

INTERFERENZE E RADIODISTURBI: tecniche per eliminarli e lo spread spectrum

prima parte di Piero SOATI

Quello delle interferenze e dei radiodisturbi è uno dei problemi che assilla maggiormente gli operatori, che svolgono la loro attività professionale nel campo delle radiocomunicazioni, e i tecnici che sovente sono chiamati a fare tutto quanto è loro possibile per attenuarne gli effetti sempre dannosi per qualsiasi genere di servizio, sia esso commerciale o di radiodiffusione.

Si definiscono come interferenze quei disturbi dovuti alla presenza di una o più emissioni che irradiano sulla stessa frequenza, o su frequenze viciniori, a quella della stazione che si desidera ricevere, e che possono essere suddivise in **frequenze reali, interferenze immaginarie e radiorumori.**

LE INTERFERENZE IN GENERALE

Si dice che una **interferenza è reale** quando, come si è detto, è provocata da trasmettitori che impiegano lo stesso canale della stazione disturbata e che pertanto si manifesta indipendentemente dalle caratteristiche di selettività e di sensibilità del ricevitore, regolato per le condizioni normali di lavoro, mentre si definisce come **interferenza immaginaria** quel disturbo che ha origine nei vari stadi che costituiscono il ricevitore stesso.

Le interferenze reali oltre che dall'onda fondamentale possono essere provocate da onde di combi-

nazione, da armoniche, da onde spurie da effetti di transmodulazione, quando essi avvengano nello spazio.

Qualsiasi genere di interferenze si manifesta, in linea di massima, sotto forma di fischi più o meno acuti a seconda della differenza di frequenza che esiste fra le due emissioni.

Detto ciò è evidente come il tecnico di fronte ad un caso di questo tipo debba stabilire, in primo luogo, se i fischi che si sentono in un ricevitore siano di natura estrinseca od intrinseca al ricevitore stesso. Nei paragrafi e negli articoli che seguiranno ne spiegheremo il procedimento da seguire.

INTERFERENZE REALI

Due onde elettromagnetiche, di qualsiasi lunghezza, che abbiano delle frequenze molto vicine fra loro, provocano un battimento la cui frequenza corrisponde alla differenza fra le due frequenze.

Se per esempio ad un radiorecettore arrivano contemporaneamente due emissioni aventi una la frequenza di 21501 kHz, l'altra di 21499 kHz, esse daranno luogo ad un battimento, cioè ad un fischio di interferenza, che disturberà la ricezione di 2 kHz; infatti

$$21501 - 21499 = 2 \text{ kHz.}$$

Non ci dilunghiamo sul come un fenomeno del genere si possa verificare perché ciò è trattato ampiamente in qualsiasi manuale di fisica.

I battimenti che interessano i radioteleriparatori in genere sono quelli che hanno frequenza piuttosto bassa, comunque non superiore ai 9 kHz.

Infatti i ricevitori a modulazione di ampiezza sono concepiti in modo da consentire la ricezione di uno spettro di banda alquanto ristretto che non supera i 4500 Hz; d'altra parte frequenze superiori non sono fonte di disturbo per l'orecchio umano.

Il battimento a cui danno origine due emissioni radio, che si effettuino sullo stesso canale di trasmissione, presenta delle caratteristiche tali che ne consente la rapida individuazione, rispetto ad una interferenza immaginaria, ad orecchio. Infatti tale battimento ha la particolarità di **restare costante**

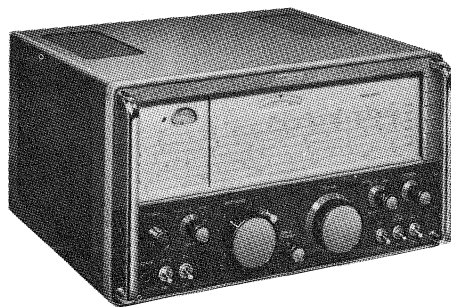


Fig. 1 - Questo ricevitore della EDDYSTONE, per la gamma 300 kHz ÷ 20 MHz, dispone dei tre seguenti filtri: 1°, larghezza di banda 400 Hz per telegrafia, 2°, larghezza di banda 1500 Hz per telegrafia e telefonia disturbata, 3° per la massima larghezza di banda a 6 kHz. E' altresì presente un eventuale filtro audio a 100 Hz.

in frequenza, pur variando leggermente di intensità, quando si effettuano dei piccoli spostamenti di sintonia.

E' questa dunque una particolarità di grande importanza poiché consente di stabilire immediatamente se un'interferenza è dovuta a cause esterne od a cause interne del ricevitore.

Per rendere più comprensibile il fenomeno ci spieghiamo con un esempio, riferendoci ovviamente ad un ricevitore del tipo supereterodina.



Fig. 2 - Questo ricevitore altamente professionale della Watkins-Johnson, per la gamma 500 kHz ÷ 30 MHz, possiede i seguenti filtri inseribili tramite commutatore: 0,2, 0,5, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 e 16 kHz.

Ammettiamo di aver sintonizzato il ricevitore sulla emittente che desideriamo ricevere, indicandola con la lettera F_o , che trasmetta sulla frequenza di 6005 kHz e che contemporaneamente si riceva una stazione interferente F_i , che irradia sulla frequenza di 6002 kHz.

In relazione a quanto si è detto oltre alle due modulazioni sentiremo una nota di battimento la cui frequenza sarà data dalla differenza tra le due frequenze e precisamente: $6005 - 6002 = 3$ kHz.

Se in queste condizioni effettueremo un piccolo spostamento della sintonia potremo constatare, come si è detto, che la frequenza di battimento di 3 kHz rimarrà costante, e che pertanto siamo di fronte ad un fenomeno di interferenza reale.

Supponiamo infatti che il ricevitore impiegato per l'esperimento abbia una media frequenza avente il valore F_m di 500 kHz (potrebbe essere scelto qualsiasi altro valore) avremo che per ricevere la stazione F_o , avente la frequenza di 6005 kHz, l'oscillatore F_o , ammesso

che lavori sulle frequenze superiori, genererà una frequenza uguale a:

$$(1) F_o = F_s + F_m \text{ ossia}$$

$$6005 + 500 = 6505 \text{ kHz}$$

(Se F_o oscillasse su una frequenza inferiore di 500 kHz rispetto alla stazione ricevuta cioè $F_o = F_s - F_m$ il ragionamento seguirebbe lo stesso andamento). Invertendo i termini della questione quanto sopra significa che sintonizzando il ricevitore sulla stazione che trasmette a 6005 kHz la frequenza dell'oscillatore dovrà essere tale che fra le

circuiti di alta frequenza. Si dovrà dunque verificare la condizione, alla quale si è accennato prima, secondo la quale la nota di battimento dovrà restare perfettamente costante in frequenza.

Se ammettiamo di aver eseguito uno spostamento di 1 kHz in più (si potrebbe scegliere qualsiasi altro valore in più ed in meno) ciò equivale ad una variazione della frequenza dell'oscillatore nello stesso senso che passerà da 6505 a 6506. Per la relazione (2) avremo che:

$$(4) F_m = F_o - F_s \text{ per cui}$$

$$6506 - 6005 = 501 \text{ kHz e, per}$$

la relazione (3), che:

$$(5) F_{m'} = F_o - F_i \text{ per cui}$$

$$6506 - 6002 = 504 \text{ kHz.}$$

Eseguito la differenza fra i due valori F_m e $F_{m'}$ osserveremo che: $504 - 501 = 3$ kHz, che conferma come la frequenza di battimento sia rimasta inalterata.

Come si è detto si otterrebbe un identico valore eseguendo degli spostamenti di valore diverso in più od in meno.

Questa prova ci dimostra che eseguendo dei piccoli spostamenti di frequenza il battimento non varia e ci conferma altresì che siamo in presenza di un'interferenza reale, il cui comportamento, come vedremo nel prossimo articolo è del tutto differente rispetto a quello che è caratteristico delle interferenze per immagine.

Si deve altresì dire che le interferenze di questo tipo, dovute alla seconda armonica, od armoniche di ordine superiore, di una data emissione sono sempre da considerare interferenze reali poiché non sono da attribuire alle caratteristiche del ricevitore ma dipendono dal trasmettitore. Identico ragionamento è valido per le onde di combinazione, le onde spurie e taluni fenomeni di intermodulazione di cui avremo occasione di scrivere.

COME ELIMINARE LE INTERFERENZE

L'inconveniente di cui abbiamo parlato nel paragrafo precedente, e cioè le interferenze, è comune a qualsiasi gamma di frequenza sia essa destinata a emissioni radiofoniche, radiotelegrafiche o di altro tipo.

Comunque le gamme di frequen-

due emissioni, quella del trasmettitore in arrivo e quella dell'oscillatore stesso, esista sempre una differenza uguale al valore della frequenza intermedia F_m e cioè:

$$(2) F_o - F_s = F_m \text{ e infatti}$$

$$6505 - 6005 = 500 \text{ kHz.}$$

Per quanto concerne la stazione interferente F_i avremo invece che:

$$(3) F_o - F_i = F_m, \text{ ossia}$$

$6505 - 6002 = 503$ kHz una differenza dunque di 3 kHz che conferma l'esistenza del battimento ($503 - 500 = 3$), il quale può passare attraverso i circuiti della media frequenza, che sono dimensionati in modo da lasciar passare una certa banda più o meno ampia a seconda del tipo di servizio a cui il ricevitore è destinato.

Se giunti a questo punto del ragionamento effettuiamo un piccolo spostamento della sintonia ciò ovviamente equivale a spostare la frequenza dell'oscillatore locale F_o il cui condensatore, o comunque il circuito di accordo, è calettato sullo stesso asse del condensatore o dei condensatori di accordo dei

za più alte ne sono meno soggette poiché in relazione al fatto che la disponibilità di canali è maggiore decresce la possibilità di interferenza fra le varie emissioni, che invece è notevole nelle gamme delle onde lunghe, medie e corte.

Nelle gamme delle onde medie, destinate alla radiodiffusione, si è cercato di attenuare l'inconveniente creando delle reti nazionali sincronizzate fra loro, in modo da limitare lo spettro di occupazione.

A questo proposito precisiamo che si definisce come **gruppo sincronizzato** un insieme di emittenti, che generalmente trasmettono lo stesso programma sullo stesso canale e la cui frequenza è mantenuta rigorosamente costante tramite delle speciali apparecchiature.

In certi casi si ricorre anche all'utilizzazione di gruppi **quasi sincronizzati**, costituiti da stazioni di minore potenza ed aventi carattere regionale, per cui se esse danno origine a dei battimenti di qualche periodo e non provocano alcun disturbo alla rete, oppure facendo trasmettere sullo stesso canale molte stazioni di debole potenza appartenenti a stati diversi ma che svolgono soltanto servizio locale.

L'entrata in servizio delle stazioni a modulazione di frequenza in una gamma (VHF) che consente lo sfruttamento di un maggior numero di canali e data la loro prevalente propagazione e portata ottica, fino a poco tempo fa ha permesso di ridurre i suddetti inconvenienti. Purtroppo attualmente anche in questa gamma, almeno in Italia, si sta creando il caos più completo da parte delle cosiddette emittenti libere, ma non troppo, le quali quasi sempre irradiano senza rispetto alcuno per le norme internazionali e senza curarsi delle interferenze che recano ad altre emittenti. Talvolta a causa della presenza di onde spurie ed armoniche tali emissioni riescono altresì a disturbare servizi di primaria importanza come ad esempio i servizi aerei.

Sulla gamma delle onde corte la situazione non è delle migliori ma in questo caso, all'impiego di antenne aventi delle caratteristiche direttive che consentono di concentrare l'energia irradiata in una direzione preferenziale, ragione per cui due o più emittenti pur lavorando sulla stessa frequenza ma con l'intento di servire zone diverse, come direzione, possono trasmet-

tere contemporaneamente recandosi a vicenda un disturbo non rilevante.

Nelle gamme VHF, e specialmente in quelle UHF, EHF e SHF, la ripartizione delle frequenze, come mostrano le tabelle che sono state pubblicate nel n. 12/1976, rubrica QTC di questa rivista, può essere effettuata con minore preoccupazione poiché, dato il gran numero di canali a disposizione il pericolo di interferenze è ridotto al minimo. Fanno eccezione quei periodi di propagazione sporadica in cui quelle emissioni che hanno prevalentemente una portata ottica e che talvolta, se sono indirizzate verso lo spazio, possono essere momentaneamente riflesse nuovamente sulla Terra.

Nella gamma delle onde medie, specialmente per quanto concerne le emittenti radiofoniche, coloro che non hanno una eccessiva domestichezza con i fenomeni di propagazione delle onde em, frequentemente non si spiegano il motivo per cui la presenza dei fischi di interferenza che non si manifesta durante le ore diurne, o per lo meno sia molto ridotta, aumenti notevolmente durante le ore di oscurità.

Ciò è da attribuire al fatto che durante le ore diurne le onde em di questa gamma si propagano prevalentemente per onda di superficie e quindi hanno una portata piuttosto limitata che dipende essenzialmente dalla potenza irradiata e dalle caratteristiche dell'antenna, mentre durante le ore serali e notturne entrano in gioco le onde riflesse dagli alti strati della ionosfera, che provocano la riflessione a distanza delle onde em appartenenti a questa gamma.

Questo spiega altresì il motivo per cui durante la sera e la notte sia possibile la ricezione di un maggiore numero di stazioni che non durante le ore diurne.

Negli apparecchi aventi carattere commerciale o comunque professionale e destinati alla ricezione di segnali radiotelegrafici, radiotelefonici o di altro genere si cerca di attenuare l'effetto provocato dalle interferenze ricorrendo all'impiego di filtri a cristallo o meccanici, generalmente inseriti nei circuiti di media frequenza, il cui compito è per l'appunto quello di selezionare le stazioni vicine fra loro, per taluni servizi anche fino a poche centinaia di hertz, e ricorrendo altresì,

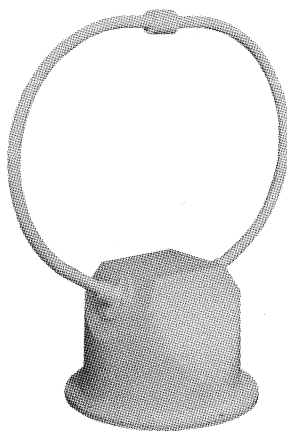


Fig. 3 - Una moderna antenna a telaio W.J., in due versioni, per la copertura delle gamme $2 \div 30$ MHz e $30 \div 160$ MHz.

come già detto, alle antenne direttive.

Dispositivi del genere, escluse ovviamente le antenne direzionali che anche in questo caso sono molto utili, non possono essere usati per le emittenti radiofoniche, almeno quando sia richiesta una buona qualità di riproduzione, poiché essi darebbero luogo ad una eccessiva limitazione della banda di modulazione. Comunque anche i ricevitori radiofonici, di maggior classe, sono muniti di filtri inseribili a piacere allo scopo di consentire un restringimento della banda che è molto utile quando si debbano ricevere emissioni parlate, come ad esempio notizie e informazioni di vario genere, specialmente nelle gamme delle onde corte.

Molto utili a questo proposito sono le antenne a ferrite di cui sono dotati oggi quasi tutti i ricevitori a transistori di tipo portatile o semiportatile. Si tratta infatti di un tipo di antenna che presenta delle buone doti di direttività e che quindi si presta alla riduzione delle interferenze da parte delle stazioni che irradiano da direzioni sensibilmente differenti rispetto a quella della stazione che si desidera ricevere.

In questi ultimi tempi, specialmente all'estero, hanno fatto la loro ricomparsa le cosiddette antenne a telaio, note anche con il nome di antenne a quadro, che avevano avuto notevole sviluppo negli anni venti e trenta e che sono normalmente impiegate nei servizi radiogoniometrici in virtù delle loro elevate caratteristiche di direttività.

TECNICA AVVENIRISTICA: LO SPREAD SPECTRUM

Molti pensano, ma forse non lo credono, che le guerre siano utili perché accelerano i tempi delle conquiste scientifiche. Da parte nostra ci auguriamo che non scoppi una guerra nucleare la quale, molto probabilmente obbligherebbe le future generazioni a partire nuovamente dal livello zero. Comunque stiano le cose è certo che non pochi sono i laboratori, sparsi in tutto il mondo, che, anziché studiare il modo di eliminare la fame nelle molte località in cui esiste tuttora, o l'inflazione che stringe nella sua morsa buona parte dell'umanità, si dedicano alla realizzazione od al perfezionamento di apparecchiature destinate ad eventuali eventi bellici. Il settore delle radiocomunicazioni premeggia in questo campo di ricerca.

Il continuo aumentare del numero delle emittenti in tutto il mondo, la necessità di proteggere le telecomunicazioni dai radiodisturbi,

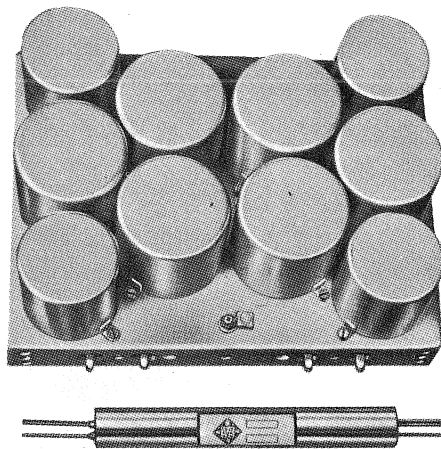


Fig. 4 - Filtro meccanico per applicazione in media frequenza confrontare con un filtro a cristallo (in alto) avente le stesse caratteristiche.

che vanno dalle interferenze non intenzionali a quelle intenzionali, note con il nome inglese di «jamming» ed ai disturbi industriali e atmosferici, hanno spinto i tecnici di alcuni laboratori militari a studiare dei particolari sistemi che consentono di eliminare qualsiasi genere di disturbo.

I risultati non si sono fatti attendere e già da tempo sono entrati in funzione dei dispositivi ai quali è stato dato il nome di **ESPANSORI DI SPETTRO**, dall'inglese **SPREAD SPECTRUM**, che certamente, nel tempo, troveranno largo spazio anche presso i servizi commerciali.

I sistemi del genere attualmente in funzione sono una decina, noi parleremo di quello che è maggiormente impiegato e che consiste nel modulare, in trasmissione, il segnale di alta frequenza tramite una particolare funzione che viene detta di **espansione** o **spreading**, che nel caso di emissioni militari è mantenuta segreta, avente il compito di provocare la dispersione statistica del segnale su una gamma piuttosto ampia.

Lo spettro del segnale complessivo, dovuto alla somma dei due segnali che si trasmettono, cioè quello dell'informazione e quello di espansione, assumono in linea di massima la forma che è indicata in figura 5.

In ricezione la rivelazione si effettua mediante un processo inver-

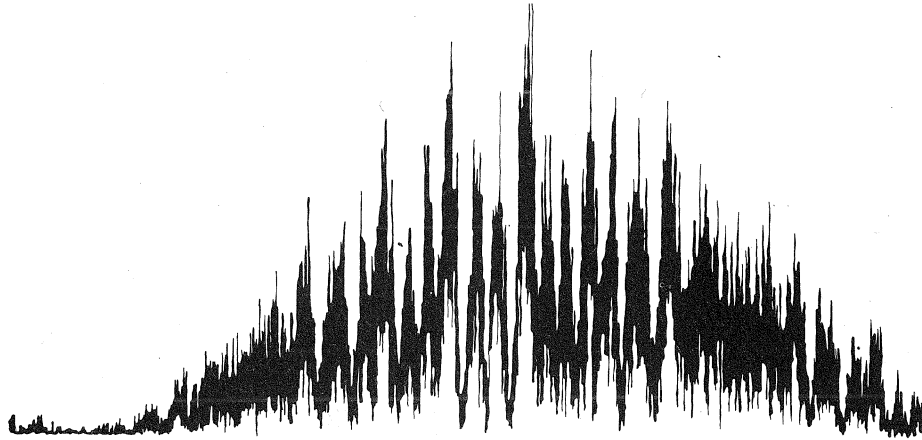


Fig. 5 - Spettro complessivo di un segnale di informazione più un segnale di spreading, in un sistema di eliminazione delle interferenze ad espansione di spettro (Spread Spectrum). E' possibile l'eliminazione delle interferenze non intenzionali, dei jamming e dei radiorumori.

so di correlazione fra il segnale ad alta frequenza in arrivo e la funzione di espansione, che in questo caso viene generata nel ricevitore con le stesse caratteristiche che aveva in trasmissione, in perfetto sincronismo con il trasmettitore.

Si ottiene cioè qualcosa che è paragonabile al battimento fra due frequenze, di cui abbiamo parlato

nel paragrafo precedente, riportato però su uno spettro molto più ampio. Infatti in ricezione qualsiasi segnale estraneo alla informazione viene fatto battere con la funzione di espansione (spreading) dimodoché viene sparpagliato sulla intera gamma di espansione mentre, al contrario, l'informazione è concentrata in una banda molto più

stretta senza che subisca alcuna deformazione.

Si tratta dunque di un metodo di eliminazione delle interferenze che è adatto per qualsiasi tipo di disturbo e che è valido soltanto se il trasmettitore ed il ricevitore sono in grado di generare un'identica funzione di espansione con la stessa sequenza di sincronismo.

Il sistema di cui sopra, noto con la sigla di triste memoria SS, è attualmente impiegato nelle apparecchiature militari ma certamente è destinato a diffondersi anche presso altri servizi nel settore delle telecomunicazioni. Esso, del resto, permette l'uso di più funzioni sovrapposte sulla stessa banda di frequenza, consentendo la suddivisione in canali del sistema. Si realizza in questo caso il sistema noto con le sigle **SSMA** che significano **Espansione di Spettro ad Accesso Multiplo**, dall'inglese **Spread Spectrum Multiple Access**, cioè di quei sistemi mediante i quali è possibile risolvere, almeno in parte, il problema della intensa occupazione delle gamme.

INTERFERENZE E RADIODISTURBI: interferenze di natura intrinseca del ricevitore

seconda parte di Piero SOATI

Nel numero scorso abbiamo parlato delle interferenze dovute a cause esterne al ricevitore, accennando ai sistemi attualmente in uso per attenuarne le conseguenze e intrattenendoci, a proposito, sul nuovo sistema rivoluzionario noto con il nome di Spread Spectrum, cioè espansore di spettro, certamente destinato ad estendersi dai servizi militari a quelli commerciali.

In questo articolo discuteremo invece delle interferenze immaginarie, cioè non reali, da attribuire ai circuiti dei moderni ricevitori del tipo supereterodina.

INTERFERENZE IMMAGINARIE

Nei ricevitori del tipo supereterodina la presenza di un circuito oscillante locale, il cui compito è provocare il battimento con la frequenza sulla quale è sintonizzato il ricevitore stesso, allo scopo di ottenere il cambiamento di frequenza su di una frequenza fissa detta frequenza intermedia, e sovente media frequenza, può dare origine a fenomeni locali d'interferenza. Si tratta pertanto di interferenze di natura intrinseca del ricevitore e che nulla hanno a che vedere con le interferenze reali di cui parlammo nell'articolo precedente.

I casi più comuni che si possono constatare nei circuiti supereterodina, specialmente in quelli ad un unico cambiamento di frequenza, sono i seguenti:

- 1°) interferenza per frequenza d'immagine
- 2°) interferenza per armonica dell'oscillatore
- 3°) interferenza per armonica di media frequenza.

Si tratta di fenomeni di grande importanza, specialmente il primo, che il tecnico deve essere in grado di individuare a prima vista.

INTERFERENZA PER IMMAGINE

La frequenza immagine, in un ricevitore a cambiamento di frequenza, è quella frequenza simmetrica alla frequenza portante, sulla quale è sintonizzato il ricevitore, rispetto a quella dell'oscillatore locale che

pertanto differisce dalla frequenza portante stessa di un valore pari al doppio della frequenza intermedia.

Come abbiamo detto, in un circuito supereterodina esiste l'oscillatore locale, la cui frequenza deve differire costantemente dalla frequenza della stazione che si desidera ricevere del valore corrispondente alla frequenza intermedia, secondo la seguente relazione:

$$(1) \quad F_o \pm F_m = F_s$$

in cui F_o è uguale alla frequenza dell'oscillatore, F_m alla frequenza intermedia e F_s alla frequenza su cui è sintonizzato il ricevitore.

Poiché la frequenza dell'oscillatore è quasi sempre scelta di valore superiore, la suddetta relazione può essere semplificata nella seguente:

$$(2) \quad F_o - F_m = F_s$$

Nei ricevitori a cambiamento di frequenza, nei quali il valore della frequenza intermedia non è troppo elevato, oltre alla stazione desiderata F_s , che, come si è detto per la (1) corrispondente a $F_o - F_m$, può essere anche ricevuta una stazione indesiderata F_i , che trasmetta su una frequenza simmetrica, rispetto a F_o , superiore del valore F_m . Avremo dunque che:

$$F_i = F_o - F_m$$

mentre

$$(3) \quad F_s = F_o + F_m$$

Ciò in pratica significa che la frequenza della stazione F_i corrisponde al valore della frequenza della stazione F_s più il doppio del valore della media frequenza:

$$(4) \quad F_i = F_s + 2 F_m$$

La stazione F_i è nota con il nome di stazione immagine e perciò la sua frequenza è detta frequenza immagine. La ricezione di una frequenza immagine è resa possibile dal fatto che i circuiti di alta frequenza di un ricevitore, pur essendo del tipo accordato, non sono eccessivamente selettivi e di conseguenza lasciano passare una gamma di frequenze piuttosto ampia.

Per rendere maggiormente comprensibile il meccanismo secondo cui ha luogo

il fenomeno della interferenza d'immagine ci spiegheremo con un esempio. Ammettiamo di aver sintonizzato un ricevitore sulla frequenza della stazione di Milano, cioè di 899 kHz. Se il ricevitore lavora con una frequenza intermedia di 470 kHz l'oscillatore locale, per la (2), genererà la frequenza di 1369 kHz (infatti $899 + 470 = 1369$).

Siccome la curva di risposta degli stadi ad alta frequenza di un normale ricevitore radiofonico è piuttosto piatta, contemporaneamente alla frequenza F_s di 899 kHz potrà essere ricevuta anche un'altra frequenza F_i , che per la (3) sarà uguale a $F_o + F_m$ e cioè $1369 + 470 = 1839$ kHz (infatti per la (4), $899 + 2 \times 470 = 1839$).

In questo caso mentre la frequenza di 899 kHz rappresenta la frequenza reale su cui è sintonizzato il ricevitore la frequenza di 1839 kHz è una frequenza immagine

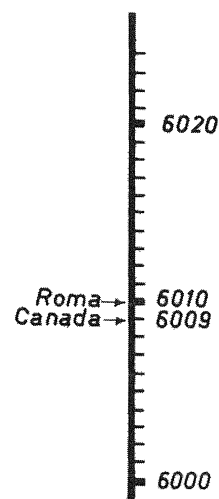


Fig 1 - Esempio di interferenza reale. La stazione di Roma trasmette sulla frequenza di 6010 kHz, quella del Canada su 6009 kHz. Si avrà pertanto una nota di battimento di 1000 Hz che non varia in frequenza per piccoli spostamenti di sintonia.

F_s kHz	F kHz	F_o kHz (spostamenti della sintonia)	F_m kHz	F_{m1} kHz	D ($F_m - F_{m1}$ oppure $F_{m1} - F_m$) kHz
899	1839	1371 (+2)	472	468	4
		1370,5 (+1,5)	471,5	468,5	3
		1370 (+1)	471	469	2
		1369,5 (+0,5)	470,5	469,5	1
		1369 (0)	470	470	0
		1368,5 (-0,5)	469,5	470,5	1
		1369 (-1)	469	471	2
		1367,5 (-1,5)	468,5	471,5	3
		1367 (-2)	468	472	4

la cui ricezione è possibile per deficienze circuitali del ricevitore.

Questo genere di interferenza è facilmente individuabile perché a differenza di quanto avviene per le interferenze reali essa ha la caratteristica di variare di frequenza, come battimento, oltre che d'intensità, qualora si effettuino dei piccoli spostamenti di sintonia.

E' questo un fatto di cui ci si può rendere immediatamente conto pensando che quando si esegue uno spostamento dell'oscillatore F_o in un dato senso, più o meno non ha importanza, i valori risultanti dei due segnali a frequenza intermedia relativi cioè alla stazione F_s e alla stazione immagine F_i varieranno ovviamente in senso opposto essendo simme-

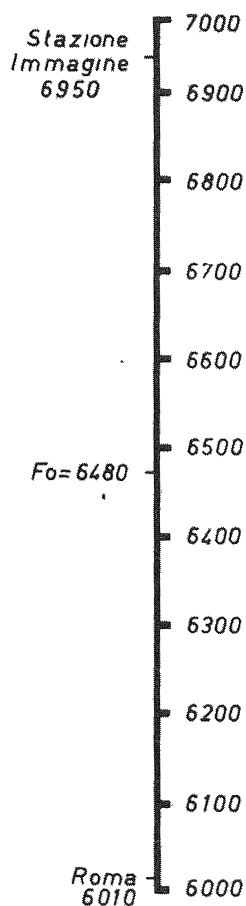


Fig. 2 - Un ricevitore con frequenza intermedia di 470 kHz, sintonizzato sulla stazione di Roma 6010 kHz, può essere interferito da una stazione immagine che trasmetta su 6950 kHz (± 5 kHz circa).

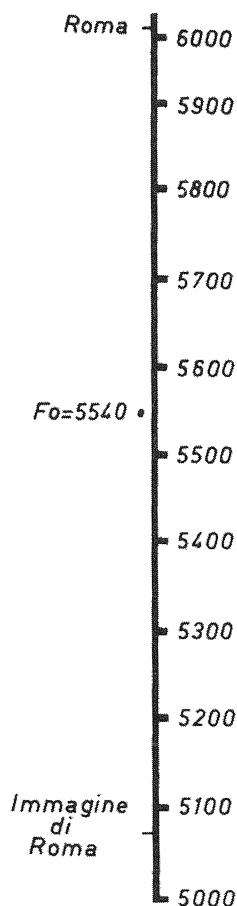


Fig. 3 - A sua volta la stazione di Roma 6010 kHz può interferire, nello stesso ricevitore, come interferenza di immagine la stazione che trasmette su 5070 kHz (± 5 kHz).

trici, rispetto all'oscillatore, fra loro.

Il fenomeno in questione è reso maggiormente comprensibile dalla tabella che riportiamo a lato.

Nella stessa tutte le frequenze sono indicate in chiloherzt (kHz); F_s si riferisce alla frequenza della stazione ricevuta, F_i alla frequenza della stazione immagine, F_m al valore risultante della frequenza intermedia, corrispondente a $F_o - F_s$, e F_{m1} al valore della frequenza intermedia risultante da $F_i - F_o$.

Nella parte superiore al valore di $F_o = 1369$ kHz sono riportati gli aumenti di frequenza in chiloherzt dell'oscillatore e nella parte inferiore le diminuzioni.

Dalla tabella risulta evidente che se facciamo degli spostamenti progressivi della frequenza dell'oscillatore di circa due kHz in più o meno otterremo come risultato una nota variabile fra 0 e 4 kHz che rappresentano la nota di battimento, cioè di interferenza, tra le due frequenze intermedie: quella fra l'oscillatore locale e la stazione F_s e l'altra fra l'oscillatore locale e la frequenza immagine F_i .

Possiamo dunque concludere affermando che una nota, o fischio di interferenza, che vari in frequenza, oltre che di intensità, con il variare della sintonia potrà essere prognosticata dal tecnico, senza timore di errare, come dovuto alla costituzione circuitale del ricevitore e non a cause esterne.

Ovviamente allo stesso risultato della tabellina si arriverebbe pure se la stazione immagine avesse una frequenza leggermente differente da quella indicata cioè, ad esempio, 1840, 1841 kHz oppure 1838 e 1837 kHz. Rifacendo la tabella su tali valori si arriverebbe alla stessa conclusione.

Un battimento nullo fra la stazione ricevuta e la stazione immagine è molto raro che si verifichi poiché è sufficiente un piccolo errore nella sintonia per dare luogo al fischio d'interferenza; d'altra parte, ammesso che si proceda all'azzeramento del battimento, lo stesso comparirebbe dopo brevissimo tempo a causa dell'instabilità dell'oscillatore locale.

Del resto anche nelle condizioni di battimento nullo, sarebbe sempre possibile udire l'interferenza fra le due modulazioni

PROVVEDIMENTI PER ELIMINARE L'INTERFERENZA PER IMMAGINE

Per eliminare il fenomeno dell'interferenza d'immagine ci si è orientati verso l'adozione di frequenze intermedie piuttosto elevate agendo in modo che un eventuale segnale immagine cada al di fuori della gamma su cui sono accordati gli stadi di alta frequenza

Nei ricevitori ad onde corte, ove il fenomeno ovviamente è più facile a verificarsi, si adottano delle frequenze intermedie molto elevate magari dell'ordine dei 1600 kHz, e più, ragione per cui la frequenza di immagine cade sempre fuori delle gamme di lavoro del ricevitore. In questo caso si procede in genere a due o più cambiamenti di frequenza di modo che si hanno i ricevitori a doppia o tripla conversione di frequenza.

Il rapporto fra l'ampiezza del segnale d'immagine e l'ampiezza del segnale desiderato, che deve essere misurato dopo il circuito rivelatore di media frequenza, e detto rapporto d'immagine

Questo rapporto definisce le caratteristiche di selettività di un circuito supereterodina e migliora, decrescendo, con l' aumentare del grado di selettività dei circuiti di entrata e con l' aumentare del fattore di merito dei circuiti di accordo di alta frequenza.

MISURA DELLA SELETTIVITA' ALLA FREQUENZA IMMAGINE

Per misurare il grado di selettività di un ricevitore nei confronti di una eventuale frequenza immagine si deve collegare il ricevitore ad un generatore di segnali e ad un misuratore di uscita, come indicato in figura 4. Nel caso si tratti di un ricevitore multigamma le misure dovranno essere effettuate su tutte le gamme d'onda disponibili.

La sintonia sarà portata successivamente su differenti frequenze di accordo di una stessa gamma, preferibilmente nelle posizioni corrispondenti agli estremi superiore ed inferiore ed al centro gamma, specialmente se si tratta di ricevitori per onde corte.

Qualora il ricevitore sia dotato di un selettore della selettività, è consigliabile scegliere la posizione di selettività massima allo scopo di ridurre al minimo il rumore di fondo; per lo stesso motivo è consigliabile portare nella posizione di bassa tonalità l'eventuale controllo di tono.

Il regolatore di volume dovrebbe essere ruotato nella posizione di massima uscita ma se ciò dà luogo ad eccessivo rumore di fondo si può regolarlo per una posizione intermedia.

Per eseguire le prove si porteranno successivamente tanto il generatore dei segnali quanto il ricevitore sulla stessa frequenza F_s . Il generatore dei segnali sarà modulato, come al solito, al 30% con modulazione 400 Hz.

L'uscita del generatore sarà regolata in modo da ottenere al misuratore di uscita il valore di tensione corrispondente al valore di potenza standard, od anche qualsiasi altro valore. Eseguita questa operazione si prenderà nota della tensione di uscita V_o che si legge sullo strumento del generatore di segnali.

Si porterà quindi il generatore di segnali sulla frequenza corrispondente alla frequenza immagine (come abbiamo detto generalmente $F_s + 2F_m$) aumentando la tensione di uscita in modo da leggere sullo strumento del misuratore di uscita lo stesso valore corrispondente alla lettura precedente. Anche in questo caso si prenderà nota della tensione di uscita che si legge sullo strumento del generatore di uscita e che in questo caso chiameremo $V_{u,imm}$.

Viene chiamata attenuazione d'immagine l'espressione in decibel del rapporto $V_{u,imm}/V_o$.

Questa attenuazione rappresenta il livello in decibel della tensione del segnale d'immagine rispetto alla tensione del segnale desiderato.

I risultati della misura possono essere raccolti in un diagramma sulle cui ascisse sono riportate, in scala logaritmica, le frequenze e sulle ordinate le attenuazioni immagini espresse in decibel, oppure possono essere riportate su una tabella come dal seguente esempio:

Gamma	Frequenza		Attenuazione dB	Osservazioni Segnale di accordo V_o
	stazione MHz	immagine MHz		
Onde medie	1,6	2,5	36	$V_o = 20 \mu V$
Onde corte	5,7	6,6	20	$V_o = 50 \mu V$
	8,0	8,9	16	$V_o = 50 \mu V$
	11,0	11,9	12	$V_o = 50 \mu V$
	15,0	15,9	8	$V_o = 50 \mu V$

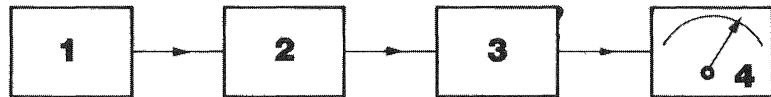


Fig. 4 - Disposizione circuitale, secondo le norme CEI, per il controllo del rapporto d'immagine di un ricevitore. 1 = generatore di segnali modulato al 30%, 400 Hz, 2 = antenna fittizia, 3 = ricevitore in prova, 4 = misuratore di uscita.

INTERFERENZE DOVUTE ALLA 2ª ARMONICA DELL'OSCILLATORE

Un tipo di interferenza simile a quella illustrata nel paragrafo precedente può essere causata da una stazione interferente la cui frequenza differisca da quella della stazione su cui è sintonizzato il ricevitore della seconda armonica della frequenza dell'oscillatore. Dalla seguente tabella si possono rilevare i dati relativi ad interferenze del genere su ricevitori ad onda media aventi medie frequenze di 175 kHz e 470 kHz.

Nei ricevitori moderni (almeno per quanto concerne i ricevitori ad onde medie e lunghe) questo genere di interferenza ha poca importanza perché la frequenza perturbatrice (2ª arm. F_o), cade fuori dalla gamma su cui sono accordati, seppure in maniera molto piatta, i circuiti di alta frequenza in relazione ai valori della frequenza intermedia che ormai non sono inferiori ai 470 kHz.

RICERCA DEL VALORE DELLA FREQUENZA INTERMEDIA

Non è raro il caso, specialmente quando capitano sotto mano apparecchi del surplus o ricevitori radiofonici di provenienza estera, che manchino i dati relativi al valore della frequenza intermedia che sono di estrema importanza nel caso si debba procedere alla ritaratura dell'apparecchio. In tale evenienza l'uso del generatore di segnali ci permette di trovare rapidamente il valore desiderato seguendo due metodi distinti.

Se si è in grado di accedere direttamente al circuito dell'apparecchio in esame si collegherà innanzi tutto il misuratore di uscita all'uscita dello stadio finale, magari in parallelo all'altoparlante, quindi si inserirà il generatore di segnali all'uscita dello stadio mescolatore-convertitore, sia esso a valvola o a transistori, accoppiandolo preferibilmente tramite un condensatore da 1000 o 2000 pF.

Portando il generatore di segnali sui va-

F_s kHz	F_m kHz	2ª arm. F_o $2(F_s + F_m)$ kHz	Freq. interferente F_i $(2F_o - F_m)$ e $(2F_o - 2F_m) - F_m$ kHz
550	175	1450	1275
700	175	1750	1575
1450	175	3250	3075
550	470	2040	1570
1450	470	3840	3370
150	470	1240	770 1710
400	470	1740	1270 2220

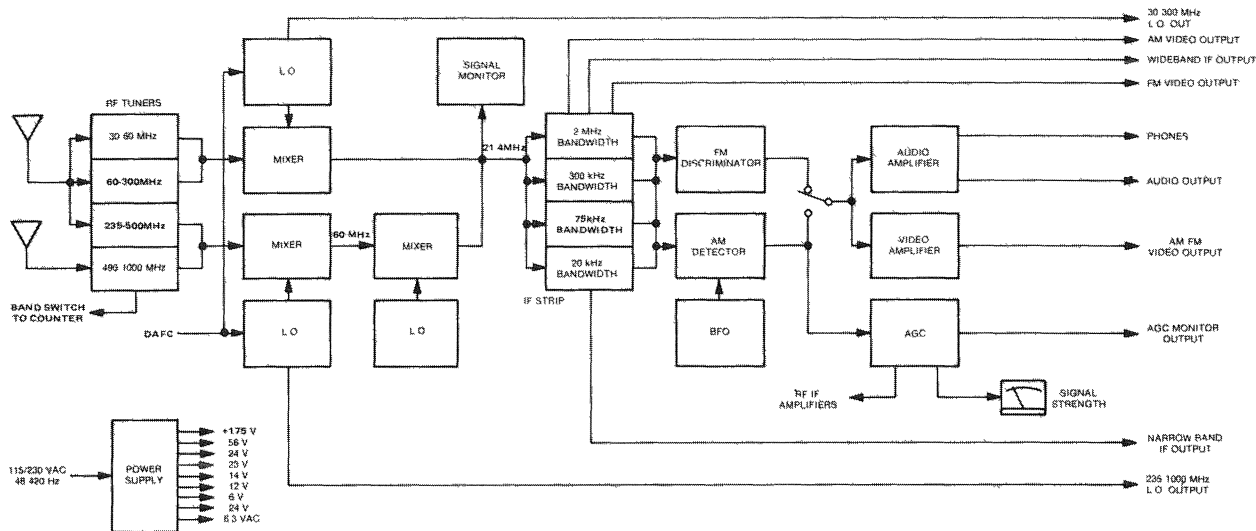


Fig 6 - Schema a blocchi del ricevitore di cui alla figura 5. Per le gamme 30 ÷ 60 MHz e 60 ÷ 300 MHz è previsto il cambiamento di frequenza 21,4 MHz per le due gamme 235 ÷ 500 MHz e 490 ÷ 1000 MHz il doppio cambiamento su 60 MHz e 21,4 MHz. DAFC = Controllo Automatico Frequenza Digitale.

ori che sono comuni alle frequenze intermedie, a seconda del tipo di apparecchio in prova, (radiofonico, per onde corte, VHF etc.) si troverà certamente una posizione in cui l'indice dello strumento tenderà a portarsi bruscamente verso il fondo scala. In questo caso si agirà sul controllo di volume del ricevitore in modo che l'indice si porti verso il centro scala ritoccando contemporaneamente la sintonia del generatore in maniera tale da essere certi di avere ottenuto la massima uscita. La frequenza che si leggerà sulla manopola di sintonia del generatore corrisponderà al valore della frequenza intermedia. Se questa lettura fosse troppo alta ad esempio 900 kHz, (ma anche se non fosse tale), per eliminare il dubbio che si tratti di un'armonica è bene portare il generatore su 450 kHz ed anche su 300 kHz e 225 kHz. Se in una di queste frequenze si ottenessero delle deviazioni maggiori ciò significa che il primo valore trovato è un'armonica e precisamente la quarta per un valore di FI di 225 kHz, la terza per un valore di 300 kHz, e la seconda per un valore di 450 kHz. A questo proposito è bene tenere presente che in molti apparecchi del surplus si trovano dei valori di frequenza intermedia fuori delle comuni frequenze usate nei ricevitori radiofonici.

Qualora si tratti di controllare un circuito supereterodina a triplo o doppio cambiamento di frequenza si procederà prima ad individuare il valore della prima media frequenza inserendo il generatore all'uscita del primo stadio mixer, poi quello della seconda ed eventualmente quello della terza.

Insistiamo nel dire che in questo generatore di controllo occorre essere certi di non avere scambiato il valore di un'armonica per quello dell'onda fondamentale, la qualcosa è facilmente verificabile dividendo il valore trovato per due, per tre ed anche per quattro e portando il generatore sui valori delle frequenze corrispondenti a queste divisioni.

Non volendo agire all'interno del ricevitore si può risalire al valore della frequenza intermedia, specialmente per quanto concerne i ricevitori ad unico cambia-

mento di frequenza, sfruttando il fenomeno della interferenza d'immagine.

Ammettiamo, ad esempio, di essere in possesso di un ricevitore radiofonico di cui si ignori il valore della FI. Si sintonizzerà in primo luogo il ricevitore nella parte più bassa della gamma, ammettiamo 500 kHz dopo di che si inserirà in antenna il generatore di segnali sintonizzandolo sullo stesso valore di frequenza. Ammettendo ovviamente che il generatore sia più preciso del ricevitore si procederà a sintonizzare perfettamente quest'ultimo su tale frequenza in modo da ottenere una certa tensione di uscita, (con un po' di esperienza l'operazione può essere anche fatta ad orecchio).

Effettuate le suddette operazioni si sposterà la sintonia del generatore, molto lentamente, verso le frequenze più alte fino ad arrivare ad un altro punto in cui l'indice del misuratore di uscita subirà un'altra brusca deviazione, però inferiore alla precedente. Se lo spostamento è stato fatto molto lentamente cioè senza il timore di aver saltato qualche altro punto di massimo, la posizione trovata si riferisce alla frequenza immagine della frequenza di 500 kHz.

Se ammettiamo che in quel punto il generatore di segnali segni 1440 kHz avremo che:

$$F_m = \frac{F_1 - F_s}{2}$$

cioè la metà della differenza fra le due frequenze, quella immagine e quella reale, corrisponde al valore della frequenza intermedia in questo caso:

$$\frac{1440 - 500}{2} = 470 \text{ kHz}$$

INTERMODULAZIONE

Un fenomeno poco noto a molti tecnici ed ai dilettanti è quello della intermodulazione che si verifica nelle radiocomunicazioni e che purtroppo è comune a molte delle cosiddette emittenti libere ed alle emissioni dei CB che senza rendersene conto creano gravi disturbi ad altri servizi di primaria importanza. L'intermodula-

zione consiste nella produzione di frequenze spurie, a causa della rispondenza non lineare di un elemento del circuito, frequenze che sono corrispondenti alle somme ed alle differenze delle fondamentali e delle armoniche di 2 ed anche più frequenze. Nel campo delle radiocomunicazioni sovente tali onde spurie sono note anche con il nome di onde di combinazioni ed ovviamente esse non sono dovute a natura intrinseca del ricevitore ma a cause esterne.

Le principali combinazioni che si possono avere sono le seguenti:

prodotti di primo ordine: $F_1 \pm F_2$

prodotti di secondo ordine: $F_1 \pm F_2$;

$2F_1 \pm F_2$

prodotti di terzo ordine: $2F_1 \pm 2F_2$;

$3F_1 \pm F_2$

Prendiamo ad esempio due stazioni che trasmettono a breve distanza l'una dall'altra nella gamma di radiodiffusione rispettivamente sulle frequenze di 9500 kHz e 9700 kHz. Se ambedue irradiano oltre alla fondamentale le seconde armoniche si avranno altresì delle emissioni spurie od onde di combinazione che risulteranno spostate nel seguente modo:

stazione a 9500 kHz: 2° armonica 19000 kHz

per cui 19000 — 9700 = 9300 kHz

stazione a 9700 kHz: 2° armonica 19400 kHz

per cui 19400 — 9500 = 9900 kHz

Oltre alle frequenze fondamentali si udranno, dunque su 9300 kHz e 9900 kHz; cioè disposte simmetricamente a meno 200 kHz della 9500 ed a più 200 kHz della 9700 kHz. Naturalmente si potranno avere anche combinazioni di terzo ordine.

Ciò ovviamente si può verificare anche su altre gamme. Ad esempio due stazioni FM che irradiano, vicine fra loro sulle frequenze di 96 MHz e 106 MHz, con le 2 armoniche possono dar luogo alle seguenti onde di combinazione:

stazione 96 MHz: 2° armonica 192 MHz,

per cui 192 — 206 = 96 MHz

stazione 106 MHz: 2° armonica 212 MHz,

per cui 212 — 96 = 116 MHz

possono dunque irradiare delle onde di combinazione su 96 MHz e 116 MHz interferendo altri servizi come ad esempio, nel caso di 116 MHz quello aereo.