempo debito, il circuito può essere mantenuto in uno stato oscillatorio costante. Gli impulsi di corrente anodica generati dagli amplificatori in classe B e C suppliscono allo smorzamento, cosicchè viene ridata alle oscillazioni la parte di energia dissipata.

Dove gli impulsi di corrente anodica di un amplificatore in classe B suppliscono l'energia per un periodo più lungo, i brevissimi impulsi forniti da un amplificatore in classe C danno un impulso di ampiezza elevatissima e quindi più efficace nel mantenere le oscillazioni. Questo avviene poichè il semiperiodo positivo, nel circuito oscillante, verrà rinforzato dall'impulso di corrente; la corrente anodica perciò scorrerà durante un solo semiperiodo o meno e la rimanente parte sarà supplita dalla scarica del condensatore.

L'ampiezza di questo semiciclo dipenderà soprattutto dalla ca-

rica delle armature del condensatore e quindi dalla capacità. Il valore di questa sarà in pratica molto importante e ciò particolarmente se si vuole evitare una forma distorta di onda.

Quello che si è detto sopra è particolarmente applicabile agli amplificatori ad alimentazione singola. Se viene usato un sistema controfase il semiperiodo negativo sarà perfetto e l'impulso addizionale eliminerà la necessità d'uso di una capacità più elevata nel rapporto L/C .

TUBI ELETTRONICI

42. Effetto termoionico.

Pur essendo gli elettroni nell'interno dei corpi, in continua agitazione, non riescono a passare dall'interno all'esterno perchè sono fermati alla superficie da una forza (tensione di superficie) che impedisce loro di lasciare la superficie stessa.

Aumentando la temperatura del corpo si viene ad aumentare l'agitazione di essi, cioè la velocità e quindi la loro energia la quale fa compiere ad essi, nell'interno del corpo, dei moti in tutte le direzioni. Certi elettroni muovendosi in direzione perpendicolare alla superficie riescono ad acquistare una energia, per effetto del riscaldamento, che è superiore alla forza che li trattiene e riescono a sfuggire dal metallo. Nell'attraversare la superficie però essi perdono gran parte della loro velocità e solo alcuni riescono a sfuggire; gli altri dopo essersi allontanati per breve tratto vengono richiamati sul metallo, perchè, avendo perduto cariche negative, esso risulta positivo e viene ad esercitare sugli elettroni un'attrazione.

43. Valvola α due elettrodi: diodo.

Il diodo è costituito da un bulbo a vuoto molto spinto, contenente due elettrodi: l'uno detto *filamento o catodo*, portato ad elevata temperatura, l'altro chiamato *placca od anodo*, che ha forma di una piastrina metallica che circonda il primo. Il riscaldamento del filamento si ottiene facendo attraversare il catodo da una corrente elettrica (vedi fig. 65) ottenuta nel nostro caso da una batteria di accensione e portata al giusto valore da un reostato di accensione.

La placca viene portata ad un potenziale positivo rispetto al fi-

lamento perchè collegata al polo positivo di una batteria che ha il polo negativo collegato al filamento.

Per l'effetto termoionico alcuni elettroni vengono continuamente a staccarsi dal filamento ed a fermarsi attorno ad esso; questi elettroni sono sollecitati a muoversi verso l'anodo per effetto dell'attrazione di cariche negative da parte di un corpo positivo.

D'altronde questa corrente elettronica è facilitata dall'alto vuoto esistente nel bulbo. Giunti sulla placca, gli elettroni ritornano al filamento attraverso la linea di alimentazione della valvola dando luogo ad una corrente che viene rivelata dagli strumenti inseriti, e che circola, dato che il flusso degli elettroni va dal filamento alla placca, dalla placca al filamento.

Se supponiamo di mantenere costante la tensione della batteria di accensione e quindi la temperatura del filamento, due sono le grandezze in giuoco: la corrente anodica (I_a) e la tensione anodica (V_a).

Il funzionamento del diodo può essere quindi definito mediante una curva caratteristica che lega i valori della corrente anodica a quelli della tensione anodica.

La corrente anodica si annulla non per valore O della tensione anodica, ma per piccoli valori negativi di V_a perchè qualche elettrone, uscendo dal catodo con grande velocità, ha la possibilità di raggiungere la placca quand'anche essa è a potenziale O , dando quindi luogo ad una piccola corrente misurata dallo strumento.

Il diodo inserito nel circuito si presenta come una resistenza che non segue la legge di Ohm non avendo andamento lineare ed il cui valore dipende dalla tensione applicata V e dalla corrente I ottenuta (vedi caratteristica rappresentata in fig. 66).

Per ogni punto della caratteristica si può considerare un particolare valore di resistenza detta *differenziale* o *dinamica* (ρ), uguale al rapporto tra una piccola variazione di V , e la corrispondente variazione di I :

$$\frac{dV_a}{dI_a} = \rho \quad (11)$$

L'inverso di ρ si chiama *pendenza* o *conduttanza differenziale* (g):

$$g = \frac{dI_a}{dV_a} \quad (12)$$

cioè tanto più grande è il valore di g quanto più in pendenza è la curva rispetto all'asse della I .

Aumentando la V si ha un incremento della I e questo logicamente avviene perchè aumentando la V aumenta il numero degli elettroni che la placca attira dal catodo; però oltre un certo valore di tensione anodica, non si verifica più alcun aumento di corrente. Si spiega ciò pensando che quando V_a diventa tanto grande da attrarre sulla placca tutti gli elettroni emessi dal filamento, ogni ulteriore aumento di V_a non può produrre alcun altro aumento di corrente. La massima corrente che si può ottenere è detta *corrente di saturazione*.

Si può anche aumentare la corrente aumentando il numero di elettroni emessi dal filamento. Praticamente questo scopo si ottiene con tre accorgimenti :

- a) aumentando la dimensione del filamento ;
- b) cambiando la sostanza ;
- c) aumentando la temperatura.

Con il c) si viene ad aumentare il numero degli elettroni emessi e quindi la corrente nel circuito anodico ; però non bisogna oltrepassare un certo limite dato che la durata del filamento viene di molto diminuita, poichè, a temperatura troppo elevata ha luogo la volatilizzazione del filamento e poi rapidamente la fusione ; oppure può avvenire la disgregazione della superficie emittente. Con la perdita della sostanza emittente resta solo il materiale di supporto che emette pochissimo : in questa condizione si dice che il filamento è esaurito.

Con l'a) si viene ad aumentare il numero degli elettroni emessi.

A parità di superficie il numero di elettroni emessi dipende dalla sostanza impiegata (b).

Sono usati tre tipi di filamenti o catodi :

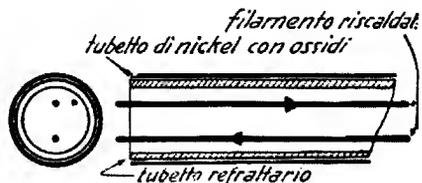
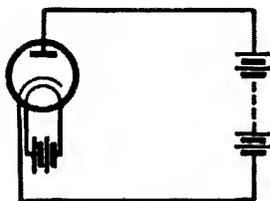
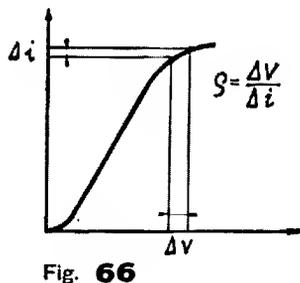
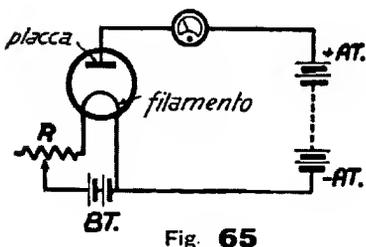
- a) filamenti ricoperti di ossido (bario e stronzio) ;
- b) filamenti ricoperti di tungsteno toriato ;
- c) filamenti ricoperti di tungsteno puro.

A parità di temperatura, i primi emettono più degli altri e sono usati per valvole di piccola e media potenza. La corrente di saturazione è perciò maggiore nei diodi con filamento ricoperto di ossido.

Il potenziale di placca rispetto al filamento va misurato all'estremo negativo di esso ; diventa però inutile questo accorgimento nei tubi in cui il catodo non è direttamente percorso dalla corrente di accensione. (Vedi paragrafo seguente).

44. Filamenti ad accensione indiretta.

Il catodo in questo caso è costituito da un tubicino di materiale refrattario; sopra di esso viene disposto un tubicino di nichel, su cui è posato uno strato di ossido. In questa maniera il catodo non è direttamente percorso dalla corrente di accensione ma è riscaldato da un apposito filo riscaldatore, messo nell'interno del tubicino refrattario, che può essere percorso anche da corrente alter-



nata. Il potenziale del catodo che è isolato perciò dal riscaldatore è costante. (figg. 67, 68).

Il vantaggi dell'accensione indiretta sono molteplici :

a) grande capacità termica : la temperatura degli strati di ossido non pulsa, cioè non varia di valore anche se la corrente impiegata è alternata ;

b) campo magnetico nullo : essendo il filamento doppio il campo creato da una metà del filamento è annullato da quello generato dall'altra metà.

Riguardo l'accensione si possono quindi distinguere le valvole in due grandi categorie :

a) *valvole ad accensione diretta* in cui il filamento ricoperto da materia emittente, serve da riscaldatore e da emettitore nello stesso tempo.

b) *valvole ad accensione indiretta* in cui il filamento serve solo come organo riscaldatore ed è del tutto distinto dal catodo che ha la sola specifica funzione di emettere degli elettroni.

45. Diodo come raddrizzatore di corrente alternata.

Il diodo è usato principalmente in pratica come raddrizzatore di correnti alternate. Esso è adatto a questo impiego avendo la proprietà di lasciar passare la corrente solo in un senso: dalla placca al filamento, quando questa è positiva.

Avendo quindi a disposizione i morsetti di una sorgente a c. a. basta inserire il diodo tra l'uno e l'altro morsetto in serie con una resistenza, detta resistenza di utilizzazione (fig. 69).

Nel circuito considerato, la corrente circola dalla placca al filamento e prosegue nella R solo quando la placca è positiva. Il valore della corrente circolante è dato dalla seguente espressione:

$$I = \frac{E_M}{R + \rho} \quad (13)$$

dove E_M è il valore massimo della tensione alternata, R la resistenza di carico e ρ la resistenza dinamica del diodo.

Scorrendo la I nel circuito, determina fra placca e filamento la tensione

$$V = \rho \times I \quad (14)$$

detta caduta interna della valvola ed a cavallo della R di utilizzazione, la tensione

$$V = RI$$

che non è tensione continua, come si desidera, ma pulsante con il + dalla parte dove entra la corrente.

Per ottenere una tensione continua abbastanza elevata a cavallo del carico, occorre che la R di utilizzazione sia di valore molto più elevato di ρ . E ciò in seguito alle seguenti considerazioni:

a) bisogna che il diodo funzioni con una tensione fra placca e filamento non superiore alla tensione di saturazione, poichè non potendo proporzionalmente aumentare il numero di elettroni assor-

biti dalla placca, verrebbe soltanto aumentata la loro velocità e quindi l'energia dissipata in calore sulla placca.

La R deve essere tale da soddisfare la seguente relazione :

$$E - RI \approx V_s$$

b) se la R anzichè essere quella sopra considerata ha un valore superiore, non si raggiunge la corrente di saturazione ed il diodo non viene sfruttato al massimo.

Osserviamo ora i diagrammi in fig. 70. In essi si può vedere che data una E , alternata, che determinerebbe una corrente I alternata, mediante il raddrizzamento, si ottiene una I unidirezionale pulsante. Durante l'ansa negativa della E , non passando alcuna corrente nel circuito, non si ha alcuna caduta di tensione ai capi di R (la quale caduta risulta sempre in opposizione colla tensione applicata tra placca e filamento); quindi tra anodo e catodo risulta applicata tutta la E (*tensione inversa*).

Essendo il rendimento del diodo dato dall'espressione

$$\eta = \frac{R}{R + \rho} \quad (15)$$

si vede che per ottenere il massimo rendimento, bisogna dare ad R un valore tale per cui risulti massimo il valore della frazione (il quale è sempre minore di 1).

46. Schemi di raddrizzatori industriali.

Avendo a disposizione una sorgente di corrente alternata, si porta il valore della tensione da raddrizzare a quello desiderato, mediante un trasformatore di tensione che può essere elevatore o riduttore. La tensione necessaria per l'accensione del diodo si può ottenere dallo stesso trasformatore. La realizzazione pratica del raddrizzatore è visibile nelle figg. 71 e 72.

Nella fig. 71 la presa centrale del secondario di accensione della valvola serve ad evitare le eventuali variazioni di potenziale tra la placca e un capo del filamento.

Per raddoppiare la corrente resa dal raddrizzatore, si usa mettere questo nelle condizioni di poter raddrizzare tutte e due le semionde; ciò si effettua mediante due diodi oppure con un doppio diodo cioè una valvola avente due placche (fig. 72).

Il funzionamento della valvola si può spiegare nel seguente

modo: considerando applicata nel secondario *A* la semionda positiva, si avrà p. e. che il punto 1 risulta positivo rispetto al punto 2.

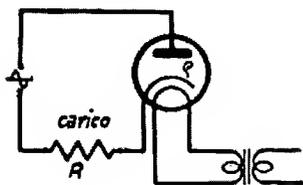


Fig. 69

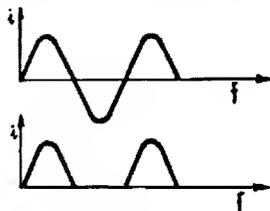


Fig. 70

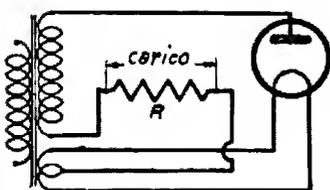


Fig. 71

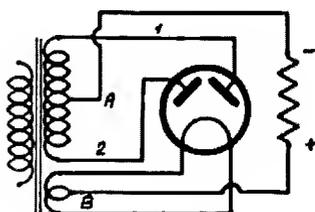


Fig. 72

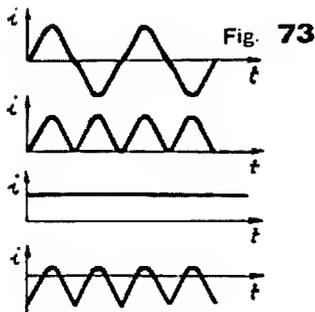
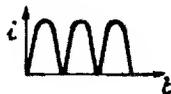


Fig. 73

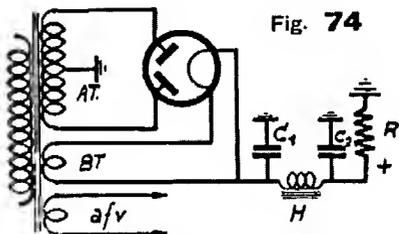


Fig. 74

Essendo il filamento collegato al centro del secondario *A* la placca 1 risulterà positiva rispetto ad esso, mentre la placca 2 negativa; quindi la 1 assorbirà elettroni che scorreranno attraverso la *R*.

Nella successiva semionda negativa la tensione applicata ai capi di *A* s'inverte e la placca 2 risulta ora positiva rispetto al filamento, assorbendo quindi elettroni che fluiranno attraverso *R*. In definitiva avremo attraverso il carico una corrente pulsante presente in tutti

e due i semiperiodi della tensione di alimentazione. Ciò si può osservare dai diagrammi in fig. 73.

Questa corrente pulsante può essere considerata come la somma di una componente continua e di una componente alternata a frequenza doppia di quella da raddrizzare e con valore medio nullo. Occorrendo però una corrente continua livellata, bisogna procedere allo spianamento e livellamento di essa a mezzo di filtri (vedi fig. 74) costituiti di due condensatori, C_1 e C_2 , rispettivamente di 4, 8 microF., o più e di una impedenza da 20 a 50 Henry.

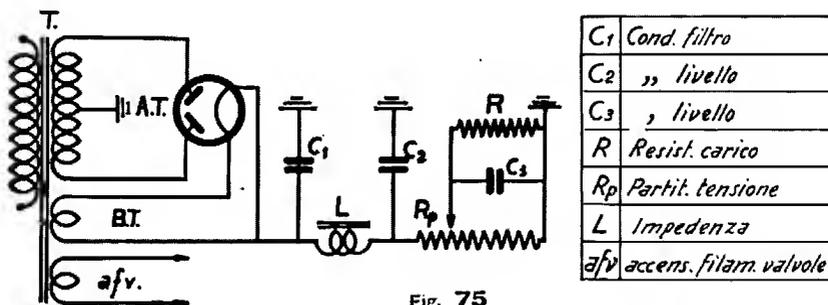


Fig. 75

La componente continua trova attraverso l'impedenza e attraverso la R di carico l'unica via di passaggio, mentre la componente alternativa trova una impedenza elevata attraverso la H e libero passaggio attraverso C_1 . La parte residua di essa che riesce a passare attraverso H trova una via aperta attraverso C_2 poichè questo offre al suo passaggio una impedenza minore che non R . In definitiva attraverso la R di carico scorre soltanto corrente continua.

Il condensatore C_2 ha anche lo scopo di immagazzinare energia quando questa è abbondante nel circuito (quando la corrente è al massimo) e di ridarla allorchè la pulsazione della corrente raddrizzata tende a diminuire: per questa ragione C oltre ad essere chiamato come C_1 condensatore di filtro è detto anche di livello.

In fig. 75 sono riportati lo schema costruttivo ed i dati per la realizzazione di un alimentatore.

47. Diodi a gas.

Come si è visto sopra, la caduta interna di un diodo dipende dalla corrente richiesta. Per evitare l'aumento di caduta interna e quindi di potenza perduta al crescere della corrente, si è studiato

un tipo di valvola in cui la caduta interna non è funzione della corrente, cosicchè essa viene ad essere unicamente determinata dai valori di R di carico.

Si ottiene ciò introducendo nel bulbo dei gas facilmente ionizzabili. In tal modo tra filamento e anodo non esisterà più il vuoto spinto, ma atomi di gas neutri formati come sappiamo, da un nucleo centrale positivo circondato da elettroni rotanti che, dovendo l'atomo essere elettricamente neutro, neutralizzano la carica positiva del nucleo.

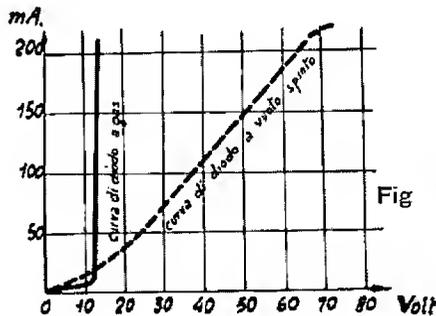


Fig 76

Il funzionamento di un diodo a gas può essere spiegato nel seguente modo: quando la valvola è in funzione, gli elettroni emessi dal filamento vengono ad urtare contro gli atomi di gas che incontrano nel loro cammino espellendo, per urto, da essi degli elettroni che vengono attirati dall'anodo. D'altra parte gli atomi di gas a cui sono stati sottratti gli elettroni, risultando ionizzati positivamente, vengono attratti dal filamento e giungendo su di esso, gli cedono la propria energia sotto forma di calore. Allora contemporaneamente agli elettroni emessi dal catodo giungono alla placca anche quelli estratti agli atomi di gas, aumentando così la corrente anodica. Succede però che durante il loro tragitto alcuni di questi ioni positivi vengono a combinarsi nella vicinanza del filamento con gli elettroni emessi da esso ricostituendo l'atomo di gas.

In definitiva il numero di elettroni che arriva alla placca risulta uguale al numero di elettroni che abbandonano definitivamente il filamento aumentato dal numero di ioni che arriva su di esso; quindi a parità di dimensione di filamento e di anodo, la corrente data da una valvola a gas, risulta maggiore di quella data da una valvola a vuoto spinto; inoltre la caduta interna nella prima risulta in-

dipende dai valori della corrente. Ciò si può constatare dal diagramma in fig. 76.

48. Triodo.

Interponendo tra placca e filamento di un diodo un terzo elettrodo costituito da una rete metallica, detto griglia, si ha il triodo. Questa griglia, più precisamente, è formata da una spirale di filo di nichel coassiale con il filamento e con la placca. Nei tipi di valvola in cui il filamento è rettilineo oppure in quelle ad accensione indiretta, la spirale è a forma elicoidale; mentre in quelle ad accensione diretta in cui il filamento è a forma di M, risulta appiattita ed allungata.

Con l'introduzione del nuovo elettrodo si debbono considerare tre circuiti: (vedi fig. 77)

a) circuito di griglia, in cui è comunemente inserita una sorgente di tensione costante E_g con il — verso la griglia ed il + verso il filamento. Questo circuito costituisce il circuito di entrata della valvola in quanto in esso si può applicare una tensione alternativa che il triodo può ingrandire od opportunamente deformare.

b) circuito di placca, in cui è inserita una sorgente di tensione costante V_a con il + verso la placca ed il — verso il meno dei filamenti: costituisce il circuito di uscita perchè in esso si può raccogliere la tensione applicata alla griglia, però ingrandita o deformata.

c) circuito del filamento in cui è inserita una sorgente di tensione necessaria per l'accensione.

I circuiti di placca e di griglia sono metallicamente aperti, però la loro continuità elettrica viene assicurata dal flusso elettronico dovuto all'emissione da parte del filamento e alla forza di attrazione della placca.

Dando alla griglia particolari tensioni, rispetto al filamento, si ha la possibilità di controllare il numero di elettroni che vanno dal catodo alla placca, poichè a parità di temperatura di accensione la corrente anodica, oltre che dalla tensione della placca, dipende dal potenziale E_g applicato alla griglia.

Se questa è a potenziale negativo rispetto al filamento, tende ad opporsi al flusso di elettroni che vanno dal catodo alla placca, se è a potenziale positivo tende a favorire tale flusso. La corrente I_a di placca dipende quindi dal valore della tensione applicata alla placca e dal valore di quella applicata in griglia rispetto al filamento. Un

triode che con una tensione di griglia V_g e una tensione di placca V_a dà la corrente di placca I_a , può essere considerato dal punto di vista energetico come un diodo avente applicata tra placca e filamento una tensione :

$$V = V_a + \frac{C_{fg}}{C_{fa}} V_g \quad (16)$$

V è chiamato potenziale globale, C_{fg} capacità fra filamento e griglia, C_{fa} capacità fra filamento e placca; il rapporto $\frac{C_{fg}}{C_{fa}}$ si chiama *coefficiente di amplificazione* e si indica colla lettera μ ed è maggiore di 1 da cui si vede che l'effetto del potenziale di griglia è μ volte più grande del potenziale di placca.

Si possono così ottenere variazioni di corrente anodica senza variazioni di temperatura del filamento, né variazione di tensione di placca, ma soltanto mediante l'azione di controllo della griglia. Quanto maggiore è la vicinanza della griglia al filamento e quanto più fitte sono le maglie della griglia (cioè quanto maggiore è il rapporto $\frac{C_{fg}}{C_{fa}}$) tanto più efficace è l'azione di controllo, nel senso che per ottenere una certa variazione di corrente anodica possono bastare variazioni della tensione di griglia piccole rispetto a quelle che occorrerebbe dare alla placca per avere lo stesso effetto. Essendo la griglia vicina al catodo il suo potenziale come si è visto ha più influenza sul flusso degli elettroni di quanto non l'abbia il potenziale di placca stesso; ed infatti per un certo potenziale di placca esiste un potenziale negativo di griglia che annulla la corrente anodica, che è chiamato *potenziale di interdizione*.

Per potenziali negativi di griglia non si ha nel circuito alcuna corrente; quando la griglia diventa positiva, essa raccoglie una parte del flusso elettronico dando luogo ad una corrente di griglia. Quando il potenziale di placca e di griglia sono sufficientemente elevati, tutti gli elettroni emessi dal filamento sono raccolti, e si ha allora la *corrente di saturazione* per una data tensione di placca il potenziale di griglia che dà la corrente di saturazione, si chiama potenziale di griglia di saturazione.

49. Caratteristiche del triodo.

La corrente di placca I_a risulta nello stesso tempo funzione di V_a e di C_g . Mantenuta costante la tensione di accensione del fi-

lamento, il valore della corrente I_a viene quindi a dipendere dai valori di V_a e di V_g .

a) *Caratteristiche anodiche.* Sono ottenute con il circuito in fig. 78. In esso variando il potenziale anodico, si ottengono corri-

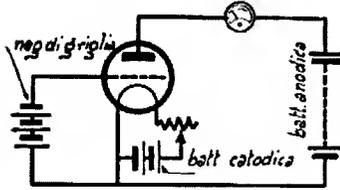


Fig. 77

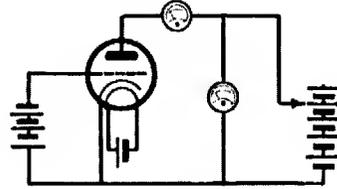


Fig. 78

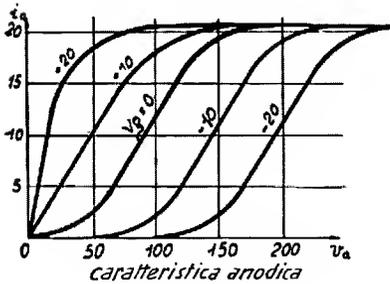


Fig. 79

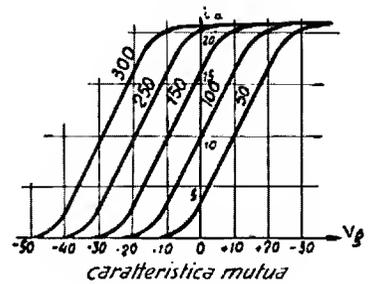


Fig. 80

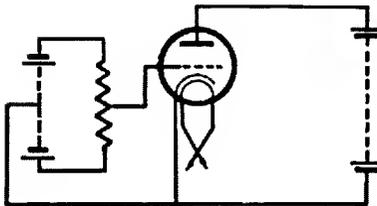


Fig. 81

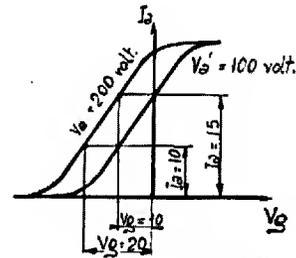


Fig. 82

spondenti variazioni di corrente anodica; riportando su di un diagramma le variazioni $I_a = f(V_a)$ avremo le curve di fig. 79, ognuna delle quali corrisponde ad un valore diverso del potenziale di griglia.

Per mezzo di queste caratteristiche si può definire il valore ed il concetto della resistenza differenziale.

$$\rho = \frac{d Va}{d Ia} \quad \text{che viene misurato in ohm} \quad (17)$$

Dal diagramma si nota che la corrente di saturazione rimane sempre la stessa; infatti essa non dipende dalla Va ; nè dalla Vg ma solamente dalla temperatura del filamento.

b) *Caratteristiche mutue.* Sono ottenute per mezzo del circuito in fig. 81. In esso variando il potenziale di griglia da valori negativi a valori positivi, si ottengono corrispondenti variazioni di corrente anodica, mantenendo costante Va . Riportando su di un diagramma i valori di Vg e di Ia avremo (fig. 80) la famiglia di caratteristiche ricavata per diversi valori di Vg . Anche per queste caratteristiche si ricava in valore ed in concetto la conduttanza mutua o pendenza

$$g = \frac{d Ia}{d Vg} \quad \text{che viene misurata in mA/volt} \quad (18)$$

da cui si nota che per una tensione di placca costante e per una data polarizzazione di griglia, si può valutare la variazione di corrente anodica in corrispondenza alla variazione di tensione nel circuito di griglia.

50. Coefficiente di amplificazione.

Se si mantiene costante la tensione anodica Va e si varia il potenziale di griglia da Vg a Vg' il valore della corrente anodica aumenta (poichè Vg' è più positivo di Vg) da un valore Ia ad un valore Ia' . Riferendoci al diagramma in fig. 82 se la placca resta a 200 volt costanti e si varia la polarizzazione negativa di griglia da -20 a $-10 V$., il valore della corrente anodica aumenta da 10 a 15 mA. Mantenendo costanze il potenziale di griglia Vg' per riportare il valore della corrente anodica a quello primitivo, si dovrà variare la tensione anodica da Va a Va' mantenendo però il potenziale di griglia a $-10 V$. Per riportare ora il valore della corrente anodica a quello di prima, cioè a 10 mA si dovrà variare la tensione anodica da 200 a 100 V., passare cioè da una caratteristica ad un'altra per cui la variazione $Va-Va'$ del potenziale anodico ottiene lo stesso effetto di una variazione $Vg-Vg'$ del potenziale di griglia. In definitiva la variazione di 100 V della tensione anodica ottiene lo stesso effetto sulla corrente anodica di una variazione di 10 V potenziale ne-

gativo di griglia. Se indichiamo con μ detto coefficiente di amplificazione, il rapporto fra tali variazioni di tensioni avremo :

$$\mu = \frac{V_a - V_a'}{V_g - V_g'} \quad \text{e generalizzando } \mu = \frac{d V_a}{d V_g} \quad (19)$$

cioè il coefficiente di amplificazione è il rapporto fra la variazione di potenziale anodico e la corrispondente variazione di potenziale di griglia capace di produrre la stessa variazione di corrente anodica. Per i triodi, μ è dell'ordine delle decine.

Quanto più μ è grande tanto minore è la variazione di V_g del potenziale di griglia equivalente ad una variazione $d V_a$ di placca realizzante lo stesso aumento di corrente anodica. L'efficienza del controllo di griglia è tanto maggiore quanto più essa è vicina al catodo rispetto alla placca. I tre elementi μ , ξ , g , sono legati tra loro dalla seguente relazione :

$$\mu = g \xi. \quad (20)$$

Infatti sostituendo ai simboli le rispettive espressioni si ha :

$$\frac{d V_a}{d V_g} = \frac{d V_a}{d I_a} \times \frac{d I_a}{d V_g}$$

da cui si può notare l'eguaglianza dei due termini.

51. Corrente totale in un triodo.

La corrente totale in un triodo è la somma della corrente di placca e della corrente di griglia presenti nei rispettivi circuiti. Finchè la griglia è negativa, tutta la corrente I_t emessa dal filamento viene raccolta dalla placca; cioè, per una tensione di griglia $V_g > 0$ essendo la corrente di griglia $I_g = 0$, la corrente di placca I_a sarà uguale alla corrente totale I_t . Ciò non accade quando la griglia diventa positiva; infatti essendo, per $V_g > 0$, $I_g > 0$, la corrente anodica $I_a = I_t - I_g$. Per quanto riguarda l'intensità della corrente di griglia in relazione a quella anodica, essa dipende dal rapporto della distanza dei fili di griglia e dal loro diametro. Aumentando il potenziale di griglia aumenta la I_g a scapito della I_a di placca che diminuisce proporzionalmente. Ciò si può osservare nel diagramma in fig. 83.

52. Tetrodo.

Oltre ai triodi si sono studiate altre valvole ad un numero maggiore di elettrodi atte ad esaltare alcune caratteristiche del triodo o a ridurre le tensioni necessarie per il funzionamento. La valvola a più di tre elettrodi inoltre risponde maggiormente alle necessità della tecnica attuale, basata sulle alte frequenze poichè con essa si viene a diminuire di molto la dannosa capacità interelettrodica. Questa capacità nei circuiti ad A. F. può provocare accoppiamenti nocivi tra circuito di entrata e di uscita.

Le prime valvole a più di tre elettrodi sono i tetrodi, i quali oltre alla placca ed al filamento hanno altre due griglie.

Secondo la polarizzazione e la funzione di queste griglie, i tetrodi si distinguono in :

- a) tetrodi a griglia di campo (fig. 84a);
- b) tetrodi a griglia schermo (fig. 84b);
- c) tetrodi bigriglia (fig. 84c).

53. Tetrodo α griglia di campo.

I circuiti di un tetrodo a griglia di campo sono (fig. 85);

a) circuito di griglia in cui è inserita una batteria di polarizzazione con il + verso il catodo ed il — verso la griglia.

b) circuito anodico in cui è messa la batteria anodica.

c) circuito di griglia di campo che comprende una parte della batteria anodica con il + verso la griglia di campo il — al catodo.

d) circuito del filamento in cui è inserita la batteria di accensione. La tensione della griglia di campo, che è vicina al filamento, è circa metà o un terzo di quella di placca dimodochè la sua azione sull'emissione elettronica è grandissima. Infatti tutti gli elettroni emessi dal filamento vengono attratti da essa che li sposta fra le due griglie in prossimità della griglia di controllo formando così una nube di elettroni che virtualmente sostituisce il filamento. Perciò l'effetto della griglia di campo è di sostituire al filamento reale un catodo virtuale molto più vicino alla griglia di controllo e quindi più soggetto alla sua azione. Per queste ragioni la tensione anodica necessaria per il normale funzionamento della valvola riesce di molto ridotta assumendo valori di circa 10-20 volt.

54. Valvola bigriglia.

In questo tipo di tetrodo le due griglie assumono un potenziale medio prossimo a quello del filamento e generalmente negativo; di conseguenza la placca deve assumere un potenziale elevato, intorno al centinaio di volt. Entrambe le griglie possono essere alimentate con tensioni oscillanti di controllo.

55. Valvola α griglia schermo.

In questo tetrodo la griglia più vicina alla placca assume il nome di griglia schermo (fig. 86). Essa ha lo scopo di separare elettricamente la placca dagli altri elettrodi e quindi diminuire la capacità tra griglia e placca: è formata da una rete di maglie fittissime ed ha un potenziale di circa $1/2 - 1/3$ quello di placca.

La sua introduzione inoltre ha lo scopo di ottenere un grande coefficiente di amplificazione. La capacità tra placca e griglia, risulta in questa valvola dell'ordine di qualche centesimo di micro-micro-Farad.

La griglia schermo trovandosi a un potenziale relativamente elevato, capta la maggior parte degli elettroni emessi dal filamento e regolati dalla griglia di controllo. Questi elettroni colpendo la griglia schermo provocano in essa una espulsione di altri elettroni che vengono poi raccolti dalla placca. Quindi, in condizioni normali di funzionamento, la corrente anodica è dovuta in gran parte a questa emissione secondaria di griglia schermo, formata da elettroni espulsi per effetto di urto ed assorbiti dalla placca perchè a potenziale maggiore della griglia schermo. Con ciò non si vuol dire che tutta la corrente anodica è dovuta a questa emissione poichè alcuni elettroni riescono a raggiungere direttamente la placca passando attraverso le fitte maglie della griglia schermo.

Rispetto al funzionamento di un triodo, nel tetrodo la tensione anodica V_a ha minore influenza sul flusso elettronico di quanto non l'abbia la tensione di griglia schermo e quindi per grandi variazioni di tensione di placca, si ottengono piccole variazioni di corrente anodica; per cui la resistenza interna:

$$\rho = \frac{d V_a}{d I_a}$$

risulta grande e di conseguenza molto elevato risulta il coefficiente di amplificazione, essendo $\mu = \rho \cdot g$.

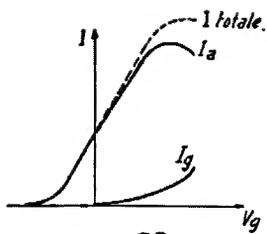


Fig 83

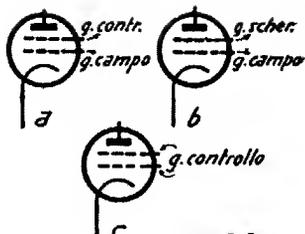


Fig 84

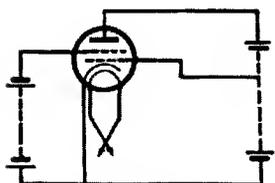


Fig 85

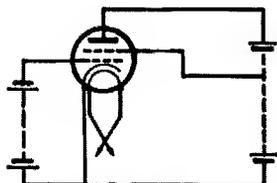


Fig 86

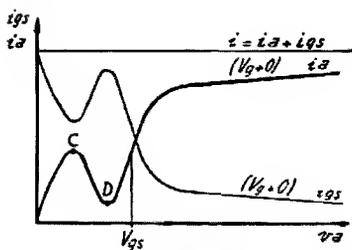


Fig 87

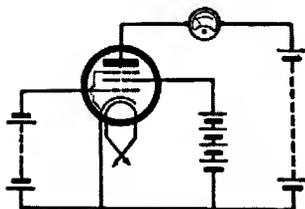


Fig 88

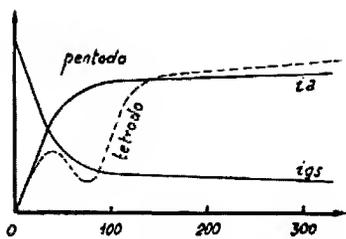


Fig 89

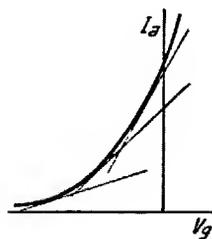


Fig 90

Ritornando all'emissione secondaria sopra descritta, diremo che la griglia schermo funziona come una sorgente secondaria di elettroni e che le variazioni di corrente anodica dipendono dalla griglia di controllo, in quanto essa controlla il numero di elettroni che possono urtare la griglia schermo.

Oltre questa emissione secondaria in questo tetrodo ve n'è un'altra di grande entità che è quella dovuta alla placca.

Quando la placca assume potenziale inferiore a quello di griglia schermo, gli elettroni primari che, provenienti dal filamento ed accelerati nella loro velocità dall'azione della griglia schermo, riescono ad oltrepassare questa griglia, andando ad urtare violentemente contro la placca, provocano in essa una estrazione di elettroni che vengono raccolti dalla griglia schermo e ciò a detrimento della corrente anodica. Di conseguenza la corrente di griglia schermo incrementata da questi elettroni secondari viene corrispondentemente ad aumentare. Quando però la placca raggiunge valori prossimi al potenziale di griglia schermo, l'emissione secondaria sopra descritta viene a scemare e quindi la corrente anodica di nuovo ad aumentare, fino ad assumere valori con andamento quasi orizzontale per valori di tensione di placca poco superiori a quelli di griglia schermo.

Questo fenomeno è illustrato nel diagramma in fig. 87; in esso nel tratto CD per aumenti di tensione anodica si hanno diminuzioni di corrente anodica dimodochè in questo tratto la valvola viene ad assumere una resistenza differenziale negativa. Qualche volta per ragioni particolari si fa funzionare la valvola in questo tratto, si dice allora che essa funziona in «dinatron».

56. Pentodo.

Il pentodo è una valvola più completa del tetrodo; essa oltre agli elettrodi normali del tetrodo possiede un'altra griglia interposta tra placca e griglia schermo, chiamata di soppressione (fig. 88). Lo scopo principale di questa griglia è di eliminare l'emissione secondaria di placca, facendo scomparire l'ansa che si ha nella curva dei tetrodi in seguito alla suddetta emissione (fig. 89).

L'azione di questa griglia la quale è collegata al catodo, fa sì che gli elettroni espulsi dalla placca, per effetto dell'emissione secondaria, non vengano assorbiti dalla griglia schermo, ma ritornino sulla placca respinti dall'azione del campo creato. Oltre il vantaggio di aumentare il tratto utile della caratteristica, il pentodo offre la possibilità di una maggiore corrente anodica e quindi di una maggiore

potenza d'uscita, poichè permette di aumentare notevolmente il potenziale di griglia schermo senza timore di emissioni secondarie, sino a valori leggermente superiori al potenziale di placca.

Si possono distinguere due tipi particolari di pentodi

a) *pentodi usati per l'amplificazione in B. F.* Questi sono tubi che hanno il potenziale d'interdizione piuttosto grande ottenendo così la possibilità di applicare alla griglia di controllo delle tensioni oscillanti di grande ampiezza, che di solito sono presenti solamente quando le tensioni sono a frequenza bassa e che danno luogo a correnti anodiche molto elevate:

La tensione anodica di tali valvole ha un valore intorno ai 200-300 V, il potenziale d'interdizione varia di circa 30 a 60 volt; il coefficiente μ da 50 a 150; la potenza di dissipazione anodica da 10 a 15 W.

b) *pentodi usati come amplificatori di A. F.* Per queste valvole il potenziale d'interdizione è molto più basso per cui le maglie della griglia sono più strette ottenendosi così un aumento del coefficiente μ . Si cerca in questi tipi di valvole, di ridurre la capacità griglia-placca (il che invece non interessa nell'amplificazione a B. F.) facendo uscire il terminale della griglia alla sommità del bulbo.

57. Valvole multi-mu (μ)

Questi tubi hanno la proprietà di possedere un fattore μ diverso da punto a punto della loro caratteristica mutua. Essendo

$$\mu = \frac{g}{e} \cdot \frac{e}{p} \quad \text{cost.}$$

per ottenere μ variabile occorre che la pendenza g vari continuamente per cui le caratteristiche si presentano come in fig. 90.

Per avere una g variabile necessita un particolare riguardo nella costruzione della griglia; infatti la spaziatura delle spire di essa non è uniforme e precisamente le spire sono fra di loro più distanti al centro che all'estremità. Il coefficiente di amplificazione risulta con questo accorgimento basso in corrispondenza di grandi valori negativi di V_g ed elevato in corrispondenza di piccoli valori negativi di V_g .

Queste valvole vengono usate quando si vuol regolare l'amplificazione agendo sul potenziale V_g base di griglia.

Il valore del potenziale d'interdizione per questi tipi di valvole risulta molto alto.

58. Valvole a fascio elettronico.

Sono valvole a quattro elettrodi: filamento, griglia controllo, griglia schermo, placca; hanno inoltre due placchette collegate al catodo che limitano il flusso elettronico entro due fasci minori di 90° (vedi fig. 91).

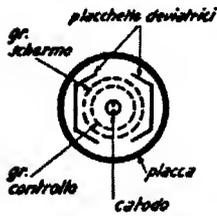


Fig. 91

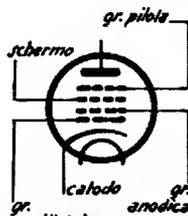


Fig. 92

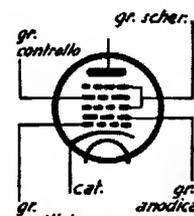


Fig. 93

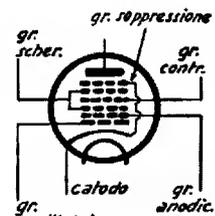


Fig. 94

Le maglie delle griglie hanno lo stesso passo e sono disposte in modo da essere una parallela all'altra e le spire dell'una coincidenti colle spire dell'altra. La placca di solito ha il medesimo potenziale dello schermo o potenziale minore ed è inoltre molto lontana rispetto al filamento ed alle due griglie.

Per effetto:

della grande emissione dovuta al catodo;

del flusso elettronico concentrato fra le due placchette e

della notevole distanza fra schermo e placca,

si viene a formare una carica spaziale fra placca e schermo, il quale ha un potenziale molto minore di quello della placca. Questa zona a potenziale basso, sostituisce la griglia di soppressione e respinge gli elettroni secondari emessi dalla placca; è come se si sostituisse al sistema catodo, griglia controllo, griglia schermo, un catodo virtuale posto tra lo schermo e la placca.

TUBI COMPOSTI

59. Esodo.

Si può considerare come costituito di due sezioni separate da una griglia schermo.

1^a SEZIONE catodo
 griglia oscillatrice
 griglia anodica ;
 placca

Questa sezione rispetto alla seconda funge da catodo virtuale ad emissione variabile.

2^a SEZIONE griglia controllo
 griglia di soppressione
 placca

La prima sezione si comporta come un triodo avente la placca forata ed alla cui griglia giunge una tensione oscillante; il flusso elettronico passa quindi dal catodo a questa speciale placca e da questa alla vera placca della valvola, venendo regolata da eventuali tensioni oscillanti applicate alla griglia controllo (fig. 92).

60. Eptodo.

Anche questa valvola si può considerare costituita di due sezioni (fig. 93) :

1^a SEZIONE catodo
 griglia oscillatrice
 griglia anodica
 griglia controllo
2^a SEZIONE griglia schermo
 griglia di soppressione
 placca

La seconda sezione costituisce un tetrodo a griglia schermo.

61. Ottodo.

E' un tubo formato da un triodo, funzionante da catodo virtuale, e da un pentodo (fig. 94). Queste valvole multiple sono usate come oscillatrici - modulatrici o convertitrici.

CAPITOLO III

A M P L I F I C A T O R I

62. Problema dell'amplificazione.

In uno stadio di amplificazione, per studiare il funzionamento di un triodo come amplificatore, occorre prendere in considerazione il suo circuito di placca, quello di griglia e quello di accensione (fig. 95).

E_g è la batteria di polarizzazione della griglia che fornisce la componente continua del potenziale di griglia; a questa perviene il segnale di entrata dello stadio, segnale alternato v_g , il quale si sovrappone alla tensione E_g continua di polarizzazione ottenendo così un potenziale.

$$V_g = E_g \pm v_g$$

E_a è la batteria di polarizzazione anodica nel cui circuito è inserito il carico R , ai cui estremi si ricava la componente alternativa V_a che rappresenta il segnale d'uscita dello stadio. La corrente di placca I_a è la somma di una componente continua I_{a_0} più una componente alternata I_a e cioè:

$$I_a = I_{a_0} + j a$$

La tensione applicata alla placca (cioè la tensione effettiva tra placca e filamento) risulta:

$$V_a = E_a - R I_a$$

Sostituendo ad I_a il suo valore si ha:

$$V_a = E_a - R(I_{a_0} + j a) = E_a - R I_{a_0} - R j a$$

Quindi il potenziale di placca V_a risulta costituito da una componente continua $V_{a_0} = E_a - RIa_0$, e da una componente alternativa $v_a = Rja$.

Le variazioni di Ia in funzione di V_g non si possono però studiare basandosi sulle caratteristiche statiche, cioè in condizioni di riposo della valvola, ma su delle nuove, dette «*caratteristiche dinamiche*» che tengono conto della presenza, nel circuito anodico della R di carico, la quale ha influenza sul valore della corrente Ia stessa.

La caratteristica dinamica è una curva che dà, in funzione della tensione variabile totale griglia V_g , la variazione della tensione di placca corrispondente per un dato valore della resistenza di carico R .

Considerata la caratteristica statica di un triodo, per una tensione $V_a = E_a - RIa$, data una tensione base negativa di griglia E_g , si trova immediatamente la corrente a riposo nel circuito di placca, quando non vi è alcun segnale in griglia.

Immaginiamo ora di applicare una tensione alternativa V_g alla griglia, sovrapponendola a quella E_g della batteria (fig. 96) in modo da far compiere al potenziale di griglia una escursione attorno ai valori $-E_g + V_g$ ed $-E_g - V_g$, tale da non assumere mai un potenziale da far lavorare la valvola fuori dal tratto rettilineo della caratteristica.

Se la resistenza di carico fosse trascurabile, l'escursione della corrente di placca, in conseguenza della variazione della tensione di griglia, avverrebbe lungo la caratteristica statica e sarebbe limitata dai punti A e B che corrispondono ai valori estremi A' e B' assunti dalla griglia.

In pratica però le variazioni della corrente di placca sono minori di valore rispetto a quelle che si hanno nelle condizioni statiche. Ciò è dovuto alla presenza della R di carico.

Quando infatti la griglia diventa meno negativa, la Ia tende ad aumentare, aumentando di conseguenza la caduta di tensione RIa nel circuito anodico; diminuisce però la tensione effettiva dell'anodo, la quale essendo $I=f(V_a)$ fa perciò diminuire anche la corrente anodica.

Quando invece la tensione di griglia diventa meno negativa diminuisce la Ia ; diventando però minore la caduta RIa , la tensione applicata all'anodo aumenta limitando così la diminuzione di Ia .

La resistenza R crea perciò una caduta di tensione variabile tale da agire in senso opposto alla variazione di griglia.

Le variazioni di Ia avvengono anzichè tra A e B , tra A'' e B'' , cioè avvengono invece che sulla caratteristica statica, su di un'altra

caratteristica che ha in comune con la prima il punto di funzionamento a riposo e che ha pendenza minore della prima (fig. 97).

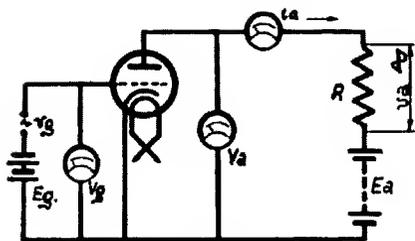


Fig 95

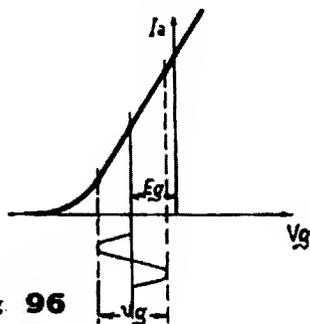


Fig 96

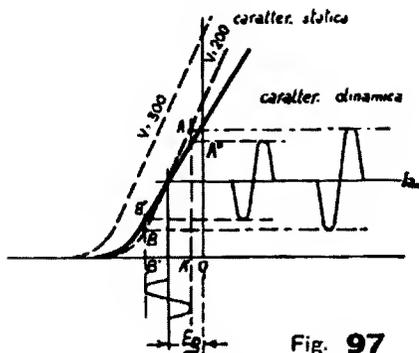


Fig. 97

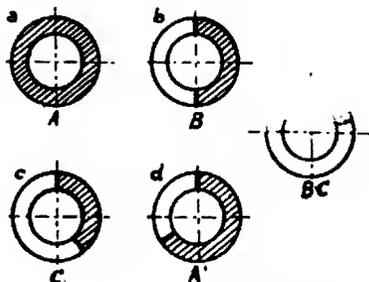


Fig. 98

Questa nuova caratteristica si chiama *caratteristica dinamica* della valvola, e tiene conto dell'effettiva variazione di I_a in funzione di V_g , quando si considera durante la variazione di V_g la contemporanea variazione di V_a dovuta alla c. d. t. variabile R_{ia} .

Si chiama «*amplificazione dello stadio*» il rapporto tra la componente alternativa V_a di uscita dello stadio e la componente alternativa V_g di entrata :

$$A = \frac{V_a}{V_g} \quad (21)$$

Questo fattore di amplificazione A rappresenta l'efficienza dello stadio come *amplificatore di tensione*.

Oltre questo tipo di amplificazione, bisogna considerare l'*amplificazione di potenza* e l'efficienza dello stadio sarà misurata dal rapporto tra la potenza alternata resa all'uscita e la potenza assorbita all'entrata.

Nei radioricevitori si cerca di avere nei primi stadi di amplificazione (preamplificazione) una amplificazione di tensione senza assorbimento di potenza alternativa all'entrata; nello stadio finale, con uscita su di un dispositivo elettro-acustico (cuffia o altoparlante), si cerca di ottenere invece una amplificazione di potenza.

Negli amplificatori per trasmettenti è necessaria un'amplificazione di potenza, col minimo consumo della potenza d'alimentazione in corrente continua. Secondo la frequenza delle componenti alternative di entrata e di uscita dello stadio, abbiamo l'amplificazione ad alta frequenza (A. F.) od a bassa frequenza (B. F.).

Nei ricevitori moderni a supereterodina, si hanno anche stadi di amplificazione in media frequenza (M. F.) la quale offre il vantaggio di essere fissa, qualunque sia la stazione da ricevere, in modo che il comportamento dello stadio non vari.

A seconda delle tensioni applicate agli elettrodi della valvola e dei valori della corrente nei circuiti varia la resa dello stadio; considerando la frazione di periodo durante il quale scorre la corrente anodica, gli amplificatori si distinguono in varie classi:

a) *Amplificatori in classe A*, nei quali la corrente di placca non si annulla mai (fig. 98a).

b) *Amplificatori in classe B*, nei quali la corrente di placca si annulla per mezzo periodo (fig. 98b).

c) *Amplificatori in classe C*, nei quali la corrente di placca si annulla per più di mezzo periodo (fig. 98c).

d) *Amplificatori in classe AB*, oppure in classe A', nei quali la corrente circola per più di mezzo periodo (fig. 98d).

e) *Amplificatori in classe BC*, nei quali la corrente di placca circola per molto meno di mezzo periodo (fig. 98e).

In pratica, nei radioricevitori si adoperano degli amplificatori in classe A per l'amplificazione di tensione ad alta e media frequenza.

In questi amplificatori la corrente di placca è sempre presente anche quando all'entrata dello stadio non arriva nessun segnale, avendo perciò consumo anodico anche in queste condizioni. Nei radioricevitori alimentati a batteria si cerca di ridurre questo consumo anodico adottando per l'amplificazione in B. F. (amplificazione di potenza) amplificatori in classe B oppure in classe AB. Nelle stazioni

trasmettenti data la grande potenza di alimentazione, si evita la forte perdita nei periodi in cui non si amplifica il segnale, adottando esclusivamente amplificazione in classe C o BC.

63. Rendimento di conversione.

Il circuito di carico oltre ad essere costituito da una pura resistenza ohmica R può essere formato anche da un circuito oscillante accordato sulla frequenza della tensione V_a applicata alla griglia. Questo circuito in condizioni di risonanza si comporta come una resistenza pura (resistenza dinamica).

In assenza di segnale tutta la potenza erogata dalla batteria viene dissipata dalla valvola e dalla resistenza di carico sotto forma di calore. Quando però si applica una v_g alla griglia si manifesta nel circuito di carico una potenza alternativa dovuta alla componente alternativa J_a che in esso circola. Essendo la potenza erogata dalla batteria sempre la stessa, la presenza di questa nuova potenza nel circuito si avrà a scapito della potenza dissipata che viene perciò a diminuire.

Ai fini dell'amplificazione, la potenza dissipata in calore dalla placca è potenza perduta (P), quella presente nel circuito oscillante è potenza utile (P_u). Il rapporto di conversione sarà dato da :

$$\eta = \frac{P_u}{P_u + P_p}; \quad (22)$$

il rendimento di conversione si esprime quindi come il rapporto tra i watt utilizzabili dal carico anodico ed i watt erogati dalla batteria.

64. Amplificatori in classe A.

Nei circuiti in classe A la griglia è portata a potenziale base E_g tale da far funzionare la valvola nel centro del tratto rettilineo della caratteristica mutua. Il segnale di entrata inoltre è tale che il potenziale della griglia non diventi mai positivo, nè raggiunga il ginocchio della caratteristica, in modo da evitare presenza di corrente nel circuito di griglia e permettere un'amplificazione lineare. Funzionando il triodo in classe A, cioè nel tratto rettilineo della caratteristica, si può considerare valida l'equazione di Vallauri :

$$\rho I_a = V_a + \mu V_g + \text{cost.} \quad (23)$$

Ricordando che

$$I_a = I_{a_0} + j_a, \quad V_g = E_g + v_g \quad V_a = E_a - v_a, \quad (24)$$

sostituendo questi valori nell'equazione di Vallauri avremo :

$$\rho (I_{a_0} + j_a) = E_a - v_a + \mu (E_g + v_g) + \text{cost.};$$

e considerando lo stadio nella condizione di riposo per cui

$$v_g = 0, \quad v_a = 0, \quad j_a = 0,$$

si ha :

$$\rho I_{a_0} = E_a + \mu E_g + \text{cost.};$$

sottraendo questa espressione da quella precedente si ha :

$$\rho j_a = -v_a + \mu v_g; \quad \text{essendo } v_a = R j_a \quad \text{si ha che}$$

$$\rho j_a + R j_a = \mu v_g$$

e quindi :

$$j_a = \frac{\mu v_g}{\rho + R}, \quad (25)$$

per cui ai capi di R si avrà una tensione $v_a = R j_a$, cioè :

$$v_a = \mu v_g \frac{R}{\rho + R}; \quad (26)$$

il rapporto di amplificazione sarà :

$$K = \frac{v_a}{v_g} = \frac{\mu v_g}{v_g} \cdot \frac{R}{\rho + R} = \mu \cdot \frac{R}{\rho + R} \quad (27)$$

dividendo ora il numeratore e il denominatore del secondo termine del prodotto per R , si ottiene :

$$K = \mu \cdot \frac{1}{1 + \frac{\rho}{R}}; \quad (28)$$

per cui i valori di ρ e di R dovranno essere tali da rendere massimo il valore di K . In pratica per avere una buona amplificazione di potenza senza distorsione si fa $R = 1 \div 3 \rho$. Esempio :

$$K = \mu \cdot \frac{I}{1 + \frac{\rho}{R}} = 10 \cdot \frac{I}{1 + \frac{I}{2}} = \frac{10}{3/2} = \frac{10}{1,5} = 7,5$$

Per l'amplificazione in alta frequenza si preferisce sostituire al triodo il tetrodo a griglia schermo; per forti amplificazioni si dà invece la preferenza al pentodo.

65. Amplificatori in classe B.

Per l'amplificazione in classe B si dà alla griglia un potenziale esattamente uguale al potenziale d'interdizione. In questo modo si ha corrente solo per le semionde positive del segnale d'entrata alla griglia. Usando questo sistema è necessario disporre di due valvole in controfase onde ottenere l'amplificazione del periodo completo. Questo tipo viene usato in *B.F.* ed in *A.F.* per amplificare correnti modulate.

66. Amplificatori in classe C.

Per l'amplificazione in classe C, si dà alla griglia una polarizzazione più bassa del potenziale d'interdizione. La corrente anodica circola quindi per una frazione minore del semiperiodo e non avrà più la forma di una sinusoide ma presenterà degli avvallamenti in corrispondenza dei valori massimi positivi assunti dalla griglia. La distorsione del segnale di placca non ha importanza poichè il circuito di carico ricostituisce l'onda completa. Questo tipo è usato solo per l'amplificazione dell'*A. F.*

ACCOPIAMENTI INTERVALVOLARI

67. Accoppiamento degli stadi di amplificazione.

La f. e. m. alternata all'entrata dello stadio può pervenire o dal circuito d'aereo o da un generatore o può essere un segnale di uscita di uno stadio precedente. Dobbiamo vedere ora come si può accoppiare il circuito di uscita di una valvola con quello di entrata della valvola successiva.

L'accoppiamento può essere :

- a) a resistenza e capacità ;
- b) ad impedenza e capacità ;
- c) a trasformatore ;
- d) a circuito oscillante ;
- e) a trasformatore accordato.

68. Accoppiamento a resistenza e capacità (fig. 99).

R_a è la resistenza di carico della prima valvola, che costituisce la resistenza di accoppiamento.

C_b è il condensatore di blocco che impedisce alla componente continua della corrente di placca di passare nel circuito di griglia della valvola successiva, e lascia trasferire la componente alternativa ricavabili ai capi del carico R_a all'entrata del secondo triodo.

R_g si chiama resistenza di fuga e serve a scaricare le cariche che si accumulano sulla griglia evitando così che dopo poche oscillazioni si verifichi l'interdizione della valvola.

Se $K_1 (= \frac{\mu \cdot R}{\rho + R})$ è il fattore di amplificazione della prima valvola, e K_2 quello della seconda valvola, il rapporto effettivo di amplificazione dei due stadi è uguale a $K_1 \cdot K_2$.

Il valore di Cb deve essere tale da offrire per le frequenze da amplificare una reattanza $\frac{2}{2\pi fC}$ (29)

piccola, riducendo così la caduta di tensione alternativa ai suoi capi. Infatti una caduta eccessiva ridurrebbe di molto la tensione disponibile a cavallo della Rg .

Se si considera il triodo funzionante nel tratto rettilineo della caratteristica, considerando solo i valori alternativi si ha che $\mu Vg = \rho + R$. ia che non è altro che la legge di Ohm per il triodo considerato come amplificatore.

La variazione di ia in funzione di Vg non si può studiare come si è visto basandosi sulle caratteristiche statiche, ma considerando le caratteristiche dinamiche, le quali tengono conto della presenza nel circuito anodico del triodo amplificatore, della R di carico la quale ha un'influenza sul valore della corrente ia stessa, nel modo noto.

La Ra si intende misurata alla frequenza di lavoro. Questo tipo di accoppiamento si impiega per frequenze inferiori a 100 Kc.

Per frequenze maggiori la capacità griglia-filamento della seconda valvola cortocircuita l'uscita del primo stadio. Il valore di Rg stesso deve essere abbastanza elevato perchè risultando, per le componenti alternative, in parallelo alla resistenza di carico anodico della prima valvola, non venga a ridurre il valore del carico della valvola amplificatrice ad un valore troppo basso.

69. Accoppiamento ad impedenza e capacità.

La resistenza di carico della prima valvola può essere costituita da una impedenza avente bassa resistenza ohmica (fig. 100).

Si ottiene così il vantaggio di diminuire la tensione occorrente per l'alimentazione anodica, dato che la caduta di tensione nel circuito anodico risulta di molto diminuita.

D'altra parte la L offre una reattanza abbastanza forte, tale da ottenere valori assai grandi d'amplificazione.

Inoltre bisogna tener conto dell'effetto che può provocare la capacità dovuta alle spire della bobina L : infatti, risultando questa

capacità in parallelo con l'avvolgimento dell'impedenza, forma un circuito oscillante con quest'ultima.

L'amplificazione sarà quindi massima quando la frequenza da amplificare risulta essere uguale a quella di risonanza del circuito; in quanto per quella frequenza il circuito oscillante presenta una impedenza massima.

E' chiaro però che ciò è possibile ottenersi soltanto quando si amplifichi la frequenza che pone in risonanza il circuito di placca considerato; per tutte le altre frequenze si otterrà sempre una amplificazione diversa secondo la frequenza impiegata.

70. Accoppiamento a circuito accordato di placca.

In questo caso la R di carico della prima valvola è costituita da un circuito sintonizzato funzionante come circuito risonante in parallelo.

Questo accoppiamento si presta bene per l'amplificazione dei segnali aventi una determinata frequenza, ove particolarmente necessita una grande selettività.

Con questa specie di accoppiamento l'amplificazione sarà massima per la frequenza d'accordo (per la quale la resistenza del circuito risulta Q volte più grande) (fig. 101).

71. Accoppiamento a circuito di griglia accordato.

Per questo circuito (fig. 102) si possono trarre le stesse conclusioni del paragrafo precedente. L'amplificazione risulta massima evidentemente quando il circuito LC è accordato sulla frequenza del segnale esistente nel circuito anodico della prima valvola.

72. Accoppiamento a trasformatore.

a) *con primario e secondario aperiodico.* Si può aumentare l'amplificazione accoppiando la prima valvola con la seconda mediante un trasformatore invece di applicare direttamente la caduta di tensione che si produce a cavallo della R di carico fra la griglia e il catodo della seconda valvola (fig. 103). L'impedenza dell'avvolgimento primario, che funziona da carico per la prima valvola, dipende dal valore della frequenza da amplificare, e precisamente se si conosce il valore dell'induttanza in Henry, dovrà essere scelto in modo che si ottenga il massimo K possibile del primo stadio. Ai capi

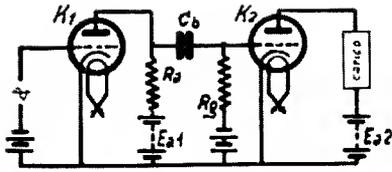


Fig. 99

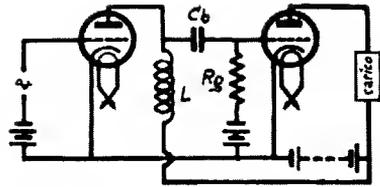


Fig. 100

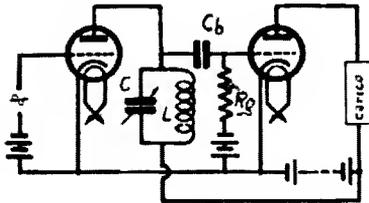


Fig. 101

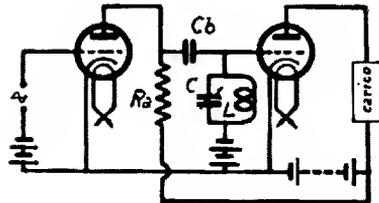


Fig. 102

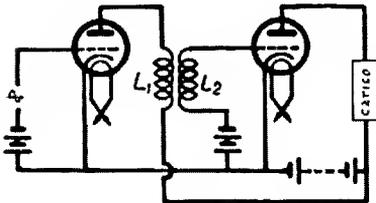


Fig. 103

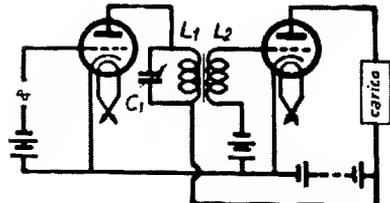


Fig. 104

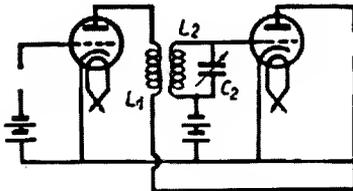


Fig. 105

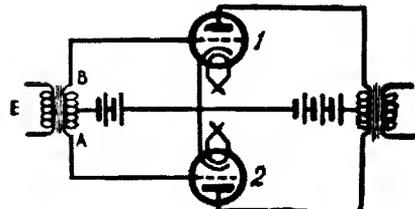


Fig. 106

del primario si ha perciò una caduta di tensione variabile che determina una differenza di potenziale amplificata ai capi del secondario. Non tutte le frequenze sono però amplificate allo stesso modo per le ragioni sopra-specificate.

Il diametro dei fili dell'avvolgimento primario e di quello secondario deve essere tale da non offrire grande resistenza al passaggio della componente continua e causare così perdite per effetto Joule. Se il trasformatore è usato per l'amplificazione di basse frequenze deve essere studiato in modo che il proprio ferro non venga a raggiungere la saturazione. Questo sistema di accoppiamento è un accoppiamento periodico, cioè con primario e secondario non accordato.

b) *Con primario accordato e secondario aperiodico.* Questo sistema è molto usato per l'amplificazione in $A. F.$; in questi tipi non esiste il nucleo di ferro per evitare forti correnti parassite che causerebbero una perdita di energia (fig. 104).

c) *Con primario aperiodico e secondario accordato.* E' molto usato per l'amplificazione in $A. F.$ (fig. 105).

d) *Con ambedue i circuiti accordati.* Viene usato in $A. F.$ e soprattutto in media frequenza. Per evitare le perdite dovute a correnti parassite i trasformatori di $A.F.$ non hanno nucleo di ferro; in $B.F.$ il nucleo è formato di lamierino di ferro al silicio; in $M. F.$ si può usare il nucleo formato di polvere di ferro impastata (sirufer, ferrocart).

73. Amplificatori controfase.

Quando si desidera una notevole potenza d'uscita, superiore a quella ottenibile con una sola valvola senza introdurre notevoli distorsioni (dovute all'amplificazione non lineare ed alla saturazione dei nuclei) si ricorre all'uso di due valvole montate in controfase.

Le due valvole debbono avere caratteristiche identiche: la caratteristica risultante deve diventare sensibilmente lineare. Le griglie delle due valvole sono connesse al secondario di un trasformatore d'entrata, che ha una presa centrale unita al polo negativo di una batteria con il positivo connesso al catodo, ottenendo così la desiderata polarizzazione negativa di griglia (fig. 106). Le placche sono unite al primario di un trasformatore di uscita con presa centrale a cui arriva la tensione continua anodica che ripartendosi in due direzioni di senso opposto non dà luogo ad alcuna magnetizzazione del nucleo di ferro del trasformatore.

Le componenti alternative sono invece in ogni istante dirette in modo da sommare il loro effetto. Se in un dato istante vi è la tensione d'entrata diretta da A a B, cioè nel senso di rendere positiva la griglia rispetto al catodo della seconda valvola, negativa la griglia rispetto al catodo della prima, la componente alternativa della corrente anodica nella seconda valvola, sarà di conseguenza diretta dalla placca al catodo, nella prima valvola, dal catodo alla placca nella seconda. Quindi nel primario del trasformatore d'uscita la componente alternativa risulta diretta nello stesso senso.

Non essendovi magnetizzazione per effetto della componente continua, si possono raggiungere valori notevoli della componente alternativa senza arrivare alla saturazione del ferro e quindi alla distorsione.

D I F F U S O R I S O N O R I

74. Diffusori sonori.

I diffusori sonori sono organi che servono a trasformare variazioni di corrente elettrica in variazioni d'intensità sonora. Rispetto al funzionamento ed alla potenza elettrica convertibile in suono, si possono dividere in tre categorie :

- a) cuffie ;
- b) diffusori magnetici ;
- c) diffusori dinamici.

I diffusori prelevano la potenza elettrica da trasformare in suono da uno stadio amplificatore B.F. e sono accoppiati a questo direttamente o mediante trasformatore, chiamato trasformatore d'uscita. Usando la cuffia od i diffusori magnetici non è talvolta necessario l'uso di questo trasformatore.

75. Cuffie e diffusori magnetici.

Le cuffie sono formate da due bobine a nucleo di ferro disposte sotto un lamierino sottile pure circolare di ferro (fig. 107). Allorchè nelle bobine passa una corrente a frequenza variabile, si determina una continua variazione nella magnetizzazione del nucleo e con ciò una minore o maggiore attrazione della laminetta che compie delle vibrazioni che vengono comunicate all'aria e quindi propagate attorno sotto forma di suono.

I diffusori magnetici hanno funzionamento analogo a quello delle cuffie : sono muniti di un cono che è fissato ad un ago a sua volta fisso ad una parte vibrante (fig. 108).

76. Diffusori dinamici.

Il diffusore dinamico è composto da un elettromagnete e da una bobina mobile collegata ad un cono, libero di vibrare nell'aria. L'elettromagnete a sua volta è formato da un nucleo magnetico, sagomato in particolare modo, ben visibile dalla figura, e da un avvolgimento di eccitazione.

Mediante l'avvolgimento di eccitazione si magnetizza fortemente il nucleo e si crea un forte campo magnetico fra i poli dell'elettromagnete. Nello spazio anulare compreso tra i poli dell'elettromagnete, viene sistemata la bobina mobile, formata da poche spire aventi resistenza di pochi Ohm, e fissata alla estremità del cono diffusore (fig. 109).

Dovendo la bobina del cono avere la possibilità di muoversi in una determinata direzione, avanti ed indietro, si rende necessaria la sospensione elastica della bobina e del cono. Quando la bobina mobile viene percorsa dalla corrente variabile proveniente dallo stadio d'amplificazione B. F., crea un campo magnetico variabile che contrasta più o meno col campo preesistente. Viene così determinato lo spostamento di essa e con essa, del cono; spostandosi il cono si trasmette una pressione allo strato d'aria vicino, pressione che viene man mano trasmessa tutt'intorno dando origine ai suoni.

L'avvolgimento di eccitazione si dice anche avvolgimento di campo e può essere usato in un apparecchio radio come impedenza di livello. All'uopo è percorso dalla corrente raddrizzata, che determina la magnetizzazione del nucleo. Il nucleo può anche essere magnetizzato da una qualsiasi altra fonte di corrente continua, ed allora l'eccitazione dicesi indipendente.

Come si è precedentemente visto, il trasformatore di uscita serve a trasferire l'energia prelevata dall'ultima valvola, alla bobina mobile dell'altoparlante. Il primario del trasformatore deve avere un valore di impedenza tale, da ottenere la massima amplificazione dall'ultimo stadio. Il secondario si deve adattare alla bobina mobile avente resistenza di pochi ohm. Il rapporto di trasformazione può essere praticamente determinato dalla seguente formula :

$$\text{rapporto} = \frac{\text{Resistenza interna della bobina}}{\text{Resistenza bobina mobile}} \quad (30)$$

(fig. 110)

77. Polarizzazione negativa di griglia con valvole ad accensione indiretta.

La polarizzazione negativa di griglia si ottiene anche inserendo una resistenza fra il catodo ed il terminale negativo della alimenta-

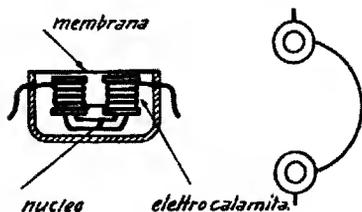


Fig. 107

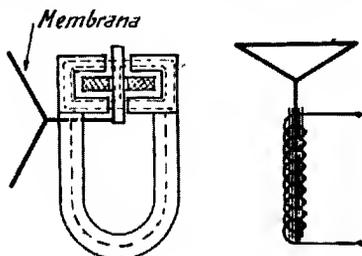


Fig. 108

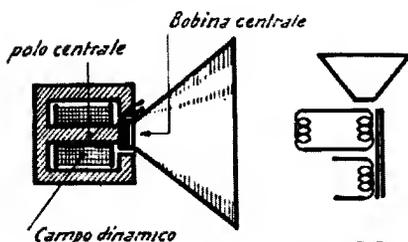


Fig. 109

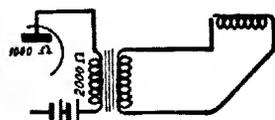


Fig. 110

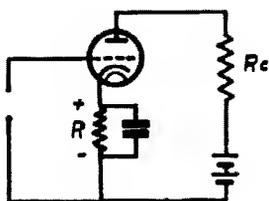


Fig. 111

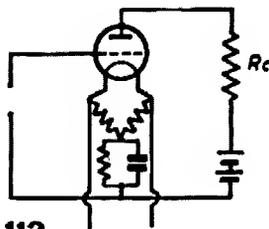


Fig. 112

zione anodica (fig. 111). La resistenza viene attraversata dalla corrente di placca (ed eventualmente anche dalla corrente di griglia schermo o di altri eventuali elettrodi positivi, cioè dalla corrente totale della valvola) che determina ai suoi capi una caduta di tensione

$$V_1 = I_a \cdot R. \quad (31)$$

Il catodo perciò risulta positivo rispetto alla griglia che è direttamente collegata al polo negativo dell'alimentatore; la griglia ha quindi una polarizzazione negativa di V_1 volt. Alla placca risulta perciò applicata una tensione rispetto al catodo eguale a

$$E_a - (R_c \cdot I_a) - (R \cdot I_a)$$

La resistenza ha in parallelo un condensatore che serve a far passare la componente alternativa ed ha inoltre lo scopo di livello.

78. Polarizzazione di valvole ad accensione diretta.

La resistenza R di polarizzazione anzichè essere unita ad un elettrodo del filamento, quando è acceso in alternata, va unita al centro di un resistore messo a cavallo degli elettrodi del filamento (fig. 112). Quando anche il filamento sia acceso in alternata la tensione fra questo punto e la placca risulta costante.

Il valore di questa resistenza con presa centrale varia dai 20 ai 50 ohm secondo il valore della tensione necessaria per la accensione del filamento.

Si otterrà così una polarizzazione di griglia ben determinata che non risentirà della fluttuazione della corrente alternata di accensione del filamento.

O S C I L L A T O R I

79. Il triodo come oscillatore.

Si è visto come lasciando in un circuito oscillante scaricare il condensatore attraverso la bobina si generino in questo della correnti oscillanti smorzate la cui ampiezza non è costante ma decrescente ad ogni oscillazione fino a ridursi a zero. Il decremento dell'ampiezza delle oscillazioni è dovuta al fatto che il circuito oscillante contiene delle resistenze attraverso cui si dissipa in ogni periodo parte dell'energia disponibile (fig. 113).

Se invece si riesce con un artificio qualsiasi a somministrare al circuito oscillante ad ogni periodo tanta energia in fase quanta se ne dissipa nel periodo stesso, si potrà ottenere che le oscillazioni, anzichè decrescere di ampiezza si mantengano costanti, potendo così generare delle oscillazioni persistenti di corrente.

Occorre dunque, che la somministrazione di energia venga fatta oltrechè in quantità opportuna anche in fase opportuna. Un esempio meccanico chiarirà la necessità di questo. Se abbiamo per es. una grande massa oscillante fra A e B (fig. 114) si potrà impedire che l'oscillazione decresca in ampiezza, aiutando con una spinta ad ogni oscillazione il movimento della massa; la spinta però logicamente va data verso C quando la massa si muove da A verso C; se le si desse una spinta verso C nell'istante in cui essa si muove da C verso A, la spinta invece di favorire il moto della massa tenderebbe ad ostacolarlo. Ciò premesso vediamo come si possa somministrare ad un sistema elettrico oscillante dell'energia in quantità e fase opportuna, tale da mantenere costanti in ampiezza le oscillazioni di corrente.

Per ottenere questo, basta inserire il circuito oscillante nel circuito anodico di un triodo funzionante come amplificatore ed ac-

coppiare in modo opportuno il circuito di griglia con il circuito di placca, così che parte dell'energia di quest'ultimo circuito si trasferisca a quello di griglia. Un esempio tipico di oscillatore è quello disegnato nella fig. 115 in cui il suddetto trasferimento avviene per accoppiamento induttivo.

La valvola è in grado di funzionare come amplificatrice; al posto della R di carico nel circuito anodico è inserito un circuito oscillante in parallelo formato da un'induttanza L e dal condensatore C . L è induttivamente accoppiata con il circuito di griglia dove stà appunto la bobina di griglia. Nei primi istanti dopo la chiusura del circuito anodico, la corrente di placca non prende subito il valore finale, ma bensì diversi valori variabili crescenti che determinano una differenza di potenziale ai capi A , B del circuito oscillante.

Durante la variazione la corrente è in ritardo di 90° sulla differenza di potenziale attraverso l'induttanza e in anticipo di 90° rispetto alla differenza di potenziale attraverso il condensatore.

Le due correnti sono perciò in opposizione e danno luogo a circolazione interna di corrente; cioè la trasformazione di energia elettrica in energia magnetica o viceversa producendo una oscillazione elettromagnetica, la cui frequenza è determinata dai valori di L e di C , e precisamente:

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{L C}} \quad (32)$$

Per effetto delle resistenze presenti nel circuito, le oscillazioni si smorzerebbero ben presto; per poterle mantenere persistenti occorre ridare al circuito oscillante quanto perde per effetto della dissipazione, ed è appunto per questo che la bobina del circuito oscillante è accoppiata a quella sistemata sul circuito di griglia della valvola.

La corrente oscillante agisce magneticamente sul circuito di griglia e provoca in questo una oscillazione di tensione che produce (funzionando la valvola come amplificatrice) una corrispondente oscillazione di corrente nel circuito di placca.

Se l'accoppiamento è tale che $\mu \cdot Vg = d. d. p.$ esistente in placca, cioè la $d. d. p.$ causata in griglia è tale da produrre una variazione di corrente in placca e quindi agli estremi del circuito oscillante A , B , una $d. d. p.$ almeno uguale a quella iniziale e agente nello stesso senso, si comprende facilmente che si è nella condizione di generare onde persistenti anziché smorzate.

Se la nuova $d. d. p.$ è maggiore della primitiva, aumenta l'ampiez-

za delle oscillazioni nel circuito di placca e così via fino a raggiungere la saturazione della valvola, per cui anche aumentando le oscillazioni di potenziale di griglia, la corrente in placca non può più aumentare.

Con la valvola in questa opportuna condizione, cioè $\mu \cdot V_g \geq d. d. p$ da una piccola oscillazione propria del circuito oscillante si giunge immediatamente alla produzione di una notevole corrente oscillante di tipo persistente.

Come si è precedentemente visto, oltre alla condizione $\mu \cdot V_g \geq d. d. p.$, occorre che :

a) le oscillazioni del circuito di griglia e quelle del circuito di placca abbiano la stessa frequenza.

b) le suddette oscillazioni siano in opposizione di fase. Infatti la tensione alternativa di griglia è in opposizione con la tensione alternativa ricavata sul circuito anodico.

Nel caso della valvola come oscillatrice, bisogna perciò introdurre nel circuito di griglia delle oscillazioni in opposizione di fase per poter ottenere una d. d. p. nello stesso senso di quella già esistente ai capi del circuito di carico, che nel nostro caso è formato dal circuito oscillante.

80. Rendimento di conversione di una valvola oscillatrice.

Ai capi di un circuito oscillante, per effetto della grande impedenza del circuito stesso si produce una caduta di tensione $A. F.$ che provoca una circolazione di corrente.

Essendo L accoppiata con L_g , alla griglia viene applicata una tensione $A. F.$ Chiamando I_a la corrente a regime nel circuito anodico ed E_a la tensione di alimentazione, la potenza di alimentazione di esso è uguale a $E_a \cdot I_a$. Di questa potenza una parte, P_p , (potenza perduta) viene dissipata in calore dall'anodo ed è uguale a :

$$P_p = E_a \times I_a - Z \times I_a^2 \quad (33)$$

e una seconda parte (potenza utilizzata) $P_u = Z \times I_a^2$, viene usata nel circuito oscillante per la produzione di $A. F.$ (fig. 116).

Il rendimento di conversione è uguale a :

$$\eta = \frac{Z \cdot I_a^2}{E_a \cdot I_a} ; \text{ infatti } \eta = \frac{P_u}{(P_u + P_p)} \text{ in cui } P_u = Z I_a^2 \quad (34)$$

$$e (P_u + P_p) = Z \cdot I_a^2 + E_a \cdot I_a - Z \cdot I_a^2 \quad (35)$$

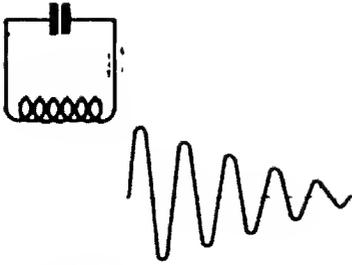


Fig. 113

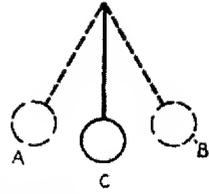


Fig. 114

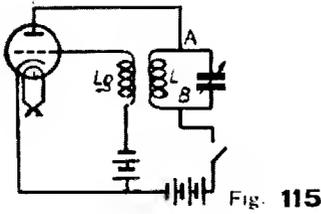


Fig. 115

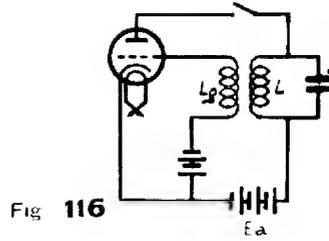


Fig. 116

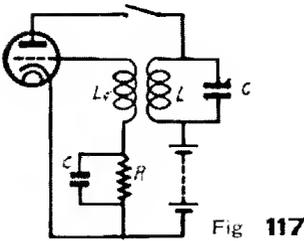


Fig. 117

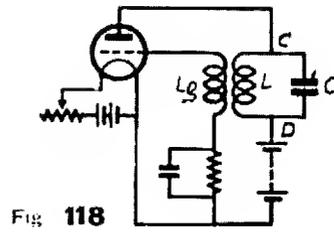


Fig. 118

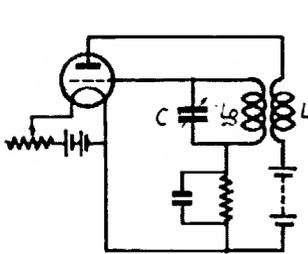


Fig. 119

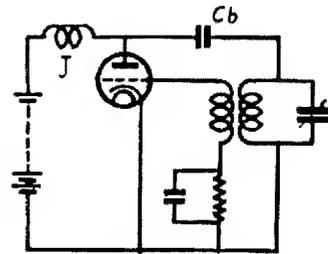


Fig. 120

81. Polarizzazione automatica di griglia.

Invece di ottenere la polarizzazione della griglia mediante l'inserzione di una batteria in serie nel circuito stesso, si può ottenere la polarizzazione di griglia mettendo al posto della batteria una resistenza con in parallelo un condensatore.

Il condensatore C e la resistenza R servono a dare automaticamente la giusta tensione negativa alla griglia senza il sussidio di alcuna batteria (fig. 117).

Il montaggio ed il modo di funzionamento di un siffatto metodo di polarizzazione ha origine da queste considerazioni.

Perchè le oscillazioni si inneschino facilmente occorre che la valvola funzioni in un punto ripido della caratteristica e quindi con un potenziale di griglia lontano dall'interdizione.

Quando poi le oscillazioni sono iniziate, è opportuno che il potenziale base di griglia si porti ad un valore prossimo all'interdizione. In tal caso infatti diminuisce il valore della componente continua a riposo e perciò aumenta il rendimento del triodo.

Per ottenere queste due condizioni opportunamente contraddittorie, si ricorre appunto al metodo della polarizzazione automatica di griglia a mezzo del condensatore cortocircuitato dalla R .

All'inizio la griglia si trova al potenziale del filamento e quindi il punto di funzionamento del triodo corrisponde ad un punto sul tratto ripido della caratteristica. All'innescarsi delle oscillazioni la griglia diventa alternativamente positiva e negativa rispetto al filamento. Durante la prima mezza alternanza positiva la griglia assorbe degli elettroni che depositandosi sull'armatura del condensatore conferiscono ad esso un potenziale negativo proporzionale all'ampiezza della prima oscillazione.

Se non ci fosse la resistenza R gli elettroni rimarrebbero sull'armatura del condensatore.

Al sopraggiungere della nuova alternanza positiva, la griglia assorbirebbe nuovi elettroni diventando sempre più negativa e col proseguire del fenomeno essa raggiungerebbe un potenziale negativo tale da impedire ogni ulteriore emissione da parte del filamento.

Se però si mette in parallelo al condensatore una resistenza, una parte degli elettroni sfuggirà attraverso ad essa dall'armatura collegata alla griglia, per dirigersi al filamento prima che una nuova alternanza positiva attiri nuovi elettroni.

E' evidente che la tensione di polarizzazione dovrà risultare costante e quindi costante anche la tensione ai capi del condensatore.

Per raggiungere ciò, il condensatore deve scaricarsi molto lentamente, cioè dovrà avere un tempo di scarica tale da mantenere della corrente di scarica fino al nuovo impulso o flusso di elettroni assorbiti dalla griglia.

In definitiva il gruppo R, C dovrà avere una costante di tempo molto maggiore del periodo delle oscillazioni che si stabiliscono nel circuito (la costante di tempo è il tempo impiegato dalla tensione ai capi del condensatore per annullarsi).

Avremo quindi :

$$R \cdot C \gg T \quad \text{cioè} \quad R \cdot C \gg 2\pi \sqrt{L \cdot C}$$

dove L, C sono i valori di induttanza e capacità del circuito. In pratica si calcola :

$R \cdot C \geq 10 T$ $R \cdot C \geq 10 \cdot 2\pi \sqrt{L \cdot C}$ quindi fissato un valore di R e volendo calcolare la capacità del condensatore da porre nel circuito :

$$C \geq \frac{20\pi \sqrt{L \cdot C}}{R} \quad \begin{array}{l} C \text{ } \mu F \\ L \text{ } \mu H \\ R \text{ } \textit{ohm} \end{array} \quad (36)$$

Il valore di R dipende essenzialmente dal tipo di tubo usato e dalle condizioni con cui noi vogliamo far funzionare la valvola.

In pratica il valore di R (resistenza di fuga) può variare da 1000 a 100.000 ohm.

82. Accoppiamento fra circuito di placca e circuito di griglia.

L'accoppiamento tra circuito di griglia e quello di placca, affinché la valvola possa mantenere le oscillazioni può essere :

- a) induttivo
- b) capacitivo

Coll'accoppiamento tipo a) abbiamo gli oscillatori Meissner ed Hartley; con quello tipo b) abbiamo l'oscillatore Armstrong.

83. Circuito oscillatore tipo Meissner (od a trasformatore).

I circuiti di placca e di griglia sono accoppiati a trasformatore; il valore dell'accoppiamento si modifica variando il concatenamento

magnetico fra le due bobine, cioè il coefficiente di mutua induzione. Quanto più le bobine sono avvicinate tanto più questo aumenterà.

Affinchè la condizione di funzionamento (*va* in opposizione con *vg*) venga a verificarsi, si dovrà convenientemente determinare il senso del flusso della bobina anodica (fig. 118), scambiando i due attacchi *C*, *D*.

Mediante l'accoppiamento magnetico del circuito oscillante in placca con la bobina di griglia, si viene a indurre in questa bobina una forza elettromotrice variabile ad A. F. che a sua volta, variando la tensione di griglia, varia la corrente in placca nel senso e momento opportuno, in modo da rinforzare le oscillazioni del circuito anodico.

In pratica oltre allo schema in fig. 118, avente il circuito oscillante nella placca, si attua anche lo schema in fig. 119 che funziona come abbiamo sopra descritto nonostante abbia il circuito oscillante in griglia.

Molte volte è opportuno alimentare il circuito in parallelo ed allora si adopererà il circuito in fig. 120. In questo, il condensatore *C* di blocco, impedisce alla corrente continua della batteria di passare attraverso il circuito oscillante dove è presente solamente la corrente A. F. la quale non ha altra via di passaggio poichè bloccata o meglio arrestata dalla bobina *J*.

84. Circuito oscillatore tipo Hartley (od α autoinduzione).

In questo caso le bobine di griglia e di placca sono rappresentate da una sola induttanza divisa in due parti accoppiate perciò tra loro per autoinduzione (fig. 121).

Si verifica facilmente che anche in questo tipo di montaggio sono soddisfatte le condizioni di opposizioni di fase tra il potenziale di placca *va* e quello di griglia *vg*. Infatti essendo *va* la tensione tra *A* e *C*, *vg* la tensione tra *B* e *C* ed essendo *A* e *B* da parte opposta rispetto a *C* si verifica sempre che *va* e *vg* sono in opposizione di fase.

La condizione $\mu vg > va$ si verifica spostando convenientemente la presa *C*.

Anche per questo circuito si può usare l'alimentazione in parallelo, come si può vedere dalla fig. 122. L'azione di *C* e *J* è spiegata nel capitolo precedente.

85. Circuito oscillatore tipo Colpitts (o capacitivo).

Si ottiene dallo schema Hartley scambiando le funzioni dell'induttanza e della capacità (fig. 123).

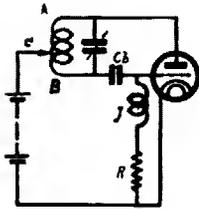


Fig. 121

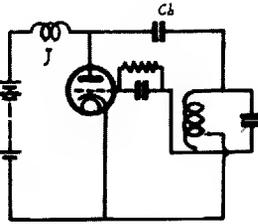


Fig. 122

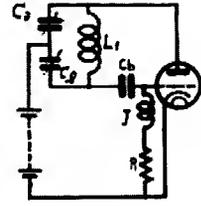


Fig. 123

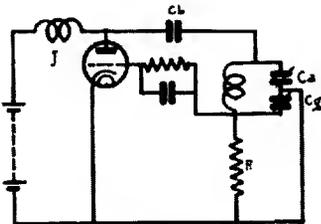


Fig. 124

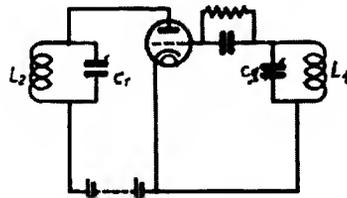


Fig. 125

L'accoppiamento fra il circuito di griglia e di placca anziché essere ottenuto mediante l'induttanza è ottenuto mediante due capacità messe in serie fra loro e con il capo comune a massa. La resistenza R serve a mantenere la continuità del circuito di griglia compromessa dal condensatore C_b . L'energia che si preleva dal circuito oscillante è quella esistente nel condensatore C_g ; perciò la griglia subisce variazioni di tensione uguali alle corrispondenti variazioni rilevantesi ai capi di C_g le quali sono opposte a quelle di C_a . Anche per questo circuito si può usare l'alimentazione in parallelo come si osserva nella fig. 124.

86. Circuito oscillatore tipo Armstrong (o ad accoppiamento diretto per sola capacità interna).

In questo circuito l'accoppiamento è ottenuto per mezzo della capacità interelettrodica. Per effetto della capacità griglia placca, par-

te dell'energia *A. F.* viene ad indursi sulla griglia e quindi ad attraversare il circuito di griglia ed infine giungere a massa.

Quando il circuito di griglia non è sintonizzato sul circuito di placca, l'impedenza di detto circuito è pressochè uguale alla resistenza ohmica della bobina che è di solito molto bassa. Per la frequenza di risonanza, però l'impedenza del circuito diventa molto grande, per cui ai capi del circuito oscillante, si viene a localizzare una differenza di potenziale che applicata in griglia determina nel circuito di placca una variazione nel senso desiderato.

Lo schema di detto circuito è illustrato in fig. 125.

87. Stabilizzazione dei circuiti oscillanti a quarzo.

I circuiti fin ora studiati sono circuiti oscillanti ad autoeccitazione essendo la frequenza da essi generata determinata da valori di *L* e di *C*. Essa quindi non può risultare perfettamente stabile perchè potendo subire gli organi costruttivi stessi delle oscillazioni meccaniche, e delle dilatazioni termiche, può variare il valore di *L* e di *C*. ed infine anche perchè la tensione di alimentazione della valvola auto-oscillatrice può presentare forti variazioni. Per evitare questi inconvenienti, si controlla l'oscillazione generata dal circuito, per mezzo di lamine di cristallo di quarzo, le quali hanno la proprietà di poter oscillare solo su una frequenza il cui valore è determinato unicamente dalla loro dimensione, per effetto di differenza di potenziale applicata sulle facce delle lamine stesse.

I cristalli di quarzo da cui vengono ottenute le lamine piezo-elettriche si trovano in natura sotto forma di prismi esagonali terminanti da una parte e dall'altra con piramide. Si chiama asse ottico il segmento immaginario passante tra i due vertici delle piramidi. Fatta una sezione del cristallo secondo un piano perpendicolare all'asse ottico, si possono considerare in esso vari assi di simmetria. Si chiamano assi elettrici i segmenti immaginari, passanti per ogni spigolo della sezione esagonale; assi meccanici i segmenti immaginari passanti perpendicolarmente ad ogni lato dell'esagono. Se si taglia dal cristallo una piccola lamina in modo da avere le due superfici maggiori perpendicolari ad un asse elettrico, e le superfici minori perpendicolari ad un asse meccanico, essa si comporta in maniera tale che sollecitazioni meccaniche lungo l'asse meccanico producono cariche elettriche sulle superfici maggiori della lamina (effetto piezo-elettrico). Il taglio del cristallo nella maniera descritta si chiama taglio *x* o di Curie (fig. 126).

Viceversa se vengono applicate cariche elettriche sulle superfici

maggiori del cristallo si producono delle oscillazioni meccaniche nel senso di questo asse. Se la frequenza della tensione alternata applicata è uguale alla frequenza per cui vi è risonanza meccanica, l'ampiezza di queste oscillazioni è molto grande. Le oscillazioni meccaniche danno a loro volta origine ad oscillazioni elettriche di frequenza corrispondente. Il cristallo piezo-elettrico può perciò considerarsi come un circuito formato da una capacità, una induttanza e una resistenza con in serie un'altra capacità rappresentata dalla capacità tra gli elettrodi del cristallo a riposo.

Come abbiamo accennato la frequenza propria di oscillazione dipende dallo spessore della lamina e precisamente :

$$f = \frac{2860,15}{s} \quad \begin{array}{l} s \text{ in mm. (spessore)} \\ f \text{ in Kc. (frequenza)} \end{array} \quad (37)$$

Viceversa per calcolare lo spessore adatto per una determinata frequenza :

$$s = \frac{2860,15}{f} \quad \begin{array}{l} s \text{ in mm.} \\ f \text{ in kc.} \end{array} \quad (38)$$

In pratica queste lamine di cristallo si pongono tra due placchette metalliche e si inseriscono nel circuito di griglia come si vede nella fig. 127, il cui circuito equivalente è rappresentato nella fig. 128. In questa, come si è visto, C_0 è la capacità formata dalle due placchette che serrano il cristallo.

Quando il circuito di placca è accordato sulla frequenza del cristallo l'energia indotta attraverso la capacità interelettrodica sulla griglia crea una differenza di potenziale variabile fra le faccie del cristallo il quale dà luogo a vibrazioni meccaniche di frequenza corrispondente.

Queste vibrazioni causano di nuovo una d. d. p. variabile alla stessa frequenza del quarzo che determina variazioni di potenziale di griglia con l'effetto di variazioni di corrente in placca che rinforzano le oscillazioni già innescate.

I cristalli sono messi in commercio in placchettine quadrate o tonde perfettamente calibrate e colle due faccie maggiori perfettamente parallele.

In generale grandi precauzioni si debbono avere per queste sottili lamelle, e in particolare per quelle destinate a frequenze elevate le quali possiedono uno spessore piccolissimo essendo questo come è noto inversamente proporzionale alla frequenza.

88. Oscillazioni persistenti fondamentali ed armoniche.

Le oscillazioni prodotte da una valvola oscillatrice, sia essa au-

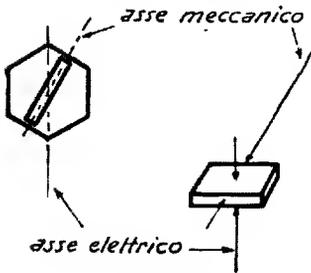


Fig. 126

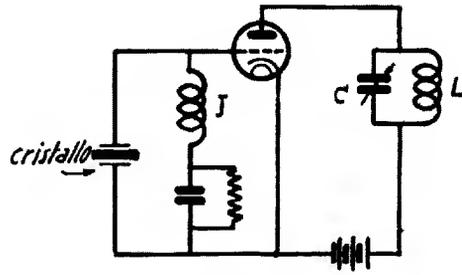


Fig. 127

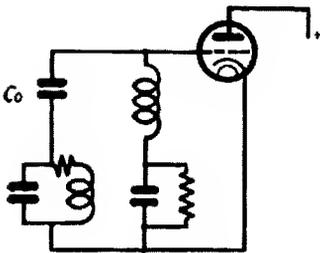


Fig. 128

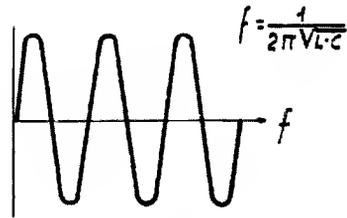


Fig. 129

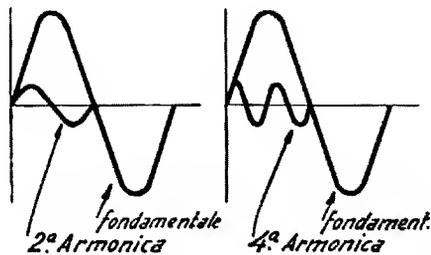


Fig. 130

toeccitata o pilotata a quarzo, possono rappresentarsi (fig. 129) come una funzione sinusoidale avente una frequenza fondamentale.

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C}}$$

a cui si sovrappongono delle frequenze armoniche multiple della fondamentale; queste secondo che la frequenza è doppia o tripla o quadrupla della fondamentale sono chiamate seconda, terza, quarta armonica (fig. 130).

L'energia fornita dalla valvola alimenta perciò, come si è visto trattando il rendimento di conversione, oltre le oscillazioni *A. F.* anche in piccola parte queste oscillazioni armoniche.

A M P L I F I C A T O R I

A. F.

89. Amplificazione delle oscillazioni A. F.

Qualora si desideri amplificare le oscillazioni *A. F.* generate da una valvola oscillatrice, è necessario fare uso di una valvola avente particolari requisiti e che funzioni come amplificatrice.

La classe usata di solito per questi amplificatori è la classe *C*. Siccome in questo tipo di amplificazione non si ha nel circuito di placca una perfetta riproduzione del segnale applicato in griglia e perciò non è possibile mediante essa amplificare dei segnali modulati, è necessario, qualora si desideri amplificare tali segnali, l'uso delle classi *A* e *B*. L'amplificazione dell'alta frequenza risulta essere una amplificazione di potenza. La potenza *A. F.* che viene applicata in griglia della valvola amplificatrice deve essere perciò tale da poter perfettamente pilotare la valvola amplificatrice ed ottenere così la massima amplificazione di potenza possibile da essa. La potenza in watt di eccitazione delle valvole varia logicamente da tipo a tipo.

Vari sono i metodi di trasporto dell'energia oscillante dalla valvola oscillatrice al circuito di griglia della amplificatrice, fra i quali hanno importanza quello a circuiti accordati e quello a capacità.

Nel primo (fig. 131), il circuito di griglia dell'amplificatrice può essere accordato od aperiodico. Il condensatore *C* serve a chiudere, per quanto riguarda l'*A. F.*, il circuito di griglia sul catodo, mentre l'impedenza *J* evita il passaggio dell'alta frequenza attraverso la batteria di polarizzazione.

Nell'accoppiamento a capacità (fig. 132), l'*A. F.* ha libero passaggio attraverso *C* e non può invece passare attraverso *J*. La presa sulla bobina del circuito oscillante deve essere fatta in un punto tale

da poter prelevare una tensione *A. F.* sufficiente al pilotaggio della seconda valvola.

Un altro tipo di accoppiamento è il sistema detto Link (fig. 133), in cui il trasporto di energia avviene attraverso una linea di trasmissione aperiodica formata da una trecciuola con i terminali sagomati a spira, di cui una è immersa nel campo magnetico creato dalla bobina del circuito oscillante, l'altra è accoppiata alla bobina del circuito oscillante di entrata dell'amplificatore. La prima spira evidentemente serve a raccogliere l'energia del circuito oscillante dell'oscilatrice, la trecciuola serve al trasporto di essa e l'ultima spira a trasferirla allo stadio amplificatore.

90. Amplificatori duplicatori di frequenza.

Il circuito di placca dell'amplificatrice può essere sintonizzato sulla stessa frequenza del circuito di griglia oppure su una armonica della frequenza di oscillazione, funzionando nel primo caso la valvola come amplificatrice, nel secondo come duplicatrice.

Il rendimento di una valvola duplicatrice è certamente molto minore di quello ottenuto dalla stessa valvola usata come amplificatrice.

Evidentemente la corrente che si ricava nel circuito anodico di un moltiplicatore di frequenza è proporzionale all'ampiezza dell'armonica considerata; perciò risulta conveniente questo processo, soltanto per basso numero di armoniche e principalmente per la duplicazione.

La fig. 134 mostra appunto uno schema di duplicatore di frequenza chiamato semisimmetrico. In esso le due griglie sono alimentate in parallelo (opposizione) ed il circuito oscillante anodico è accordato su una frequenza doppia della frequenza esistente nei circuiti di griglia, dimodochè esso è attraversato da una corrente che è la somma delle correnti dei due tubi.

Qualche volta è usato il processo di triplicazione e quello di quadruplicazione. Per quest'ultimo però è conveniente usare due stadi duplicatori invece di un solo quadruplicatore e ciò per evitare il troppo basso rendimento di conversione.

91. Neutralizzazione.

Allorchè un triodo funziona come amplificatore, può accadere, essendo la tensione *A. F.* ai capi del circuito anodico maggiore di quella del circuito di griglia, che attraverso la capacità interelettrodica

della valvola, parte dell'energia di placca si riversi sul circuito di griglia. Ciò porta (vedi circuito Armstrong) ad un innesco e quindi a una persistenza di oscillazioni.

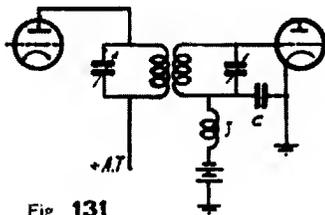


Fig 131

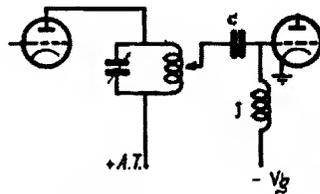


Fig 132

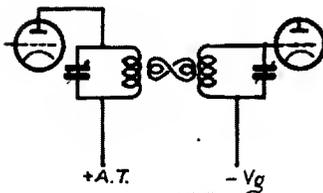


Fig 133

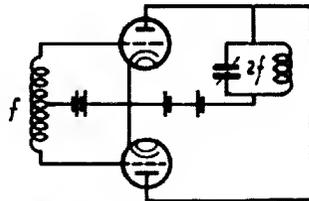


Fig 134

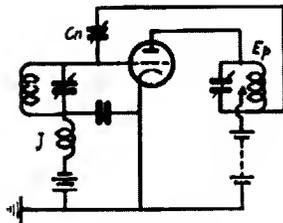


Fig 135

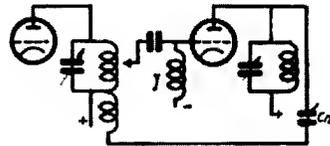


Fig. 136

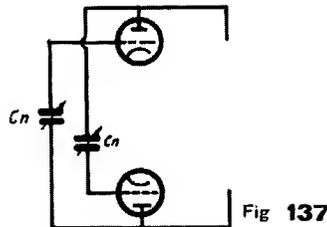


Fig 137

Come si può ben comprendere dobbiamo evitare che ciò avvenga e questo scopo è raggiunto mediante accorgimenti speciali fra cui quello più usato è la compensazione o neutralizzazione degli effetti della capacità griglia placca. Questo procedimento consiste nel prelevare dal circuito anodico parte di energia $A. F.$ e nell'introdurla nel circuito di griglia, in modo da ottenere una tensione fra griglia e

placca di fase opposta con quella ivi determinata attraverso la capacità interelettroica ed ottenere così l'annullamento degli effetti di quest'ultima.

La fig. 135 mostra appunto uno schema di neutralizzazione tipo Haseltine usato nel caso che l'alimentazione anodica venga fatta a metà della bobina del circuito oscillante; il valore della capacità C_n deve essere uguale a quello della capacità griglia-placca. Il numero delle spire da cui si può prelevare la tensione applicabile fra catodo e griglia è di solito $1/3$ circa dell'avvolgimento. La perfetta neutralizzazione si ottiene dosando il numero di spire e variando opportunamente C_n . Il condensatore di sintonia dell'amplificatore può essere collegato solo in derivazione su di una parte del circuito oscillante; la tensione di neutralizzazione può anche essere prelevata dal circuito oscillante della valvola oscillatrice e applicata all'anodo dell'amplificatrice (fig. 136). Quando lo stadio amplificatore è formato da due valvole in controfase la neutralizzazione si ottiene collegando, mediante una capacità uguale a quella interelettroica della valvola, le placche di ciascun tubo con la griglia dell'altro corrispondente (fig. 137).

M O D U L A T O R I

92. Problema della modulazione.

Mediante l'impiego del microfono si possono trasformare le oscillazioni delle particelle dell'aria, perturbate dalla nostra voce in corrente variabile oscillante.

Si chiamano suoni semplici le oscillazioni sonore e che hanno un andamento puramente sinusoidale (vedi fig. 138); questo in pratica è difficilmente riscontrato (si può considerare che solo il suono del diapason è semplice) poichè tutti i suoni, specialmente quelli componenti la voce umana sono formati da più suoni semplici sovrapposti.

In fig. 138 si può notare l'andamento di un suono composto. I suoni si distinguono poi per l'ampiezza, il timbro, la frequenza.

Nella radiotelegrafia le frequenze riprodotte variano praticamente da 50 a 5.000 periodi; vengono chiamate correnti *B. F.*

Se si alimentasse un'antenna con correnti di questa frequenza si avrebbero portate minime in quanto esse non sono per nulla adatte ad essere irradiate. Infatti il campo elettro-magnetico creato da una antenna percorsa da corrente *B. F.* risulta, a parità di potenza con un'altra ad *A. F.* molto piccolo, inquantochè questo aumenta coll'aumentare della frequenza delle correnti che lo generano. Risultano invece molto adatte per la trasmissione le correnti *A. F.* dell'ordine di parecchie migliaia di *Kc.* o decine di *Mc.* le quali creano un campo elettromagnetico i cui effetti sono risentiti anche a distanze molto elevate.

Giacchè per collegamenti a distanza occorre l'impiego di oscillazioni *A. F.* bisognerà trovare un processo per cui, servendosi di oscillazioni *A. F.* si possa «trasportare» a cavallo di queste, la *B. F.* che a noi interessa, attraverso lo spazio.

Occorrerà dunque caratterizzare le correnti *A. F.* con quelle di *B. F.*, cioè far variare qualche parametro delle prime in funzione delle seconde. Come sappiamo i parametri di una corrente oscillante sono la frequenza e l'ampiezza, per cui variando o l'uno o l'altro si hanno due tipi di modulazione: *modulazione di frequenza* -- *modulazione di ampiezza* (fig. 139).

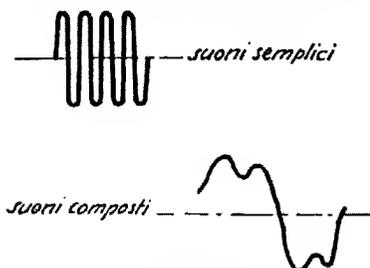


Fig. 138



Fig. 139

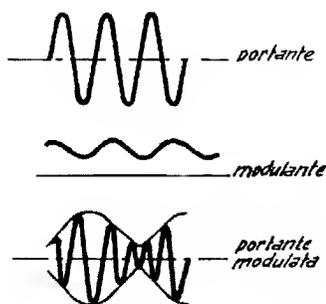


Fig. 140

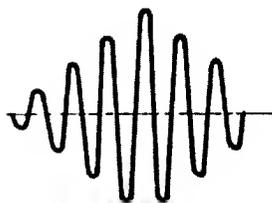


Fig. 141

In tutte e due le forme di modulazione ciascun parametro caratterizzante le correnti *A. F.* varia proporzionalmente col variare delle correnti *B. F.*

La modulazione di ampiezza consiste, come si può ben comprendere, nel variare l'ampiezza della corrente *A. F.* secondo il segnale *B. F.* dimodochè la corrente *A. F.* risulta avviluppata da quella *B. F.* (vedi diagrammi in fig. 140).

La corrente *A. F.* si dice perciò *portante*, quella microfonica *modulante* ed il complesso *portante modulata*.

Una corrente a radiofrequenza può poi essere modulata più o meno profondamente secondo il rapporto del valore dell'ampiezza della corrente *B. F.* rispetto alla portante.

Si chiama perciò coefficiente di modulazione il rapporto :

$$K = \frac{I_m}{I_p} \quad (39)$$

dove I_m è l'ampiezza dell'onda modulante ed I_p l'ampiezza dell'onda portante (si considerano le ampiezze massime).

In pratica K si esprime in % ed allora la formola (39) diviene :

$$K\% = \frac{I_m}{I_p} \cdot 100 \quad (40)$$

La massima profondità di modulazione corrisponde alla modulazione al 100% (fig. 141) e ciò significa che l'ampiezza della *B. F.* è uguale a quella dell'onda ad *A. F.*

In assenza di modulazione, l'onda portante ha una potenza media P ; evidentemente quand'è modulata, la potenza aumenta e precisamente per una modulazione al 100%, la potenza modulata è :

$$P_m = 1,5 P. \quad (41)$$

Occorre ora prendere in considerazione quali variazioni provochi sulla frequenza dell'onda portante l'applicazione della modulazione. Data un'onda portante di frequenza f modulata da un'altra di freq. f_1 , si nota che l'onda modulata equivale alla somma di tre onde di ampiezza costante e di frequenza diversa: la prima è una onda di frequenza f , la seconda di frequenza $f' = f + f_1$, la terza di frequenza $f'' = f - f_1$. Le onde di frequenza f' ed f'' si chiamano *bande laterali*. Per una modulazione al 100% la loro ampiezza equivale a metà di quella della portante.

Una stazione trasmittente modulata perciò non occupa nella scala delle frequenze una sola frequenza, come accadrebbe per una stazione radiotelegrafica, bensì una banda, o spettro di frequenza compresa tra le due bande laterali, quella superiore e quella inferiore, cioè occupa una banda comprendente $2f_1$ cicli. Quindi siccome in radiotelegrafia ogni banda va sino a 4500 cicli la banda occupata dalla stazione sarà 9.000 cicli.

Da ciò si deduce che per evitare interferenze fra due stazioni trasmittenti è necessario che le onde portanti distino fra loro almeno di 9.000 cicli.

93. Modulazione di assorbimento.

a) *In serie all'aereo.*

In questo caso l'aereo viene induttivamente accoppiato al circuito oscillante ed assorbe da esso una determinata energia costante, che viene quindi irradiata. Il microfono, che è posto in serie all'aereo, potendosi in condizione di riposo considerare come una resistenza costante, assorbe una parte dell'energia che viene dissipata in calore; il valore di questa, dipende esclusivamente dalla resistenza del microfono e dalla corrente che percorre l'aereo.

Parlando avanti al microfono si viene a variare la sua resistenza, e quindi la potenza dissipata, proporzionalmente alle pulsazioni sonore dei suoni emessi. Così la corrente risultante o meglio la potenza irradiata dall'aereo, sarà la differenza tra quella assorbita dall'antenna e quella dissipata nel microfono, la quale varia secondo oscillazioni di frequenza acustica (fig. 142).

Il condensatore C serve a regolare la potenza trasformata in calore dal microfono e quindi anche la profondità di modulazione.

Questo sistema, non potendo il microfono sopportare valori elevati di corrente d'aereo, viene usato solo per stazioni di piccola potenza (qualche watt) e ciò perchè i granuli di carbone contenuti nella capsula microfonica non si abbiano ad alterare.

b) *In derivazione ad alcune spire del circuito oscillante.*

La modulazione è ottenuta variando l'assorbimento di energia nel circuito oscillante da parte del microfono (fig. 143), e così l'energia assorbita dall'aereo risulta variabile a seconda delle variazioni di resistenza del microfono.

Facendo variabile la presa sulla bobina si potrà variare la profondità di modulazione.

c) *Accoppiato al circuito oscillante.*

In questo caso il microfono è accoppiato al generatore $A. F.$ mediante una bobina di poche spire (fig. 144), la quale assorbe da esso dell'energia in funzione della resistenza del circuito microfonico; poichè l'energia dissipata risulta proporzionale alle variazioni di resistenza microfonica, l'energia irradiata dall'aereo è costituita da una corrente modulata secondo le frequenze acustiche.

d) *Con valvola in parallelo al circuito oscillante.*

Questo sistema è usato per potenze maggiori. La valvola modulatrice funziona come resistenza di dissipazione variabile, avente la placca ed il filamento collegate su alcune spire dell'induttanza del

circuito oscillante. Parlando avanti al microfono si viene a variare il potenziale di griglia e quindi la resistenza interna della valvola.

Perciò varierà corrispondentemente l'energia che questa assorbe dalla valvola oscillatrice (fig. 145).

94. Modulazione per variazione di griglia.

Si ottiene interponendo, nel circuito di griglia della valvola generatrice od amplificatrice delle oscillazioni da modulare, il secondario del trasformatore microfonico, se la potenza *A. F.* in giuoco è piccola, oppure il secondario del trasformatore di modulazione se la potenza è grande. Il trasformatore di modulazione non è altro che un trasformatore di uscita di un amplificatore microfonico che ha il primario con impedenza adattantesi alla valvola finale ed il secondario che si adatta al circuito dell'oscillatrice, e con un numero di spire tali da far risultare il trasformatore come elevatore.

Le tensioni generate nel secondario del trasformatore microfonico o in quello di modulazione vengono a sommarsi oppure a sottrarsi alla tensione di polarizzazione fissa della griglia, variandone il suo potenziale, per cui l'energia *A. F.* generata dalla oscillatrice dovrà variare secondo la tensione di griglia risultante, cioè in funzione della corrente microfonica. L'ampiezza della modulazione si regola mettendo un reostato in serie al circuito microfonico nel primo caso, oppure regolando il segnale all'entrata dell'amplificatore microfonico.

Nella fig. 146 abbiamo illustrato un sistema di modulazione per piccola potenza. Il condensatore *C* in parallelo al secondario del trasformatore microfonico permette il passaggio dell'*A. F.* dando continuità al circuito di griglia e quindi facoltà alla valvola di oscillare.

La qualità della modulazione ricavabile può risultare ottima scegliendo opportunamente il potenziale base della griglia dell'oscillatrice ed il rapporto di trasformazione del trasformatore microfonico. Lo stesso risultato si può ottenere applicando la modulazione nel circuito di griglia di un amplificatore *A. F.*

Nel sistema in fig. 147 la modulazione si ottiene per mezzo di un'altra valvola il cui anodo è collegato al filamento della oscillatrice, ed il catodo alla griglia della stessa (sistema a valvola rovesciata). In questo circuito il potenziale base della griglia suddetta dipende dal valore della resistenza interna della valvola modulatrice.

Il valore della resistenza interna sopra indicata si può variare regolando, mediante il potenziometro *R*, il potenziale base della mo-

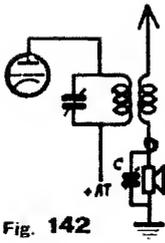


Fig. 142

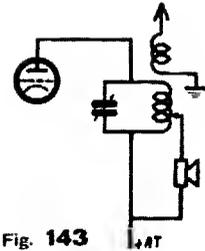


Fig. 143

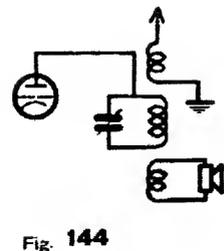


Fig. 144

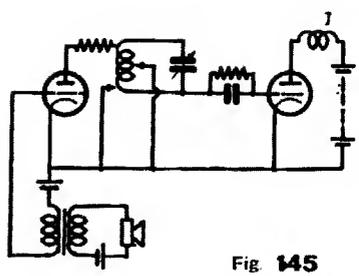


Fig. 145

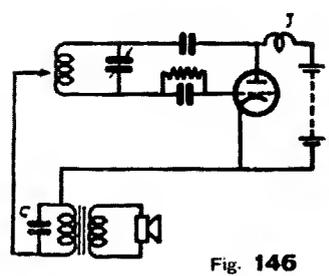


Fig. 146

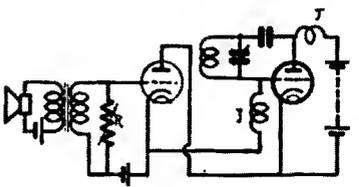


Fig. 147

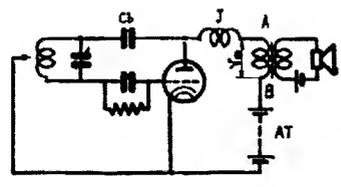


Fig. 148

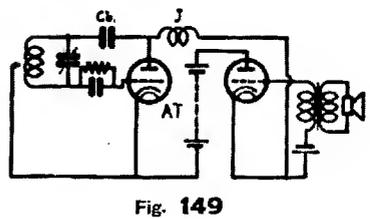


Fig. 149

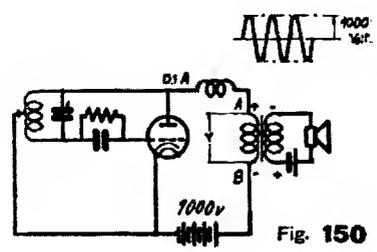


Fig. 150

dulatrice, cercando in questo modo di ottenere il miglior rendimento dall'oscillatrice.

Parlando avanti al microfono il potenziale base della modulatrice varia, variando con ciò la resistenza interna della stessa, e quindi la polarizzazione della griglia dell'oscillatrice.

Come si può ben comprendere, la modulazione di griglia si effettua, dal punto di vista energetico, per variazione di efficienza, perchè contrariamente a quanto accade per la modulazione di placca che spiegheremo in seguito, in essa la tensione di placca rimane costante mentre varia la tensione di griglia.

Allora se la valvola da modulare funziona già al massimo di efficienza in assenza di modulazione, risultano modulate solo le creste negative della radiofrequenza poichè durante i semicicli positivi l'efficienza della valvola non può più aumentare.

Prendiamo ora in esame il rendimento di conversione di uno stadio *A. F.* modulato in griglia.

Di una data potenza di alimentazione espressa in watt in uno stadio *A. F.* in classe *C* sappiamo che il rendimento di conversione massimo è di circa il 70%.

Quando si ha una modulazione al 100% la potenza in watt dell'onda portante non può, come si è visto, aumentare durante i cicli positivi; può solo diminuire ed annullarsi durante i cicli negativi la potenza dell'onda modulata risulta perciò molto ridotta e precisamente la metà di quella da modulare. Perciò di 100 watt della potenza di alimentazione solo il 70% : 2 = 35% sono convertiti in *A. F.*

La potenza d'uscita a bassa frequenza del modulatore, rispetto alla potenza di alimentazione c. c. del trasmettitore, risulta molto bassa: dal 10% al 15%.

95. Modulazione per variazione di potenziale anodico.

Si ottiene inserendo il secondario del trasformatore microfonico (se la potenza da modulare è piccola) oppure il secondario del trasformatore di modulazione (se la potenza dello stadio *A. F.* è grande) nel circuito di alimentazione anodica. L'impedenza del secondario di modulazione deve essere evidentemente adattata al circuito in cui è inserito. Quando si parla al microfono, ai capi del secondario s'inducono delle tensioni *B. F.* che si sommano o si sottraggono alla tensione della batteria anodica. (fig. 148).

Precisamente se la tensione indotta al secondario è tale che *A* risulti positivo rispetto a *B.*, il potenziale risultante di placca sarà equivalente al potenziale $AT + Vm$; se invece *A* risulta negativo rispetto a *B*, il potenziale risultante sarà $AT - Vm$.

A queste variazioni di potenziale evidentemente corrisponderanno variazioni di corrente anodica e di conseguenza l'energia *A. F.* dell'oscillatore otterrà variazioni proporzionali alla corrente microfonica.

Un altro sistema di modulazione per variazione di potenziale anodico, è quello illustrato in fig. 149 in cui nel circuito anodico dell'oscillatrice è inserita, a mo' di resistenza, un'altra valvola con la placca collegata al positivo dell'*A. T.* ed il filamento verso l'impedenza d'arresto. La tensione fornita dall'*A. T.* viene suddivisa tra la valvola oscillatrice e quella modulatrice proporzionalmente alle loro resistenze interne. Si dovrà avere cura di regolare il potenziale base della modulatrice in modo che le cadute di tensione interne delle valvole risultino uguali.

Quando si applica una tensione variabile, ottenuta ai capi del secondario del trasformatore microfonico, alla griglia della modulatrice si ha una variazione di resistenza interna della valvola e di conseguenza una variazione di caduta interna di tensione. Quando la griglia diventa meno negativa, diminuisce la caduta interna sino a diventare minima a potenziale zero, mentre corrispondentemente la tensione risultante alla placca dell'oscillatrice andrà man mano aumentando. Per un valore di potenziale di griglia più negativo, aumenta invece la caduta interna e diminuisce perciò la tensione alla placca dell'oscillatrice e quindi anche l'ampiezza delle oscillazioni generate.

Dal punto di vista energetico, il valore della tensione *B. F.* ai capi del secondario del trasformatore di modulazione deve essere uguale al valore della tensione continua di alimentazione per poter avere la modulazione al 100%. Infatti (fig. 150) se ad esempio la tensione di alimentazione di un oscillatore di 1000 volt, la tensione alternata *B. F.* dovrà essere pure di 1000 volt.

Allorquando questa risulta di 1000 volt l'onda di tensione è perfettamente modulata perchè raddoppia nelle creste positive di modulazione il suo valore, essendo il potenziale di placca portato a 2000 volt, mentre si annulla l'ansa negativa. Nella cresta positiva di modulazione, si quadruplica la potenza; infatti, essendo in assenza di modulazione la tensione applicata di 1000 volt con 0,1 A., la potenza di alimentazione $P = V \cdot I = 1000 \times 0,1$ è di 100 watt; durante la cresta positiva di modulazione la tensione diventa invece 2000 volt e contemporaneamente, se lo stadio è lineare, la corrente aumenta a 0,2 A. e quindi la potenza di alimentazione $P = 2.000 \times 0,2 = 400$ watt. Evidentemente nella cresta negativa la potenza è nulla poichè $V = 0$ infatti $P = V \cdot I = 0 \times 0$.

Per poter ottenere la modulazione al 100% occorre un modulatore capace di fornire una potenza B. F. modulata pari al 50% della potenza di alimentazione c. c. dello stadio da modulare.

96. Modulazione per variazione di corrente anodica.

Si ottiene mantenendo costante la corrente totale di alimentazione, e variando contemporaneamente la corrente anodica dell'oscillatrice mediante una valvola modulatrice posta in parallelo ad essa (fig. 151).

Perciò si alimenta con un'unica sorgente di corrente continua sia la valvola modulatrice che quella oscillatrice, e si inserisce nel circuito comune anodico delle due valvole una impedenza di B. F. Essendo le placche delle due valvole collegate assieme e la corrente totale obbligata a passare per l'impedenza, la tensione loro applicata risulta eguale. La corrente dell'oscillatore dipende dal tipo di valvola impiegata; quella del modulatore allo stato di riposo deve essere uguale. Quando si parla dinanzi al microfono, si applica in griglia della modulatrice un segnale B. F. che causa una variazione di corrente anodica, e di conseguenza una caduta di tensione ai capi dell'impedenza.

A seconda che il potenziale negativo di griglia della modulatrice aumenta o diminuisce, la corrente anodica diminuirà od aumenterà corrispondentemente, e quindi la caduta ai capi dell'impedenza subirà variazioni ad essa proporzionali. Queste variazioni faranno in modo che la caduta suddetta si sommi o si sottragga alla tensione anodica comune delle valvole, venendo così a variare la tensione anodica e la corrente dell'oscillatrice.

Più precisamente se la griglia della modulatrice diventa meno negativa, la corrente anodica aumenta e quindi ai capi dell'impedenza si viene a determinare una c. d. t. che tende ad opporsi a questo aumento di corrente per cui questa differenza di potenziale risulterà in contrasto con quella ad A. T. la quale diminuirà, facendo quindi diminuire la corrente anodica dell'oscillatrice. Quando la griglia diventa più negativa, la corrente anodica tenderà a diminuire ed allora ai capi dell'impedenza si genererà una tensione che si opporrà a questa diminuzione e quindi sarà di segno uguale alla A. T.; ciò porta un aumento di tensione anodica e quindi un aumento di corrente alla placca dell'oscillatrice.

L'impedenza deve avere la massima induttanza possibile e deve essere calcolata in modo che la sua reattanza, per la frequenza

più bassa di modulazione, cioè 50 periodi, sia circa il doppio delle resistenze della valvola modulatrice.

Per ottenere la modulazione al 100% occorre che la tensione di alimentazione dell'oscillatrice scenda sino a zero; per cui andrebbe a zero anche la tensione applicata alla modulatrice, il che non è compatibile col funzionamento della valvola come amplificatrice. Per poter far scendere a zero solo la tensione anodica dell'oscillatrice si usa mettere in serie al circuito anodico di questa valvola, una resistenza R . (fig. 152) al fine di ottenere la caduta di tensione necessaria, che deve risultare uguale alla tensione minima necessaria applicabile tra placca e catodo della modulatrice.

97. Modulazione di griglia schermo.

Quando si usano come amplificatrici di $A. F.$ valvole schermate, la modulazione può essere ottenuta variando la tensione applicata ad essa, inserendo nel circuito di schermo il secondario del trasformatore di modulazione (fig. 153).

In assenza di segnale, lo schermo ha un potenziale costante positivo; in presenza di esso a questo potenziale positivo si potrà aggiungere o sottrarre la d. d. p. che si determina ai capi del secondario del trasformatore di modulazione.

98. Modulazione di griglia di soppressione.

Usando pentodi si può ottenere la modulazione dei segnali variando la tensione della griglia di soppressione a seconda del potenziale $B. F.$ Perciò si inserisce nel circuito della griglia di soppressione il secondario del trasformatore di modulazione (fig. 154).

99. Modulazione di catodo.

Per la modulazione di placca occorre, come si è visto, una potenza a $B. F.$ uguale al 50% della potenza c. c. di alimentazione; per la modulazione di griglia necessita invece una potenza molto minore: circa il 10%. D'altra parte la potenza dell'onda modulata aumenta con la modulazione di placca, diminuisce invece con quella di griglia.

Nella modulazione di catodo invece la potenza a $B. F.$ deve essere minore di quella necessaria per la modulazione di placca e maggiore di quella occorrente per la modulazione di griglia.

La tensione modulante deve essere applicata in un punto comune al circuito di placca ed a quello di griglia. Si ottiene ciò inserendo sul

catodo il secondario del trasformatore di modulazione, in modo che il circuito di placca e quello di griglia vengano a chiudersi attraverso detto avvolgimento. Parlando al microfono si svilupperà ai capi del secondario una tensione. Se supponiamo che essa abbia la polarità indicata in fig. 155 la suddetta verrà a sommarsi colla tensione ap-

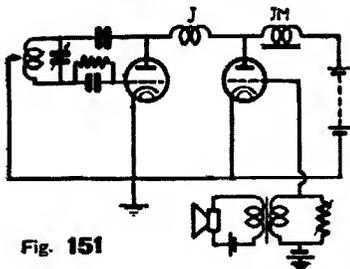


Fig. 151

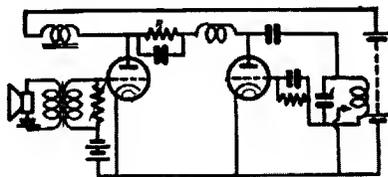


Fig. 152

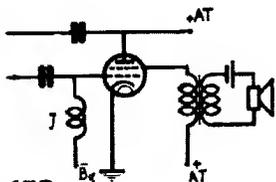


Fig. 153

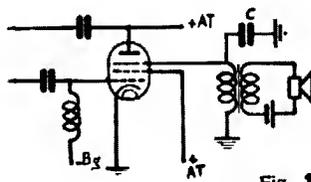


Fig. 154

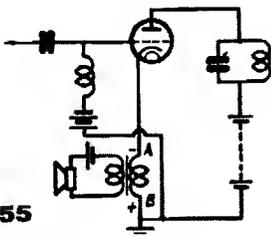


Fig. 155

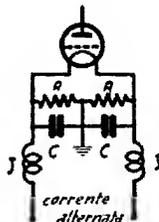


Fig. 156

plicata alla placca aumentandone il potenziale, e a sottrarsi con quella di griglia diminuendo la polarizzazione negativa. Con ciò viene ad aumentare l'intensità della portante poichè la potenza di alimentazione della valvola è maggiore, e la sua polarizzazione negativa è minore.

Allorchè la polarità del secondario s'inverte, accade il contrario. La modulazione di catodo risulta quindi come una modulazione in-

termedia tra quella per variazione di tensione di placca e quella per variazione di tensione di griglia.

100. Accensione dei filamenti con corrente alternata.

Quando si procede ad accendere le valvole a corrente alternata, occorre inserire tra i morsetti del filamento un resistore a presa centrale (center-tap) che determina il punto del filamento a potenziale costante rispetto alla placca. La suddetta presa centrale va perciò collegata a massa.

In parallelo ai due elementi di resistenza vanno collegati due condensatori C che servono a fugare l'eventuale $A. F.$ esistente nel filamento. In serie ai fili di alimentazione del filamento si possono mettere due impedenze $A. F.$ che, offrendo una grande reattanza a quest'ultima, impediscono che vada a circolare nei fili di accensione (fig. 156). Quindi l' $A. F.$, che per effetto elettrostatico è giunta sul circuito catodico viene, per mezzo dei condensatori C e delle impedenze J , fugata a massa.

Nel caso di accensione con corrente continua, i condensatori non sono necessari mentre può risultare utile l'inserzione delle impedenze in serie ai fili di alimentazione.

PROPAGAZIONE DELLE RADIO-ONDE
ANTENNE

101. Problema della propagazione.

Al circuito oscillante dell'ultimo stadio $A. F.$ di un trasmettitore può essere accoppiato un circuito oscillante in parallelo, e variando la capacità di quest'ultimo si può ottenere un valore di LC tale da poter questi risonare sulla frequenza del generatore $A. F.$

Nel circuito oscillante accoppiato scorre della corrente $A. F.$ la quale fa brillare la lampadina spia inserita appositamente in esso. Nella condizione di risonanza questa darà il massimo di luminosità. L'energia assorbita dal circuito oscillante accoppiato sarà concentrata nella sua bobina sotto forma di energia magnetica e nel condensatore sotto forma di energia elettrica. Però gli effetti del campo magnetico e del campo elettrico creati dalle bobine e dal condensatore sono per nulla sentiti a distanza.

In luogo del circuito oscillante accordato chiuso, si può accoppiare al trasmettitore un circuito aperto ottenuto dal primo, allontanando le due armature del condensatore. Il circuito resta chiuso attraverso il grande spazio interposto tra le piastre, e le linee di forza hanno un andamento simile a quello disegnato in fig. 157.

In questa maniera l'effetto del campo elettrico si risente anche ad una certa distanza; infatti posto un filo collegato a due piastre metalliche distanti dal trasmettitore in modo da non risultare disposta sulla medesima superficie equipotenziale, per effetto della differenza di potenziale in esso indotta, si produrrà lungo il filo una corrente variante nella stessa maniera del campo elettrico che la produce.

La piastra B del circuito oscillante in considerazione può essere sostituita dalla terra stessa ed allora il campo elettrico risulta defor-

mato (fig. 158), ed ogni linea di forza partendo da A raggiunge la terra ritornando in A attraverso essa.

Durante questo tragitto trova certamente una resistenza che provocherà una c. d. t. la quale è a discapito della d. d. p. determinabile fra la piastra e la terra.

Quanto più ci si allontana dal trasmettitore tanto più alta deve esser posta la piastra ricevente per poter avere la medesima corrente che si aveva nelle vicinanze dell'antenna irradiante e ciò appunto per la considerazione sopra fatta.

Dal circuito chiuso si è passati a quello aperto allontanando le piastre del condensatore e dando la possibilità al campo elettrico di estendersi nello spazio circostante. Si può ora agire sulla bobina in modo da distenderla in tutta la sua lunghezza e da ottenere così un campo magnetico le cui linee di forza sono circolari concentriche allontanandosi mano mano dal filo (fig. 159).

Un semplice filo alimentato da un generatore $A. F.$ può perciò essere considerato come un circuito oscillante aperto la cui induttanza è distribuita lungo il filo e la capacità è quella esistente tra i punti di un lato e quelli dell'altro oppure tra un lato e terra. L'induttanza e la capacità del circuito oscillante irradiante sono poi proporzionali alle dimensioni del filo e principalmente alla sua lunghezza.

Considerando come abbiamo fatto sinora due tipi di circuiti irradianti (fig. 160) diremo che per il tipo A l'accordo è ottenuto per una lunghezza d'onda

$$\lambda = 2h \quad (42)$$

in cui h è la lunghezza del sistema irradiante; per il tipo b per

$$\lambda = 4h \quad (43)$$

cioè il primo sistema irradiante ha la possibilità di oscillare su una lunghezza d'onda $\lambda = 2h$, mentre il secondo su una $\lambda = 4h$.

Queste antenne, che sono dei circuiti oscillanti aperti e che risultano dei risuonatori in serie, sono accoppiati ai circuiti oscillanti chiusi dai quali assorbono energia $A. F.$ Quando sono accordati sulla medesima frequenza del generatore assorbono la massima energia possibile; perciò sarà anche massima la corrente che scorre lungo il filo. Per effetto di questa corrente si crea un campo magnetico ed insieme un campo elettrico variabile colla stessa frequenza che li ha generati la cui intensità dipende dal valore istantaneo della corrente, e che nel loro insieme formano il cosiddetto *campo elettromagnetico*.

A distanza del sistema irradiante le variazioni del campo elettrico e di quello magnetico non seguono istantaneamente le variazioni della corrente che li ha generati, ma le seguono con un ritardo più o meno grande a seconda della distanza in cui è posto l'aereo rispetto

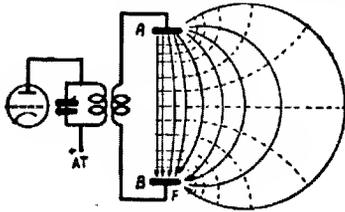


Fig. 157

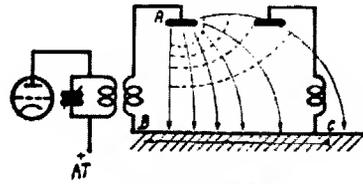


Fig. 158

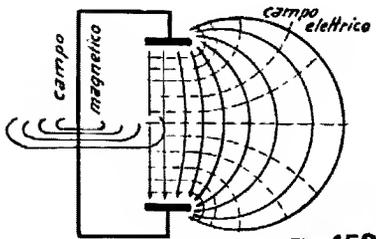


Fig. 159

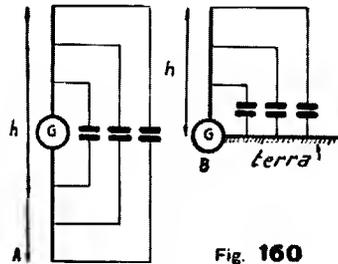


Fig. 160

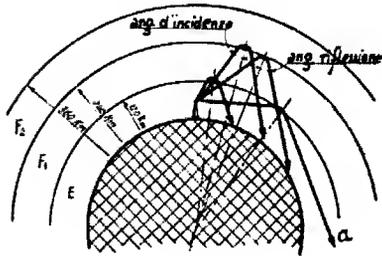


Fig. 161

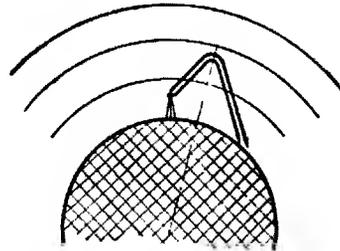


Fig. 162

al punto dove le variazioni del campo elettromagnetico sono prese in considerazione. Ciò significa che la velocità di propagazione non è infinita e che una data variazione partente dall'antenna non raggiunge istantaneamente tutti i punti dello spazio irradiato ma gradatamente dopo un certo tempo.

Si calcola che la velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche sia data da :

$$v = \frac{300.000}{\sqrt{\varepsilon \cdot \mu}} \quad \text{Km/sec.} \quad (44)$$

in cui ε è la costante dielettrica, μ è il coefficiente di permeabilità magnetica.

Nell'aria $\varepsilon = 1$, $\mu = 1$ quindi la (44) diverrà :

$$v = \frac{300.000}{\sqrt{1 \cdot 1}} = \frac{300\,000}{\sqrt{1}} = 300.000 \text{ Km/sec.} = 300.000.000 \text{ m/sec.}$$

Della espressione si nota che la velocità di propagazione non dipende dalla frequenza dell'onda elettromagnetica.

Il piano delle linee di forza magnetica è perpendicolare a quello delle linee elettriche. Nelle vicinanze dell'aereo fino alla distanza di poche lunghezze d'onda le componenti dei due campi sono nel tempo sfasate tra loro di 180° e teoricamente per mantenersi non richiedono alcuna somministrazione di energia, trattandosi di energia che non è rimossa dal conduttore e che non viene irradiata.

A distanze maggiori invece le componenti sono tra loro in fase; occorre sempre richiedere energia dall'aereo, energia che serve a mantenere il campo elettromagnetico e che non può più ritornare sull'antenna. La suddetta energia è chiamata energia irradiata.

L'ampiezza delle componenti segue le variazioni della corrente oscillante che dà origine al campo elettromagnetico; esse che nelle vicinanze dell'aereo sono sfasate si vanno rifasando coll'allontanarsi da esso. Nelle vicinanze dell'aereo si è in presenza di un campo di induzione, più lontano di un campo di radiazione.

La lunghezza d'onda è lo spazio percorso dall'onda elettromagnetica durante un periodo. Esprimendo in metri la distanza che intercorre fra due punti successivi in cui le componenti del campo assumono lo stesso valore si ha :

$$\lambda = \frac{300.000.000}{f} \quad (45)$$

in cui f è la frequenza espressa in cicli e λ la lunghezza d'onda in m.

Quando la componente elettrica è perpendicolare alla superficie terrestre, l'onda si dice polarizzata perpendicolarmente; quando

è orizzontale si dice polarizzata orizzontalmente. Evidentemente la polarizzazione dell'onda dipende dalla sistemazione dell'aereo.

L'aereo ricevente dovrà perciò essere costituito in modo da tener conto della polarizzazione dell'onda così da ottenere il massimo della tensione indotta.

102. Propagazione delle onde Hertziane.

Le onde elettromagnetiche generate da un aereo di trasmissione si possono propagare da un punto ad un altro della terra attraverso due cammini :

a) per raggio diretto ; in questo caso la propagazione avviene seguendo la superficie della terra mediante un'onda chiamata onda superficiale. L'intensità di quest'onda diminuisce con il crescere della distanza e tanto più rapidamente quanto più la frequenza è alta.

b) per raggio indiretto ; l'energia irradiata da un aereo non viene tutta trasmessa per mezzo di onde superficiali ma la maggior parte è irradiata per mezzo di onde spaziali che escono dall'aereo sotto diversi angoli d'inclinazione rispetto al terreno.

Queste onde spaziali non sarebbero utili alla propagazione se non fossero rifratte e riflesse di nuovo sulla superficie terrestre.

La rifrazione dell'onda è dovuta a uno strato molto elevato dell'atmosfera ionizzato, chiamato anche di Haevside.

L'ionizzazione è dovuta al bombardamento delle molecole dell'aria da parte delle radiazioni solari e cosmiche che scindono le molecole in ioni positivi ed elettroni ; essa è tanto più considerevole quanto più la pressione dell'atmosfera in cui avviene il fenomeno è piccola, perciò tanto maggiore, quanto più grande è l'altezza dello strato rispetto alla superficie terrestre.

Per effetto della ionizzazione si constata che per gli strati che si trovano a distanze maggiori di 80-100 Km. dalla superficie terrestre il valore della costante dielettrica diventa minore di 1. Quindi essendo :

$$v = \frac{300.000}{\sqrt{\mu \cdot \epsilon}} \cdot \text{Km/sec.}$$

la velocità dell'onda risulta aumentata.

Una radioonda per effetto di quest'aumento di velocità subirà un piegamento che l'allontanerà man mano dalla verticale e che la rivol-

gerà di nuovo verso la superficie terrestre (fig. 161). Spieghiamo ora meglio il fenomeno.

Una radioonda può essere considerata come formata dall'insieme di raggi paralleli penetranti nello stesso tempo in strati, di diversa conducibilità e sovrapposti. I raggi superiori giungendo prima nella ionosfera e venendosi a trovare in una ionosfera più ionizzata di quella in cui si trovano i raggi inferiori, si propagano più velocemente di quest'ultimi tendendo allora a rovesciarsi sui raggi inferiori, dimodochè il cammino dell'onda subisce una curvatura verso la terra (fig. 162).

Gli elementi che influiscono sull'acutezza dell'angolo di piegamento dell'onda indiretta e che determinano la distanza dal punto di partenza alla quale l'onda ricade a terra sono :

a) *l'angolo* con la quale l'onda incide la ionosfera; l'acutezza del piegamento è tanto maggiore quanto minore è l'angolo di incidenza. Le onde che però lasciano l'antenna incidendo verticalmente lo strato ionizzato non possono più tornare sulla terra perchè la velocità dei raggi che le formano viene allo stesso modo aumentata. Esistono poi onde che incidono lo strato molto obliquamente che pur essendo riflesse non riescono più a tornare sulla superficie terrestre (raggio a).

b) *la frequenza* corrispondente all'onda costituente il raggio incidente. L'acutezza del piegamento è tanto maggiore quanto minore è la frequenza dell'onda; infatti sotto i 3500 Kc. l'onda indiretta torna quasi nelle vicinanze del punto di partenza entro il raggio coperto dall'onda diretta. Aumentando la frequenza l'onda indiretta torna a terra in un punto non coperto dall'onda diretta.

Ciò è dovuto al fatto che le frequenze basse sono riflesse dagli strati ionizzati inferiori della ionosfera, le frequenze grandi dagli strati superiori. Esisterà dunque una zona in cui estinti i raggi diretti non giungono i raggi riflessi; in questa zona di silenzio non è possibile ricevere ed essa è tanto più ampia quanto più alta è la frequenza impiegata per la trasmissione.

Per la frequenza di 56 Mc e più, l'onda indiretta non riesce più a tornare sulla superficie terrestre: è questo il campo delle onde ultracorte per le quali la propagazione è possibile solo col raggio diretto.

c) *il grado di ionizzazione e l'altezza* dei vari strati formanti la ionosfera. L'acutezza del piegamento è tanto maggiore quanto più intensa è la ionizzazione della ionosfera e quanto minore è l'altezza degli strati che la compongono. Di notte gli strati si innalzano e la loro ionizzazione diminuisce per cui viene a diminuire anche l'acutezza del piegamento.

La ionosfera si ritiene formata da tre strati detti : *E*. *F1*. *F2*. Lo strato *E* ha un'altezza media di 120 Km, lo strato *F1* di 200 Km., lo strato *F2* di 300 Km. (fig. 161).

Lo strato *E* riflette onde di frequenze basse, lo strato *F1* le onde di frequenza media, lo strato *F2* riflette le onde di frequenza alta. Durante la notte gli strati si innalzano dalla superficie terrestre e lo strato *F1* si confonde con quello *F2*; la loro ionizzazione risulta minore e quindi minore l'incurvamento dei raggi con conseguente maggiore portata dei segnali.

Ricevendo dei segnali trasmessi per onda indiretta si può notare il fenomeno della fluttuazione (variazione dell'intensità del segnale); ciò è dovuto alla variazione istantanea della ionizzazione degli strati di Heaviside Kennedy, il che avviene più di frequente di notte che di giorno. Essendo le radiazioni cosmiche, luminose, calorifiche, trasmesse a mezzo di oscillazioni elettromagnetiche come le onde hertziane, differendo da queste solo per la frequenza, è opportuno classificare tutte queste radiazioni in modo che risulti chiaro come le onde hertziane abbiano tra queste la frequenza più bassa. Infatti la gamma delle radiazioni è così composta :

a) *raggi cosmici*, con λ inferiore al miliardesimo di millimetro. Sono di origine extraterrena.

b) *raggi gamma*, con λ dell'ordine del miliardesimo di millimetro. Sono emessi dai corpi radioattivi.

c) *Raggi X o Roentgen*, con λ dell'ordine del milionesimo di millimetro.

d) *Raggi X molli* con λ dell'ordine dai 30 ai 400 milionesimi millimetro circa.

e) *Raggi ultravioletti* con λ variante dai 30 ai 400 milionesimi di millimetro circa.

f) *Raggi luminosi* (dal violetto al rosso) con λ variante dai 400 ai 750 milionesimi di millimetro circa.

g) *Raggi calorifici infrarossi* con λ dai 750 ai 300.000 millesimi di millimetro circa.

h) *Raggi infraelettrici* con λ da circa 0,3 a 3 mm.

i) *onde hertziane* con λ da circa 3 mm. a qualche Km.

103. Aerei fondamentali.

Impedenza di un aereo e distribuzione della tensione A. F. e della corrente A. F. lungo esso.

Essendo i parametri del circuito aperto *L C* distribuiti, il va-

lore dell'impedenza che l'aereo offre al passaggio della corrente oscillante varia da punto a punto.

Nel tipo marconiano (isolato alle estremità superiore e messo a terra in quella inferiore) l'impedenza Z è minima alla base e massima all'estremità libera; nel tipo hertziano isolato alle estremità, l'impedenza è minima al centro e massima alle estremità libere. La corrente che si distribuisce in esse è perciò massima dove l'impedenza è minima, minima dove l'impedenza è massima. Evidentemente l'inverso avviene per la tensione (fig. 163).

La corrente I nel tipo marconiano è perciò massima alla base e nulla all'estremità libera; la tensione V invece è nulla nei pressi del generatore, e massima ove la corrente è nulla.

Nel tipo hertziano si ha un ventre di corrente al centro e due nodi alle estremità (precisiamo che per ventre s'intende il valore massimo e per nodo il valore minimo della grandezza variabile); la tensione invece si distribuisce con due ventri all'estremità ed un nodo al centro.

104. Antenne accordate su frequenze armoniche.

L'antenna marconiana può risuonare oltre che sull'onda fondamentale

$$\lambda = 4h$$

anche su una lunghezza d'onda sottomultipla della fondamentale, tale che possa contenere un numero dispari. Tale antenna risulta perciò accordata su di una λ uguale a $3/4$ oppure $5/4$ ecc. della fondamentale (fig. 164).

L'antenna hertziana può risuonare oltre che sull'onda fondamentale

$$\lambda = 2h$$

anche su lunghezze d'onda sottomultiple della fondamentale purchè su frequenze armoniche multiple di numero pari (fig. 165).

105. Accordo di aerei.

Qualora si volesse accordare l'aereo avente una frequenza di oscillazioni di poco differente da quella del generatore, si può introdurre in serie ad esso una induttanza o capacità variabili.

L'induttanza in serie aumenta l'onda naturale di oscillazione, la capacità invece la diminuisce.

Se per es. il generatore oscilla su una lunghezza d'onda pari a 20 m. e l'antenna a disposizione è alta solo 4 m. (e quindi capace di risuonare su 16 m.), si può ottenere l'accordo dell'aereo che risulterebbe troppo corto, mettendovi in serie un'induttanza variabile. In questo modo si viene a portare l'onda di oscillazioni dell'aereo da 16 a 20 m. (fig. 166).

Con l'aggiungere di questi elementi L e C , si viene però a diminuire l'irraggiamento, poichè parte dell'energia da irradiare rimane invece concentrata nel dielettrico del condensatore o nell'induttanza. È evidente che il condensatore C (fig. 167) può essere anche esso variabile al fine di ottenere il perfetto accordo, e questo può essere controllato mediante un termoamperometro inserito nell'aereo stesso nei ventri di corrente.

106. Altezza equivalente di un aereo.

È l'altezza di un aereo che, percorso in tutta la sua lunghezza da una corrente d'intensità uguale al valore massimo della corrente variabile percorrente effettivamente l'aereo in esame, produrrebbe a distanza gli stessi effetti di essa.

Per un aereo verticale l'altezza equivalente è :

$$h_e = 0,7h \quad (46)$$

107. Antenne a telaio.

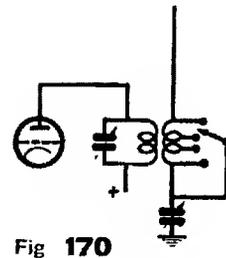
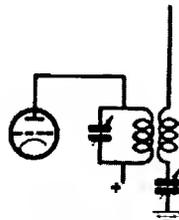
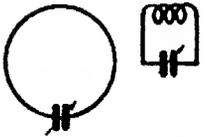
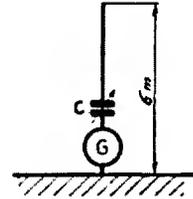
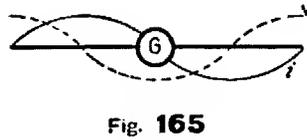
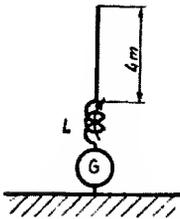
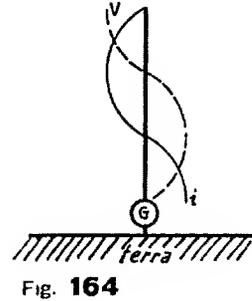
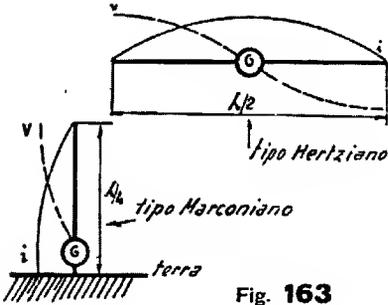
L'antenna a telaio è contrariamente alle altre antenne un circuito chiuso, ed è formata da un'induttanza o telaio di una o più spire derivate da un condensatore variabile (vedi fig. 168); per la trasmissione viene quindi utilizzato il forte campo magnetico prodotto dalla grossa spira. Mentre negli aerei aperti la corrente ha valori variabili da punto a punto, in questo tipo la corrente è costante ed è molte volte maggiore di quella che sarebbe presente in un'antenna aperta alimentata dallo stesso generatore.

L'altezza efficace risulta però molto minore e di conseguenza le portate con gli aerei a telaio sono sempre minori, a parità di potenza di alimentazione, di quelle ottenute con il tipo aperto.

108. Alimentazione delle antenne.

L'energia $A. F.$ può essere applicata all'aereo sia direttamente che attraverso una linea di alimentazione o feeder.

Inoltre tanto l'alimentazione diretta quanto quella attraverso un feeder può esser fatta sia in un ventre di tensione che in un ventre di corrente. L'alimentazione viene detta allora per tensione o per intensità.



Bisogna tener presente inoltre che il feeder non deve essere ir-radiatore e servire solo al trasporto dell'energia A. F.

109. Alimentazione diretta.

a) Alimentazione diretta di un aereo marconiano.

L'alimentazione diretta di un aereo marconiano si ottiene mettendo in serie al filo una piccola induttanza accoppiata al circuito oscillante del generatore (fig. 169).

Per effetto di questa induttanza però aumenta la lunghezza effettiva dell'aereo e quindi si dovrà inserire in esso un condensatore che riporti la sua lunghezza elettrica al valore primitivo. L'alimentazione di questo aereo è fatta in un ventre di corrente: abbiamo quindi alimentazione di intensità. Per aiutare l'azione del condensatore si può fare la bobina di accoppiamento variabile come è visibile in fig. 170.

b) Alimentazione diretta di un aereo Hertziano.

Può essere ottenuta in uno dei tre seguenti modi:

- a) per intensità con accoppiamento a induttanza (fig. 171);
- b) per tensione con accoppiamento a capacità (fig. 172);
- c) per tensione con accoppiamento a circuito accordato (fig. 173).

L'accordo dell'aereo può essere controllato inserendo nei punti ove esistono ventri di corrente, delle lampadine oppure avvicinando nei pressi dei ventri di tensione delle lampade al neon. Le lampadine comuni diventeranno luminescenti, quelle al neon fluorescenti.

110. Linee di alimentazione.

Per poter stendere un aereo nello spazio libero ed il più alto possibile, si può alimentarlo non direttamente, ma attraverso una linea di trasmissione.

Il trasferimento di energia dalla sorgente all'aereo deve avvenire con un minimo di perdite, per cui bisogna evitare che la linea stessa abbia ad irradiare. Ciò si può ottenere usando:

- a) una linea il cui valore d'impedenza è tale che il valore della corrente in essa risulti basso.
- b) una linea doppia in modo che il campo creato da un filo, risulti annullato da quello generato dall'altro.

Il tipo a), prende il nome di linea di alimentazione non sintonizzata; la sua lunghezza può essere di qualsiasi valore e su di essa non vengono a localizzarsi onde stazionarie.

Il valore di corrente lungo di essa è sempre costante: la perdita di energia è dovuta solamente alla resistenza ohmica.

Il tipo b), è detta linea di alimentazione sintonizzata, ed è formata da due fili paralleli.

Le onde stazionarie che si formano su un filo vengono annullate da quelle dell'altro.

111. Alimentazione con linee non sintonizzate.

Premettiamo che l'impedenza di una linea di alimentazione, al punto di congiunzione con l'aereo, deve essere uguale all'impedenza dell'aereo stesso in quel punto.

Vediamo ora alcuni tipi di linea non sintonizzata.

In fig. 174 è rappresentata l'alimentazione di un aereo hertziano ottenuta per intensità nel punto centrale ove la sua impedenza è di circa 70 ohm, mediante una linea non sintonizzata formata da fili intrecciati.

Un secondo tipo di alimentazione è rappresentato in fig. 175 in cui essa è ottenuta con un sol filo posto in un punto dell'aereo distante dal centro di $1/7$ h. Il filo può avere una lunghezza totale qualsiasi poichè, come abbiamo detto, su di esso non vi sono onde stazionarie. Infatti l'impedenza del filo al punto d'attacco coll'aereo risulta uguale all'impedenza dell'aereo in quel punto.

Nella figura 176 è raffigurato lo stesso tipo di alimentazione nei confronti però di un aereo marconiano, in cui l'alimentazione viene fatta ad $1/14$ della semionda a partire dal punto di terra. Questo aereo non lavora bene sulle proprie armoniche e viene usato per le frequenze di 30, 60, 120, megacicli. Essendo di dimensioni ridotte viene usato nei trasmettitori mobili ove è molto usata la presa di terra.

Un terzo tipo di alimentazione (fig. 177) è ottenuto mediante una linea di trasmissione formata da due fili paralleli, risultando l'impedenza della linea di 600 ohm. Per avere questo valore di impedenza, la distanza d tra i fili deve risultare 75 volte il valore del diametro del filo. La lunghezza l deve essere calcolata come segue:

$$l = \frac{150.000}{f} \cdot K \quad \begin{array}{l} l \text{ in metri} \\ f \text{ (freq. lavoro) in Kc.} \end{array} \quad (47)$$

ove K è una costante; per frequenze inferiori a 300 Kc. $K = 0,96$; per f tra 3000 e 28.000 Kc. $K = 0,95$; per f superiore a 28.000 Kc. $K = 0,94$.

Il valore di a risulta:

$$a = \frac{150.000}{f} \cdot K, \quad \begin{array}{l} l \text{ in metri} \\ f \text{ Kc} \end{array} \quad (48)$$

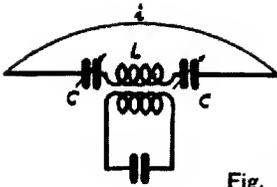


Fig. 171

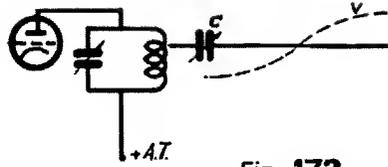


Fig. 172

Fig. 173

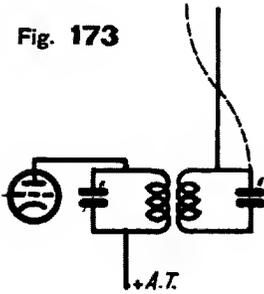


Fig. 174

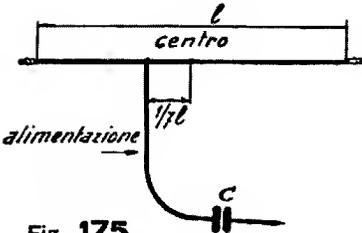
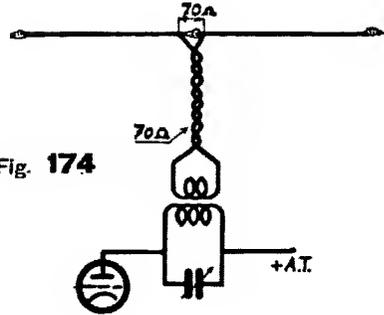


Fig. 175

Fig. 176

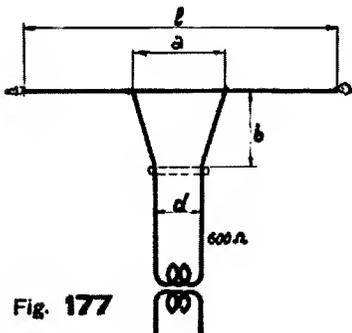
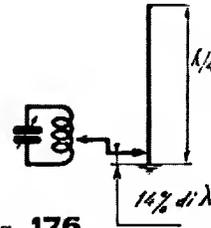
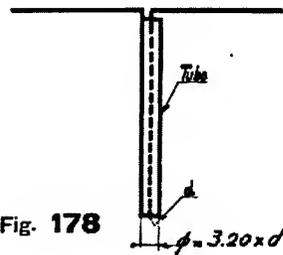


Fig. 177

Fig. 178



Per f 3000 Kc. $K_1 = 0,25$; per f da 3000 a 28.000 Kc. $K_1 = 0,24$; per f superiori a 28.000 Kc. $K_1 = 0,23$.

La lunghezza b è data da

$$b = \frac{45.000}{f} \quad \begin{array}{l} b \text{ in metri} \\ f \text{ in Kc.} \end{array} \quad (49)$$

Nell'ultimo tratto l'impedenza della linea si adatta all'impedenza dell'aereo, in modo che alla fine l'impedenza della prima eguagli l'impedenza del tratto a dall'aereo.

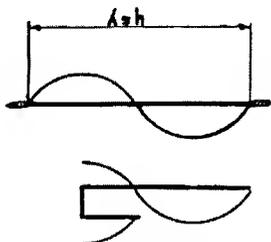
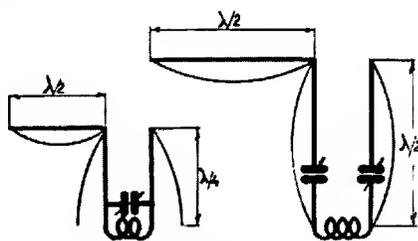


Fig. 179



tipi Zeppelin

Fig. 180

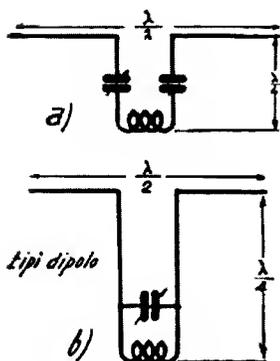


Fig. 181



Fig. 182

112. Alimentazione con linee concentriche.

La linea è formata da un tubo metallico contenente un filo
L'impedenza della linea è di circa 70 ohm e corrisponde a quella

che si trova nel centro di un aereo accordato su di una semionda : il valore di 70 ohm si ottiene quando il diametro interno del tubo è circa 3,2 volte il diametro esterno del filo centrale (fig. 178).

113. Alimentazione con linee sintonizzate.

Se si considera una antenna hertziana risonante su frequenze armoniche, che oscilla per es. su $\lambda = h$, e si ripiega su se stessa la metà della sua lunghezza (fig. 179), si ottiene un'antenna risonante sulla frequenza fondamentale ed alimentata mediante una linea sintonizzata.

La parte minima che non può essere ripiegata deve avere almeno la lunghezza di $\lambda/2$, affinché sulla linea possano localizzarsi onde stazionarie. La linea normalmente è formata da due fili mantenuti fra loro paralleli mediante asticelle isolate e distanti da 5 a 15 cm.; essendo i due fili molto vicini il campo elettromagnetico creato dall'uno verrà eliminato da quello creato dall'altro.

Sui fili si viene perciò ad avere una medesima distribuzione variabile di corrente e di tensione come nel tratto veramente irradiante e si ha corrente massima e tensione minima ove l'impedenza è minima, corrente minima e tensione massima ove l'impedenza è massima. Funzionando come parte risonante, la lunghezza della linea deve essere equivalente a una mezza lunghezza d'onda od a multipli di essa; la lunghezza dell'insieme formato dai due fili è perciò uguale a $\lambda/4$ o multipli di esso.

La parte irradiante dell'aereo può essere alimentata :

a) per tensione (abbiamo così l'aereo tipo Zeppelin (fig. 180).

b) per corrente (abbiamo così il dipolo (fig. 181).

A seconda che l'alimentazione è fatta per corrente o per tensione e che la linea è uguale a $\lambda/4$ o multipli di essa, questa può capitare nel punto di accoppiamento con il circuito oscillante, in un ventre di corrente od in uno di tensione. Quando è in un ventre di corrente si usa l'accoppiamento in serie (fig. 182 a); in un ventre di tensione si usa invece l'accoppiamento in parallelo (fig. 182 b).

Quando per ragioni costruttive non è possibile ottenere per i fili di linea la lunghezza esatta ($\lambda/4$ o multipli) l'accordo di quest'ultima si può fare elettricamente per mezzo di condensatori od induttanze variabili. Negli schemi della fig. 180 si possono osservare i diversi modi con cui si localizzano le onde in un aereo tipo Zeppelin.

R I C E V I T O R I

114. Il problema della ricezione.

Se nel campo elettromagnetico creato da un aereo di un radio-trasmittitore, viene immerso un corpo metallico, per es. un filo di rame, si induce in esso una f. e. m. indotta di autoinduzione.

Questa f. e. m. ha un valore che dipende dall'intensità del campo elettromagnetico e per le stazioni locali può essere dell'ordine dei centesimi di volt; normalmente però risulta dell'ordine dei milionesimi di volt, cioè dei microvolt. Inoltre essa è variabile colla stessa frequenza del campo inducente (fig. 183) e dà luogo ad una corrente pure variabile la cui intensità dipende dal valore della f. e. m.

Il segnale ricevuto può essere un segnale modulato oppure telegrafico; lungo il filo dell'aereo scorre perciò una corrente che inverte il proprio senso di percorrenza tante volte quant'è la frequenza del campo, e la cui intensità varia allo stesso modo con cui varia il campo elettromagnetico prodotto dal trasmettitore. Se il segnale è modulato la corrente può essere rappresentata come nel diagramma della fig. 184.

Se il segnale ricevuto è telegrafico, la corrente nell'aereo, pur essendo ad A. F., ha sempre una intensità costante come si può vedere in fig. 185.

Questa corrente ad A. F. che può essere opportunamente amplificata, non deve essere subito inviata all'organo riproduttore perchè questo non ha la possibilità di trasformare le oscillazioni elettriche in oscillazioni sonore. Infatti la membrana del ricevitore oppure la bobina mobile non possono vibrare alle altissime frequenze della corrente indotta; se anche riuscissero a vibrare a tali frequenze il nostro orecchio non avrebbe la possibilità di percepirle in quanto è sensibile solamente per frequenze comprese tra 50 e 10.000 periodi al secondo. Non è quindi possibile mettere in serie all'antenna solo il riproduttore sonoro, bisogna invece inserire quando si ricevono se-

gnali modulati un organo chiamato rivelatore o demodulatore (fig. 186). Quando si ricevono segnali non modulati occorre anche un oscillatore locale.

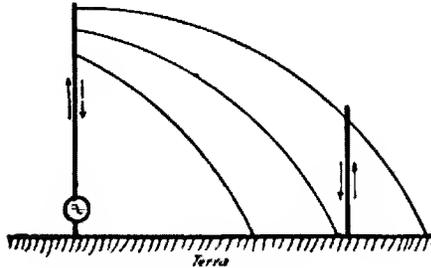


Fig. 183

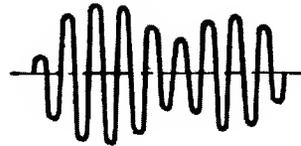


Fig. 184

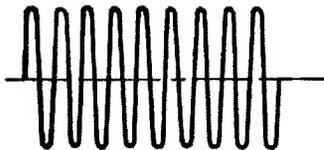


Fig. 185

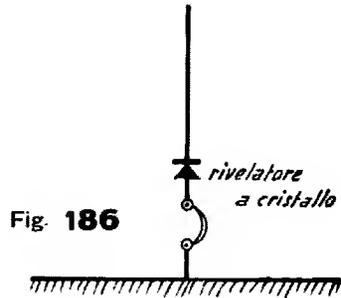


Fig. 186

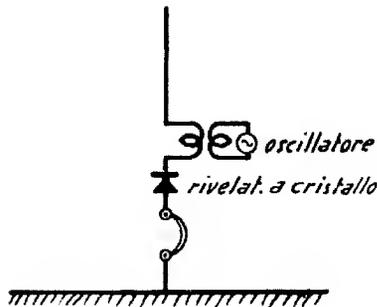


Fig. 187

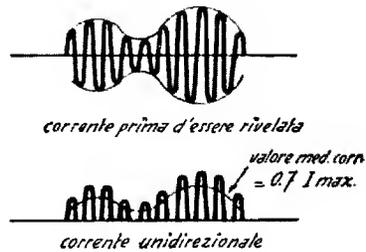


Fig. 188

Vediamo ora le funzioni del demodulatore e dell'oscillatore nella ricezione dei segnali modulati e telegrafici.

115. Rivelazione dei segnali modulati.

Il rivelatore o demodulatore è un organo che lascia passare solo le alternanze positive o negative della corrente. La corrente ricavata dopo il rivelatore e che percorre perciò il riproduttore sonoro non ha più un valore nullo ma un valore ben determinato che riproduce perfettamente l'involuppo della curva rappresentatrice della corrente od *A. F.* modulata : riproduce cioè la forma della corrente microfonica (fig. 188). Essa è unidirezionale e la sua intensità è variabile con una frequenza simile a quella della corrente microfonica del trasmettitore ed ha perciò la facoltà di far variare la membrana del ricevitore acustico in modo tale da riprodurre oscillazioni sonore uguali a quelle eseguite avanti al microfono della stazione trasmittente.

Da una corrente alternativa a rad'ofrequenza la cui ampiezza è variabile nel tempo, si ricava una componente continua variabile (pulsante) proporzionalmente al variare dell'ampiezza della corrente *A. F.*

116. Rivelazione dei segnali non modulati.

I segnali non modulati sono quelli generati da una stazione radiotelegrafica e consistono in treni di onde aventi tutte la medesima ampiezza e la cui durata dipende dal tempo in cui si tiene abbassato il tasto del radio-trasmettitore.

La corrente che percorre l'antenna può essere rappresentata come in fig. 189. Se si rettificano tali gruppi di oscillazioni il riproduttore sonoro è percorso da corrente unidirezionale e avente sempre la medesima intensità (fig. 190).

La membrana viene attratta all'inizio del gruppo e resa libera alla fine, ma durante tutta la sua durata non viene udito alcun suono perchè l'intensità è sempre la stessa : si sentono perciò dei colpi ma nessuna nota udibile. Per poter intendere i segnali occorre perciò prima di rivelarli procedere alla modulazione di essi mediante un oscillatore locale avente una frequenza di poco differente da quella del segnale in arrivo. (fig. 187).

L'oscillazione in arrivo si sovrappone all'oscillazione locale dando luogo al caratteristico fenomeno dei battimenti (fig. 191).

Dalla sovrapposizione si ottiene infatti un'oscillazione risultante la cui ampiezza non è più costante ma variabile da un massimo eguale alla somma delle ampiezze delle due oscillazioni ad un valore minimo uguale alla loro differenza.

I valori massimi e minimi si susseguono con una frequenza

$$f = f_1 - f_2 \text{ ove :}$$

f_1 è la frequenza dell'onda in arrivo, f_2 è la frequenza dell'oscillazione locale; f viene chiamata frequenza di battimento. Allo stadio rivelatore giunge quindi una corrente oscillante alla frequenza f_1 modulata da una frequenza f . (fig. 192).

Se si raddrizza la corrente modulata e la si invia nel riproduttore sonoro, la lamina o la bobina mobile dell'altoparlante non viene solo attirata all'inizio e lasciata alla fine del gruppo, ma per tutta la durata di esso vibra con la stessa frequenza di battimento dando luogo quindi ad una nota sonora di frequenza $f_1 - f_2$.

117. I circuiti d'accordo del radioricevitore.

Essendo l'antenna del ricevitore immersa nel campo elettromagnetico non di una sola stazione ma di diverse, contemporaneamente su di essa vengono indotte delle tensioni ad A. F., per effetto delle quali scorreranno lungo l'aereo delle correnti la cui frequenza dipende rispettivamente dalla frequenza delle tensioni indotte; queste però fra di loro non si influenzeranno essendo di frequenza diversa. Essendo l'aereo un circuito risonante in serie, sarà maggiormente esaltata l'emissione avente una lunghezza d'onda uguale all'accordo di oscillazione propria dell'aereo.

Tuttavia se l'aereo è direttamente collegato al rivelatore contemporaneamente tutte le correnti vengono rettificare e quindi riprodotte tutte nel medesimo tempo dal ricevitore.

Occorre, perciò, selezionare fra le varie correnti quella che si desidera rettificare ed a tale scopo si possono usare dei circuiti risonanti in serie od in parallelo.

118. Circuiti filtro.

Disposto in serie all'aereo un circuito oscillante in serie questo, alla frequenza di risonanza offre un'impedenza minima, per cui massima risulta la corrente che lo attraversa (fig. 193).

Inserito invece nell'aereo un circuito oscillante in parallelo, esso offre un'impedenza molto grande per la frequenza di risonanza, per cui la corrente della medesima frequenza attraverso esso risulta minima; massima invece, la tensione ai capi del circuito risonante (fig. 194).

Mediante il primo sistema d'accordo, la tensione alternata ai capi di esso è minima e di valore trascurabile per la frequenza di risonanza, mentre invece ha un valore tanto più grande quanto più ci si allontana da essa. Contemporaneamente vengono a determinarsi, ai capi del

circuito delle d. d. p. variabili a frequenze diverse da quella di risonanza. Tutte queste tensioni alternate vengono rivelate e quindi contemporaneamente inviate al riproduttore sonoro; è possibile, in questo modo, eliminare dalla ricezione i segnali di una data stazione, anche di una certa potenza, che non si desidera ascoltare, e ricevere invece quella di altre stazioni più lontane e meno potenti. Questo sistema è detto circuito di filtro.

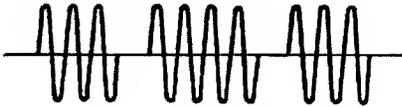


Fig. 189



Fig. 190

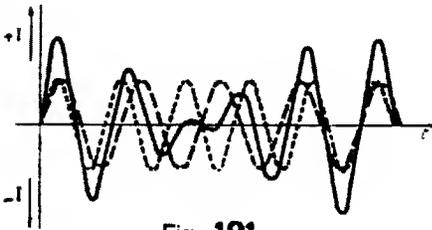


Fig. 191

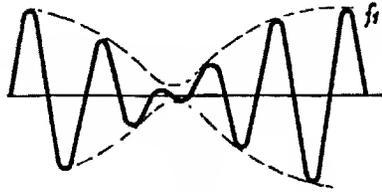


Fig. 192

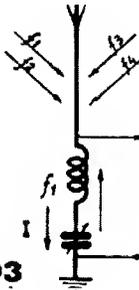


Fig. 193

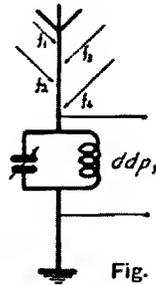


Fig. 194

119. Circuito d'arresto.

Inserito invece un circuito in parallelo sull'aereo, la tensione ai capi di detto circuito è massima per la frequenza di risonanza, mentre ha valori più piccoli per le frequenze maggiori o minori.

Si ottiene quindi una curva di risonanza del circuito che ci mo-

stra come la tensione V risulti aumentata per la frequenza di risonanza rispetto alla V' corrispondente a frequenza superiori o inferiori. Si dimostra che: (ved. fig. 195).

$$v = \frac{G I \omega L}{V \sqrt{c/l}} \quad (50)$$

dove: G è la conduttanza del circuito, I la corrente indotta di frequenza di risonanza, $\omega = 2\pi f$ la pulsazione, l l'induttanza del circuito, C capacità.

Dalla formula 50 si constata che quanto più piccole sono le perdite del circuito, cioè quanto più grande risulta G , tanto maggiore risulterà v rispetto a v' e tanto più acuta e stretta risulta la curva; inoltre la forma di questa, dipende anche dal Q del circuito e quindi dal rapporto C/L . Tanto più la curva è acuta, tanto più il circuito è selettivo. Non essendo perciò esaltate tensioni a frequenza diversa da quella di risonanza solo questa può essere applicata ai morsetti del rivelatore; è possibile così fra tante stazioni trasmettenti, selezionare quella che solo interessa.

Per aumentare la selettività del circuito risonante in parallelo, si può mettere il circuito non direttamente in serie all'aereo, ma accoppiato magneticamente ad esso; tanto più l'accoppiamento è lasco tanto più la selettività aumenta; questa può essere ancor maggiormente spinta combinando opportunamente il circuito di filtro con quello di arresto.

Per procedere alla ricezione di un dato segnale s'inserisce sul circuito d'aereo un circuito di filtro accoppiato magneticamente ad un circuito d'arresto, che risulta circuito di sintonia del ricevitore.

Quando il circuito filtro è accordato sulla frequenza del segnale da ricevere, la sua impedenza risulta minima, quindi massima la corrente I in esso circolante (fig. 196). Per cui, essendo massima l'intensità del campo creato da L , L_1 , accoppiata ad L , assorbirà gran parte dell'energia. L_1 e C formano il circuito d'arresto il quale, quando è accordato sulla medesima frequenza del circuito di filtro, offre alla corrente per la frequenza di risonanza, una grande impedenza. Ai suoi capi si ha quindi una d. d. p. variabile della stessa frequenza del segnale ricevuto che può essere rivelata.

L ed L_1 vengono quindi a formare un trasformatore ad $A. F.$ in cui L è il primario, L_1 è il secondario; questo trasformatore va costruito come elevatore. Il primario può talvolta essere unito direttamente a massa risultando così aperiodico.

Per aumentare la selettività del circuito si può allontanare la boc-

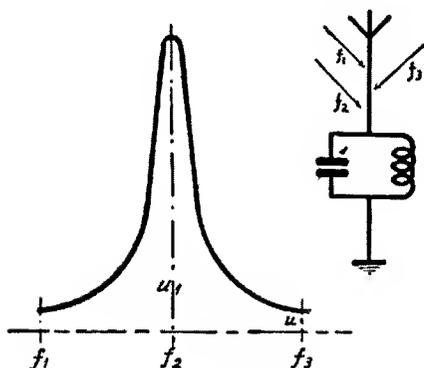


Fig. 195

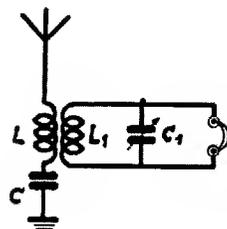


Fig. 196

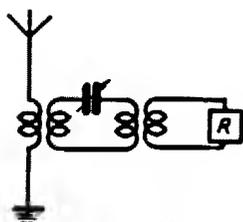


Fig. 197

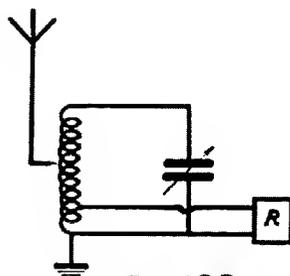


Fig. 198

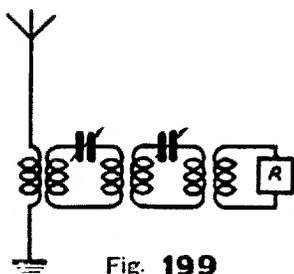


Fig. 199

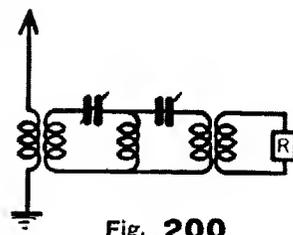


Fig. 200

bina L da L_1 od anche accoppiare la bobina dell'antenna non direttamente a quella di sintonia ma attraverso un circuito accordato in

parallelo la cui induttanza, divisa in due parti è accoppiata sia ad L che ad L_1 (fig. 197).

Al posto delle quattro bobine se ne può mettere una sola con varie prese (fig. 198).

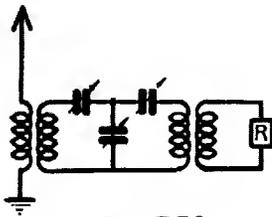


Fig. 201

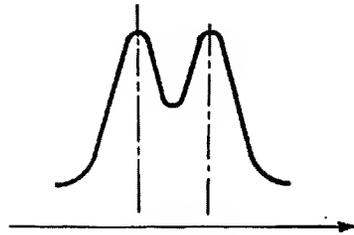


Fig. 202

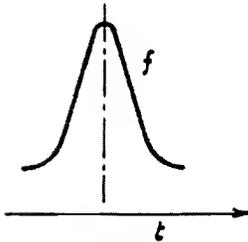


Fig. 203

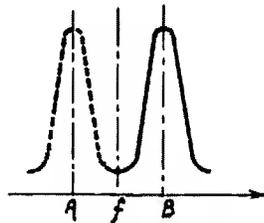


Fig. 204

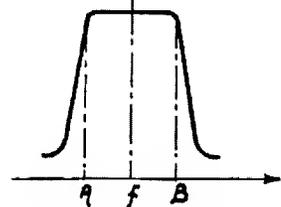


Fig. 205

La selettività può essere ulteriormente aumentata disponendo due circuiti d'accordo accoppiati fra loro molto lascamente. L'accoppiamento si può effettuare nei due seguenti modi :

- a) per induzione (fig. 199-200).
- b) per capacità (fig. 201).

La combinazione di questi due circuiti accordati ha la caratteristica di avere il massimo di risonanza non per la frequenza comune ai due circuiti accordati, ma per due frequenze laterali superiori ed inferiori (vedi diagramma in fig. 202). Per la frequenza di risonanza si ha invece il minimo di corrente.

Più l'accoppiamento è stretto, più le due frequenze a cui corrispondono i due massimi sono vicine, fino a coincidere quando l'accoppiamento è al 100% (fig. 203).

Diminuendo molto l'accoppiamento le due frequenze si allontanano dando luogo a due curve di risonanza per frequenze diverse e susseguentesi (fig. 204).

Per valori intermedi di accoppiamento non si ha più il minimo fra i due massimi A e B e la curva si presenta nel modo illustrato nel diagramma in fig. 205.

Il circuito non è più risonante per una sola frequenza, bensì per una banda di frequenze, per cui è detto *filtro di banda*.

Raramente questo sistema è usato come accoppiamento fra l'antenna e il ricevitore; lo è invece normalmente per accoppiare due valvole amplificatrici a frequenza intermedia nei ricevitori supereterodina.

120. Amplificatore A. F. nei ricevitori.

Come si è visto ai capi del circuito d'arresto del radioricevitore viene localizzata una d. d. p. variabile con frequenza

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

Questa tensione alternata se è abbastanza elevata può essere direttamente rivelata. Il più delle volte però l'ampiezza di questo segnale alternato è piccola ed affatto sufficiente per poter ottenere dal rivelatore il massimo rendimento. Infatti generalmente l'effetto del raddrizzamento cresce col quadrato della tensione applicata.

Da qui si vede che l'amplificazione in A. F. è molto più efficace di quella in B. F.

Inoltre coll'amplificazione A. F. si viene ad aumentare molto la sensibilità del ricevitore cosicchè il suo campo di ricezione viene aumentato. Contemporaneamente però assieme ai segnali ricevuti vengono anche amplificate le perturbazioni elettriche, per cui nelle zone molto disturbate non bisogna aumentare questa amplificazione per non incorrere nell'inconveniente di amplificare molto anche i disturbi.

Bisogna allora tendere l'aereo ricevente in modo tale che il rapporto dell'intensità del segnale ricevuto rispetto all'intensità del disturbo risulti più grande possibile.

Anche in assenza di queste perturbazioni non è però possibile portare l'amplificazione A. F. superiore a 20.000 volte per evitare l'effetto Schrottis.

L'amplificazione A. F. nei radio ricevitori è generalmente amplificazione di tensione. L'amplificazione di uno stadio si può calcolare

$$V = \frac{E_{g_2}}{E_{g_1}} \quad (51)$$

in cui Eg_2 è il segnale amplificato in placca ed Eg_1 quello amplificato in griglia. Se si hanno più stadi in *A. F.* l'amplificazione totale è data da :

$$V_t = V \cdot V_1 \cdot V_2 \cdot V_3 \dots V_n \quad (52)$$

in cui $V \cdot V_1 \cdot V_2 \cdot V_3 \dots V_n$ rappresentano le amplificazioni parziali.

121. Tipi di amplificatori *A. F.*

Normamente per l'amplificazione *A. F.* si usa l'accoppiamento a circuiti accordati.

Nel caso della fig. 206 il valore di R_g , come già si è visto precedentemente, deve essere molto grande, perchè risultando in parallelo al circuito oscillante composto da L e C non venga a diminuire il carico della prima valvola. C_u deve offrire alla *A. F.*, per non dissipare inutilmente energia, una reattanza molto piccola.

Nel caso della fig. 207 il trasformatore *A.F.* deve essere elevatore tale che la tensione ai capi di circuito sintonizzato della seconda valvola, tensione che viene applicata tra la sua griglia e il catodo, risulti maggiore di quella che si ha ai capi del primario.

Quando si considera una valvola amplificatrice *A.F.* si deve tener conto della capacità C_{gf} , C_{af} , C_{ag} , per cui lo schema completo equivalente risulta come in fig. 208.

La C_{gf} viene a sommarsi alla capacità del circuito oscillante d'entrata; la C_{af} viene invece ad aumentare la capacità del circuito d'uscita. L'amplificatore ha quindi un limite che non si può superare per quanto riguarda la frequenza: infatti la valvola non può amplificare correnti di frequenza più alta di quella per la quale come capacità d'accordo si venga ad utilizzare le stesse C_{gf} e C_{af} .

La capacità C_{ag} dà luogo a trasporto di energia dal circuito di placca a quello di griglia provocando, quando l'energia è di una certa entità, l'oscillazione della valvola.

Questo nocivo ritorno di energia è evitato impiegando valvole schermate appositamente costruite per l'amplificazione *A. F.*; in esse occorre oltre alla tensione di placca procedere anche alla polarizzazione dello schermo con una tensione circa metà o poco più di quella applicata all'anodo (fig. 209).

Come amplificatori *A. F.* possono essere usati anche i triodi per i quali si procede alla neutralizzazione: tali circuiti vengono chiamati « circuiti neutrodina » (fig 210).

122. Schermatura dei trasformatori A. F.

Talvolta pur impiegando valvole schermate come amplificatrici A. F. si ha lo stesso l'innescò delle oscillazioni e ciò è dovuto all'accoppiamento fra i circuiti di entrata e d'uscita della valvola attraverso le bobine; quest'accoppiamento si può eliminare schermando le bobine dei due circuiti oscillanti.

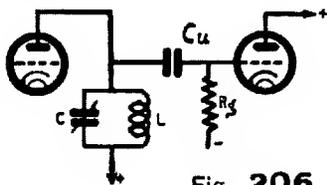


Fig. 206

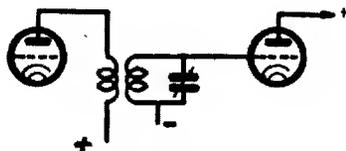


Fig. 207

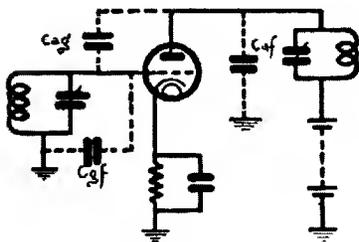


Fig. 208

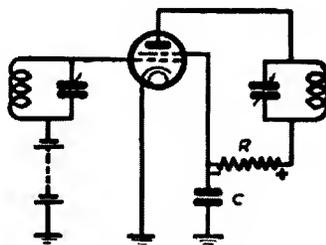


Fig. 209

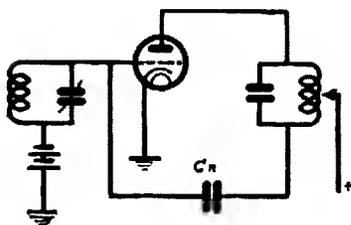


Fig. 210

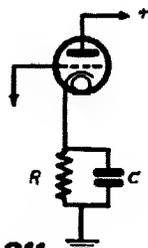


Fig. 211

Il campo magnetico viene perciò limitato allo spazio interno dello schermo, dove però si ha una perdita di energia causata dalle linee di forza che si chiudono a massa.

Si può inoltre evitare l'accoppiamento collocando opportunamente le due bobine, in modo che l'una raccolga il minimo flusso dell'altra.

123. Polarizzazione negativa di griglia e controllo manuale di volume nei radioricevitori.

La polarizzazione negativa di griglia può essere ottenuta mediante batterie oppure mediante il sistema automatico formato da una capacità derivata da una resistenza inserita nel circuito catodico (fig. 211).

Al posto della resistenza fissa si può inserire un reostato dando così la possibilità di variare la polarizzazione e quindi anche l'amplificazione della valvola stessa (fig. 212).

Si può così regolare la resa sonora dei ricevitori; la resistenza variabile costituisce perciò un controllo manuale di volume.

124. Rivelazione di segnali A. F.

Il segnale dopo essere stato captato dall'aereo, opportunamente selezionato e amplificato da uno o più stadi A. F. deve essere poi rivelato o demodulato. Ciò è ottenuto per mezzo di elementi che controllano la unidirezionalità della corrente circolante.

Questi elementi possono essere i cristalli di galena, il carborundum, la pirite ecc., oppure il diodo ed il triodo montati in circuiti particolari.

125. Rivelazione α cristallo.

L'elemento rivelatore è un cristallo, su cui poggia una punta metallica in modo da stabilire il contatto.

Il cristallo presenta una resistenza piccolissima alla corrente diretta in un senso, grandissima a quella diretta in senso opposto, cioè (fig. 213) soltanto una delle due anse che compongono la corrente A. E. può passare.

La qualità delle rivelazioni dipende dalla natura del contatto tra la punta ed il cristallo, e dalla pressione esercitata nel contatto.

I migliori contatti sono:

galena — punta metallica (bronzo o argento) con pressione leggera; carborundum — punta d'acciaio con pressione forte.

I rivelatori a cristallo sono usati in circuiti del genere di quello in fig. 214; in essa il condensatore C serve a scaricare l'eventuale A. F. non rivelata.

126. Rivelazione α diodo.

Il segnale $A. F.$ viene applicato fra placca e catodo del diodo rivelatore che può funzionare solo quando la placca è positiva. Infatti

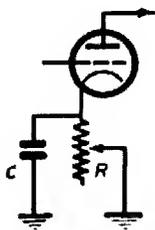


Fig. 212

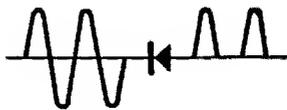


Fig. 213

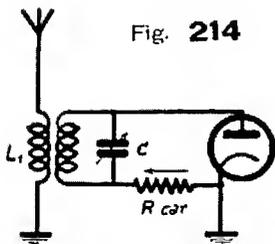


Fig. 214

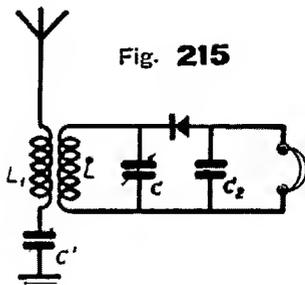


Fig. 215

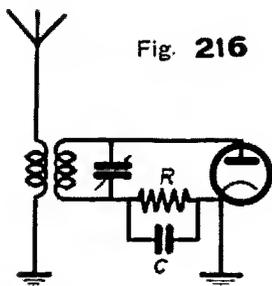


Fig. 216

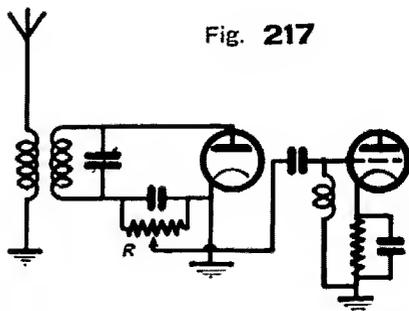


Fig. 217

solo in questo caso passa nel diodo la corrente che circola nella resistenza R di utilizzazione con il senso indicato in fig 215, risultando

così una corrente unidirezionale. Per effetto di detta corrente ai capi di R si stabilisce una tensione pulsante con il meno verso la placca ed il più verso il catodo.

Se la resistenza interna della valvola durante le anse positive rimanesse costante, l'ansa della tensione pulsante risulterebbe simile a quella della tensione alternata. La resistenza interna invece varia ed aumenta con il diminuire della tensione positiva applicata. Ai capi della R di carico, aumentando la caduta interna della valvola, si ha una tensione V' rettificata non simile alla V da rettificare, il che equivale ad una distorsione del segnale rivelato.

Per evitare questo si mette in parallelo alla R un condensatore C avente lo scopo di evitare che la tensione ai capi di essa venga a decrescere troppo rapidamente quando aumenta la resistenza interna del diodo (fig. 216).

Invece di una resistenza fissa si può inserire un potenziometro in modo da poter variare la tensione prelevata fra il catodo ed il cursore, tensione che viene applicata fra griglia e catodo della valvola amplificatrice $B. F.$ seguente (fig. 217).

Il potenziometro funziona quindi da controllo di volume.

127. Rivelazione α triodo.

a) per caratteristiche di placca.

E' essenzialmente basata sul valore della tensione negativa di griglia. Questa è ottenuta mediante una resistenza inserita fra catodo e massa (fig. 218).

Il valore di questa resistenza è tale da far lavorare la griglia in un punto ove la caratteristica è asimmetrica, cioè sul ginocchio inferiore o superiore di essa; il condensatore in parallelo serve ad offrire passaggio all' $A. F.$, ed a mantenere costante la tensione base negativa di griglia.

Del segnale applicato in griglia (fig. 219) solo le anse positive sono amplificate, per cui nel circuito di placca circola una corrente che è unidirezionale proporzionale al segnale applicato all'entrata.

Affinchè la qualità della corrente rettificata risulti buona, occorre che il segnale applicato sia di una certa intensità: altrimenti le anse positive verrebbero amplificate nel tratto curvo della caratteristica ottenendo un'amplificazione non lineare; se la tensione del segnale è molto elevata si ha che il % di distorsione viene molto a decrescere, poichè il segnale solo in minima parte utilizza il tratto curvo della caratteristica.

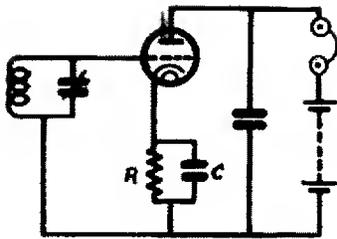


Fig. 218

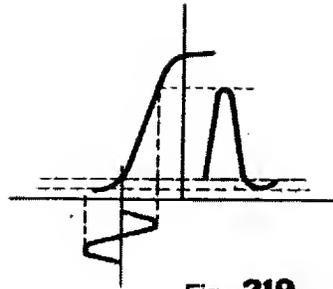


Fig. 219

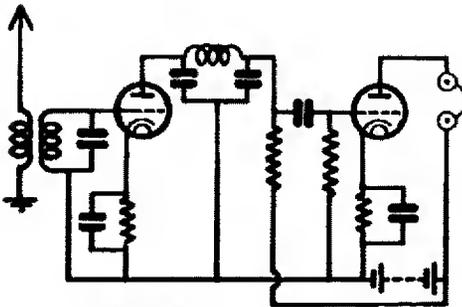


Fig. 220

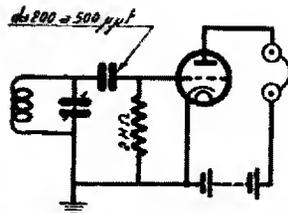


Fig. 221

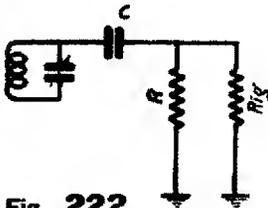


Fig. 222

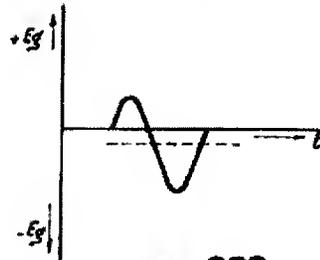


Fig. 223

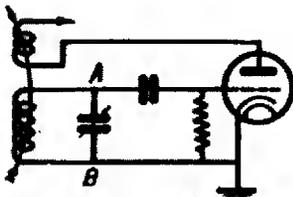


Fig. 224

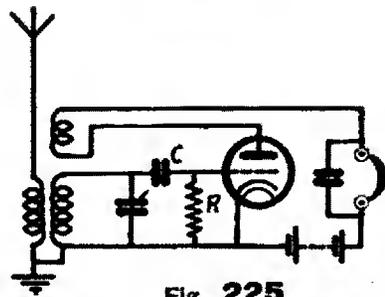


Fig. 225

Uno schema molto usato per questa rivelazione è quello rappresentato in fig. 220.

b) *per caratteristiche di griglia od a falla di griglia.*

Molto più usato del precedente è questo sistema di rivelazione, poichè si ottengono ottimi risultati anche per segnali da rettificare, deboli (fig. 221).

La resistenza ha un valore molto grande (qualche $M \Omega$) e la capacità può variare da circa 200 a 100 pF . Essendo il potenziale della griglia in assenza di segnale presso a poco uguale a quello del catodo, la valvola lavora come un'amplificatrice con 0 volt di tensione polarizzante.

Quando si è in presenza di segnale ai capi del circuito risonante, viene a formarsi una d. d. p. variabile di determinato valore; questa tensione si distribuisce a cavallo del condensatore C per effetto della sua reattanza, e delle due resistenze in parallelo R e R_{ig} (fig. 222).

Quando la griglia diventa positiva aumenta il flusso di elettroni della valvola diminuendo di conseguenza il valore di R_{ig} , mentre quando la griglia è negativa il valore della resistenza aumenta.

Rimanendo sempre costante la reattanza capacitiva e variando invece il valore del parallelo delle due resistenze R e R_{ig} , (massima quando la griglia è negativa, minima quando è positiva) varia anche la tensione che si determina ai capi della R ; la griglia diventerà molto più negativa di quanto non diventi positiva, e la sua variazione di tensione dallo zero risulta perciò rappresentata da una curva, in cui i valori di polarizzazione negativa risultano molto più grandi dei valori positivi che riescono perciò trascurabili (fig. 223).

Variando in modo asimmetrico la tensione di griglia, varia allo stesso modo la corrente di placca: variazioni trascurabili per anse positive, di una certa entità per le anse negative.

Praticamente si ha quindi l'esaltazione delle sole anse negative, cioè la rivelazione e l'amplificazione del segnale stesso.

128. Circuiti a reazione.

Si ottiene l'effetto di una reazione, quando nel circuito anodico di una valvola amplificatrice, viene inserito un'avvolgimento di poche spire accoppiato alla bobina del circuito di griglia (fig. 224).

Ricordiamo che la d. d. p. variabile ai capi del circuito oscillante $A B$ dipende da molti fattori fra i quali anche la resistenza R in cui s'intendono concentrate le perdite del circuito.

Quanto più R è grande, tanto più la curva di risonanza diventa bassa e appiattita; per poter diminuire l'ammortizzazione del circuito

e per aumentare questa tensione occorre far sì che il circuito di placca della valvola sia accoppiato magneticamente al circuito di griglia.

Infatti la corrente variabile in placca, percorrendo la bobina inserita nel suo circuito, genera un campo magnetico che induce una tensione tra A e B che se è in fase con quella già esistente viene a sommarsi con essa.

Per ottenere che sia in fase occorre che gli avvolgimenti abbiano il medesimo senso, cioè che la griglia sia collegata al terminale della bobina di sintonia e la placca all'inizio di quella di reazione, mentre gli altri due capi debbono andare rispettivamente a massa e al riproduttore sonoro.

L'aumento di tensione in griglia provoca un aumento della corrente in placca, causando di conseguenza un incremento della tensione fra A e B. Si ottiene in questo modo un'esaltazione dei segnali in arrivo più di quanto non avverrebbe se mancasse l'effetto della reazione. Si ottiene cioè un'amplificazione dei segnali in arrivo chiamata reazione. La fig. 225 mostra un esempio di ricevitore a reazione.

129. Rivelatore a reazione.

La stessa valvola montata come amplificatrice a reazione può essere usata come rivelatrice.

All'uopo si inserisce nel suo circuito di griglia (fig. 225), il condensatore C avente un valore che varia dai 100 ai 500 pF , e la resistenza R di valore da 1 a 3 Megaohm, dando così possibilità alla valvola di funzionare come rivelatrice per caratteristiche di griglia.

Inserendo una cuffia nel circuito anodico è possibile ricevere dei segnali amplificati rivelati. L'accoppiamento tra il circuito di placca e quello di griglia può essere fatto in due modi:

a) tale da far sì che la valvola entri in autooscillazione (reazione innescata).

b) tale da far funzionare la valvola al limite d'innesco, risultando insufficiente il trasporto di energia dalla placca alla griglia e determinare le oscillazioni (reazione quasi innescata).

Nel primo caso, si ha la generazione di segnali locali che servono per la produzione dei battimenti, con eventuali segnali telegrafici in arrivo.

Con il secondo sistema, funzionando la valvola quasi all'innesco si ottiene la diminuzione dello smorzamento del circuito guadagnando in sensibilità.

130. Ricezione dei segnali telegrafici.

Mediante la ricezione con reazione innescata si ottengono i battimenti tra le oscillazioni locali ed il segnale in arrivo.

Quando il circuito di sintonia è perfettamente accordato sull'onda da ricevere si ha il silenzio in cuffia, perchè la differenza è nulla, mentre quanto più ci si allontana dall'accordo dell'onda in arrivo tanto maggiore diventa l'acutezza della nota.

Questo sistema di ricezione risulta molto selettivo.

131. Ricezione della fonìa.

Diciamo subito che non è possibile ricevere segnali modulati con

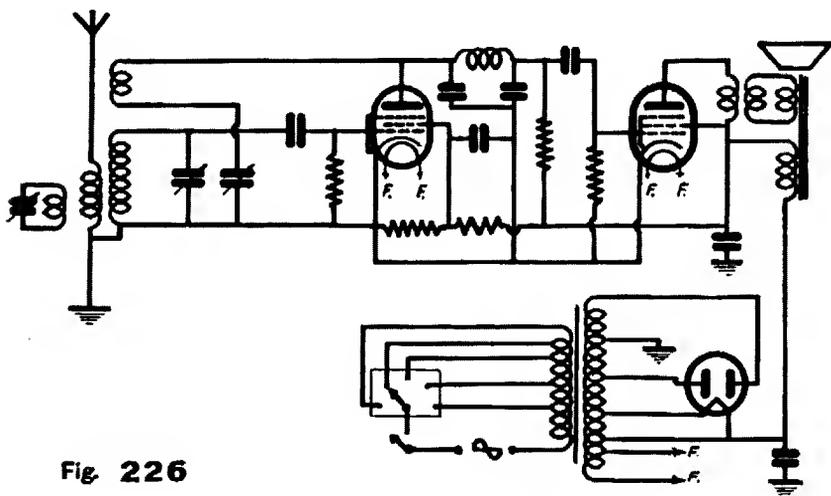


Fig. 226

la reazione innescata, poichè essi verrebbero modulati dall'oscillazione locale: ne risulterebbe un sibilo e di conseguenza la inintelligibilità della fonìa.

Non dovendo la reazione essere innescata, contrariamente per quanto accadeva per i segnali non modulati, la selettività risulta molto ridotta; inoltre, essendo la curva di risonanza, per effetto della reazione, molto acuta, la qualità di riproduzione non è molto buona, causa la non uniforme amplificazione delle bande laterali dovuta all'acutezza troppo spinta della curva stessa.

Nella fig. 226 diamo lo schema completo di un ricevitore a reazione a 2+1 valvole.

132. Circuito reattivo Meissner con bobina di reazione variabile.

L'accoppiamento (fig. 227 - 228) è ottenuto mediante le bobine L' ed L'' magneticamente, e si può variare mutando la distanza fra le due bobine.

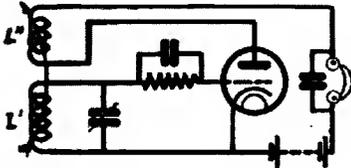


Fig. 227

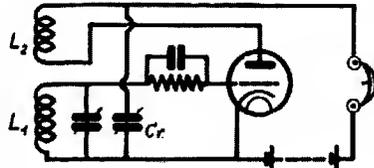


Fig. 228

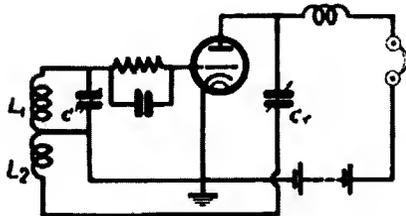


Fig. 229

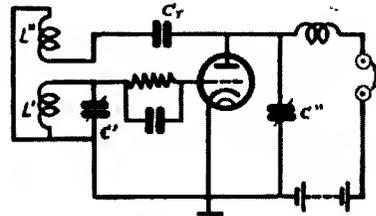


Fig. 230

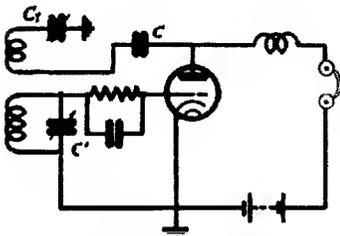


Fig. 231

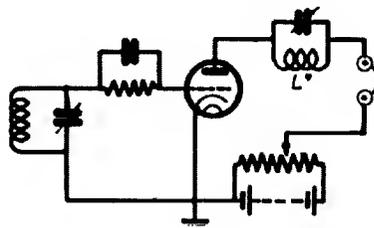


Fig. 232

Ciò si può ottenere spostando opportunamente la bobina di reazione oppure regolando la capacità C , dimodoché si viene a variare la grandezza e la fase nella corrente attraverso L'' e di conseguenza la quantità di energia trasferita in griglia (fig. 228).

133. Circuito Reinartz.

Al posto di due bobine se ne utilizza una sola con una presa collegata al catodo (fig. 229); di questa la parte tra il catodo e la griglia (L') funziona da bobina di sintonia, l'altra fra il catodo e la placca attraverso Cr , da bobina di reazione.

L'accoppiamento si varia regolando opportunamente Cr .

134. Circuito Weagant.

Per mezzo di Cr e L'' (fig. 230) si ottiene l'accoppiamento a reazione; C'' che è in parallelo ad esso, serve a regolare l'intensità di corrente attraverso il circuito stesso di reazione. Infatti quando la capacità C'' aumenta, maggiore diventa la quantità di energia che va a massa attraverso esso, diminuendo quella attraverso L'' dimodochè il trasferimento energetico da L'' a L' risulta diminuito; il contrario accade quando si abbassa le capacità di C'' .

135. Circuito Schell.

L'accoppiamento reattivo si varia regolando Cr ; il circuito presenta la caratteristica che i rotori dei due condensatori C' e Cr sono a massa evitando così l'effetto della mano durante la regolazione dell'apparato (fig. 231).

136. Circuito Armstrong.

Il circuito è ben visibile in figura 232.

Per poter ottenere le auto-oscillazioni occorre che il circuito di placca sia sintonizzato su quello di griglia.

137. Regolazione potenziometrica delle reazioni.

La variazione dell'accoppiamento reattivo tra i due circuiti di placca e di griglia di una valvola a reazione, si può ottenere anche regolando opportunamente la tensione di placca; in questo caso la posizione delle bobine non si deve variare e le capacità rimangono costanti.

Aumentando o diminuendo la tensione all'anodo si varia la corrente anodica, e quindi il campo creato da una bobina, e con ciò l'energia indotta sull'altra.

Usando dei pentodi, la variazione dell'accoppiamento si ottiene (fig. 233) regolando opportunamente la tensione della griglia schermo.

138. Amplificazione B. F. nei radoricevitori.

Il segnale captato dall'antenna, dopo essere eventualmente amplificato, viene rilevato; se l'intensità del segnale *B. F.* non è suffi-

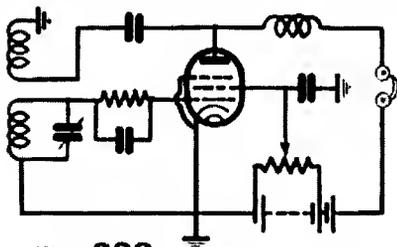


Fig. 233

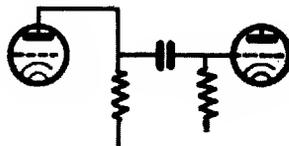


Fig. 234

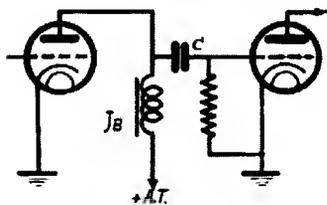


Fig. 235

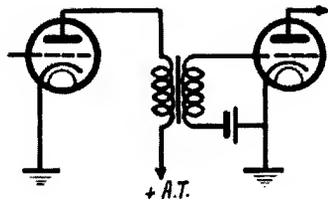


Fig. 236

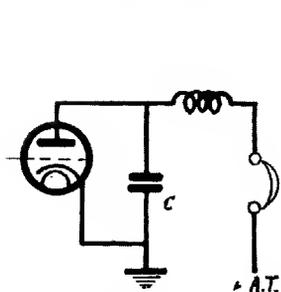


Fig. 237

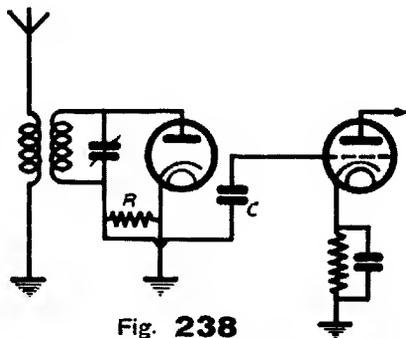


Fig. 238

ciente ad azionare il riproduttore sonoro occorre procedere ad una successiva amplificazione del segnale.

A tale scopo si possono montare valvole amplificatrici in *B. F.* accoppiate alla rivelatrice.

L'accoppiamento può essere ottenuto :

- a) per resistenza-capacità, (fig. 234);
- b) per impedenza-capacità, (fig. 235);
- c) a trasformatore (fig. 236).

In serie al circuito anodico si mette di solito un'impedenza $A. F.$ ed un condensatore di fuga a massa (fig. 237) per evitare che l' $A. F.$ eventualmente non rivelata percorra il circuito $B. F.$

Se la rivelazione è fatta col diodo (fig. 238) la tensione $B. F.$ che si ricava ai capi della R si applica attraverso il condensatore C fra griglia e catodo della seguente valvola amplificatrice $B. F.$

Se necessita una piccola potenza $B. F.$ basta una sola valvola amplificatrice, altrimenti se ne possono montare anche in numero superiore utilizzando eventualmente il sistema controfase.

Le classi possono essere la $A.$ la A_1 , la AB_2 , la B a seconda dell'amplificazione e la potenza che si desidera ottenere.

139. Alimentazione dei ricevitori.

Può essere fatta mediante batterie oppure utilizzando la corrente alternata industriale che deve essere, come si è visto, raddrizzata e livellata.

140. Accordo degli stadi $A. F.$ dei ricevitori.

Quando si usano degli stadi di amplificazione $A. F.$, sono presenti nel ricevitore vari circuiti oscillanti sulla stessa frequenza il cui accordo viene fatto regolando opportunamente i condensatori variabili. Al fine di ridurre il numero dei comandi del ricevitore si possono utilizzare i condensatori multipli aventi tante sezioni quanti sono i circuiti di accordo presenti.

In parallelo ad ognuna di queste sezioni sono messe le bobine le quali hanno il medesimo valore di induttanza; di conseguenza essendo i condensatori della stessa capacità, gli stadi risultano risonanti sulla stessa frequenza.

Per poter ovviare alle inevitabili piccole disuguaglianze di valori si usa inserire in parallelo a ciascun condensatore variabile un condensatore di piccole capacità con rotazione indipendente che serve colla sua azione compensatrice, ad allineare fra di loro i circuiti, cioè a fare in modo che essi risultino accordati sulla stessa frequenza.

I suddetti condensatori sono chiamati compensatori.

141. Controllo di volume.

La resa sonora dell'apparecchio può essere regolata al grado desiderato secondo vari sistemi :

a) controllando il segnale *A. F.* in entrata all'apparecchio, variando cioè la tensione applicata all'ingresso della prima valvola mediante una resistenza variabile posta in parallelo all'avvolgimento primario.

b) variando la pendenza della valvola amplificatrice: in questo caso si determina la resa dell'apparecchio regolando opportunamente la tensione negativa di polarizzazione. Infatti coll'aumento del negativo di griglia diminuisce la pendenza e quindi pure l'amplificazione della valvola stessa (fig. 239).

c) controllando il segnale *B. F.* all'entrata dell'amplificatore. Ciò si ottiene mediante un potenziometro inserito nel circuito di griglia che limita la tensione *B. F.* applicata ad essa. Quando il rivelatore è un diodo si sostituisce alla resistenza di carico, un potenziometro. (fig. 240)

142. Controllo automatico di volume.

Per effetto dei fenomeni di propagazione, l'intensità dei segnali ricevuti può talvolta non essere costante e causare quindi degli affievolimenti. Per eliminare questi inconvenienti ed ottenere una resa sonora uniforme, si applica sul ricevitore un dispositivo che compensa la diminuita intensità del segnale con un proporzionale aumento di sensibilità del ricevitore stesso.

Per variare la sensibilità basta agire opportunamente sul negativo di griglia dell'amplificatore *A. F.* oppure, se si è in presenza di una supereterodina, sul negativo della valvola amplificatrice in *M. F.*

Quando l'intensità del segnale aumenta occorre incrementare il valore negativo della polarizzazione di griglia; viceversa quando il segnale diminuisce si dovrà dare una polarizzazione più positiva alla griglia. Perciò è necessario prelevare (fig. 241) attraverso C_3 del circuito oscillante dello stadio rivelatore una tensione *A. F.*, e dopo averla rettificata applicarla alla griglia dell'amplificatrice *A. F.*

Normalmente a ciò rispondono i moderni doppi diodi-triodi. In presenza di semionde positive, la tensione applicata fra placca e catodo viene rettificata e localizzata ai capi di R' di carico, in modo da rendere il suo terminale *A* negativo rispetto a *B* che è massa. Questa tensione negativa viene allora applicata, attraverso R_2 , ed il condensatore C tra griglia e catodo dell'amplificatrice, ottenendo così di variare in modo opportuno la polarizzazione e quindi la sensibilità dello stadio. C_2 serve a chiudere il circuito oscillante dell'amplificatrice a massa.

143. Controllo di tono.

Mediante questo controllo si può regolare opportunamente la tonalità della riproduzione in modo da avere un'esaltazione delle fre-

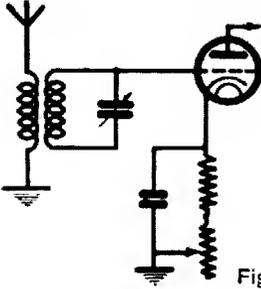


Fig. 239

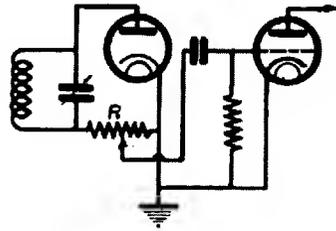


Fig. 240

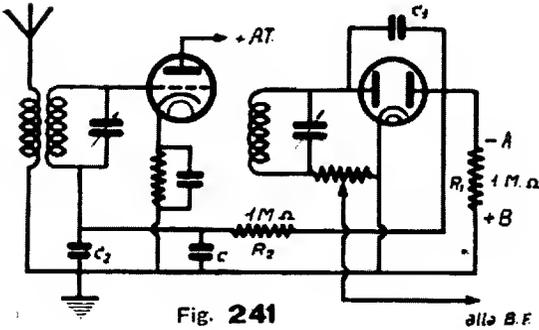


Fig. 241

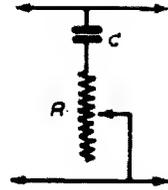


Fig. 242

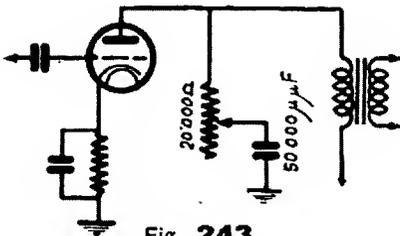


Fig. 243

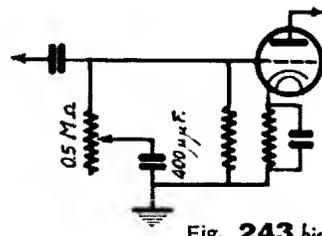


Fig. 243 bis

quenze basse oppure di quelle alte. Ciò si ottiene evidentemente variando il valore dell'impedenza complessiva del circuito inserendovi

questo dispositivo. Esso consiste in una resistenza variabile collegata in serie con un condensatore, e va messo negli stadi *B. F.* ove esiste una differenza di tensione variabile.

Il dispositivo funziona da filtro per le note alte; infatti quando la resistenza è al minimo, si ha un'attenuazione delle frequenze elevate, cioè un'esaltazione delle note basse (fig. 242), mentre contrariamente accade inserendo tutta la resistenza.

Il complesso può essere incluso nel circuito di griglia della valvola finale *B. F.* oppure su quello di placca. Nel primo caso occorre una resistenza grande ed una capacità piccola ($R = 0,25 \div 0,5 \text{ M}\Omega$, $C = 200 \div 500 \text{ pF}$) (fig. 243).

Nel secondo caso occorre una resistenza ed una capacità abbastanza grande ($R = 20 \div 30 \text{ K}\Omega$; $C = 0,05 \div 0,1 \text{ }\mu\text{F}$) (fig. 243 bis).

144. Circuiti α conversione di frequenza.

Gli inconvenienti che sono manifesti nei ricevitori ad amplificazione diretta, (scarsa selettività, tendenza all'innesco di oscillazioni, amplificazione non lineare di tutte le frequenze), si possono eliminare, impiegando invece il sistema a conversione di frequenza. Mediante questo sistema si fa in modo di eterodinare i segnali di qualsiasi frequenza in arrivo, mediante oscillazioni locali, in modo da ottenere dalla loro sovrapposizione delle oscillazioni con una frequenza avente sempre un determinato valore.

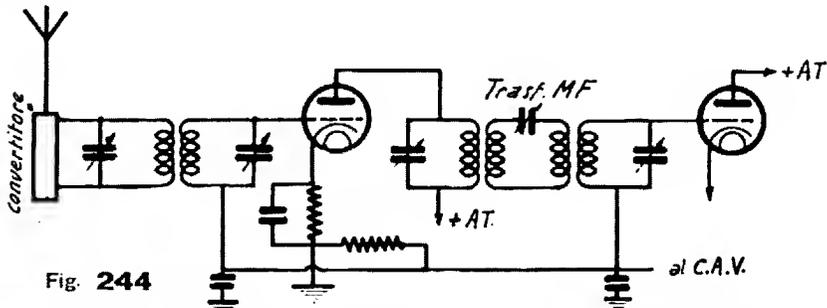


Fig. 244

Perciò l'oscillazione prodotta localmente deve differire da quella in arrivo di un numero di kilocicli sempre uguale per qualsiasi frequenza. Dall'interferenza delle due oscillazioni si ottiene una frequenza di battimento chiamata frequenza intermedia, ed i suoi valori più comuni sono: 175, 375, 476, 1000 Kc. Questa frequenza risultante viene amplificata poi da amplificatori chiamati di media frequenza calcolati in modo da ottenere, per quella frequenza, la massima resa, una grande stabilità e l'assenza di autooscillazioni.

Per poter allineare i vari circuiti oscillanti sulla frequenza intermedia si procede alla messa a punto del ricevitore regolando gli avvolgimenti dei trasformatori (fig. 244). Questa operazione si chiama taratura della *M. F.*

Come accoppiamento tra gli stadi di *M. F.* si usa di solito dei filtri di banda, in modo da ottenere una curva di risonanza con una forma tale da avere un'amplificazione uguale tanto per le frequenze alte che per quelle basse.

Per poter procedere alla conversione di qualsiasi frequenza alla *M. F.* occorre inserire tra l'aereo e l'amplificatore di *M. F.* lo stadio convertitore, che ha tre funzioni ben determinate:

a) produrre delle oscillazioni locali (oscillatore)
 b) sovrapporre le oscillazioni generate con quelle in arrivo (mescolatore).

c) rivelare i battimenti prodotti dalle oscillazioni (rivelatore).

Queste operazioni possono essere disimpegnate da una sola valvola oppure da due valvole distinte.

La conversione della frequenza, si ottiene applicando il segnale in arrivo alla griglia di una valvola rivelatrice, (che ha funzione anche di mescolatrice) il cui flusso elettronico dal filamento alla placca non è costante ma variabile ad una determinata frequenza di un numero prefissato di kilocicli superiore od inferiore a quella in arrivo. L'oscillazione di tensione in griglia dovuta all'onda in arrivo, non modula una corrente elettronica continua ma una corrente oscillante, per cui sul circuito di placca si ricavano i battimenti rettificati dovuti alla sovrapposizione delle due oscillazioni. Si procede poi all'amplificazione dei battimenti e quindi alla loro rivelazione (seconda rivelazione).

Il flusso elettronico viene reso variabile mediante vari sistemi:

a) facendo oscillare la stessa valvola sulla frequenza determinata;
 b) portando le oscillazioni che vengono prodotte da una valvola oscillatrice separata sulla stessa griglia di controllo, oppure su di un'altra griglia della valvola miscelatrice-rivelatrice, dimodochè il potenziale variabile assunto dalla griglia stessa venga a modulare il flusso elettronico che dal filamento giunge alla placca.

c) mediante l'uso di valvole speciali doppie con funzioni di miscelatrici-oscillatrici formate da un triodo oscillatore e da un triodo o tetrodo o pentodo miscelatore entrambi racchiusi nello stesso bulbo ed aventi lo stesso catodo (fig. 245).



Fig. 245

La prima unità triodo, funzionante come oscillatrice, rende il

flusso elettronico oscillante a frequenza ed ampiezza costante viene quindi modulato dall'oscillazione in arrivo od un'altra frequenza costante ed ampiezza variabile, per cui sulla placca della valvola miscelatrice-rivelatrice si ottiene un segnale rettificato con frequenza uguale al battimento delle due e modulate in ampiezza allo stesso modo del segnale in arrivo.

Il fenomeno può essere graficamente rappresentato. In fig. 246 *a* si ha il diagramma della frequenza in arrivo, in 246 *b* l'oscillazione prodotta localmente e nel diagramma 246 *c* la risultante delle due frequenze. Indi, nel diagramma 246 *d* la risultante rivelata, nel diagramma 246 *e* il segnale a M. F. amplificato, quella rivelata in fig. 246 *f*, ed infine il segnale amplificato in B. F. in 246 *g*.

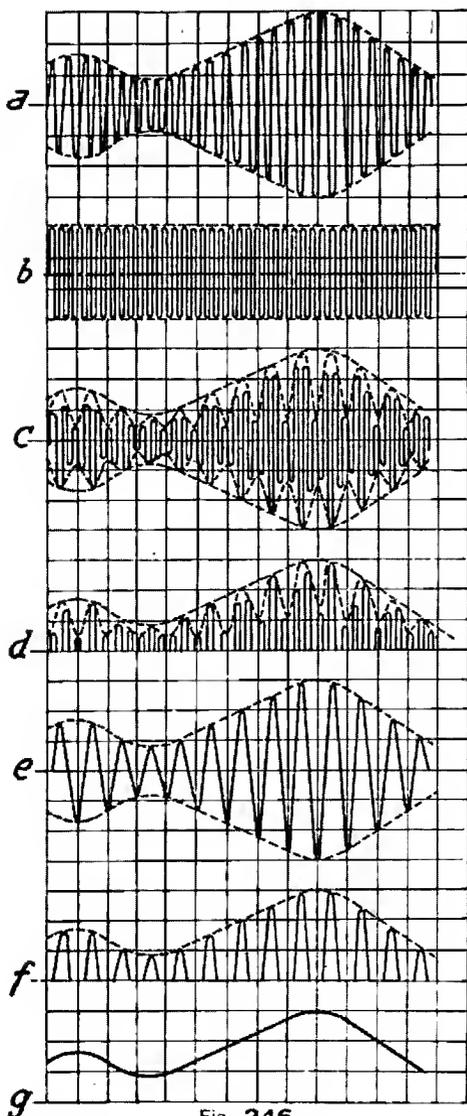


Fig 246

frequenza di ricezione dell'apparato, L_4 , con i condensatori C_2 , C_3 ,

145. Schemi pratici di convertitori.

a) Ad una valvola funzionante come miscelatrice-oscillatrice.

Il circuito è illustrato in fig. 248, in esso L_1 ed L_2 formano il trasformatore d'aereo, L_2 , C_1 il circuito oscillante sintonizzato sulla

C_4 , il circuito oscillante la cui frequenza differisce di un numero prefissato di oscillazioni dalla frequenza del segnale in arrivo, L_3 , C_7 il primario sintonizzato del trasformatore di M. F., R e C_5 il sistema per la polarizzazione della valvola come rivelatrice.

I condensatori C_1 e C_2 sono le due sezioni di un unico condensatore variabile, avente ognuno la stessa capacità, C_3 in serie con C_2 è di valore tale da rendere la frequenza di oscillazione di L_4 , C_2 sempre differente di uno stesso valore in K_c da quello di L_2 , C_1 ; C_4 è un compensatore che serve per procedere alla giusta regolazione di questa differenza ed è detto compensatore dell'oscillatore o padding. C_6 in parallelo a C_1 serve allo stesso scopo e si chiama compensatore d'aereo.

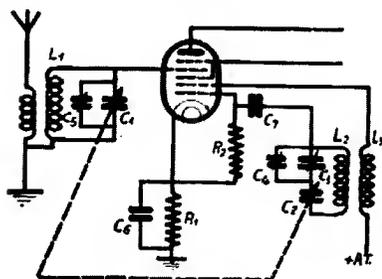


Fig. 247

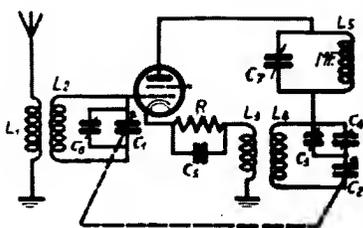


Fig. 248

Quando si applica tensione alla valvola, nel circuito oscillante L_4 , C_2 si determinano oscillazioni che passando in L_3 provocano una variazione di tensione sul catodo e conseguentemente variazioni di polarizzazione di griglia che danno luogo ad oscillazioni da parte della valvola. Il flusso che perciò è variabile viene modulato dall'oscillazione di tensione causata dal segnale in arrivo sulla griglia.

L'oscillazione di frequenza risultante rettificata sulla placca viene esaltata dal carico L_6 , C_7 accordato opportunamente sulla frequenza di battimento.

b) con valvola multipla funzionante come miscelatrice-oscillatrice.

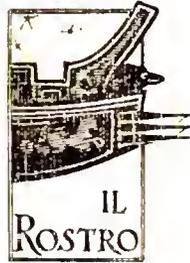
La valvola è un esodo funzionante in due sezioni: l'una un triodo, l'altra un tetrodo (fig. 247).

In questa L_1 e C_1 formano il circuito oscillante accordato sulla frequenza del segnale in arrivo, L_2 , C_4 , C_2 , C_3 il circuito dell'oscillatore generante una frequenza che differisce da quella di L_1 , C_1 di un numero di kilocicli corrispondenti al valore della M. F.. Le stesse considerazioni fatte precedentemente valgono per i condensatori C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , C_5 .

La prima parte del triodo funziona come oscillatrice essendo L_1 inserita nel circuito di placca accoppiato ad L_2 ; la corrente elettronica oscillante prosegue poi nella rimanente sezione della valvola attraverso la griglia che funziona da anodo oscillatore.

L'oscillazione di tensione causata dal segnale in arrivo applicata alla griglia controllo, determina una modulazione del flusso elettronico dando luogo ad una corrente di placca a frequenza intermedia, modulata nello stesso senso del segnale in arrivo .

Ai capi del primario del trasformatore *M. F.* si stabilirà quindi una tensione variabile alla stessa frequenza del battimento a *M. F.* modulato.



PREZZO
NETTO
LIRE 34.—