



Sul tema del terzo programma e, quindi, delle modulazioni di frequenza e degli apparecchi ricevitori molto è stato scritto, dubbi ed errori circolano nel pubblico. Abbiamo ritenuto opportuno pregare un tecnico valoroso della RAI, l'ing. Renzo Manganelli, di esporre tutto il problema. A lui la parola.

dell'ing. Renzo Manganelli

Il recente inizio da parte della RAI della trasmissione di un nuovo programma per mezzo di una rete di trasmettitori operanti nel campo delle onde ultracorte ed impieganti il sistema di modulazione detto « di frequenza » ha suscitato in un gran numero di persone il desiderio di conoscere in cosa consista questo nuovo sistema e quali vantaggi offra.

E' necessario premettere che il sistema non è nuovo: esso fu inventato una ventina di anni or sono da un americano, il maggiore Edwin H. Armstrong (uno dei più fecondi e geniali inventori nel campo della radio, essendo stato l'ideatore, tra l'altro, anche della supereterodina e della superregenerazione).

L'applicazione pratica nel campo radiofonico di questo sistema è invece abbastanza recente: da qualche anno infatti esso ha preso uno sviluppo rapidamente crescente negli Stati Uniti d'America (dove oltre 700 trasmettenti di questo tipo sono già in funzione) e poi, varcato l'Atlantico, in Germania ed in Italia.

La crescente popolarità del sistema non è dovuta ad una mania della novità, ad una specie di « moda » tecnica, ma si appoggia saldamente ai pregi che esso offre e che hanno permesso di risolvere uno dei più assillanti problemi della radiodiffusione moderna.

Fino dagli ormai lontani giorni in cui la radiodiffusione iniziò quel cammino che doveva rapidamente condurla ad assumere una parte così importante nella vita dell'uomo moderno, lo sforzo dei tecnici si è rivolto costantemente verso il miglioramento di due punti essenziali: la fedeltà di riproduzione dei suoni e l'eliminazione delle interferenze. Naturalmente, anche altri lati del problema non sono trascurati, ma le maggiori energie ed i più grandi

IL TERZO PROGRAMMA e la modulazione di frequenza

sforzi sono stati profusi per la soluzione dei due problemi suddetti.

Il primo di essi, ossia la fedeltà di riproduzione dei suoni, ha potuto essere risolto abbastanza soddisfacentemente mediante successivi perfezionamenti dei vari elementi della catena trasmissione-ricezione, raggiungendo oggi possibilità che pur non costituendo ancora la perfezione superano tuttavia le possibilità critiche dell'ascoltatore medio (il quale, e ci duole dirlo, è tuttora discretamente insensibile alle distorsioni ed alle altre imperfezioni della riproduzione sonora).

Il secondo problema, ossia quello dell'eliminazione delle interferenze e dei disturbi, non ha avuto soluzioni soddisfacenti fino all'avvento del sistema di modulazione « di frequenza ».

Uno dei difetti più evidenti del sistema di modulazione « di ampiezza » (che è quello esclusivamente usato finora per la radiodiffusione) consiste infatti nella sua ipersensibilità alle interferenze ed ai disturbi di vario genere, atmosferici od industriali.

E' un'esperienza ormai di tutti che la ricezione di una stazione che non sia la locale è un'impresa resa spesso estremamente ardua dalla contemporanea ricezione di segnali o fischi provocati da altre stazioni operanti su frequenze troppo prossime a quelle della stazione desiderata, e talvolta resa impossibile dai disturbi causati da temporali o da apparecchi elettrici.

La soluzione apparentemente migliore del problema consisteva finora nell'aumentare la potenza della stazioni trasmittenti in modo da « schiacciare » interferenze e disturbi.

Più che di una soluzione si trattava di un palliativo, in quanto da un lato è ovvio che se tutte le stazioni aumentavano di potenza (e così infatti facevano) le interferenze già esistenti tra stazione e stazione non cambiavano, anzi se ne creavano delle nuove in zone più lontane; d'altro lato la crescente industrializzazione dei centri urbani faceva sì che l'intensità dei disturbi crescesse di pari passo, e spesso ancor più rapidamente, dell'aumentar di potenza delle stazioni.

Il difetto è intrinseco al sistema di modulazione: si pensi infatti che, con la modulazione di ampiezza, per render cattiva la ricezione è sufficiente che il segnale interferente o il disturbo abbiano l'intensità pari ad un centesimo di quella del segnale che si desidera ricevere. Questa cifra è significativa. Col sistema a modulazione



In testata: Antenna trasmittente per M. F.
Sopra: Un apparecchio radio con adattatore.

di frequenza, invece, la ricezione è perfettamente possibile fino a che l'intensità del segnale interferente non supera la metà di quella del segnale desiderato.

Questo è il primo notevolissimo vantaggio che il nuovo sistema di modulazione offre nei confronti del vecchio. Col semplice passaggio da un sistema all'altro, il 99% delle interferenze e dei disturbi viene automaticamente eliminato.

Basterebbe questo a dimostrare che questo sistema è destinato ad avere in avvenire applicazioni sempre più vaste nel campo delle radiodiffusioni.

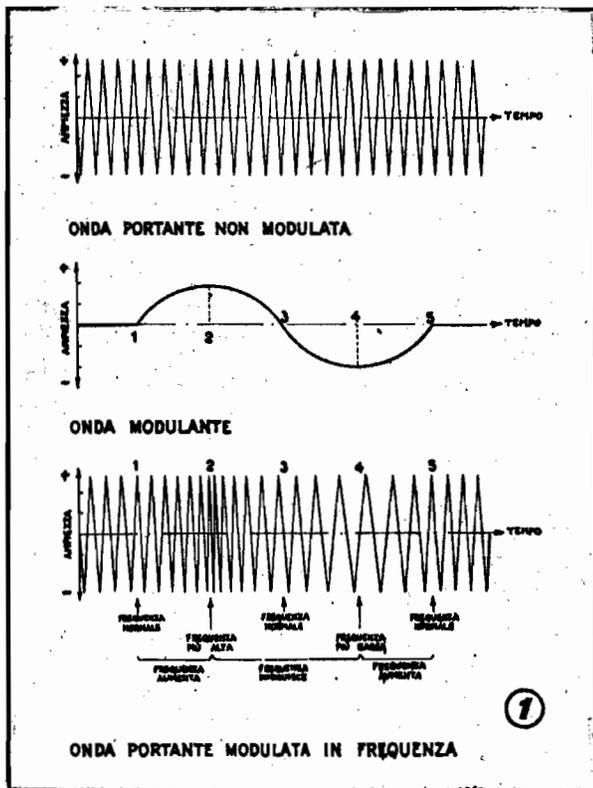
E' stato detto da taluno che la modulazione di frequenza può consentire una maggiore fedeltà di riproduzione sonora che non la modulazione di ampiezza. Dobbiamo onestamente riconoscere che ciò non è esatto. La fedeltà di riproduzione non è

una caratteristica intrinseca del sistema di modulazione usato, ma solo il risultato del buon progetto ed impiego dei vari elementi della catena, e da questo punto di vista i due sistemi hanno identiche possibilità potenziali di fornire una riproduzione fedele. La modulazione di frequenza gode del vantaggio di essere giunta più tardi sulla scena radiofonica e di dover quindi agire nel campo delle onde ultracorte dove i « canali » possono essere più larghi; in conseguenza è possibile trasmettere in modulazione di frequenza una gamma di frequenze acustiche più ampia di quel che non sia possibile con la modulazione di ampiezza, e ciò è un vantaggio di « posizione ».

L'aver confinato l'uso della modulazione di frequenza al campo delle onde ultracorte (esattamente da 88 a 100 Mc/sec.), offre un altro vantaggio.

Come si sa, infatti, le onde lunghe, medie e corte si propagano sia per raggi diretti che per raggi indiretti: questi ultimi sono raggi che ritornano sulla superficie terrestre dopo aver subito una riflessione negli strati ionizzati che si trovano nelle zone più elevate (circa 100 Km.) dell'atmosfera, e proprio questi raggi indiretti consentono le ricezioni a grande distanza. Le onde ultracorte, invece, a causa della breve lunghezza d'onda, non sono suscettibili di riflessione in quegli strati che in casi estremamente rari, e si propagano praticamente solo per raggi diretti ossia all'incirca come i raggi luminosi emessi da un faro. La portata utile di un trasmettitore, quindi, dipende principalmente dall'altezza della sua antenna sulla regione circostante: entro la zona utile la ricezione sarà costante sia di giorno che di notte, mentre non potrà aversi ricezione a grande distanza, e quindi interferenza tra stazioni lontane. Questo significa che più stazioni possono trasmettere sulla stessa frequenza senza disturbarsi, a condizione di poter essere poste geograficamente abbastanza lontane (qualche centinaio di Km.) tra loro.

Il problema radiofonico italiano consiste principalmente nel modesto numero di frequenze assegnateci dal famoso Piano di Copenaghen nel campo delle onde medie. Data la configurazione geografica ed oro-



grafica del Paese, che richiede un numero elevato di trasmettitori per ottenere un buon servizio, le possibilità offerte dal numero di onde messe a disposizione sono quasi interamente esaurite dagli attuali due programmi.

Volendo mettere in onda un ulteriore programma e consentirgli una diffusione su grande superficie, era indispensabile uscire dal campo delle onde medie ed inevitabile rivolgersi a quello delle onde ultracorte: era quindi logico applicare anche il nuovo sistema marciando col progresso!

Giunti a questo punto, cercheremo di spiegare il più semplicemente possibile in cosa consista questa famosa modulazione di frequenza.

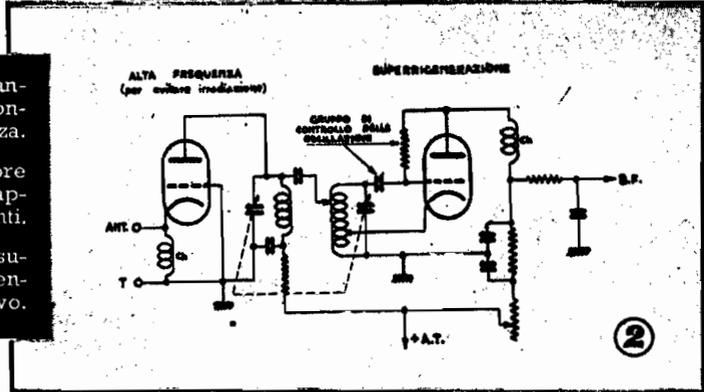
Sappiamo che con la parola « modulazione » si indica quell'operazione mediante la quale si introduce nell'onda portante il messaggio (parole, musica od altro) da trasmettere.

L'onda portante è un veicolo pronto a trasportare rapidamente fino agli estremi confini della sua zona utile ciò che noi desideriamo. Come ogni veicolo, perchè trasporti qualcosa bisogna che in qualche modo questo qualcosa noi glielo met-

① Aspetto di onda portante, onda modulante e onda modulata di frequenza.

② Schema di un adattatore da applicare ai normali apparecchi radio ricevuti.

③ Schema di ricevitore a supergenerazione altamente sensibile e selettivo.



tiamo sopra, ossia che la carichiamo. L'operazione per mezzo della quale si effettua il carico di questo nuovo tipo di veicolo si chiama *modulazione*.

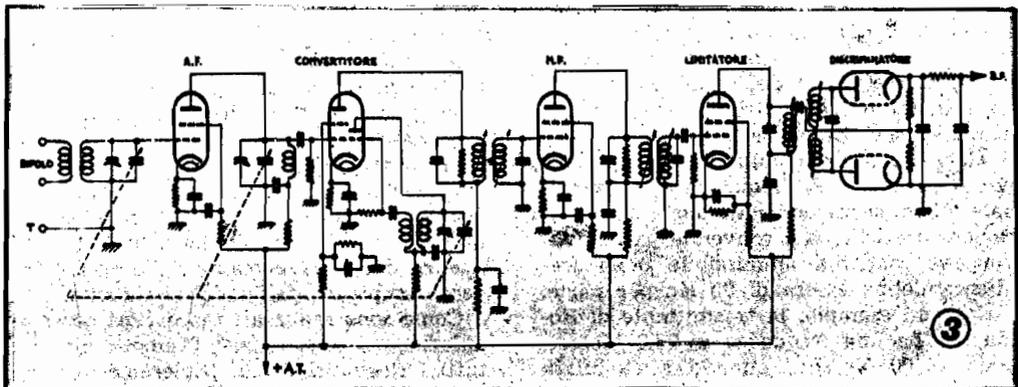
Sappiamo altresì che tutti i fenomeni sonori possono venir convertiti in onde elettriche della stessa frequenza (ossia aventi lo stesso numero di vibrazioni al secondo del suono originale) per mezzo dei microfoni. Le frequenze entro cui queste onde sono comprese vanno da 30 a 15.000 periodi al secondo, valori notevolmente più bassi di quelli assegnati alle onde portanti delle stazioni di radiodiffusione. Per mezzo di opportune amplificazioni possiamo far sì che le onde a frequenza acustica abbiano l'ampiezza che più ci aggrada.

In possesso di queste onde, si tratta ora di introdurle nell'onda portante della nostra trasmittente, ossia di modulare con esse quest'onda portante, che è a frequenza radio.

L'onda portante, che è un'onda elettromagnetica, possiede due elementi fondamentali che la definiscono completamente. Questi due elementi sono l'*ampiezza* delle

sue oscillazioni (che è in diretta relazione all'energia che essa contiene ossia alla potenza della trasmittente che la genera) e la *frequenza* ossia il numero di oscillazioni complete che essa compie in un secondo: questo numero, espresso in Kc/sec. (migliaia di periodi al secondo) o in Mc/sec. (milioni di periodi al secondo) costituisce l'indirizzo nell'etere della stazione e permette di ritrovarla a piacere, sempre in quel punto della scala del ricevitore.

L'operazione detta della modulazione si effettua facendo variare secondo la forma dell'onda modulante uno dei detti elementi fondamentali dell'onda portante mantenendo invariato l'altro. Se quindi vorremo modulare « di ampiezza » dovremo far variare l'ampiezza dell'onda portante tenendone costante la frequenza; se vorremo modulare « di frequenza » dovremo far variare la frequenza dell'onda portante tenendone costante l'ampiezza. Queste variazioni, dovendo avere un andamento ondulante, dovranno avvenire simmetricamente (in più e in meno) rispetto ad un valore normale: questo valore base corrisponderà nel primo caso all'ampiezza





Vista dell'insieme di un trasmettitore a modulazione di frequenza da 3 KW antenna.

dell'onda portante non modulata e nel secondo caso alla frequenza dell'onda portante non modulata.

Considerando la fig. 1 che ci mostra un'onda portante, l'onda modulante e l'aspetto dell'onda modulata in frequenza, vediamo che per effetto della modulazione le successive creste dell'onda, pur restando allineate lungo una retta (ampiezza costante) si infittiscono e si diradano lungo il ciclo dell'onda modulante. La variazione o *deviazione* di frequenza è proporzionale all'ampiezza dell'onda modulante. Per ragioni pratiche, si è convenuto che la deviazione massima ammissibile della frequenza debba essere di 75 Kc per parte.

Così, ad esempio, la trasmittente di Roma che ha una frequenza di 98,9 Mc/sec. ossia 98900 Kc/sec., quando è modulata

completamente sposta la sua frequenza fino a 98975 Kc/sec. da un lato e fino a 98825 Kc/sec. dall'altro.

Si vede che, nel campo di frequenze in giuoco, lo spostamento di 75 Kc è relativamente modesto: nel campo delle onde medie sarebbe invece inaccettabilmente grande.

Sappiamo infatti che nelle gamme di onde lunghe, medie e corte la larghezza del « canale » assegnato a ciascuna emittente è di 9 Kc (4,5 Kc per parte rispetto alla portante); nel campo delle onde ultracorte modulate in frequenza, per ragioni tecniche che qui non è il caso di esporre, si tiene la larghezza del canale un po' maggiore della deviazione completa, ed esattamente la si è stabilita in 100 Kc per parte rispetto alla portante, quindi in totale in 200 Kc.

Con questo valore la gamma assegnata alla modulazione di frequenza per la radiodiffusione, che va da 88 a 100 Mc/sec., contiene 60 canali ossia può contenere 60 stazioni. Siccome però, come si è detto, ogni canale può essere utilizzato da più stazioni che siano tra loro a distanza di qualche centinaio di chilometri, le possibilità sono molto ampie.

Le stazioni trasmittenti a modulazione di frequenza hanno in genere potenze relativamente modeste: la massima potenza (che raramente è giustificata) è di 10 KW, mentre normalmente da 1 a 3 KW sono più che sufficienti a dare in tutta l'area di servizio un segnale ottimo.

Le antenne trasmittenti sono abitualmente di tipo speciale ad elementi multipli, studiate allo scopo di ottenere la massima concentrazione nel piano orizzontale dell'energia trasmessa, evitando l'irradiazione verso l'alto che sarebbe inutile.

I ricevitori per la modulazione di frequenza devono necessariamente presentare apprezzabili differenze nei confronti degli abituali ricevitori per modulazione di ampiezza.

Anzitutto, infatti, il campo di onda è del tutto nuovo per la radiodiffusione. Frequenze così elevate esigono particolari accorgimenti nel progetto e nella realizzazione pratica dei ricevitori.

In secondo luogo l'organo rivelatore (o demodulatore) del ricevitore deve essere tale da trasformare le variazioni di frequenza dell'onda portante nelle corrispondenti ampiezze dell'onda modulante.

Come sono realizzati i ricevitori per modulazione di frequenza? Premettiamo che tutti i ricevitori di cui parleremo possono

(Continua a pag. 89)

Il terzo programma e la modulazione di frequenza

(Continua da pag. 12)

venir realizzati in due forme. La prima è quella dell'«adattatore», ossia di un ricevitore completo fino al rivelatore ma privo dell'amplificatore a frequenza acustica e dell'altoparlante e che deve pertanto funzionare in collegamento con un normale ricevitore, del quale sfrutta appunto quei due elementi. Questa forma (v. schema n. 2) offre il vantaggio di una relativa economia e di non necessitare la sostituzione del ricevitore. La seconda è quella del ricevitore completo a varie gamme d'onda, una delle quali sia quella delle onde ultracorte passando sulla quale si commutano anche i circuiti con altri adatti per la modulazione di frequenza. Questa forma offre in generale possibilità più complete, però è relativamente costosa.

La distinzione di cui sopra ha però carattere pratico, mentre a noi interessa di sapere su quali principi si basano i ricevitori per modulazione di frequenza.

Una prima e più vasta categoria di ricevitori comprende quelli a cambiamento di frequenza ossia a supereterodina. Il principio è del tutto analogo a quello su cui si basano i normali ricevitori radio: l'onda in arrivo viene mescolata con un'altra prodotta da un'oscillatore locale e la nuova frequenza di combinazione viene amplificata e demodulata. Vi sono però alcune differenze rispetto alle consuete supereterodine. Prima differenza, il valore della frequenza di combinazione o «media frequenza»: questo, che nei soliti ricevitori è intorno ai 450 Kc/s., nel nostro caso invece per vari motivi è sul 10 Mc/s.

Seconda differenza, il numero di valvole (o «stadi») che amplificano questa «media frequenza»: nei normali ricevitori è abitualmente di una, in quelli a modulazione di frequenza non meno di due.

L'ultimo stadio di amplificazione a media frequenza ha una funzione ed un nome

particolari: si chiama «limitatore» in quanto è studiato e realizzato col preciso intento di eliminare completamente ogni variazione di ampiezza dell'onda in arrivo. Il buon funzionamento del limitatore aiuta ad annullare definitivamente le interferenze ed i disturbi, già minimizzati dalle doti intrinseche del sistema.

Terza differenza, il rivelatore o demodulatore, che deve compiere la funzione inversa della modulazione, ossia estrarre dall'onda modulata l'onda modulante a frequenza musicale eliminando l'onda portante che ha ormai compiuta la sua missione. Questa funzione che nei normali ricevitori è svolta da una porzione di una delle valvole, in quelli a modulazione di frequenza esige una valvola particolare collegata con un circuito (discriminatore) dalla cui esatta messa a punto dipende quasi per intero la bontà di riproduzione del ricevitore.

Una seconda categoria di ricevitori comprende quelli a «superrigenerazione» (v. schema n. 3) nei quali l'auto-oscillazione di una valvola viene alternativamente creata e soppressa ottenendo elevatissime doti di sensibilità e selettività.

Questo tipo di circuito, che si presta in modo particolare per le onde ultracorte, consente di realizzare adattatori a due valvole, di piccole dimensioni e di caratteristiche più che discrete, assai economici. La loro realizzazione esige un'estrema accuratezza costruttiva e di progetto.

Una certa importanza nell'installazione ricevente acquista anche l'antenna, che date le frequenze in giuoco dovrà essere «accordata», ossia di lunghezza opportuna in rapporto alle lunghezze d'onda da ricevere. Nella maggior parte dei casi, nelle città sedi di trasmettitori a modulazione di frequenza, sarà sufficiente un semplice filo lungo m. 1,50 oppure 3. Man mano che ci si allontana dall'emittente si dovrà ricorrere ad antenne a «dipolo» che vicino ai limiti della zona utile di servizio sarà bene siano esterne e della maggior altezza possibile. ●

tipo litto

la busta

milano

via statuto n. 17

telef. 67.189

BUSTE PER CORRISPONDENZA
CON E SENZA FINESTRA, BUSTE
A SACCHETTO PER STAMPATI, E
DI OGNI TIPO, STAMPATE IN
TIPOGRAFIA E LITOGRAFIA