



**SERVIZIO
RADIO-TV**

LA MESSA A PUNTO DEI RICEVITORI A MODULAZIONE DI FREQUENZA

di P. Soati I parte

DEFINIZIONI E MISURE FONDAMENTALI

DEFINIZIONI DI CARATTERE GENERALE

Prima di iniziare a parlare delle prove inerenti gli apparecchi a modulazione di frequenza sarà senz'altro utile intrattenerci alquanto sulle definizioni di carattere generale che sono specifiche di questo genere di apparecchi. Delle altre, che sono comuni agli apparecchi a modulazione di ampiezza, abbiamo già parlato a suo tempo all'inizio di queste note.

SULLE MISURE DI LIVELLO E DI DISLIVELLO

Abbiamo potuto constatare come sovente sui termini « livello » e « dislivello » impiegati, nel nostro caso, per fare dei confronti di potenza, si faccia una certa confusione. Questi due termini servono ad indicare, in forma

logaritmica, quanto un dato valore di potenza P sia minore o maggiore di un altro valore P_1 e sono espressi numericamente, come vedremo oltre, dalle espressioni: $\log_{10} P/P_1$ oppure $10 \log_{10} P/P_1$.

Il primo termine è scelto quando sia impiegata una potenza di riferimento P_1 costante e di valore noto e che può essere sotto intesa senza pericolo di errori: ad esempio il livello di entrata riferito ad 1 mW. Il secondo termine, cioè di dislivello, è usato quando entrambe le potenze P e P_1 siano variabili, come ad esempio si verifica in caso di misure di dislivello fra il segnale di entrata ed il rumore di uscita, oppure quando la potenza di riferimento, pur essendo costante, non è sicuramente nota per essere ignorata. La unità di misura di una scala logaritmica

di potenza sulla base 10 come noto si chiama **bel**, di conseguenza il rapporto logaritmico in base 10 di due potenze P e P₁, cioè il **dislivello** fra dette due potenze, risulta:

$$B \text{ (cioè bel)} = \log_{10} P/P_1.$$

In pratica anziché il bel si usa la sua

decima parte e cioè il decibel (dB) e pertanto il dislivello in decibel fra le due potenze si esprime:

$$\text{dB} = 10 \log_{10} P/P_1$$

Nella seguente tabella riportiamo un esempio di unità di misura logaritmica fra i livelli ed i dislivelli:

TABELLA I

primo esempio	0	1	2	3	4	5	6	7	B
	0	10	20	30	40	50	60	70	dB
secondo esempio	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	B
	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	dB
scala logaritmica di potenza (ad esempio in mW)	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁰	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	

Nel caso in cui si faccia riferimento a dei livelli e dei dislivelli misurati su uno stesso valore di resistenza oltre alla potenza P dissipata, si può introdurre la tensione V misurata ai suoi terminali oppure la corrente I che circola nella resistenza stessa, in tal caso $10 \log P/P_1$ è uguale a $20 \log V/V_1$ ed anche a $20 \log I/I_1$.

Alla stessa stregua dovendo confrontare dei campi elettrici, ad esempio per stabilire il campo desiderato E che arriva ad una antenna ed un campo perturbatore E₁, il dislivello si può definire nel seguente modo: $20 \log E/E_1$.

E' bene tenere presente che ormai è entrato nelle abitudini di usare il decibel per definire un rapporto logaritmico in base dieci, fra delle tensioni e delle correnti che siano misurate a dei terminali differenti ed anche per indicare il guadagno in potenza o in tensione di un amplificatore. In questo caso, per non commettere delle imprecisioni è bene specificare il valore dell'impedenza, o delle impedenze, ai quali si riferiscono i valori misurati in decibel.

Fino a che l'abitudine non permetta di omettere il livello di riferimento è opportuno specificare fra parentesi, dopo il simbolo dell'unità di misura, l'abbreviazione, o il simbolo, dell'unità di riferimento per il livello. Detti simboli sono anche detti

« **simboli letterali associati al decibel** » e di essi diamo un esempio nella seguente tabella:

TABELLA II

Livello di	Unità di riferimento	Simbolo o abbreviazione
Potenza	1 mW	dB (mW)
Tensione	1 V 1 μV	dB (V) dB (μV)
Corrente	1 A	dB (A)
Campo elettrico	1 V/m 1 mV/m 1 μV/m	dB (V/m) dB (mV/m) dB (μV/m)

Per **frequenza istantanea (f)**, durante la modulazione di frequenza, s'intende, in ogni istante, il valore della frequenza dell'onda modulata. In assenza di modulazione essa coincide con la frequenza della portante (f₀). Nei ricevitori a modulazione di frequenza sovente si parla di **frequenza media (o mediana)** che non bisogna assolutamente confondere con la **frequenza intermedia** (detta anche media frequenza). Infatti la frequenza media corrisponde al valore medio della frequenza istantanea misurate entro un periodo della frequenza di modulazione.

(Una misura corretta della frequenza media può essere effettuata con un contatore che conti il numero dei cicli a radiofrequenza compiuti nella durata di almeno un ciclo della frequenza di modulazione. In pratica il conteggio è esteso ad un tempo considerevolmente più alto che va da un secondo a dieci secondi).

La **deviazione istantanea di frequenza** è la differenza tra la frequenza istantanea, durante la modulazione di frequenza, e la frequenza in assenza di modulazione, ossia la **frequenza portante**. Invece la **deviazione massima di frequenza**, detta anche **deviazione**, (f_d), è la differenza, in valore assoluto, fra la massima, o la minima, frequenza istantanea e la frequenza della portante, ammissibile in una determinata misura o durante una determinata emissione.

PROFONDITA' DI MODULAZIONE

Nella modulazione di frequenza, la profondità di modulazione, in presenza di modulazione sinusoidale, è il rapporto fra la

deviazione massima scelta e la deviazione massima normalizzata e normale.

La **deviazione massima normale** è il valore ammesso per la deviazione massima di frequenza che nel caso della radiodiffusione fra 87,5 e 104 MHz è di 75 kHz. **Per comodità dei tecnici pubblichiamo una tabella (tabella III) che sarà loro della massima utilità, essendo poco nota, relativa alla corrispondenza fra la deviazione in kHz e la percentuale di modulazione, dei trasmettitori FM.**

PREENFASI E DEENFASI (od anche PRE-EMPHASIS e DE-EMPHASIS)

Un argomento pure molto importante e sul quale non tutti hanno delle idee troppo chiare è quello relativo la deenfasi e la preenfasi, che assume particolare importanza nei circuiti a modulazione di frequenza.

La **preenfasi**, cioè la preaccentuazione, consiste nell'impiego di una apposita rete mediante la quale nel modulatore del trasmettitore vengono gradualmente amplificati i livelli della frequenza modulante **via via che essa sale verso le frequenze alte**. Naturalmente nel ricevitore si dovrà tenere conto di questa correzione al fine di ripristinare, come vedremo, lo spettro primitivo della modulazione.

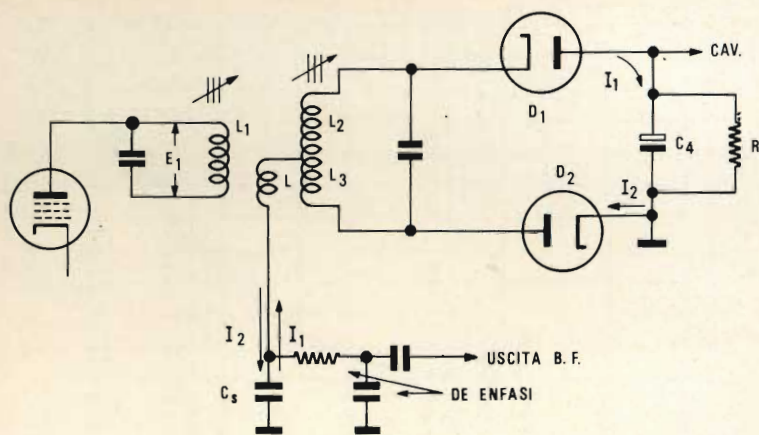
Nel caso delle stazioni radiofoniche a modulazione di frequenza, la caratteristica della preenfasi corrisponde a quella di un circuito avente una costante di tempo dell'ordine di 50 μ sec (in passato era di 75 μ sec) e costituito da un gruppo R.C. con alimentazione costante.

La **deenfasi**, cioè la deaccentuazione, consiste invece nell'impiego di una rete di correzione mediante la quale il ricevitore è messo in condizione di ridurre i livelli della frequenza modulante in arrivo, **via via che essa sale verso le frequenze più elevate mediante una caratteristica complementare** a quella usata nella preenfasi, in modo da restituire allo spettro della modulazione, dopo la rivelazione, gli stessi valori che lo spettro aveva prima di giungere al modulatore del trasmettitore, (figure 1 e 2).

TABELLA III

deviazione kHz	%	deviazione kHz	%	deviazione kHz	%
1	1,3	27	36	52	69
2	2,6	28	37,2	53	70,5
3	4	29	38,5	54	72
4	5,3	30	40	55	73,2
5	6,6	31	41,3	56	74,5
6	8	31,5	42	57	76
7	9,3	32	42,5	58	77
8	10,6	33	44	59	78,5
9	12	34	45,2	60	80
10	13,3	35	46,5	61	81,2
11	14,5	36	48	62	82,5
12	16	37	49,2	63	84
13	17,2	38	50,5	64	85,2
14	18,5	39	52	65	86,5
15	20	40	53,2	66	88
16	21,2	41	54,5	67	89
17	22,5	42	56	68	90,5
18	24	43	57,2	69	92
19	25,2	44	58,5	70	93,3
20	26,5	45	60	71	94,5
21	28	46	61	72	96
22	29,2	47	62,5	73	97,3
23	30,5	48	64	74	98,5
24	32	49	65,2	75	100
25	33,2	50	66,5	82,5	110
26	34,5	51	68	90	120

Fig. 1 - Tipico esempio di circuito rivelatore a rapporto con gruppo R-C per la deenfasi.



Nei ricevitori radiofonici la caratteristica di deenfasi corrisponde, anche in questo caso, un circuito avente la costante di tempo di $50 \mu\text{s}$. Un circuito del genere può essere costituito, ad esempio, da un condensatore in parallelo ad un resistore.

L'esaltazione delle frequenze alte di un trasmettitore, e la conseguente attenuazione nel ricevitore, è resa indispensabile per il fatto che eventuali segnali perturbatori sono particolarmente avvertibili verso l'estremo alto dello spettro udibile, cioè proprio in quella zona in cui i segnali utili sono invece piuttosto deboli.

Siccome la preenfasi esalta i segnali utili soltanto in trasmissione, mentre evidentemente non agisce sui segnali perturbatori che giungono al ricevitore da altre

fonti, mediante la deenfasi si ottiene al ricevitore l'attenuazione, al livello regolare, del segnale utile ma si ha altresì una attenuazione dei segnali perturbatori la qualcosa significa che questi ultimi risultano molto attenuati rispetto al segnale utile.

La figura 3 indica la curva caratteristica relativa alla pre-emphasis e alla de-emphasis di un gruppo R.C. avente la costante di tempo di $50 \mu\text{s}$.

FREQUENZE NORMALI DI PROVA

Le frequenze normali di prova sono quelle frequenze sulle quali vengono normalmente eseguite le misure e le tarature dei ricevitori a modulazione di frequenza.

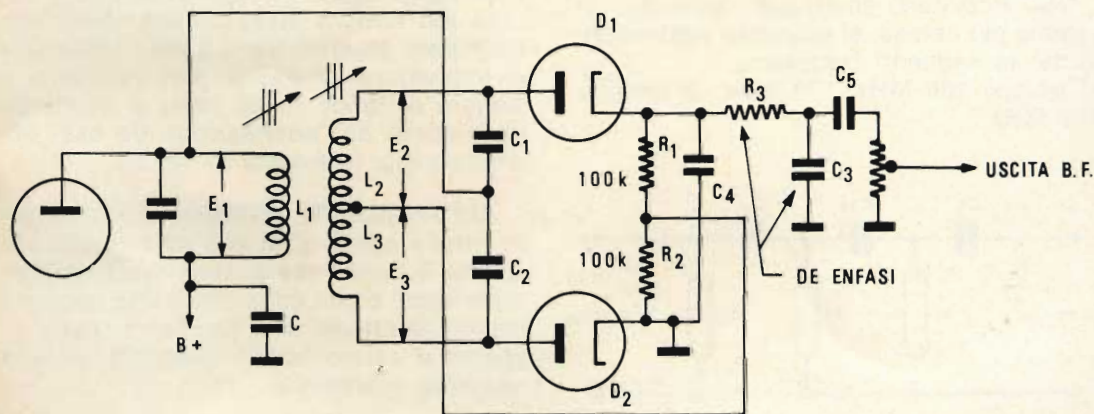


Fig. 2 - Circuito rivelatore a sfasamento nel quale la correzione deenfasi è dovuta al gruppo $R_3 C_3$.

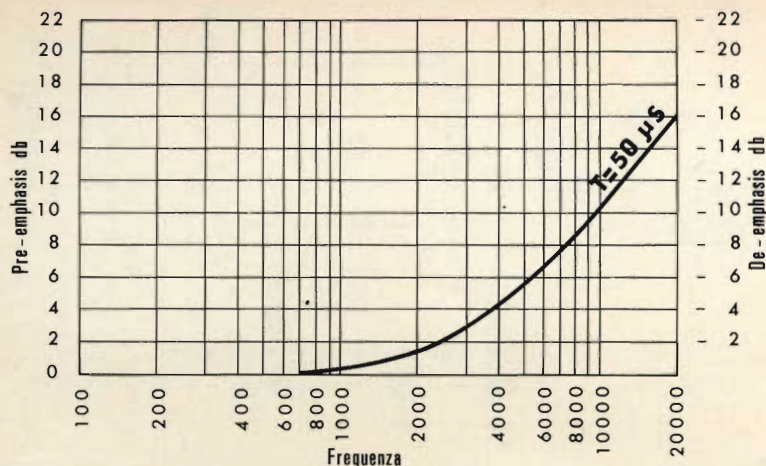


Fig. 3 - Curva caratteristica della preenfasi e della deenfasi con gruppo RC con costante di tempo di 50 μ s.

Esse, in relazione alla classe del ricevitore sono suddivise in tre gruppi come indicato nella seguente tabella:

TABELLA IV

1° gruppo ricevitore di classe elevata	2° gruppo ricevitori di classe media	3° gruppo ricevitore di uso corrente
88 MHz 90 MHz 92 MHz 94 MHz 96 MHz 98 MHz 100 MHz 102 MHz 104 MHz	88 MHz 94 MHz 100 MHz 104 MHz	94 MHz

Nei ricevitori americani, essendo la gamma più estesa, si dovranno controllare anche le seguenti frequenze:

1° gruppo 106 MHz, 108 MHz; 2° gruppo 108 MHz.

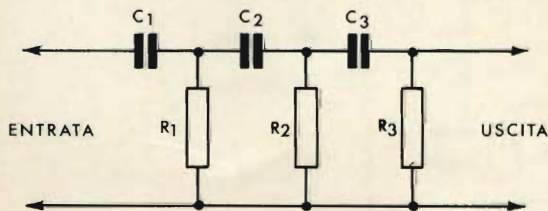


Fig. 4 - Schema di filtro psfometrico: $X_1 = 1 \mu$ F; $C_2 = 0,2 \mu$ F; $C_3 = 0,04 \mu$ F; $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 5 \text{ k}\Omega$; $R_3 = 25 \text{ k}\Omega$.

CARICO FITTIZIO

Durante le prove su di un ricevitore a modulazione di frequenza, escluse naturalmente quelle elettroacustiche, si dovrà inserire un carico fittizio avente una resistenza ohmica di valore uguale al modulo dell'impedenza della bobina mobile dell'altoparlante (misurata a 400 Hz). Nel caso siano presenti più altoparlanti si sceglierà quello che assorbe maggior potenza, cioè l'altoparlante per i toni bassi, escludendo gli altri.

In figura 4 è rappresentato lo schema di un **filtro psfometrico**, del quale avremo occasione di parlare nelle puntate seguenti. Detto filtro, la cui denominazione significa « **pesatore del rumore di fondo** » è destinato a conferire alla misura elettrica del rumore di fondo un significato fisiologico aderente alla sensazione sonora del rumore stesso. Esso viene normalmente inserito fra il carico fittizio ed il misuratore di uscita. Nel misurare il rumore di fondo in tal caso si dovrà tenere conto dell'attenuazione da esso introdotta alla frequenza di 400 Hz.

ALTOPARLANTE FITTIZIO - L'altoparlante fittizio non è altro che un circuito che simula il carico reale, cioè quello dell'altoparlante, e che costituisce una migliore approssimazione alle condizioni reali rispetto al carico fittizio costituito da una semplice resistenza.

L'altoparlante fittizio il cui schema è indicato in figura 5 è consigliabile in tutti quei circuiti in cui sia presente una con-

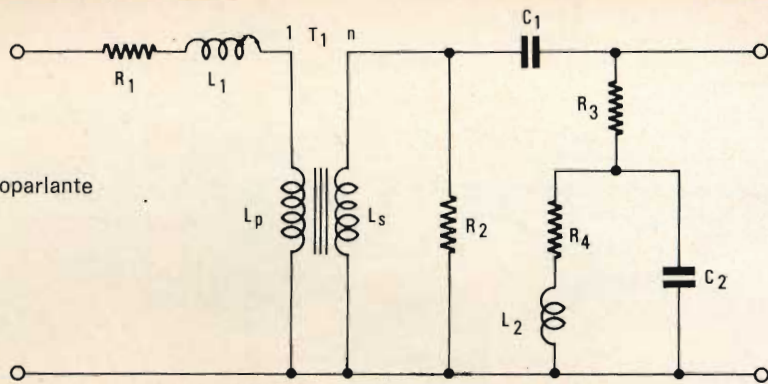


Fig. 5 - Schema di altoparlante fittizio normale completo dei relativi dati

I diametro = 160 mm	II diametro = 200 mm	III diametro = 250 mm
$R_1 + R_{L1} + R_{LP} = 3 \Omega$	3 Ω	7,5 Ω
* $R_2 = 56 \text{ k}\Omega$	∞	∞
$R_3 = 60 \Omega$	60 Ω	250 Ω
$R_4 = 31,5 \Omega$	31,5 Ω	20 Ω
** $C_1 = 0,8 \mu\text{F}$	1,3 μF	0,35 μF
$C_2 = 0,5 \mu\text{F}$	0,3 μF	0,9 μF
$L_1 = 130 \mu\text{H}$	130 μH	130 μH
$L_2 = 2 \text{ mH}$	2 mH	2 mH
$T_1 \left\{ \begin{array}{l} L_p \\ L_s \\ n \end{array} \right.$	$L_p = 1,4 \text{ mH}$	1,4 mH
	$L_s = 1,4 \text{ H}$	1,4 H
	$n = 31,5$	
$Q = 16 \text{ a } 100 \text{ Hz}$		7,8 H

L_1 rappresenta la somma dell'induttanza dispersa primaria e di quella di una eventuale bobina aggiuntiva.

R_{L1} è la resistenza serie equivalente agli effetti delle perdite di L_1 .

* da aggiustare per ottenere alla risonanza il voluto valore d'impedenza.

** da aggiustare per ottenere la voluta frequenza di risonanza.

torreazione di tensione con presa sul secondario del trasformatore finale.

MODULAZIONE NORMALE PER LE PROVE SU RICEVITORI FM

La profondità normale di modulazione nei ricevitori a modulazione di frequenza è, come per i ricevitori a modulazione di ampiezza, del 30 % che corrisponde ad una deviazione di 22,5 kHz. La frequenza di modulazione è anche in questo caso di 400 Hz.

POTENZA ELETTRICA NORMALE DI USCITA

La potenza elettrica normale di uscita è quel particolare valore di potenze che

il ricevitore a modulazione di frequenza deve erogare durante le prove.

Esistono tre potenze normali di uscita: **5 mW, 50 mW, 500 mW.**

In mancanza di indicazioni ci si deve riferire al valore di **50 mW.**

Il valore di **5 mW** è generalmente usato per ricevitori portatili a batterie, di scarsa potenza.

In certi casi le misure possono essere riferite ad altri valori non normali ma indicati, come ad esempio: 700 mW, 1 W, 1, 1/2 W.

I dislivelli in decibel fra la potenza del segnale e la potenza del rumore di fondo all'uscita, sono tre: **20 dB, 30 dB e 40 dB.** Mancando le indicazioni ci si deve riferire al dislivello di **30 dB.**

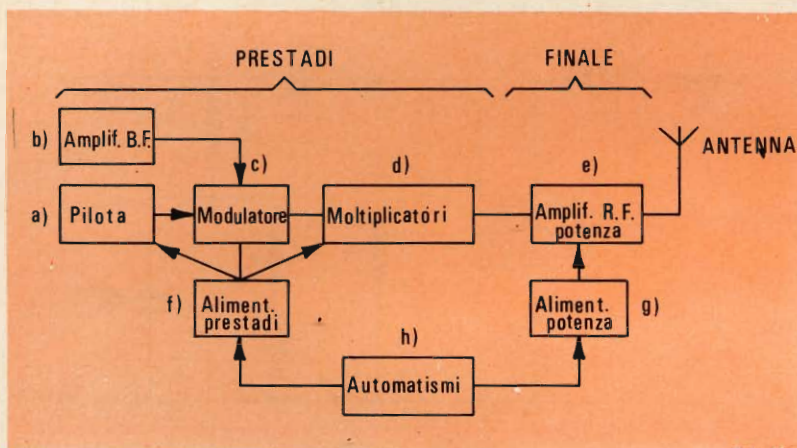


Fig. 6 - Schema di principio a blocchi di un trasmettitore radiofonico a modulazione di frequenza.

CARATTERISTICHE DEI RICEVITORI PER MODULAZIONI DI FREQUENZA

Come è indicato nella figura 7 le disposizioni dei vari stadi di un ricevitore

per modulazione di frequenza non differiscono eccessivamente da quelle di un ricevitore per modulazione di ampiezza. La differenza più notevole è costituita dal complesso limitazione-rivelazione, mentre negli stadi di conversione e di amplificazione le differenze fra i due tipi di ricevitori sono molto meno sensibili.

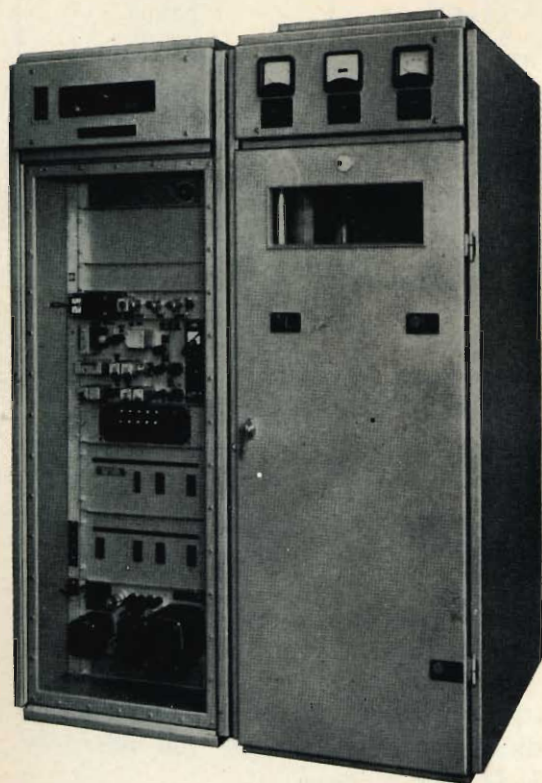


Fig. 6 bis - Trasmettitore radiofonico FM - Marconi da 5 kW. Gamma 87,5-108 MHz - deviazione di frequenza ± 75 kHz - Risposta A.F. ± 1 dB da 30 a 15.000 Hz - Preenfasi audio selezionabile fra 0, 25, 50 e 75 μ s.

Ad un ricevitore per FM è richiesta, in primo luogo, una elevata sensibilità e su questo argomento è opportuno fare un chiarimento. E' risaputo che la radiodiffusione a modulazione di frequenza ha il notevole pregio di consentire un ascolto di qualità superiore ma d'altra parte trova i suoi limiti sulla propagazione a breve distanza che è propria delle onde metriche che vengono impiegate in tale genere di emissione. Pertanto l'alta sensibilità dei ricevitori è una qualità indispensabile al fine di consentire ricezioni esenti da disturbi anche in quelle località in cui i segnali dei trasmettitori giungano piuttosto deboli. Ciò significa che il ricevitore deve consentire di raggiungere, e di superare, la soglia di limitazione anche con segnali deboli.

Se ammettiamo ad esempio che la soglia sia di 1 V e l'ampiezza minima del segnale che si desidera ricevere 10 μ V, se ne deduce che è necessario avere un guadagno complessivo di:

$$\frac{1}{10 \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{10^{-5}} = 10^5 \text{ volte,}$$

che corrisponde a 100 dB.

E' importante però precisare anche quale rapporto minimo segnale-disturbo, nella tensione di bassa frequenza d'uscita, si consideri soddisfacente. Infatti se si fissasse tale rapporto in 20 dB, ciò che significherebbe che il segnale utile è 10 volte maggiore del disturbo in tal caso non sarebbe più sufficiente raggiungere la soglia di limitazione che dovrebbe essere largamente superata in modo che il limitatore sia sicuramente saturato. Quindi il guadagno di 100 dB non sarebbe più sufficiente e, se ammettiamo che il suddetto rapporto segnale-disturbo si ottenga con 10 V di segnale all'ingresso del limitatore, il guadagno necessario diverrà:

$$\frac{10}{10 \cdot 10^{-6}} = 10^6 \text{ volte, cioè } 120 \text{ dB.}$$

SULLA PREAMPLIFICAZIONE E LA CONVERSIONE DI FREQUENZA

Gli elementi che costituiscono il ricevitore producono un certo fruscio che ovviamente dovrà essere mantenuto il più basso possibile in particolare modo nei primi stadi dove il livello del segnale è assai debole e quindi potrebbe essere superato dal rumore.

Lo stadio che contribuisce maggiormente a provocare il rumore è quello convertitore e di conseguenza è indispensabile che il segnale giunga ad esso già amplificato. Questo è il motivo per cui i

ricevitori a modulazione di frequenza dispongono di uno o più stadi di preamplificazione a radio frequenza la cui funzione, a differenza di quanto avviene per i ricevitori a modulazione di ampiezza, non è del tutto quella di migliorare la selettività complessiva, ma bensì di conseguire un aumento del rapporto segnale-disturbo.

Nel caso si tratti di ricevitori a tubi elettronici, in questi stadi preamplificatori dovranno essere impiegati tubi aventi delle caratteristiche di rumore molto basse e che siano adatti a funzionare su frequenze molto elevate. Lo stesso discorso naturalmente vale anche per i ricevitori a transistori.

Nei ricevitori a modulazione di frequenza l'antenna ha certamente una importanza maggiore rispetto ai ricevitori a modulazione di ampiezza i quali specialmente quelli multigamma dispongono di antenne aperiodiche. Infatti l'antenna per i ricevitori FM deve avere delle caratteristiche costruttive particolari: essa infatti oltre ad accordarsi (in genere in quarto d'onda) con la frequenza del trasmettitore ricevuto, deve essere molto sensibile alla direzionalità. Ciò è molto importante specialmente quando si debba diminuire gli effetti di una interferenza. I ricevitori FM generalmente dispongono di due ingressi distinti: uno a 300 Ω bilanciato e l'altro a 75 Ω sbilanciato per alimentazione mediante cavo coassiale.

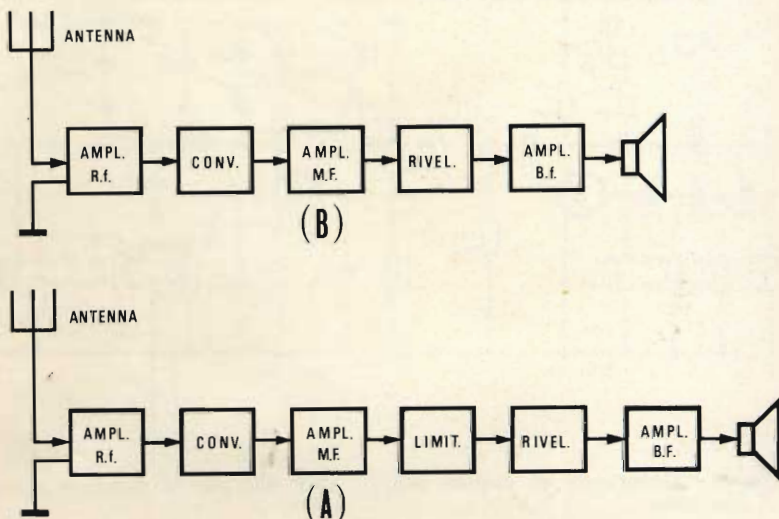


Fig. 7 - Schemi a blocchi di un ricevitore a modulazione di ampiezza e di un ricevitore a modulazione di frequenza.

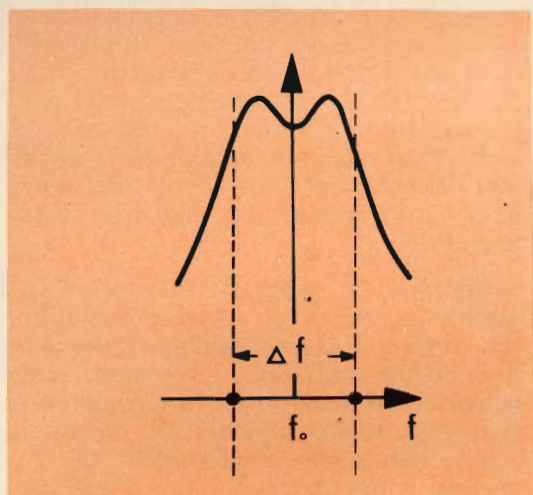


Fig. 8 - Tipica curva di risposta relativa a circuiti sovraccoppiati.

Lo stadio convertitore deve essere realizzato in modo da dare il massimo guadagno con il minimo rumore proprio. Inoltre all'oscillatore locale è richiesta una stabilità molto elevata.

AMPLIFICAZIONE A MEDIA E BASSA FREQUENZA

Il valore della media frequenza che è usato più comunemente è quello di 10,7 MHz. Si tratta di una frequenza alquanto elevata che è stata scelta per i seguenti motivi:

- eliminare la possibilità di ricezione delle frequenze immagine, che sarebbe alquanto dannosa in ricevitori adatti alla ricezione di alta qualità;
- ottenere un buon compromesso tra la larghezza di banda dei circuiti ed il guadagno degli stadi;
- evitare fenomeni di trascinamento mediante una notevole diversità di frequenza fra il segnale d'ingresso e quello dell'oscillatore locale.

f_m	di banda	$2 \times \Delta f$
100 Hz	152 KHz	150 KHz
1000 Hz	170 KHz	150 KHz
10000 Hz	200 KHz	150 KHz
15000 Hz	210 KHz	150 KHz

In relazione al punto **b)** si deve precisare che un ricevitore per FM deve avere una banda passante tale da non attenuare il segnale alla massima frequenza di modulazione, cioè di circa 200 kHz (vedere la tabella V). In pratica si assegnano dei valori un po' più elevati in modo da tenere conto delle eventuali lievi variazioni di frequenza dell'oscillatore locale.

E' ovvio che ogni singolo trasformatore di media frequenza è calcolato in modo tale da avere una propria larghezza di banda affinché la selettività complessiva abbia il valore prefissato.

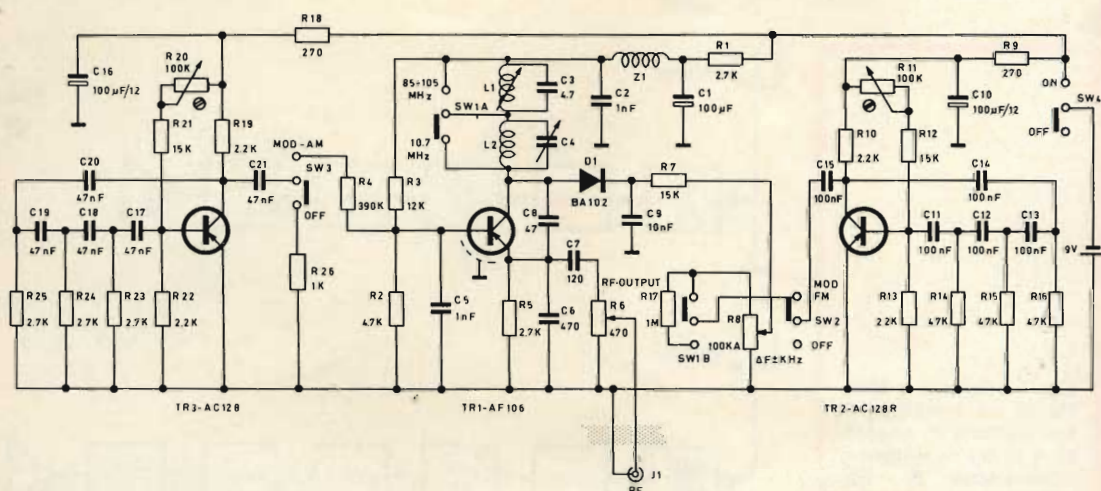


Fig. 9 - Generatore di segnali G.B.C. - UK 460 per la messa a punto dei ricevitori a modulazione di frequenza.

Per ottenere la banda passante desiderata si usano frequentemente dei circuiti sovraccoppiati la cui curva di risposta è riportata in figura 8. Talvolta si ricorre all'impiego di resistenze in parallelo al primario o al secondario del trasformatore di media frequenza al fine di diminuire la selettività del circuito ed ottenere un tratto pianeggiante della curva molto più esteso.

Nei ricevitori a modulazione di frequenza è necessario curare al massimo la schermatura e ridurre al minimo i parametri parassiti mediante l'impiego di componenti di adatte caratteristiche.

Infine, tenuto conto della qualità dei ricevitori, i complessi di bassa frequenza devono essere in condizioni di amplificare uniformemente l'intera gamma acustica; nei ricevitori di classe superiore deve esistere a questo proposito la possibilità di introdurre delle modificazioni nelle curve di risposta allo scopo di attenuare od esaltare determinate frequenze.

Nei prossimi numeri parleremo della messa a punto dei circuiti di alta e media frequenza dei ricevitori per modulazione di frequenza, ad uso dei tecnici e dei radioriparatori, e delle prove da eseguire sugli stessi ad opera dei costruttori.

In figura 9 riportiamo lo schema di un nuovissimo ed ottimo generatore FM che è stato messo in vendita presso i negozi G.B.C. sotto forma di scatola di montaggio, si tratta dell'HIGH-KIT UK 460 il quale è particolarmente destinato ai tecnici per l'allineamento dei ricevitori FM nella gamma compresa fra 85 e 105 MHz, con la possibilità di regolare la profondità di modulazione in frequenza fra 0 e ± 240 kHz, con segnale sinusoidale di 400 Hz.

Tale generatore può fornire altresì segnali modulati in ampiezza, e misti, modulati a 1000 Hz 30 %. Esso dispone pure di un oscillatore a frequenza fissa su 10,7 MHz per il controllo dei circuiti di media frequenza.

POTENZIOMETRI PER TELEVISIONE A COLORI

**SEMIFISSO A FILO
PER CIRCUITO DI CONVERGENZA**

Dissipazione a 40°C: RS 29 da 2 W; RS 39 da 3 W.

Gamma di temperatura: da -10°C a +70°C.

Valori: da 2,2 Ω a 10 k Ω .

Presse intermedia.

Lunghezza albero: 43,5 mm - 58,5 mm - 64 mm.



RS 29



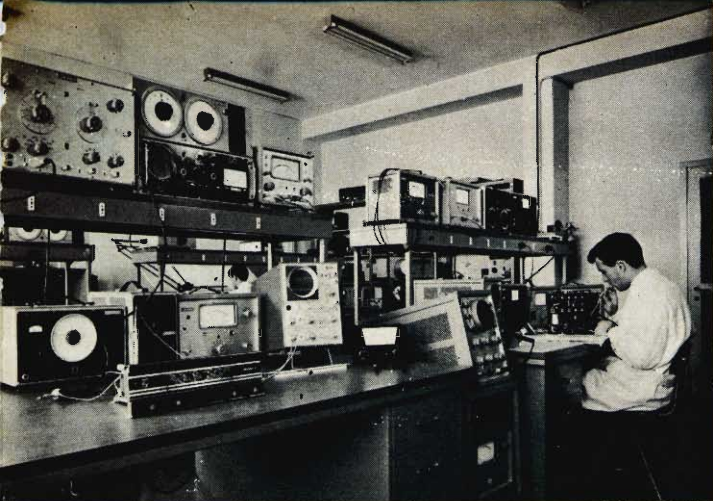
RS 39

RS 29 (N 6)

RS 39 (N 6)

LESA

LESA COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE S.p.A. - Via Bergamo, 21 - MILANO (Italia) - Tel. 554.341
LESA DEUTSCHLAND GMBH - Wiesentalstrasse, 1 - 78 FREIBURG i/Br. (Deutschland) - Tel. (0761) 44 0 10
LESA ELECTRA S.A. - Viale Portone, 27 - 6500 BELLINZONA (Svizzera) - Tel. (092) 5 53 02
LESA FRANCE S.A.R.L. - 19, Rue Duhamel - 69 LYON 2 (France) - Tel. (78) 42 45 10
LESA OF AMERICA CORP. - 521 Fifth Avenue - NEW YORK, N.Y. 10017 (U.S.A.) - Tel. 212 697-5838



**SERVIZIO
RADIO-TV**

LA MESSA A PUNTO DEI RICEVITORI A MODULAZIONE DI FREQUENZA

di P. Soati

PROVE PER STABILIRE L'EFFICIENZA DELL'ANTENNA INCORPORATA

Per stabilire quale sia l'efficienza dell'antenna incorporata, detta anche impropriamente antenna interna, di un ricevitore per modulazione di frequenza, si misura il dislivello fra i campi elettromagnetici che sono necessari per produrre tanto con l'antenna in esame quanto con un dipolo standard (cioè normalizzato), la stessa tensione a radiofrequenza all'entrata del ricevitore in modo da ottenere la stessa potenza di uscita.

La prova di efficienza deve essere eseguita su un terreno piano e completamente sgombro di ostacoli, i quali devono trovarsi alla distanza minima di 30 m. Nelle vicinanze non devono esistere delle superfici che possano essere cause di riflessione dei segnali. Il ricevitore, come è indicato in figura 1 sarà collocato sopra un sostegno orientabile, posto all'al-

tezza di m 1,20 da terra e alla distanza di m 30 da un generatore di segnale.

Il dipolo standard avrà le dimensioni che sono indicate in figura 2 e la sua impedenza di uscita dovrà essere identica a quella di ingresso del ricevitore, cioè a 75 o a 300 Ω .

Le linee di alimentazione del ricevitore e del generatore teoricamente dovrebbero essere sotterrate a 30 cm dalla superficie del suolo. In caso di impossibilità si può usare un conduttore munito di schermo, con quest'ultimo collegato a massa.

Il generatore di segnali a sua volta alimenterà un dipolo identico al precedente e adattato alla sua impedenza.

Il generatore sarà regolato su una delle frequenze riportate nella tabella IV del numero scorso e modulato al 30 % con una frequenza di 400 Hz.

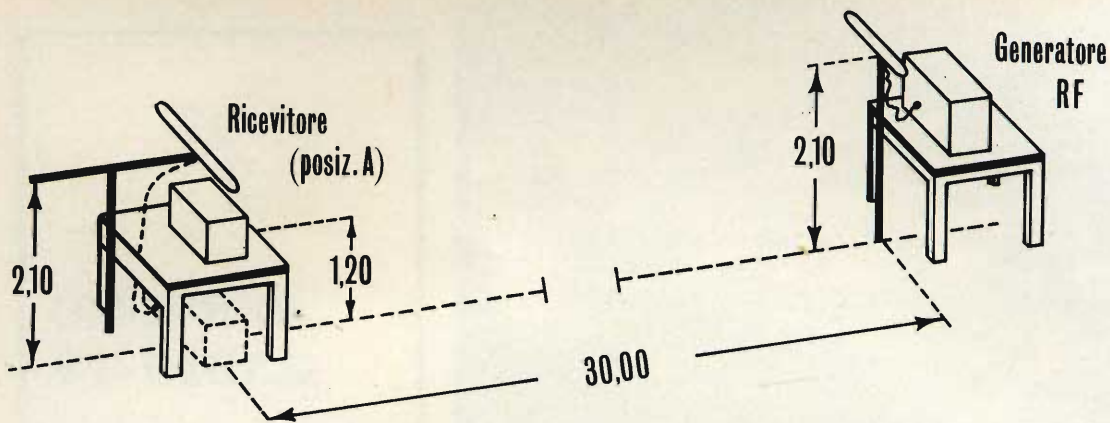


Fig. 1 - Disposizione del ricevitore FM e del generatore di segnali durante la misura dell'efficienza dell'antenna incorporata. Le distanze sono espresse in metri.

Il dipolo del generatore di segnali dovrà essere ruotato fino a produrre l'irradiazione massima in direzione del generatore, mentre il ricevitore, disposto in modo da dare la massima potenza di uscita, sarà ruotato, mediante la piattaforma girevole e **utilizzando l'antenna incorporata**, in modo da ottenere il massimo di detta potenza.

Eseguite le suddette operazioni si regolerà l'uscita del generatore in modo che il campo em generato non sia eccessivo e consenta al ricevitore di funzionare nella zona di linearità, ma sempre in condizioni tali da consentire di ben misurare la potenza di uscita.

Eseguite le suddette operazioni si prenderà nota del valore segnato dal misuratore di uscita e si ripeterà la misura collegando al ricevitore il dipolo standard, cioè sostituendolo all'antenna incorpora-

ta. Si agirà quindi sull'attenuatore del generatore di segnali fino a produrre sul ricevitore la stessa potenza di uscita, e quindi la stessa tensione a radiofrequenza in entrata, naturalmente senza agire sui comandi del ricevitore.

L'efficienza dell'antenna incorporata sarà allora data dalla differenza in decibel fra le due posizioni dell'attenuatore.

Le misure dovranno essere ripetute sulle altre frequenze di cui alla tabella. Dato che il ricevitore è destinato a ricevere dei trasmettitori che utilizzeranno tanto le emissioni con polarizzazione verticale quanto quelle con polarizzazione orizzontali, le prove dovranno essere eseguite con il dipolo dapprima in posizione orizzontale e successivamente in polarizzazione verticale.

Nei ricevitori di qualità elevata, dove le misure debbono essere estese a molti punti della scala, è indispensabile tracciare un grafico nel quale l'efficienza dell'antenna, che è espressa in decibel, è rappresentata in scala lineare sulle ordinate mentre la frequenza di sintonia è indicata, sempre in scala lineare, sulle ascisse, come è visibile in figura 3.

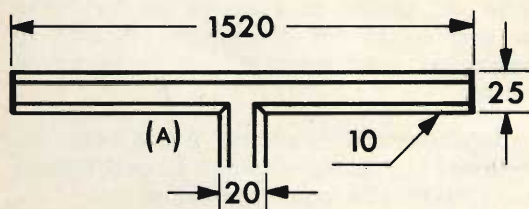


Fig. 2 - Dipolo per la prova di efficienza dell'antenna incorporata. Le misure dei vari elementi sono espresse in millimetri.

MISURA DELLA DIRETTIVITA' DI UN ANTENNA INCORPORATA

La direttività di un'antenna incorporata viene misurata dalla sua efficienza rela-

tiva in funzione dell'angolo esistente fra la proiezione orizzontale della direzione di arrivo delle onde elettromagnetiche e la direzione dell'asse principale dell'apparecchio.

Il metodo di misura da seguire è analogo a quello indicato nel caso precedente, con la differenza che l'angolo sopra definito, anziché essere costante viene variato facendo ruotare il ricevitore da 0° a 360° naturalmente senza l'impiego del dipolo standard il quale sarà impiegato soltanto nel generatore di segnali.

La direttività di un antenna incorporata si rappresenta con un diagramma polare simile a quello riportato in figura 4 nel quale l'efficienza in decibel è espressa come vettore mentre l'angolo è indicato come argomento del vettore.

Queste prove, particolarmente importanti nei prototipi dei ricevitori a modulazione di frequenza, sono naturalmente anche valide per i ricevitori di ampiezza.

SULLE MISURE RELATIVE ALLE CARATTERISTICHE DEL DISPOSITIVO DI SINTONIA

Nei ricevitori a modulazione di frequenza, essendo essi destinati a funzionare nelle gamme di frequenze molto elevate (VHF), le caratteristiche del dispositivo di sintonia sono molto importanti: esse sono espresse dai limiti della scala, dagli errori di taratura della stessa e dal gioco meccanico del dispositivo di sintonia.

Per controllare i limiti della scala, dopo che il ricevitore ha raggiunto la temperatura di regime, si collega un generatore di segnali all'ingresso del ricevitore stesso.

Il comando di sintonia del ricevitore dovrà essere portato sulle due estremità di corsa e si misureranno quindi le frequenze di accordo per ognuna delle due posizioni che dovranno corrispondere alle estremità della gamma riservata a questo genere di emissione (generalmente detti ricevitori coprono la gamma 88 - 102 MHz, oppure 85 - 108 MHz a seconda del tipo di ricevitore).

Per mettere in evidenza eventuali errori di taratura della scala il regolatore del-

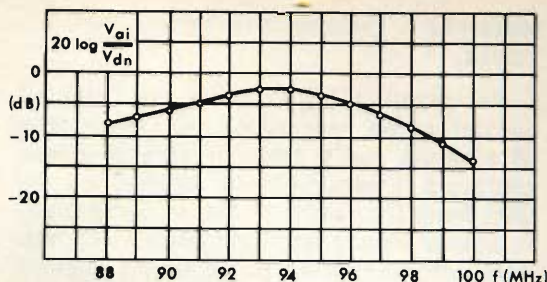


Fig. 3 - Espressione mediante un grafico dei dati relativi all'efficienza dell'antenna incorporata di un ricevitore FM.

la sintonia dell'apparecchio verrà portato su una posizione qualsiasi della scala. Si sceglierà preferibilmente una delle frequenze elencate nella tabella IV. Si sintonizzerà sulla stessa frequenza il generatore di segnali, il quale naturalmente deve essere di ottima qualità e pertanto oltre ad una notevole stabilità dovrà dare letture della massima precisione; la differenza di lettura fra il valore della sintonia indicata dal ricevitore e quella indicata dal generatore di segnali rappresenta l'errore di taratura della scala per tale frequenza. Essa in genere viene indicata in kilohertz.

Naturalmente detta operazione dovrà essere ripetuta su vari punti della scala

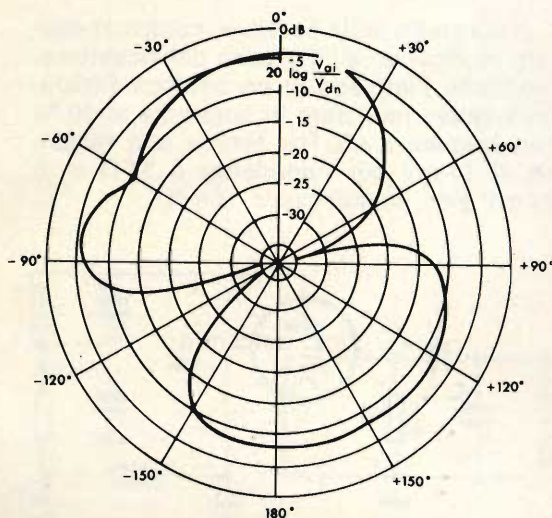


Fig. 4 - Espressione mediante un diagramma polare della direttività di un'antenna incorporata in un ricevitore per AM e FM.

dato che il fenomeno in genere non è lineare.

Per stabilire infine quale sia l'incidenza del **gioco meccanico del dispositivo di sintonia**, sulla sintonia stessa, si sintonizzerà il generatore di segnali su una data frequenza dopo di che si porterà sulla stessa frequenza il ricevitore. Si prenderà nota del valore di frequenza segnato dall'indice del ricevitore (il quale in teoria dovrebbe corrispondere esattamente al valore indicato dal generatore) quindi oltrepassando abbondantemente la sintonia stessa si ritornerà indietro fino a sintonizzarsi nuovamente sul segnale del generatore. La differenza fra i due valori di frequenza letti rappresenta la misura elettrica del gioco meccanico del dispositivo di sintonia.

Anche in questo caso è bene ripetere l'operazione su diversi punti della scala.

MISURA DELLA POTENZA RESIDUA (regolatore di volume al minimo)

Nei ricevitori di elevata qualità a modulazione di frequenza la misura della potenza residua che è presente in uscita quando il regolatore manuale del volume è stato portato nella posizione di minimo ha una certa importanza dato che teoricamente dovrebbe essere ridotta a zero.

Il controllo della potenza residua si esegue applicando all'ingresso del ricevitore, mediante l'impiego di un antenna fittizia, un segnale modulato in ampiezza al 30% con frequenza 400 Hz, avente una tensione di 17 mV per impedenza a 75 Ω e di 35 mV per impedenza a 300 Ω .

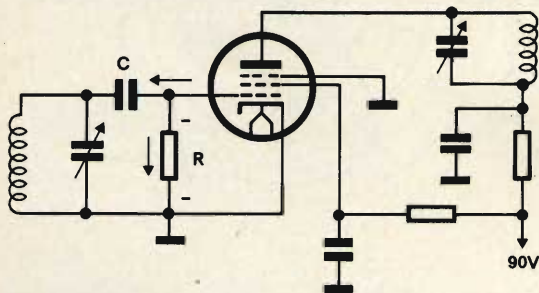


Fig. 5 - Pentodo a pendenza fissa e a interdizione rapida (sharp cut-off) in un circuito limitatore.

Si porterà il regolatore manuale, (cioè il controllo del volume), nella posizione di minima intensità mentre i regolatori di tono saranno predisposti in modo da avere la massima banda passante. Il ricevitore naturalmente dovrà essere accordato perfettamente sulla stessa frequenza del generatore di segnali.

L'uscita residua misurata con l'apposito strumento, e che generalmente è espressa in milliwatt, rappresenta la potenza residua di uscita. Durante questa misura è pure importante controllare se è presente una certa distorsione del segnale.

POTENZA E CORRENTE DI ALIMENTAZIONE

La potenza e la corrente di alimentazione rappresentano la potenza reale e la corrente assorbita dal ricevitore quando esso funzioni alla normale tensione di alimentazione. Esse sono rilevate tanto per i ricevitori alimentati in corrente alternata quanto per quelli alimentati in corrente continua. Per i ricevitori ad alimentazione mista il rilievo dovrà essere eseguito in ambedue le condizioni.

L'applicazione di un segnale all'entrata del ricevitore è richiesta esclusivamente in quei casi in cui esso sia dotato di un amplificatore finale di potenza funzionante in classe AB o classe B.

Nel suddetto caso il valore del segnale a radiofrequenza dovrà essere tale da produrre in uscita la massima potenza utilizzabile. **Questa condizione è della massima importanza per gli apparecchi alimentati con batterie ed in modo particolare per gli apparecchi a transistori.**

Nella scelta degli strumenti di misura si dovrà tenere conto del fatto che nei ricevitori per corrente alternata la forma d'onda della corrente di alimentazione è generalmente alquanto distorta.

Il controllo della potenza e della corrente assorbita dovrà essere effettuato anche in presenza di variazioni della tensione di alimentazione del $\pm 10\%$, ed anche per tensioni di rete differenti (cioè nel caso il ricevitore abbia la possibilità di alimentazione universale).

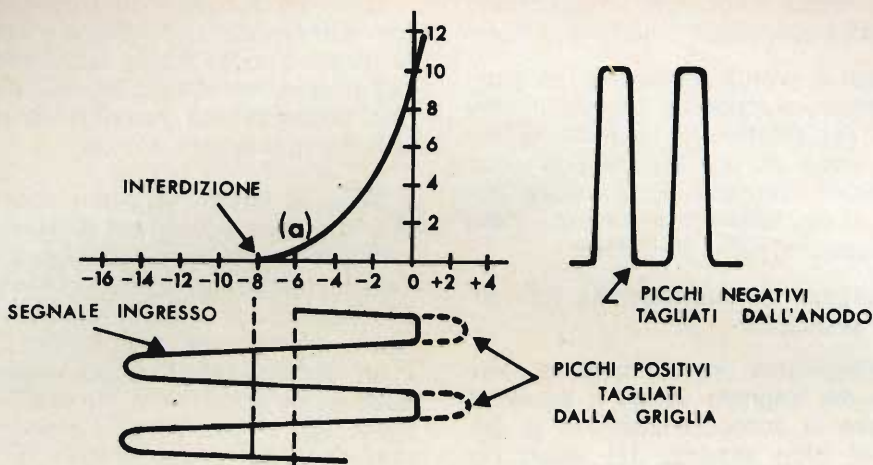


Fig. 6 - Dimostrazione del funzionamento del circuito limitatore di cui allo schema di figura 5.

VALORE DEL CARICO FITTIZIO

Il valore del carico fittizio (vedere la puntata precedente per quanto concerne la sua definizione), viene determinato arrotondando in $\pm 10\%$ il modulo dell'impedenza a 400 Hz dell'altoparlante che si deve sostituire per le prove.

La misura si effettua staccando la bobina mobile dell'altoparlante ed eseguendo le seguenti operazioni:

Si dispone in serie alla bobina mobile dell'altoparlante in esame una resistenza variabile di alta precisione. Si fa percorrere il circuito in questione da una corrente piuttosto bassa e molto costante, e si regolerà il valore della resistenza di precisione fino a che la caduta di tensione ai suoi capi uguagli quella della bobina mobile. La caduta di tensione verrà misurata preferibilmente con un voltmetro elettronico.

Il carico fittizio dovrà essere costituito da un resistore antinduttivo avente portata conveniente per le potenze più elevate di uscita.

CIRCUITI CARATTERISTICI DEI RICEVITORI FM: IL LIMITATORE

In un ricevitore a modulazione di frequenza il limitatore ha il compito di dare

in uscita un segnale di ampiezza costante pur avendo in ingresso un segnale la cui ampiezza sia variabile. In pratica il limitatore deve provvedere ad eliminare quelle parti di un segnale che superano un determinato livello, sia positivo che negativo, mantenendolo costante naturalmente entro dei limiti prefissati.

Il modo più semplice per raggiungere il suddetto risultato è quello di impiegare due diodi polarizzati opportunamente, però per una serie di motivi pratici si può ricorrere anche ad altre soluzioni.

Occorre considerare infatti che il limitatore viene a trovarsi al termine degli stadi di media frequenza, come è visibile nello schema a blocchi di figura 7 del numero scorso, e siccome la media frequenza di un ricevitore a modulazione di frequenza ha valore alquanto elevato è sempre consigliabile mantenere più bassi possibili i parametri parassiti.

Consideriamo il circuito di figura 5 del quale fa parte un pentodo del tipo sharp cut-off, cioè ad interdizione rapida, alimentato con tensioni piuttosto basse.

Il circuito oscillante di griglia risuona alla stessa frequenza del valore di media frequenza e riceve il segnale amplificato dallo stadio precedente, mentre il circuito di placca, che è pure accordato sul va-

lore della media frequenza, è accoppiato con lo stadio che segue cioè il rivelatore.

Il circuito di griglia comprende un gruppo a resistenza e capacità, il quale, in conseguenza dell'effetto del segnale di entrata, da luogo ad una tensione di autopolarizzazione di griglia il cui valore viene quasi ad eguagliare il valore massimo della tensione a radio frequenza.

In definitiva il funzionamento del circuito è il seguente:

- a) nei semiperiodi positivi qualora l'ampiezza del segnale venga a superare il valore di autopolarizzazione la griglia del tubo assume dei valori positivi comportandosi perciò come la placca di un diodo, tagliando di conseguenza la cresta del segnale. A partire da questo istante, e per tutto il periodo di tempo che la griglia resta positiva, la corrente anodica del tubo resterà costante.
- b) Nei semiperiodi negativi, non appena si raggiungerà il potenziale di interdizione, la corrente anodica si annullerà e inizierà a circolare nuovamente soltanto quando si sarà raggiunto, in senso opposto, il potenziale di interdizione.

Dunque, come si può osservare in figura 6 la corrente verrà ad assumere la forma di una serie di impulsi aventi ampiezza costante la cui frequenza, rispetto alla frequenza del segnale presente sulle griglia, sarà rimasta del tutto inalterata.

È evidente che agendo in questo modo si è ottenuta una **limitazione di ampiezza**.

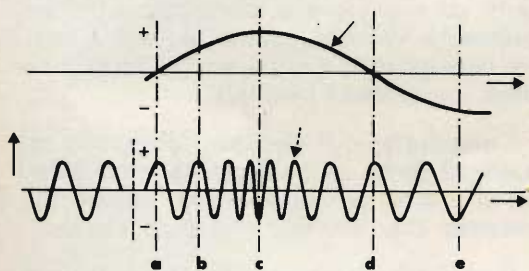


Fig. 7 - Il grafico mette in evidenza come nella emissione a modulazione di frequenza, la frequenza dell'onda portante (in basso) vari con il variare dell'ampiezza del segnale modulante.

Nella modulazione di frequenza la deformazione che si è venuta a creare nella forma d'onda, e che nella modulazione di ampiezza sarebbe origine di distorsioni che renderebbero pessima la ricezione, non ha importanza alcuna.

Si deve infatti ricordare che tutto ciò che interessa agli effetti della successiva rivelazione è la frequenza istantanea che rimane inalterata, inoltre bisogna tenere presente che il circuito anodico del tubo, come avviene nei circuiti moltiplicatori, è un circuito selettivo, e di conseguenza sono automaticamente eliminate le armoniche che d'altra parte avrebbero un'ampiezza del tutto trascurabile ed una frequenza talmente elevata per cui non potrebbero essere causa di disturbo.

Allo scopo di ottenere una limitazione molto efficiente occorre che la costante di tempo del gruppo resistenza-capacità sia minore del periodo più piccolo delle frequenze acustiche, e assai maggiore del periodo proprio della tensione di media frequenza che è di circa $1 \mu s$. In genere si adotta una costante dell'ordine di qualche microsecondo.

Ovviamente le tensioni di alimentazione del tubo limitatore dovranno essere molto stabili diversamente si possono avere dei livelli di limitazione variabili.

Dato che il tubo limitatore effettua anche il taglio di segnali di ampiezza molto elevata in pratica si possono ottenere delle riduzioni delle variazioni del segnale d'ingresso da 5 a 60 volte.

In genere un limitatore resta del tutto inefficiente in presenza di notevoli diminuzioni di ampiezza, cioè in presenza di segnali che non raggiungono i potenziali per cui ha inizio il processo di limitazione. In questo caso è necessario disporre di due limitatori in serie, magari aventi differente costante di tempo, (cioè con una diversa risposta di regolazione), ed in modo che i due stadi vengano così ad integrarsi a vicenda.

Un dato molto importante è rappresentato dalla **soglia di limitazione**, cioè da quel potenziale del segnale d'ingresso per cui la limitazione è considerata efficiente.

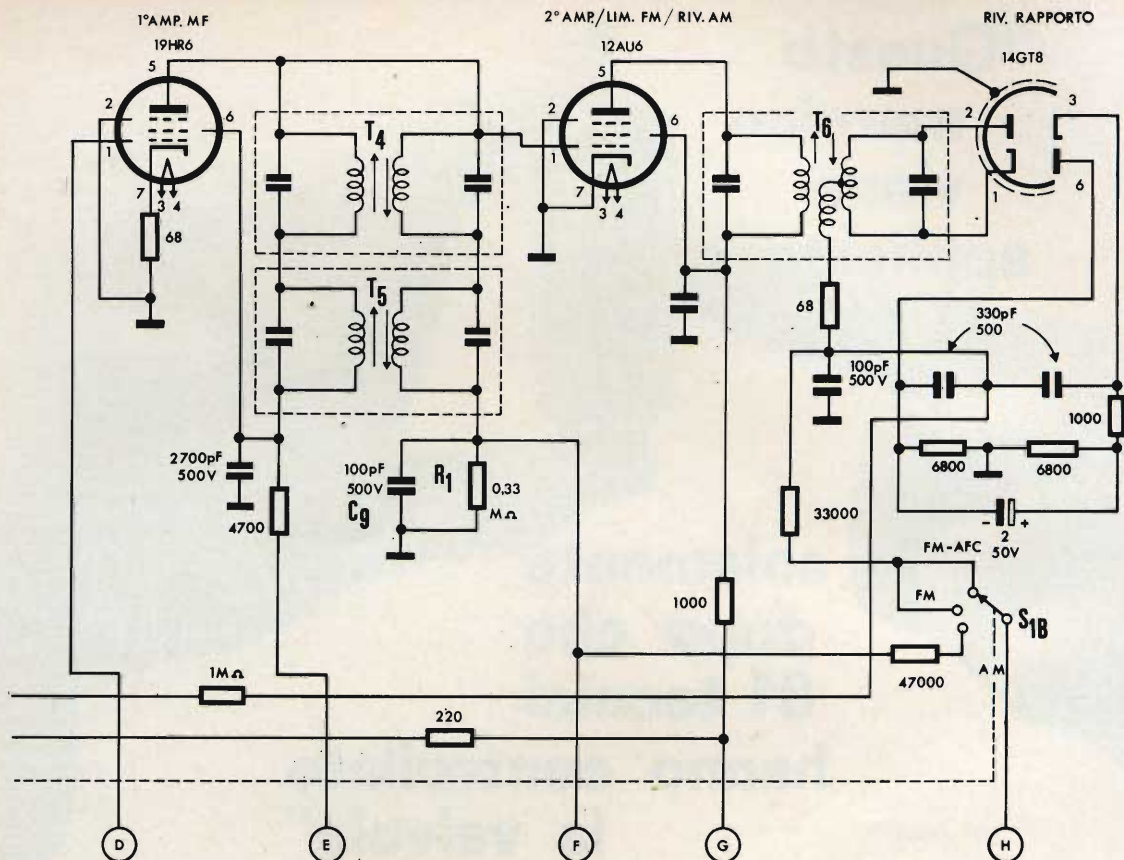


Fig. 8 - Tipico circuito di un ricevitore americano per AM/FM nel quale il pentodo 12 AU6 funge da rivelatore in AM e da 2° amplificatore di media frequenza e limitatore in FM.

Naturalmente gli stadi che precedono il circuito limitatore devono avere un guadagno tale da consentire di raggiungere il valore di soglia, che in genere è di qualche volt, anche con segnali in antenna piuttosto deboli. Anzi in questo caso è consigliabile che la soglia di limitazione venga raggiunta dalla stessa tensione di fruscio che viene generata dagli stadi ad alta frequenza ed amplificata dai successivi stadi di media frequenza. Si deve tenere presente, che il tubo amplificatore a sua volta amplifica, anche se scarsamente, i segnali deboli, che sono inferiori alla soglia di limitazione. Ciò consente che il ricevitore riceva dei segnali molto deboli, nettamente inferiori al valore di soglia; naturalmente in queste condizioni viene a cessare la

limitazione che rappresenta uno degli aspetti più caratteristici della modulazione di frequenza.

Da notare infine che ai capi del gruppo resistenza-capacità è presente una tensione continua, in funzione dell'ampiezza del segnale ricevuto, tensione che in parte può essere utilizzata per controllare il guadagno degli stadi precedenti (C.A.V.) esattamente come avviene per i ricevitori per modulazione di ampiezza.

È evidente però che nei ricevitori a modulazione di frequenza la funzione del C.A.V. è di minore importanza rispetto ai ricevitori a modulazione di ampiezza.

Come vedremo nella prossima puntata, taluni circuiti di rivelazione hanno in se

stessi gli elementi della limitazione essendo insensibili alle variazioni di ampiezza ed in tal caso il circuito del ricevitore è privo di un limitatore vero e proprio.

NOTE SULLA MODULAZIONE DI FREQUENZA

Essendoci stato richiesto da alcuni lettori qualche chiarimento circa il processo con il quale avviene la modulazione di frequenza, riteniamo opportuno trattare brevemente l'argomento su questa rubrica anziché in quella riservata all'assistenza tecnica.

La **modulazione di frequenza**, come è del resto noto, è un sistema mediante il quale **la frequenza dell'onda portante viene fatta variare in funzione del segnale modulatore**. Di conseguenza soltanto in assenza di modulazione, oppure quando il segnale modulante ha valore zero, la frequenza dell'onda portante è quella effettiva. Quando l'ampiezza del segnale modulante aumenta anche la frequenza della portante aumenta e viceversa quando il segnale modulatore diminuisce di ampiezza la frequenza della portante diminuisce, come è chiaramente visibile in figura 7.

Dunque possiamo affermare che in un sistema a modulazione di frequenza ad ogni istante il valore della frequenza por-

tante varia di frequenza proporzionalmente all'ampiezza del segnale modulatore.

Se prendiamo ad esempio una portante avente la frequenza di 100 MHz e la moduliamo mediante un segnale avente frequenza costante ed ampiezza massima di 10 V, ed avremo fissato, per ragioni che vedremo in seguito, che la massima deviazione di frequenza del trasmettitore sia di ± 75 kHz, è evidente che il trasmettitore in questione dovrà subire una variazione di frequenza di 7,5 kHz per ogni volt di segnale ($75 : 10 = 7,5$).

Nell'istante in cui il valore istantaneo del segnale modulatore è zero, la frequenza del trasmettitore sarà invece quella di riposo e cioè di 100 MHz; quando invece l'ampiezza del segnale modulante è, ad esempio, + 5 V la frequenza trasmessa corrisponderà a:

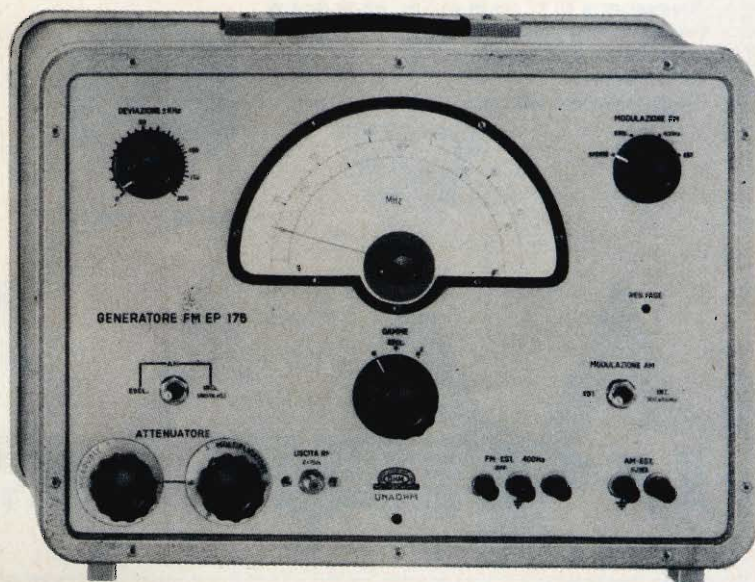
$$100.000 + (5 \times 7,5) = 100.037,5 \text{ kHz}$$

In presenza della massima modulazione, che nel nostro caso corrisponde ad un segnale di 10 V, la frequenza istantanea corrisponderà a:

$$100.000 + (10 \times 7,5) = 100.075 \text{ kHz}$$

Naturalmente le stesse considerazioni potranno farsi nel caso in cui il segnale modulante assuma i valori negativi di

Fig. 9 - Generatore di segnali UNAOHM FM - EP175 da 86 a 108 MHz (e da 9,5 a 12 MHz per controllo delle medie frequenze), con deviazione regolabile da 0 a ± 200 kHz e modulazione di ampiezza con profondità del 30%. Precisione dell'indicazione di frequenza $\pm 1\%$.



— 5, — 10 V (od altri valori) per cui avremo:

$$100.000 - (5 \times 7,5) = 99.962,5 \text{ kHz}$$

$$100.000 - (10 \times 7,5) = 99.925 \text{ kHz}$$

Il valore della frequenza può essere calcolato anche analiticamente mediante la relazione:

$$f_i = f_p + s_m \cdot d$$

nella quale:

f_i = valore istantaneo della frequenza portante

f_p = valore della portante non modulata

s_m = valore istantaneo del segnale modulato

d = variazione di frequenza in volt del segnale modulante.

Detta relazione può essere impiegata allo scopo di ricavare il valore massimo della tensione modulante da applicare ad un trasmettitore qualora sia stata fissata la massima variazione di frequenza.

In questo caso chiamando con " Δf " la variazione massima di frequenza ammissibile avremo che:

$$s_{\max} = \Delta f/d$$

A differenza della modulazione di ampiezza nella quale superando la percentuale di modulazione oltre il 100 % si introducono delle distorsioni, nella modulazione di frequenza non esiste questo pericolo. L'unico ostacolo a produrre delle notevoli variazioni al valore della frequenza portante è costituito dalla necessità di non superare i limiti di gamma oltre i quali potrebbe provocare interferenze alle emittenti adiacenti.

Detto limite infatti è riferito all'elevato numero di trasmettitori che devono irradiare nella gamma prevista senza che possano interferirsi fra di loro.

Per il suddetto motivo, mediante una convenzione internazionale, si è fissata la deviazione massima ammissibile della frequenza nel valore di ± 75 kHz, valore che come abbiamo detto corrisponde al 100 % della modulazione di ampiezza (vedere la tabella pubblicata nella puntata precedente).

POTENZIOMETRI PER TELEVISIONE A COLORI

SEMIFISSO A FILO
PER CIRCUITO DI CONVERGENZA

Dissipazione a 40 °C: RS 29 da 2 W; RS 39 da 3 W.

Gamma di temperatura: da -10 °C a +70 °C.

Valori: da 2,2 Ω a 10 k Ω .

Presse intermedia.

Lunghezza albero: 43,5 mm - 58,5 mm - 64 mm.



RS 29 RS 39



RS 29 (N 6)
RS 39 (N 6)

LESA

LESA COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE S.p.A. - Via Bergamo, 21 - MILANO (Italia) - Tel. 554.341
LESA DEUTSCHLAND GMBH - Wiesentalstrasse, 1 - 78 FREIBURG i.Br. (Deutschland) - Tel. (0761) 44 0 10
LESA ELECTRA S.A. - Viale Portone, 27 - 6500 BELLINZONA (Svizzera) - Tel. (092) 5 53 02
LESA FRANCE S.A.R.L. - 19, Rue Duhamel - 69 LYON 2 (France) - Tel. (78) 42 45 70
LESA OF AMERICA CORP. - 521 Fifth Avenue - NEW YORK, N.Y. 10017 (U.S.A.) - Tel. 212 697-5838



**SERVIZIO
RADIO-TV**

LA MESSA A PUNTO DEI RICEVITORI A MODULAZIONE DI FREQUENZA

SENSIBILITÀ E RUMORI DI FONDO

di P. Soati III parte

La sensibilità di un ricevitore a modulazione di frequenza, al pari di quella relativa ad un ricevitore per modulazione di ampiezza, indica la sua attitudine a percepire segnali deboli in funzione di una precisata potenza di uscita e con una qualità accettabile, che è definita dal rapporto fra il segnale ed il rumore di fondo all'uscita del ricevitore.

Affinché la misura di potenza del rumore di fondo corrisponda il più possibile alla sensazione sonora da esso effettivamente prodotta è necessario attenuare le frequenze inferiori agli 800 Hz mediante un filtro psfometrico il cui circuito lo abbiamo indicato nella prima puntata.

La caratteristica di attenuazione corrispondente ad un livello di sensazione sonora di circa 50 phon, è riportata nella seguente tabella:

Frequenza Hz	Attenuazione dB
50	29
100	16
200	7
400	3
800	1

MISURA DEL DISLIVELLO FRA IL SEGNALE E RUMORE DI FONDO

Il dislivello fra il segnale ed il rumore all'uscita è il rapporto logaritmico, espresso in dB, fra la potenza elettrica di uscita stabilita e la potenza elettrica di uscita dovuta al rumore di fondo, misurata a valle del filtro psfometrico di cui sopra.

Il dislivello viene rilevato su un carico fittizio per differenti valori della tensione di entrata a radiofrequenza, modulata in frequenza al 30% e a 400 Hz, applicata mediante un'antenna fittizia.

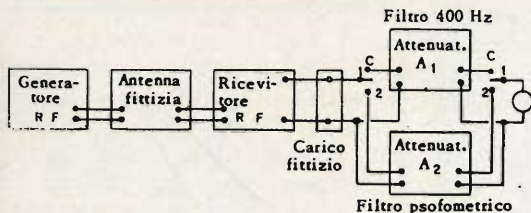


Fig. 1 - Misura del dislivello fra segnale e rumore all'uscita di un ricevitore FM.

La misura del dislivello fra il segnale ed il rumore di fondo si esegue adottando la disposizione circuitale di figura 1 nella quale il filtro della sezione A_1 è accordato sulla frequenza di 400 Hz, mentre il filtro psfometrico è identico a quello descritto nella prima puntata alla quale abbiamo fatto riferimento, ed inserito nella sezione A_2 . Della tensione di uscita viene prelevata solo una parte, che deve essere attenuata rispetto alla tensione totale di un valore pari alla differenza fra l'attenuazione che ha luogo nel ramo 1, a causa della presenza del filtro a 400 Hz, e l'attenuazione, di circa 3 dB, provocata a 400 Hz dal filtro psfometrico stesso, in modo da equilibrare le attenuazioni dei due rami.

Le misure saranno eseguite sulle frequenze normali di prova per ricevitori a modulazione di frequenza indicate nella tabella IV della prima puntata (88, 94, 100 MHz), con il regolatore di tono, od i regolatori di toni, nel caso essi siano due, predisposti per la massima banda passante.

Il ricevitore dovrà essere accordato per la minima potenza di uscita del rumore. Per ogni frequenza di misura si sceglierà un determinato valore del segnale a radiofrequenza all'entrata e, modulandolo normalmente, lo si applicherà al ricevitore tramite l'antenna fittizia.

La potenza di uscita, su un carico fittizio a 400 Hz, verrà regolata mediante il controllo di intensità di volume a 500 mW, (oppure altri valori standard, per i ricevitori di maggior potenza).

Allo scopo di tenere conto dell'attenuazione introdotta a 400 Hz dal filtro e pre-

cedentemente misurata, la tensione letta sul voltmetro per detto valore di potenza dovrà essere proporzionalmente inferiore a quella che si leggerebbe ai capi del carico fittizio.

Successivamente tolta la modulazione si porterà il commutatore C nella posizione 2 annotando la lettura della potenza del rumore eseguita sul voltmetro di uscita. Si ritornerà quindi nella posizione 1 e, modulando nuovamente il segnale a radiofrequenza, si regolerà l'attenuatore fino ad ottenere all'uscita la medesima lettura che si aveva nella misura del rumore.

Il grado di attenuazione indicato dall'attenuatore nella posizione 1 rappresenterà il dislivello fra il segnale ed il rumore di fondo.

L'operazione dovrà essere ripetuta per altri valori del segnale a radiofrequenza all'entrata secondo una scala di valori ritenuti più opportuni.

Per ognuna delle tre frequenze di misura, cioè 88, 94 e 100 MHz, si tratterà un grafico sulle cui ascisse, in scala logaritmica, sarà riportato il valore del segnale applicato all'entrata del ricevitore (a 300), espresso in microvolt e nelle ordinate, in scala lineare, il valore delle attenuazioni lette sull'attenuatore A_1 , cioè dei dislivelli fra il segnale utile ed il rumore di fondo all'uscita del ricevitore.

In figura 2 è riportato il grafico di misura del dislivello segnale/rumore di fondo per un ricevitore a modulazione di frequenza sintonizzato sulla frequenza di 94 MHz.

SENSIBILITA' UTILE

La sensibilità utile di un ricevitore a modulazione di frequenza è definita dalla tensione applicata all'ingresso, con impedenza di 300 Ω , attraverso un'antenna fittizia, necessaria affinché in uscita si ottenga un dislivello di 30 dB fra segnale e rumore di fondo, per una potenza di segnale di 500 mW su un carico fittizio.

Il segnale applicato all'ingresso dovrà essere modulato in frequenza al 30% e avere la frequenza di 400 Hz.

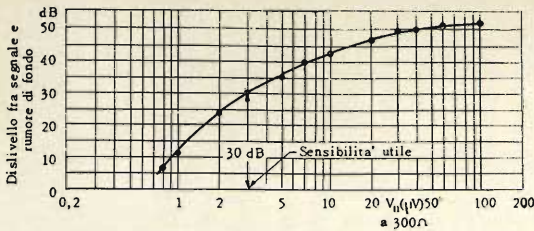


Fig. 2 - Diagramma del dislivello segnale/rumore di fondo $f = 94$ MHz.

Qualora con il ricevitore non sia possibile avere la potenza di uscita di 500 mW, a causa della sua scarsa amplificazione, si sceglierà un altro valore più basso.

Le modalità di misura saranno identiche a quelle riportate più sopra.

SENSIBILITA' MASSIMA

La sensibilità massima di un ricevitore a modulazione di frequenza è definita dalla tensione a radiofrequenza applicata all'ingresso, con impedenza a 300Ω , tramite un'antenna fittizia, che è necessaria per ottenere in uscita su un carico fittizio, il valore stabilito di potenza di uscita, con il comando di volume disposto per il massimo volume e quello di tono per la massima banda passante.

Le misure dovranno essere eseguite su tutte le frequenze del 1° gruppo della tabella IV della prima puntata (88, 90, 92, 94, 96, 98, 100, 102 e 104 MHz). Anche in questo caso il segnale sarà modulato in frequenza al 30% ed a 400 Hz.

Dopo aver accordato il ricevitore per la massima potenza di uscita si misurerà la tensione di entrata che è necessaria per ottenere all'uscita su un carico fittizio la potenza di 500 mW se la potenza di rumore è trascurabile. Qualora la potenza di rumore pur essendo ridotta non è tra-

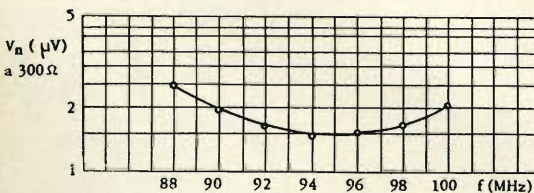


Fig. 3 - Grafico relativo alla misura della sensibilità massima di un ricevitore FM.

scurabile essa dovrà essere misurata ed aggiunta al valore della potenza di uscita che si deve ottenere nella misura.

Se infine la potenza di rumore fosse presso a poco dello stesso ordine della potenza di uscita utile, la misura fornirà soltanto un'indicazione sull'amplificazione massima del ricevitore e si renderà necessario l'inserzione di un filtro a 400 Hz tra il carico fittizio ed il voltmetro di uscita. In questo caso si misurerà, introducendo il filtro psfometrico, il dislivello di uscita fra il segnale ed il rumore come abbiamo indicato nei paragrafi precedenti.

I risultati delle misure atte a stabilire la sensibilità massima verranno espressi mediante un grafico nelle cui ascisse sarà riportata in scala lineare la frequenza e nelle ordinate, in scala logaritmica, il valore della tensione a radio frequenza d'ingresso (a 300Ω) espresso in microvolt.

La figura 3 si riferisce ad un grafico ottenuto su un ricevitore a modulazione di frequenza durante le misure della massima sensibilità.

CARATTERISTICA DEL REGOLATORE AUTOMATICO DI GUADAGNO

La caratteristica del regolatore automatico di guadagno è data dalla relazione fra la tensione di entrata, applicata mediante un'antenna fittizia, e la potenza di uscita del segnale su un carico fittizio. La cifra di merito del regolatore automatico di guadagno si rivela dalla sua caratteristica ed è espressa dal rapporto fra l'attenuazione effettuata sul segnale di ingresso e la corrispondente variazione di uscita come vedremo oltre.

Per eseguire questa misura il ricevitore dovrà essere regolato in modo da ottenere la massima potenza di uscita su una qualsiasi frequenza di prova (88, 94 e 100 MHz) modulata in frequenza al 30% a 400 Hz.

Il regolatore di tono anche in questo caso sarà regolato in modo da ottenere la massima banda passante.

Per mezzo del comando manuale del volume la potenza di uscita dovrà essere

regolata ad un valore tale che per una tensione di 0,11 V per il segnale applicato all'ingresso a 300 Ω, non si abbia sovraccarico di bassa frequenza. A titolo orientativo si può considerare come potenza limite per il sovraccarico il valore di 10 dB sotto la massima potenza di uscita utile.

Con il controllo manuale di volume nella suddetta posizione si misurerà la potenza di uscita al variare del segnale d'ingresso dal valore di 0,11 V (a 300 Ω), fino al valore più basso possibile.

Qualora durante in questa operazione si notasse un sensibile spostamento della frequenza di accordo del ricevitore al variare della tensione di entrata, si dovrà procedere a sintonizzare il ricevitore stesso sulla frequenza esatta.

I dati ricavati saranno riportati su un grafico sulle cui ascisse sarà indicato in microvolt il valore del segnale applicato all'ingresso a 300 Ω, in scala logaritmica, e sulle ordinate, in scala lineare, il valore della potenza di uscita relativo a quello misurato con la tensione di entrata a 0,11 V, espresso in decibel.

La cifra di merito del regolatore automatico di guadagno è espressa dal rapporto fra l'attenuazione di 60 dB apporata al segnale iniziale a 0,11 V applicato all'ingresso a 300 Ω e la corrispondente variazione della potenza di uscita espressa in decibel.

La figura 4 si riferisce ad un grafico relativo alla caratteristica del regolatore automatico di guadagno di un ricevitore a modulazione di frequenza.

NOTE SUI CIRCUITI RILEVATORI A MODULAZIONE DI FREQUENZA

La rivelazione dei segnali modulati in frequenza è alquanto differente da quella caratteristica dei segnali modulati in ampiezza. Per rivelare questi ultimi infatti è sufficiente introdurre all'uscita degli stadi amplificatori di media frequenza un qualsiasi elemento non lineare, un tubo in un tratto curva della sua caratteristica o un diodo, per quanto concerne invece la modulazione di frequenza la rivelazione deve essere suddivisa in due distinte operazioni consistenti la prima nella conver-

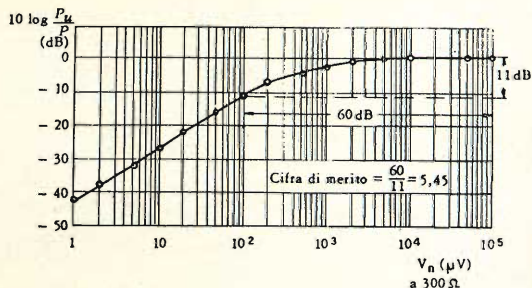


Fig. 4 - Caratteristica del regolatore automatico di guadagno di un ricevitore FM.

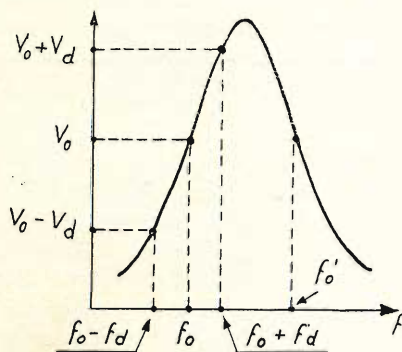


Fig. 5 - Curva di risonanza di un circuito rivelatore FM.

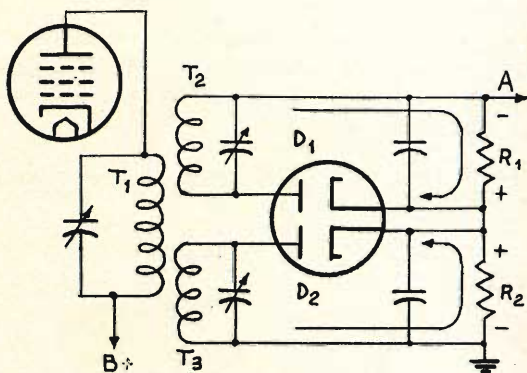


Fig. 6 - Stadio rivelatore di un ricevitore FM a tre circuiti.

sione della modulazione di frequenza in modulazione di ampiezza e la seconda nella rivelazione vera e propria con i circuiti propri della rivelazione di ampiezza.

A questo proposito occorre però rilevare che mentre per qualche tipo di cir-

cuito questa suddivisione corrisponde effettivamente ad una vera e propria separazione circuitale in altri essa ha un valore puramente teorico dato che un solo organo esplica entrambe le funzioni.

E' necessario ricordare che rivelare un segnale modulato in frequenza significa ottenere un segnale la cui ampiezza istantanea, e di conseguenza la legge di variazione nel tempo, è funzione del valore istantaneo in frequenza di una portante. Perciò il più elementare tipo di rivelatore può essere realizzato accordando il circuito anodico di un tubo elettronico sul fianco, anziché al vertice della curva di risonanza, cioè, in altre parole, disintonizzando il circuito, come si vede dalla curva di figura 5.

La tensione ai capi del circuito in questione è evidentemente funzione del valore istantaneo della frequenza, e di conseguenza risulta modulata in ampiezza e può essere rivelata con i metodi convenzionali. Se questo sistema apparentemente è semplice in effetti presenta degli inconvenienti, i principali dei quali sono i seguenti:

- a) nel tratto che interessa la rivelazione la curva è soltanto approssimativamente rettilinea.
- b) il tratto utile è alquanto ridotto ed in pratica è insufficiente a coprire la massima deviazione di frequenza richiesta.
- c) la pendenza della curva è piuttosto bassa.

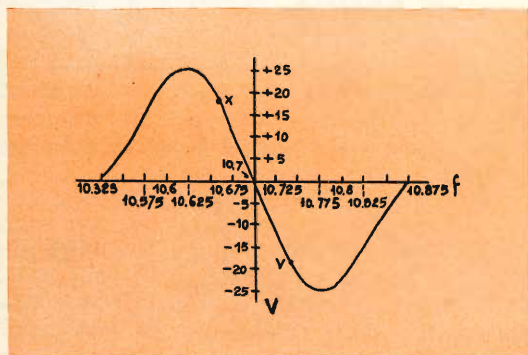


Fig. 7 - Curva caratteristica: tensione d'uscita BF/frequenza.

Da queste considerazioni ne deriva che un segnale rivelato in queste condizioni risulterebbe di estensione di frequenza molto limitata, di ampiezza alquanto modesta ed infine sarebbe soggetto a notevole distorsione; oltre a ciò si potrebbe avere una seconda rivelazione sull'altro fianco della curva.

Tuttavia il sistema sopra illustrato può essere notevolmente migliorato utilizzando un circuito, composto da tre distinti circuiti come è indicato in figura 6.

In questo caso il circuito primario viene accordato sulla frequenza centrale f_0 , mentre i due circuiti secondari saranno accordati rispettivamente sulle frequenze $f_0 + \Delta f$ e $f_0 - \Delta f$ nelle quali Δf indica il massimo disaccordo, che ha un valore sensibilmente maggiore della massima deviazione di frequenza allo scopo di evitare di cadere in quei tratti dove la caratteristica dei circuiti comincia ad incurvarsi.

La disposizione contrapposta dei diodi fornisce una tensione utile che corrisponde alla differenza delle tensioni generate dai singoli circuiti, ognuno dei quali funziona separatamente nel modo precedentemente illustrato. Di conseguenza la caratteristica « tensione di uscita di bassa frequenza », ha il comportamento indicato dalla curva di figura 7, che è la curva tipica dei circuiti rivelatori a modulazione di frequenza. Questo accordo è conosciuto con il nome di discriminatore a doppio accordo dall'inglese double tuned discriminator.

Si tratta di un circuito che ha una messa a punto piuttosto delicata e che è difficile da realizzare data la difficoltà di mantenere la simmetria fra i due rami.

In considerazione dell'attuale sviluppo dei ricevitori a modulazione di frequenza la conoscenza della loro struttura è ormai indispensabile non solo al tecnico progettista ma anche a coloro che debbano effettuare le operazioni di manutenzione e quindi non è fuori luogo intrattenerci brevemente sui vari tipi di rivelatori comunemente impiegati in FM.

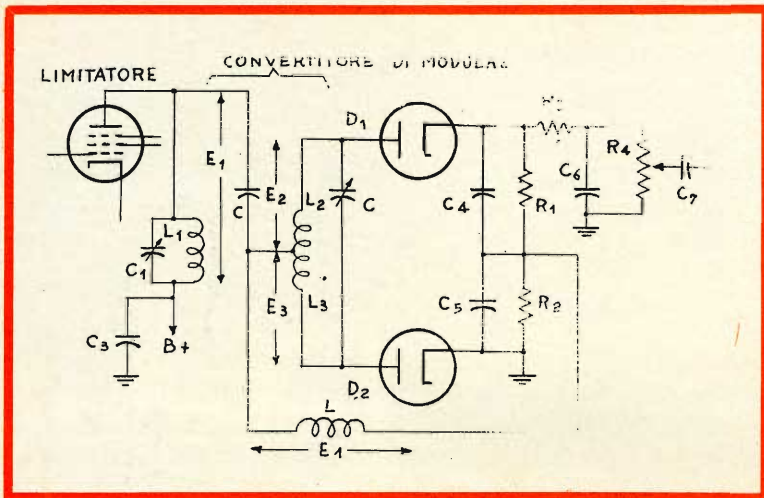


Fig. 8 - Circuito rivelatore di un ricevitore FM.

RIVELATORE A SFASAMENTO (phase discriminator)

Il discriminatore di fase, e noto anche con il nome di rivelatore di Foster-Seely che per primi lo realizzarono, consente di

eliminare gli inconvenienti che sono caratteristici del discriminatore a doppio accordo ed essendo stato in passato molto diffuso ancor oggi si trovano molti ricevitori che usufruiscono di questo tipo di circuiti. Esso si distingue per il suo particolare sistema di conversione di modulazione che analizzeremo brevemente.

Osservando il circuito di figura 8 si può rilevare che il circuito secondario è unico ed è accordato sulla frequenza centrale, come il circuito primario, al quale è accoppiato induttivamente e che esiste anche un accoppiamento diretto fra il primario e la presa centrale del secondario a cui fa capo l'induttanza di arresto L.

Ai capi delle induttanze L è perciò presente la stessa tensione a radiofrequenza E_1 presente ai capi del primario; inoltre le due tensioni E_2 e E_3 , esistenti rispettivamente ai capi delle due sezioni del secondario, L_2 e L_3 , sono uguali, in qualsiasi caso, fra di loro come ampiezza ma differiscono di 180° .

Se ammettiamo che il circuito sia in condizioni di risonanza, la tensione E presente ai capi del secondario sarà di 180° rispetto alla tensione E_1 presente sul primario e di conseguenza anche ai capi dell'induttanza L. La corrente del secondario, dato che il circuito come abbiamo ammesso è in risonanza, risulta in fase con la corrispondente tensione. Ma questa corrente, scorrendo attraverso L_2 e L_3 , da luogo ad una caduta di tensione che è sfasata di 90° rispetto alla corrente.

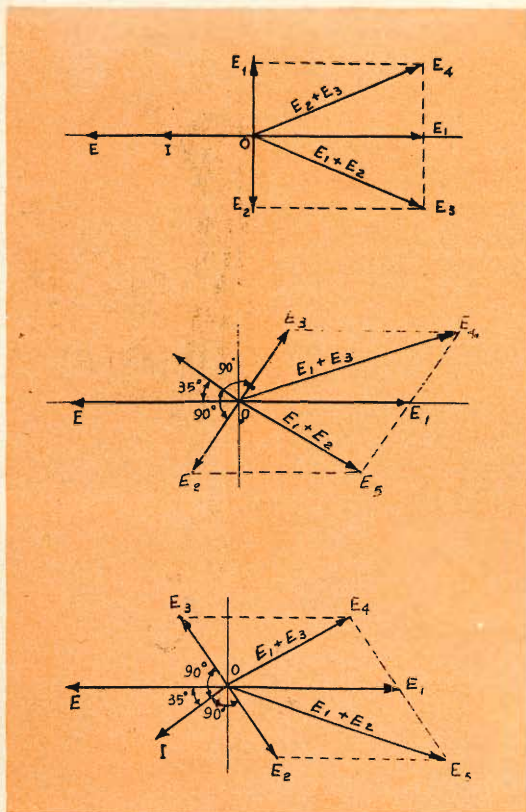


Fig. 9 - Configurazione vettoriale delle tensioni rivelate.

Dovendo essere, da quanto abbiamo detto E_2 ed E_3 di valore uguale ma sfasate di 180° , cioè opposte di fase, ne deriva che si ottiene una configurazione vettoriale uguale a quella indicata in figura 9 a.

Se osserviamo singolarmente il circuito dei diodi vediamo che in ciascuno di essi agiscono due generatori in serie, rispettivamente $E_1 + E_2$ ed $E_1 + E_3$, come è messo in evidenza dalla figura 10.

Di conseguenza ai capi di R_1 e R_2 avremo delle tensioni continue che saranno proporzionali ad $E_1 + E_2$ ed $E_1 + E_3$ e di polarità opposte. Dalla figura 9 a possiamo vedere che, sempre in considerazione della supposta condizione di risonanza, $E_1 + E_2$ è uguale a $E_1 + E_3$, (cioè la somma vettoriale) e che in queste condizioni nel punto A di uscita del segnale rivelato non è presente alcuna tensione.

Nel caso in cui la frequenza cambi ed il circuito venga cioè a trovarsi fuori risonanza, la tensione E ai capi del secondario sarà ancora a 180° rispetto alla tensione E_1 , ma la corrispondente corrente I, non essendo il circuito in risonanza, sarà sfasata rispetto ad E di un angolo proporzionale alla impedenza che presenta il circuito.

Questa corrente scorrendo in L_2 ed L_3 darà luogo ancora a due cadute di tensione E_2 ed E_3 uguali e sfasate di 180° fra loro e a 90° rispetto alla corrente I.

La configurazione in questo caso diverrà quella rappresentata in figura 9b dove si è supposto che fra E ed I sussista uno sfasamento di 35° .

È chiaro che in tali condizioni $E_1 + E_2$ ed $E_1 + E_3$ abbiano valori differenti, di conseguenza nel punto A di figura 10 cioè ai capi dei resistori $R_1 + R_2$ si troverà una tensione proporzionale alla differenza tra $E_1 + E_2$ ed $E_1 + E_3$. La stessa cosa si avrebbe naturalmente se la variazione di frequenza fosse avvenuta in senso opposto, cioè in modo da far ruotare la fase della corrente I rispetto a E in senso opposto come è mostrato in figura 9c. Infatti se nell'esempio precedente la tensione di uscita fosse stata negativa in questo caso sarebbe positiva.

Detto quanto sopra è semplice comprendere il funzionamento del circuito nel

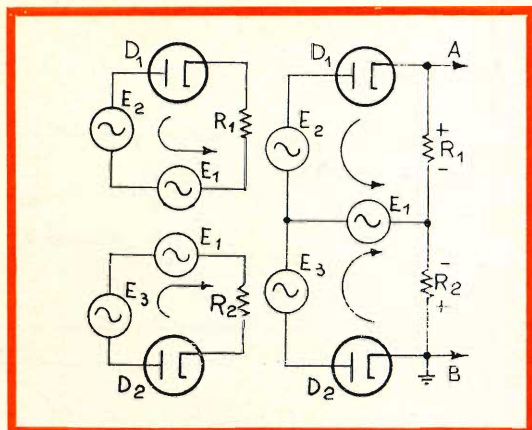


Fig. 10 - Distribuzione delle tensioni in un circuito rivelatore FM.

suo insieme. I due gruppi $R_2 - C_5$ ed $R_1 - C_4$ agiscono esattamente come i gruppi RC di rivelazione usati nei circuiti rivelatori a modulazione di ampiezza. Le due tensioni rivelate sono funzione del valore istantaneo della frequenza, cioè della sua variazione nel tempo.

La tensione di bassa frequenza risulta dalla differenza di queste due tensioni, cioè è proporzionale ai valori istantanei di $E_1 + E_2$ ed $E_1 + E_3$. Dopo la correzione effettuata dal gruppo di de-emphasis costituito dal resistore R_3 e dal condensatore C_6 la tensione di bassa frequenza verrà amplificata nel modo consueto.

Il discriminatore di fase in genere viene realizzato come è illustrato nel circuito pubblicato nella puntata precedente.

Nel circuito suddetto è stata eliminata l'induttanza L la cui costruzione presenta delle difficoltà, dato che essa richiede una reattanza elevata abbinata a dei bassi parametri parassiti. Al suo posto è stato impiegato il resistore R_1 .

Le due capacità di rivelazione, come si può osservare dalla figura stessa, sono state riunite in una sola senza che ciò comprometta le prestazioni del circuito: infatti la sua curva caratteristica è del tutto simile a quella illustrata in figura 7.

Nella prossima puntata parleremo del rivelatore a rapporto.

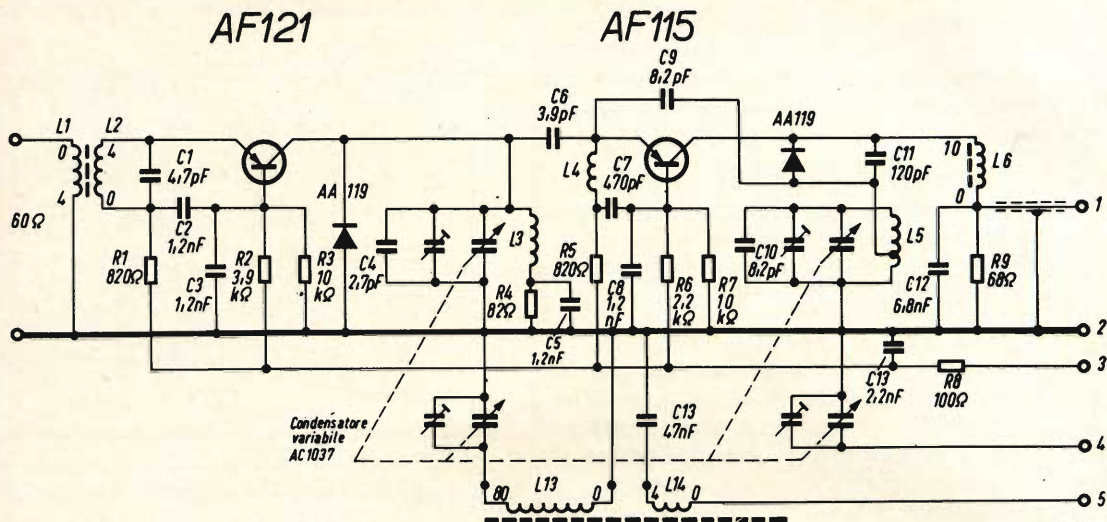


Fig. 11 - Sezione a radiofrequenza FM di un ricevitore per AM/FM.

BREVE ANALISI DI UN RICEVITORE PER FM A TRANSISTORI

In queste note dedicate in parte ai controlli ed alle misure dei ricevitori per FM di nuova costruzione, esamineremo in seguito anche il procedimento da seguire per la messa a punto dei singoli stadi mediante i vari tipi di strumenti, siano essi oscillatori per AM o oscillografi. Adesso riteniamo invece opportuno illustrare brevemente le caratteristiche di un ricevitore AM-EM intrattenendoci brevemente sulla sezione FM.

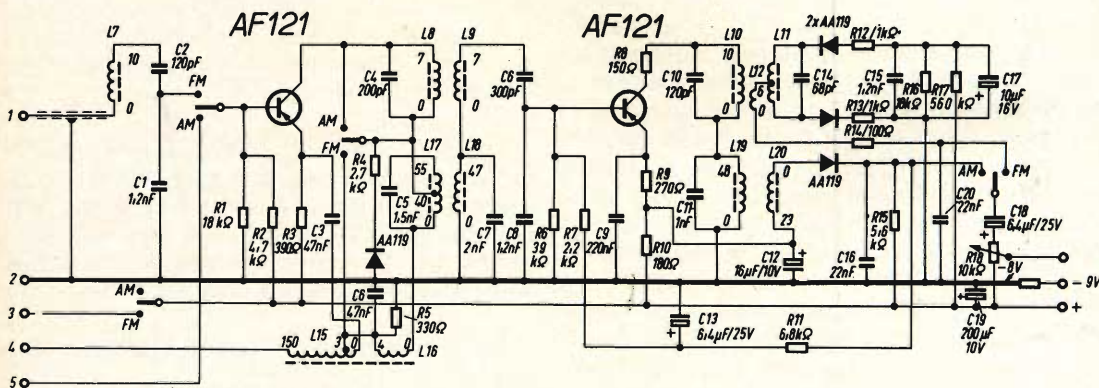
In figura 11 è rappresentato lo schema del circuito ad alta frequenza di un ricevitore del genere adatto a ricevere la gam-

ma fra 87,5 e 108 MHz. Il circuito consiste in un amplificatore ad alta frequenza AF121 che permette di ottenere un buon rapporto fra segnale e disturbo ed un maggiore guadagno. In questo caso la corrente di collettore è di 2 mA e rappresenta il migliore compromesso fra rumore e guadagno.

Il trasformatore d'ingresso, del tipo asimmetrico con impedenza a 60 Ω è stato realizzato in modo da presentare, verso l'emettitore, una suscettanza induttiva di -6 mS che contribuisce a migliorare il rapporto segnale/disturbo.

Il transistor AF115 ha la funzione di convertitore con oscillatore con base co-

Fig. 12 - Sezione di media frequenza di un ricevitore AM/FM.



mune e mescolatore con emettitore comune. La corrente di collettore in questo caso è di 1,4 mA.

A titolo indicativo diciamo che la tensione oscillante, misurata sull'emettitore è, in questo caso, di 150/170 mV con alimentazione a 8 V, mentre scende a 70/90 mV con alimentazione a 5,5 V.

Da notare che fra il sintonizzatore ad alta frequenza e l'amplificatore di media frequenza l'accoppiamento è stato effettuato tramite un filtro di banda il cui primario fa parte del sintonizzatore (L6) mentre il secondario (L7, figura 12), fa parte del circuito di media frequenza.

I due diodi AA119 che sono disposti su entrambi i collettori hanno la funzione di limitatori per i segnali che superino, in antenna, i 500 μ V.

La figura 12 si riferisce al circuito di media frequenza AM/FM. Per quanto concerne la sezione FM il secondario del primo filtro di banda è accoppiato al primario mediante un accoppiamento del tipo capacitativo per corrente. Nel circuito sono stati impiegati due transistori AF121 i quali consentono di ridurre gli stadi di amplificazione da tre, come si usava normalmente, a due soltanto pur mantenendo inalterato tanto il guadagno quanto la selettività ciò per il fatto che il transistor AF121 avendo una capacità di collettore molto bassa permette di ottenere, a parità di fattore di stabilità, un maggiore guadagno ad esempio del transistor

AF116 inoltre i valori relativamente bassi delle conduttanze d'ingresso e di uscita permettono di ottenere dei fattori di merito tali da ottenere la selettività richiesta con una banda sufficientemente ampia.

Il secondo transistor ha una resistenza di basso valore sul circuito di collettore allo scopo di evitare fenomeni di auto-oscillazione che potrebbero formarsi in relazione alla elevata amplificazione dello stadio. L'adattamento delle basi, sia in AM che in FM, è stato ottenuto mediante dei partitori capacitivi per semplificare la costruzione delle bobine.

E' importante mettere in evidenza che il rivelatore a rapporto usato è del tipo asimmetrico. Ciò consente di ottenere una uscita a bassa impedenza e quindi un migliore adattamento con l'impedenza di ingresso dell'amplificatore di bassa frequenza che è dell'ordine di 3/4 k Ω .

Due resistenze in serie ai diodi ne rendono più simmetrica la caratteristica e contribuiscono a migliorare la reiezione alla AM. Inoltre i diodi sono polarizzati nel senso della conduzione (+I_a - 5 μ A) allo scopo di mantenere costante la larghezza di banda e di migliorare la reiezione a bassi livelli del segnale.

Riteniamo con questa breve parentesi di aver soddisfatto quei lettori che ci avevano scritto per avere qualche chiarimento circa i circuiti RF/MF dei ricevitori FM a transistori.

Due grosse iniziative stanno per essere intraprese, in Inghilterra, allo scopo di potenziare la diffusione dei nastri preregistrati, dalla Ampex Stereo e dalla King Stereo.

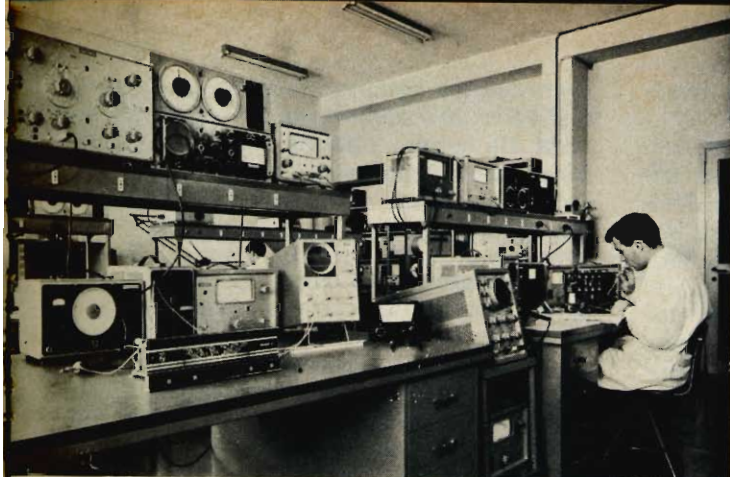
La Ampex ha preso accordi con alcune importanti industrie di lubrificanti per vendere i nastri nei garage antistanti le fabbriche. La King Stereo, invece, ha precisato che installerà, in parecchie stazioni di rifornimento, la prima « libreria » di nastri preregistrati di tutta l'Inghilterra.

La prima iniziativa sarà protesa non esclusivamente ma soprattutto verso la cartuccia, che, secondo la Ampex, sta attualmente riscuotendo maggior successo nell'impiego su automobili che non la cassetta.

La Ampex ha anche precisato che le cartucce saranno dapprima esposte nei garage, e in seguito verranno distribuite da apposite macchinette automatiche già di largo uso negli U.S.A.

La King presenterà, invece, una speciale confezione contenente un mangianastri e due cartucce, venduta al pubblico al prezzo di lire 60.000. Chi acquisterà questo pacco diverrà automaticamente membro della « libreria » e potrà sostituire i suoi nastri con altri nuovi, pagando una differenza di 1.100 lire.

Ciò nonostante, Martin Yale, direttore generale della Ampex, ha così commentato l'iniziativa della casa concorrente: « Sono convinto che, pur essendo una buona trovata, questa 'libreria' non potrà influire negativamente sulla vendita delle nostre cartucce ».



SERVIZIO RADIO-TV

LA MESSA A PUNTO DEI RICEVITORI A MODULAZIONE DI FREQUENZA

SELETTIVITÀ ED INTERFERENZE

di P. Soati

La selettività di un ricevitore a modulazione di frequenza, come per un ricevitore a modulazione di ampiezza, è definita dalla sua attitudine a ricevere un segnale, sul quale è sintonizzato, escludendo ogni altro segnale che abbia una frequenza differente.

La selettività fra due segnali, uno desiderato e l'altro non desiderato, e quindi definito interferente, che siano applicati simultaneamente ad un ricevitore per FM è espressa per ciascun valore del disaccordo del secondo, dal dislivello, all'entrata fra i due segnali, che è necessario per ottenere un determinato dislivello fra le corrispondenti potenze di uscita su un carico fittizio.

Per effettuare una misura del genere i due segnali dovranno essere applicati al ricevitore preferibilmente mediante l'impiego di un'antenna fittizia doppia.

Il segnale desiderato scelto sulle frequenze di prova, di cui alla prima puntata,

del 3° gruppo, cioè su 94 MHz, verrà modulato in frequenza mediante una nota di 400 Hz al 30% e regolato per una tensione di 0,55 mV, per impedenza di ingresso di 75 Ω , oppure di 1,1 V per impedenza di ingresso di 300 Ω .

La tensione del segnale indesiderato che inizialmente potrà essere portato sulla posizione di + 100 kHz, durante questa prima prova sarà ridotta a zero. Il ricevitore sarà accordato per la massima uscita (circuiti di alta e media frequenza) mentre il controllo manuale di volume dovrà essere regolato in modo che per una potenza di uscita P_{oi} , ad esempio di 500 mW, non si verifichi sovraccarico.

Si toglierà quindi la modulazione del segnale desiderato mentre la tensione del segnale indesiderato, modulata come indicato più sopra, verrà aumentata da zero ad un valore tale che la potenza di uscita P_{oi} , da esso prodotta, risulti 30 dB

al di sotto di quella ottenuta con il segnale desiderato.

La suddetta misura si eseguirà naturalmente per differenti disaccordi del segnale indesiderato, rispetto a quello desiderato, ad esempio di ± 100 kHz, ± 200 kHz, ± 300 kHz, ± 400 kHz e ± 500 kHz.

Le misure, a seconda della qualità del ricevitore, possono essere ripetute per diversi valori di tensione del segnale desiderato, come ad esempio, $55 \mu\text{V}$ e $5,5$ mV a 75Ω , oppure $110 \mu\text{V}$ e 11 mV a 300Ω , e per differenti frequenze di accordo (ad esempio, 88, 90, 92, 96 kHz, ecc.).

È opportuno controllare, prima di iniziare le misure, che esse non siano disturbate da fruscio o da ronzio. L'inserimento di un filtro a 400 Hz, prima del voltmetro, di uscita è sempre consigliabile.

Qualora applicando il segnale indesiderato, non modulato, si notasse una variazione della potenza di uscita prodotta dal segnale desiderato occorre ritoccare la posizione del controllo manuale del volume.

Espressione dei risultati

La curva, o le curve di selettività si tracciano normalmente su di un grafico, sulle cui ascisse è riportata, in scala lineare, la differenza fra le frequenze dei segnali desiderato ed indesiderato, e sul-

le ordinate, sempre in scala lineare, il dislivello in decibel fra i segnali all'entrata. Un esempio di una curva del genere è riportato in figura 2.

Interferenza su canali adiacenti

L'interferenza su canali adiacenti è misurata dal dislivello tra la potenza d'uscita, su un carico fittizio, prodotta dal segnale desiderato unitamente al segnale indesiderato, agenti simultaneamente con identica tensione di entrata e con una differenza di frequenza prestabilita.

Come nel caso della misura della selettività i due segnali dovranno essere applicati al ricevitore mediante una antenna fittizia.

Qualora non si desiderino fare delle misure di carattere particolare si può scegliere come differenza di frequenza fra i due segnali il valore di 300 kHz. Il segnale desiderato sarà regolato sulla frequenza di 94 MHz e modulato normalmente in frequenza con una nota di 400 Hz al 30%. Esso dovrà essere predisposto per un valore di tensione di $0,55$ mV a 75Ω , o di $1,1$ mV per 300Ω .

Il segnale indesiderato sarà portato inizialmente al livello di tensione nullo, mentre il ricevitore sarà sintonizzato in modo da avere la massima uscita e con il regolatore di volume in una posizione che, a sintonia eseguita, consenta di ave-

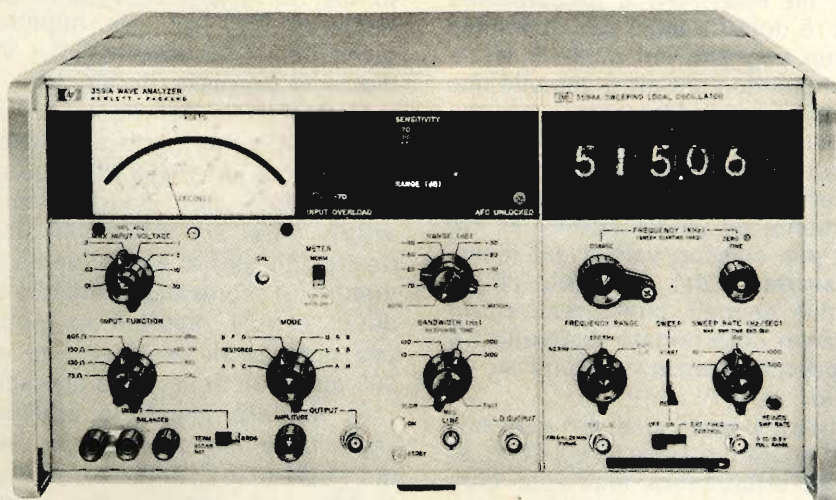


Fig. 1 - Voltmetro selettivo della Hewlett-Packard usato nelle radio comunicazioni. Portata da $3 \mu\text{V}$ a 30 V (modello 3591-A).

re una potenza di uscita P_u senza alcun sovraccarico (generalmente 500 mW).

Anche in questo caso dopo avere eseguito le suddette operazioni si toglie la modulazione del segnale desiderato mentre il livello del segnale indesiderato, regolarmente modulato, sarà aumentato da zero ad un valore di 0,55 mV per ingresso a 75 Ω o al 1,1 mV per ingresso a 300 Ω .

La misura dovrà essere ripetuta invertendo il segno del disaccordo fra i due segnali, cioè passando da una differenza di frequenza di + 300 kHz ad una differenza di - 300 kHz.

Il risultato della misura, in corrispondenza dei due valori previsti per il disaccordo, cioè di ± 300 kHz, è dato dal dislivello in decibel fra la potenza P_{ui} del segnale indesiderato e la potenza normale di uscita P_u , cioè da $10 \log P_{ui}/P_u$.

Interferenza sulla frequenza intermedia

L'interferenza sulla frequenza intermedia è misurata dal dislivello all'entrata fra il segnale a frequenza intermedia ed il segnale desiderato, che sono necessari per ottenere la stessa potenza all'uscita quando siano applicati l'uno in assenza dell'altro.

Per effettuare questo genere di controllo occorre collegare un generatore di segnali al ricevitore, mediante un'antenna fittizia, sintonizzandolo su una delle frequenze normali, ad esempio 94 MHz, e regolandolo per la tensione di uscita, per cui si desidera effettuare la misura, con modulazione di una nota a 400 Hz al 30%.

Su questo segnale, che è quello desiderato, si sintonizzerà il ricevitore in modo da ottenere la massima uscita quindi si agirà sul regolatore manuale di volume in modo da avere un adatto valore della potenza di uscita P_u , ad esempio di 500 mW.

Successivamente si porterà la frequenza del generatore di segnali sul valore corrispondente alla frequenza intermedia del ricevitore. Si varierà quindi la tensione di uscita del generatore fino ad ottenere, in uscita del ricevitore, la stessa potenza di uscita P_u prodotta nella prima prova dal segnale desiderato.

La suddetta misura dovrà essere effettuata almeno per tutte le frequenze del

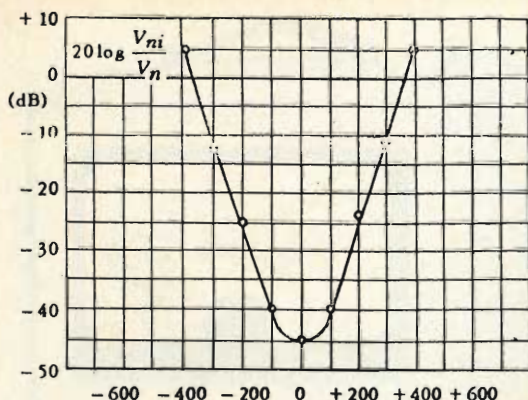


Fig. 2 - Curva di selettività per un ricevitore FM con due segnali: segnale desiderato $V_s = 550 \mu V$ 75 Ω f 94 MHz.

secondo gruppo (cioè 88, 94 e 100 MHz).

La tensione del segnale desiderato non dovrà essere troppo elevata affinché il controllo automatico di sensibilità non falsi il risultato delle prove. D'altra parte il segnale non dovrà essere talmente basso che la misura possa essere disturbata dalla presenza di fruscio o di ronzio.

Il risultato della misura sarà espresso dal dislivello in decibel all'entrata fra i due segnali.

Desiderando rappresentare graficamente l'andamento del dislivello in funzione della frequenza di accordo del ricevitore, si può riportare il dislivello stesso su un sistema di assi cartesiani, in cui il dislivello è riportato in decibel sulle ordinate e la frequenza di accordo sulle ascisse. Un esempio di un grafico del genere è visibile in figura 3.

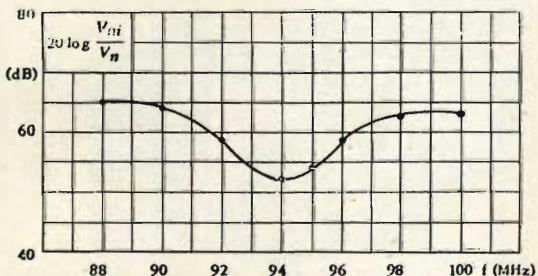


Fig. 3 - Curva relativa alla interferenza sulla frequenza intermedia: segnale desiderato $V 55 \mu V$ a 75 Ω .

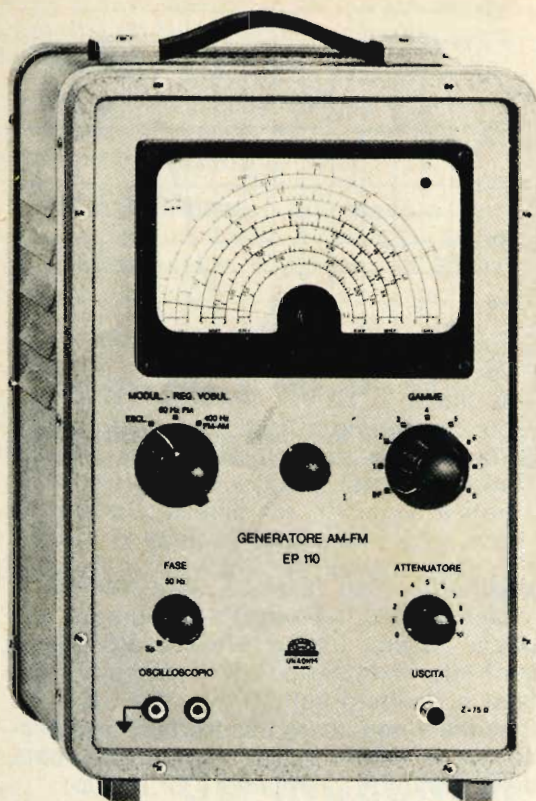


Fig. 4 - Generatore di segnali AM-FM, EP110 della UNAOHM gamme: 150-400 kHz, 400-1200 kHz, 1200-3800 kHz, 3,8-13 MHz, 13-40 MHz, 6-7 MHz, 10-12 MHz, 87-110 MHz.

Interferenza sulla frequenza immagine

L'interferenza sulla frequenza immagine di un ricevitore a modulazione di frequenza è misurata dal dislivello all'entrata tra il segnale a frequenza immagine ed il segnale desiderato che sono necessari

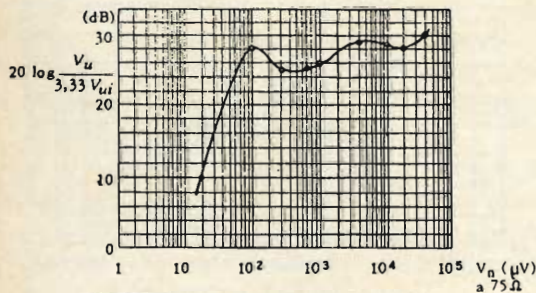


Fig. 5 - Grafico relativo alla soppressione di ampiezza di un ricevitore FM.

per ottenere la stessa potenza di uscita.

Anche in questo caso si impiega un generatore di segnali che sarà predisposto come spiegato nel paragrafo precedente, relativo al controllo delle interferenze sulla frequenza intermedia.

Dopo aver provveduto a sintonizzare il ricevitore sulla frequenza desiderata, e per la massima uscita, si agirà sul regolatore manuale di volume in modo da ottenere un opportuno valore di potenza di uscita P_u . Eseguita queste operazioni la frequenza del generatore di segnali sarà portata sul valore corrispondente alla frequenza immagine del ricevitore. Si varierà quindi la tensione di uscita del generatore fino al valore che sarà necessario per conseguire all'uscita del ricevitore la stessa potenza P_u prodotta dal segnale desiderato. Questa misura naturalmente può essere effettuata sulla frequenza di 94 MHz ed anche su altre.

La tensione del segnale non dovrà essere molto elevata per evitare che il controllo automatico della sensibilità possa falsare i risultati delle misure.

I risultati della misura saranno espressi dal dislivello in decibel all'entrata fra i due segnali.

Soppressione della modulazione d'ampiezza

La soppressione della modulazione di ampiezza è misurata dal dislivello, alla uscita su carico fittizio, tra la potenza dovuta alla modulazione di frequenza e la potenza dovuta alla modulazione di ampiezza, a specificate profondità di modulazione.

Nel metodo di misura con generatore di segnale questi dovrà essere collegato al ricevitore tramite una antenna fittizia e modulato contemporaneamente in frequenza a 400 Hz al 100% ed ampiezza a 1000 Hz al 30%.

Il voltmetro di uscita dovrà essere collegato ai terminali del carico fittizio, alternativamente attraverso un filtro a 400 Hz, per misurare il segnale desiderato, cioè FM, ed un filtro per 1000 Hz per misurare il segnale indesiderato, cioè in AM. Naturalmente al posto del voltmetro munito dei suddetti filtri si potrà impiegare un analizzatore armonico.

Nel caso si utilizzino degli analizzatori

armonici (circuiti o voltmetri selettivi) si dovrà controllare la presenza di eventuali componenti armoniche del segnale indesiderato ed eventualmente tenerne conto.

In alternativa si possono usare per la prima misura un filtro passa-basso e per la seconda misura un filtro passa-alto, con frequenza di taglio di circa 650 Hz, in entrambi i casi. È sempre opportuno accertarsi che le misure non possano essere disturbate dal fruscio o dal ronzio.

Il ricevitore dovrà essere quindi accordato per la massima reiezione della modulazione di ampiezza e con il regolatore dell'intensità, regolato per la tensione di uscita V_0 del segnale a 400 Hz corrispondente alla potenza di uscita normale. Eseguite queste operazioni si inserirà il filtro a 1000 Hz, all'uscita, leggendo la tensione di uscita V_{oi} del segnale indesiderato.

La misura di regola dovrà essere effettuata per le seguenti tre tensioni del segnale di entrata: $55 \mu\text{V}$, $550 \mu\text{V}$ e $5,5 \text{ mV}$

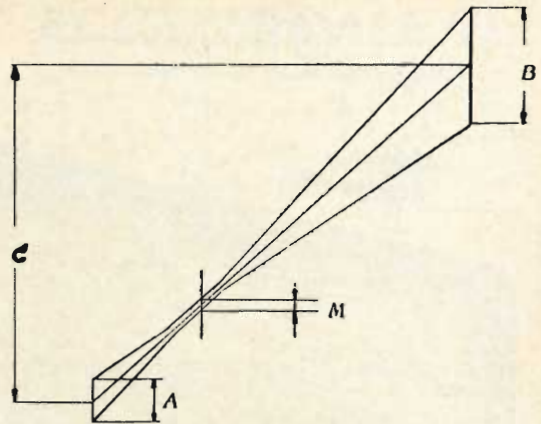


Fig. 6 - Presentazione oscillografica della soppressione della modulazione di ampiezza.

per ingresso a 75Ω e per $110 \mu\text{V}$, $1,1 \text{ mV}$ e 11 mV per ingresso a 300Ω . In taluni casi può essere convenientemente estesa anche ad altre tensioni a partire da $5,5 \mu\text{V}$ ($11 \mu\text{V}$ a 300Ω).

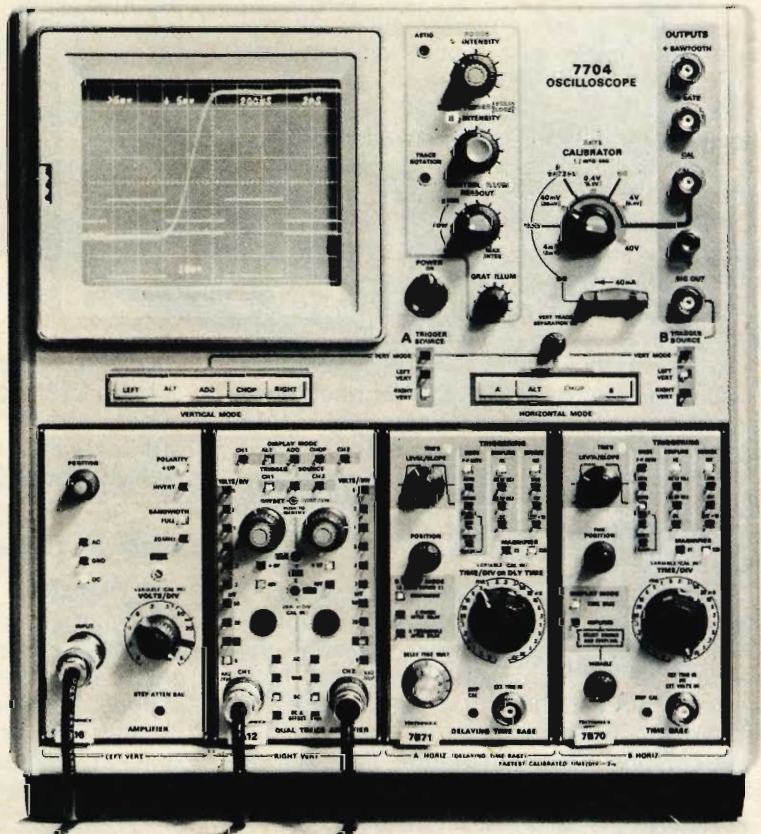


Fig. 7 - Moderno oscilloscopio della Tektronix (Silverstar) modello 7704.

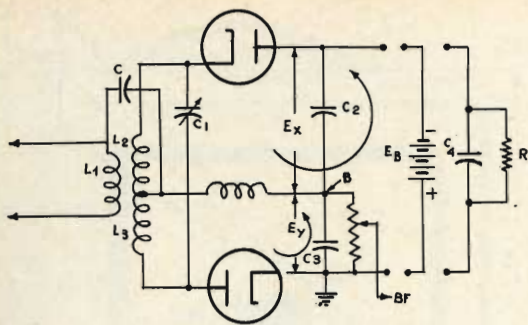


Fig. 8 - Schema di principio di un rivelatore a rapporto.

Il risultato delle suddette misure è espresso dal dislivello in decibel all'uscita fra le tensioni di V_u e V_{ui} , previa moltiplicazione di quest'ultima per 3,33 al fine di riportarla alla modulazione del 100%. Di conseguenza il risultato è dato da:

$$20 \log \frac{V_u}{3,33 V_{ui}}$$

I risultati possono essere anche espressi graficamente. In tal caso la rappresentazione grafica delle misure eseguite a differenti tensioni di entrata può essere eseguita riportando nelle ascisse, in scala logaritmica, la tensione del segnale di entrata e sulle ordinate, in scala lineare, il corrispondente rapporto logaritmico, in soppressione della modulazione di ampiezza, espresso in decibel.

La figura 5 si riferisce ad un grafico del genere.

In alternativa con il metodo precedente è possibile ricorrere al metodo oscillografico il quale presenta il vantaggio di una completa visione dei fenomeni.

Il generatore ed il ricevitore sono predisposti come nel caso precedente e le misure saranno eseguite attenendosi alle stesse norme.

Come misuratore si usa invece un oscillografo al cui asse orizzontale si applica, attraverso uno sfasatore il segnale che modula in frequenza il generatore. L'asse verticale è collegato ai capi del carico fittizio di uscita del ricevitore.

Regolando opportunamente l'oscillografo e lo sfasatore si ottiene un'immagine come quella illustrata nella figura 6.

In questa immagine C è proporzionale alla tensione di uscita prodotta dal segnale desiderato mentre A, B ed M sono proporzionali alla tensione di uscita prodotta dal segnale indesiderato.

Nella interpretazione dei risultati si distinguono un rapporto logaritmico di soppressione sbilanciato R_s , un rapporto logaritmico di soppressione bilanciato R_b ed un rapporto logaritmico di soppressione massimo R_m .

Inoltre si riporta la modulazione di ampiezza al 100%. I vari rapporti sono calcolati nel seguente modo:

$$R_s = 20 \log 0,6 \frac{C}{A - B}$$

$$R_b = 20 \log 0,6 \frac{C}{A + B}$$

$$R_m = 20 \log 0,3 \frac{C}{M}$$

Le espressioni R_s e R_b valgono per il caso illustrato in figura in cui il punto di minima distanza verticale si trova nella parte visibile dell'immagine; se invece il punto d'incrocio è fuori di tale parte visibile dell'immagine, si hanno le seguenti espressioni:

$$R_s = 20 \log 0,6 \frac{C}{A + B}$$

$$R_b = 20 \log 0,6 \frac{C}{A - B}$$

Le misure dovranno essere ripetute per ognuna delle altre tensioni all'entrata. In questo modo è possibile rappresentare graficamente i risultati analogamente a quanto detto per il metodo precedente.

Note sui rivelatori a rapporto

Il rivelatore a rapporto, noto con il termine inglese di ratio dectetor, deriva dal rivelatore a sfasamento e ne differisce per il fatto che con una opportuna disposizione dei diodi è stato possibile rendere il rivelatore stesso insensibile alle variazioni di ampiezza e di conseguenza esso viene ad esercitare anche le funzioni di limitatore.

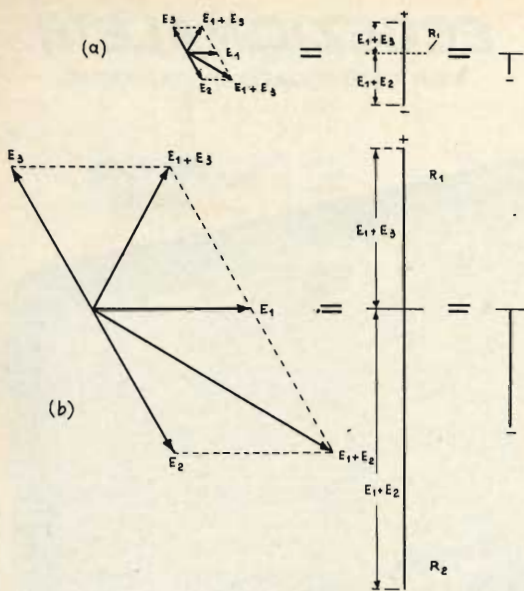


Fig. 9 - Comportamento del rapporto E_x/E_y con il variare dell'ampiezza di un segnale.

Lo schema di un circuito di rivelatore a rapporto a valvole è mostrato in figura 8.

Si può osservare che mentre il convertitore di modulazione è lo stesso del rivelatore a sfasamento uno dei due diodi risulta invece invertito. Se esaminiamo attentamente il funzionamento di questo circuito si può notare che non vi è niente di mutato rispetto al rivelatore a sfasamento, almeno per ciò che riguarda il circuito fino ai due diodi, per contro le due tensioni rivelate, che prima erano contrapposte, risultano in questo caso in serie fra di loro.

Questa tensione complessiva è mantenuta costante dalla tensione della batteria E_b . Le due tensioni rivelate E_x ed E_y possono variare l'una rispetto all'altra ma la loro somma rimane costante mentre ciò che varia proporzionalmente alla frequenza istantanea, cioè alla modulazione, è il rapporto E_x/E_y .

Parlando del rivelatore a sfasamento è stato detto che la tensione rivelata a bassa frequenza è proporzionale alla differenza tra le tensioni di radio frequenza $E_1 + E_2$ ed $E_1 + E_3$. Nel rivelatore a rapporto il circuito di rivelazione, a valle dei diodi, è configurato in modo da ottenere una analoga proporzionalità. La differenza sta nel fatto che l'elemento determinante,

è, come abbiamo detto, il rapporto E_x/E_y , o meglio il rapporto $E_1 + E_2 / E_1 + E_3$, e, come è evidente dalla figura 9, questo rapporto non varia con il variare dell'ampiezza del segnale.

Osserviamo che il circuito così disposto riduce a metà la tensione di uscita, con una perdita di circa 6 dB, rispetto al rivelatore a sfasamento. Supponiamo infatti che per un certo valore di ampiezza della portante e in assenza di modulazione, risulti $E_x = E_y = 5$ V. Fissiamo $E_b = 10$.

Il potenziale del punto B, punto di prelievo del segnale di bassa frequenza, essendo $C_2 = C_3$ sarà $E_b/2 = 5$ V.

Per una deviazione di frequenza tale che ne risulti $E_x = 4$ V, $E_y = 6$ V nel rivelatore a sfasamento si avrebbe una tensione di BF di $6 - 4 = 2$ V.

Nel rivelatore a rapporto essendo il potenziale di riferimento in B di 5 V, ne risulta che la tensione BF è $E_y = E_b/2 = 5$ V.

La figura 10 indica i valori delle varie grandezze per i tre casi tipici. Fino adesso abbiamo supposto che l'ampiezza del segnale fosse costante. Se questa ampiezza aumentasse, dovrebbe aumentare anche la tensione totale rivelata, ma a ciò si oppone la tensione E_b che mantiene fisso il potenziale totale, indipendentemente dall'ampiezza della portante e dalle sue possibili variazioni.

Supponiamo per un istante che non sia connessa la batteria che fornisce il potenziale E_b ; il potenziale del punto B, figura 8, come sappiamo, in presenza di una portante non modulata, è la metà della tensione totale rivelata. Se la portante variesse in ampiezza, varierebbe anche la tensione raddrizzata e quindi anche il potenziale del punto B, il quale è il punto di prelievo del segnale di BF, e quindi se la variazione di ampiezza avviene a frequenza acustica ne risulterebbe in B un segnale udibile che disturberebbe.

È evidente però che se la tensione totale rivelata, quindi il potenziale di riferimento in B, viene mantenuta costante la variazione di ampiezza non può provocare il disturbo; la batteria compie una regolazione statica, indipendente dal livello del segnale RF di entrata. Ma per quanto abbiamo precedentemente fatto osservare, solo le variazioni di ampiezza che abbiano una frequenza acustica possono dare ori-

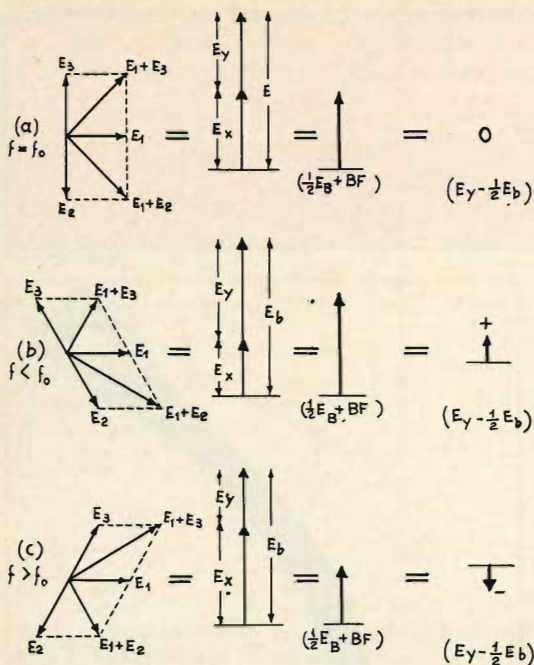


Fig. 10 - Comportamento delle tensioni di un rivelatore a rapporto in tre casi tipici.

gine ad un disturbo udibile: è sufficiente pertanto che la tensione sia stabilizzata per le minime frequenze acustiche che si desiderano riprodurre.

Di conseguenza è possibile realizzare la regolazione dinamica mediante una capacità volano C_4 , figura 11, di valore tale che insieme al resistore R , abbia una costante di tempo dell'ordine di 0,1 sec. In tale caso il funzionamento del circuito è il seguente: la tensione raddrizzata

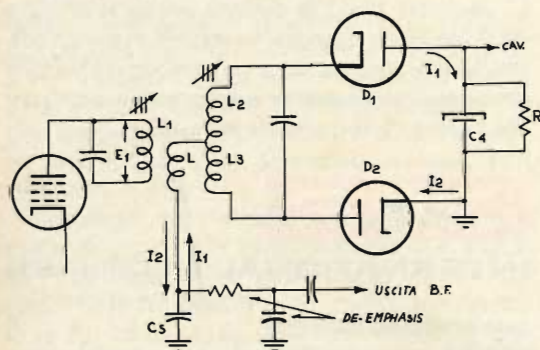


Fig. 11 - Schema di un rivelatore a rapporto per ricevitore FM.

complessiva si localizza ai capi di R e carica il condensatore C_4 . Finché l'ampiezza del segnale RF, e quindi la tensione presente ai capi di R , è costante nel condensatore C_4 non scorre alcuna corrente esclusa una debolissima corrente di perdita. Con l'aumentare dell'ampiezza del segnale RF la tensione ai capi di R tende a salire, di conseguenza C_4 assorbe corrente ed aumenta il carico per i diodi. Ma un aumento del carico equivale ad una riduzione della tensione raddrizzata e di conseguenza l'aumento di ampiezza non dà luogo ad alterazione della tensione totale raddrizzata. Il funzionamento naturalmente è analogo anche in caso di diminuzione di ampiezza: diminuendo infatti la tensione ai capi di R , C_4 eroga corrente la qualcosa equivale ad una diminuzione del carico sui diodi.

Occorre notare che in caso della regolazione dinamica il valore della tensione stabilizzata non è fisso, ma è in relazione all'ampiezza media del segnale RF, quindi la tensione stabilizzata, analogamente al caso dei limitatori, può essere utilizzata come tensione per il controllo automatico del volume.

La realizzazione pratica di un rivelatore a rapporto differisce alquanto dallo schema di principio, come è possibile osservare dalla figura 11.

L'induttanza L , che è accoppiata ad L_1 consente di conseguire il necessario adattamento d'impedenza fra l'alta impedenza del tubo pilota e la bassa impedenza del circuito rivelatore al cui estremo inferiore, cioè ai capi di C_5 è presente la tensione di bassa frequenza.

Infatti il circuito del diodo D_1 è: L, L_2, D_1, C_4 massa e C_5 , quello del diodo D_2 è invece: L, L_3, D_2 , massa e C_5 . Data la posizione dei diodi le correnti nei due circuiti hanno l'andamento indicato dalle frecce: ne risulta che C_5 , comune ai due circuiti, è percorso dalle correnti in senso opposto, e che quindi la tensione utile che se ne ottiene, è funzione della differenza dei valori istantanei delle due correnti. Osservando poi il senso delle correnti rispetto a C_4 ed R vediamo che esso è concorde, come nello schema di principio. Questa versione del rivelatore a rapporto è la più comunemente usata nei ricevitori minori per AM e FM.

Il rivelatore a rapporto presenta il notevole vantaggio di compiere esso stesso la limitazione eliminando la necessità di usare dei limitatori separati, con riduzione del numero di tubi, o di transistori, e dei circuiti. Esso presenta però alcuni inconvenienti. Infatti la limitazione è sempre meno efficiente di quella ottenibile con un limitatore vero e proprio, inoltre la limitazione ottima si ha soltanto per un campo non molto esteso di valori della tensione di radio frequenza all'ingresso. Per questi motivi frequentemente si ricorre all'impiego di una parziale limitazione da parte degli stadi che precedono

lo stadio rivelatore, oppure dando opportuni valori ai gruppi R e C del circuito del CAV.

Anche la realizzazione del rivelatore a rapporto non è molto semplice. In primo luogo occorre curare al massimo la simmetria sia dei circuiti sia dei tubi o dei transistori.

È evidente pertanto che il rivelatore a rapporto è impiegato preferibilmente nei ricevitori di tipo economico mentre quello a sfasamento, unitamente ad uno o più stadi limitatori, è preferito per i ricevitori di classe elevata e per quelli professionali.

L'organismo per l'Aviazione Civile austriaco ha ordinato alla Selenia una ulteriore installazione di radar di controllo del traffico aereo destinati all'aeroporto di Graz.

La ditta italiana ha già fornito all'Austria due radar ATCR-Z a banda L a lungo raggio, installati a Bushberg e Kohlberg, ed all'ultima installazione presto sarà aggiunto un sistema radar di sorveglianza secondario Cossor.

Il radar primario per Graz sarà il nuovo ATCR-3T della Selenia, ed il contratto include forniture di accessori e di parti.

Le Industrie Anglo-Americane in Italia Vi assicurano un avvenire brillante

INGEGNERE

regolarmente iscritto nell'Ordine di Ingegneri Britannici

Corsi POLITECNICI INGLESI Vi permetteranno di studiare a casa Vostra e conseguire **tramite esami**, i titoli di studio validi:

INGEGNERIA Elettronica - Radio TV - Radar - Automazione - Computers - Meccanica - Elettronica ecc., ecc.

LAUREATEVI

all'UNIVERSITA' DI LONDRA

seguendo i corsi per gli studenti esterni « University Examination »:
Matematica - Scienze - Economia - Lingue ecc...

RICONOSCIMENTO LEGALE IN ITALIA in base alla legge n. 1940 Gazz. Uff. n. 49 del 20-3-63

- una **carriera** splendida
- un **titolo** ambito
- un **futuro** ricco di soddisfazioni

Informazioni e consigli senza impegno - scriveteci oggi stesso



BRITISH INST. OF ENGINEERING
Italian Division

10125 TORINO - Via P. Giuria 4/s

Sede centrale a Londra - Delegazioni in tutto il mondo





**SERVIZIO
RADIO-TV**

LA MESSA A PUNTO DEI RICEVITORI A MODULAZIONE DI FREQUENZA

di P. Soati

CARATTERISTICA DI ACCORDO DI UN RICEVITORE FM

La caratteristica di accordo di un ricevitore a modulazione di frequenza esprime, al variare della frequenza del segnale applicato all'entrata e per una posizione fissa di accordo del ricevitore, la relazione che esiste fra la potenza di uscita, su carico fittizio, e la frequenza del segnale stesso avente ampiezza e profondità di modulazione costanti.

Per eseguire la misura il generatore di segnali, predisposto su una delle frequenze di prova normali (ad esempio 94 MHz), deve essere collegato al ricevitore tramite un'antenna fittizia. La tensione di entrata, modulata in frequenza a 400 Hz, 30%, non deve essere elevata per evitare che il controllo automatico della sensibilità possa alterare il risultato delle misure; essa non deve essere per-

altro troppo bassa per evitare altresì disturbi dovuti alla presenza di ronzio o di fruscio. Eventualmente prima del voltmetro di uscita si può inserire un filtro a 400 Hz.

Il ricevitore sarà accordato in modo da ottenere la massima uscita, mentre il controllo manuale del volume sarà regolato in modo da avere una potenza di uscita normale (50 mW, 500 mW o altra del genere, a seconda del tipo di ricevitore in prova).

Per ciascuna frequenza controllata il risultato della misura è dato dal dislivello in decibel tra la potenza di uscita misurata e la potenza di uscita normale.

La caratteristica di accordo viene rappresentata graficamente mediante una curva, di cui diamo un esempio in figura 1. Sulle ascisse del grafico si riporterà in

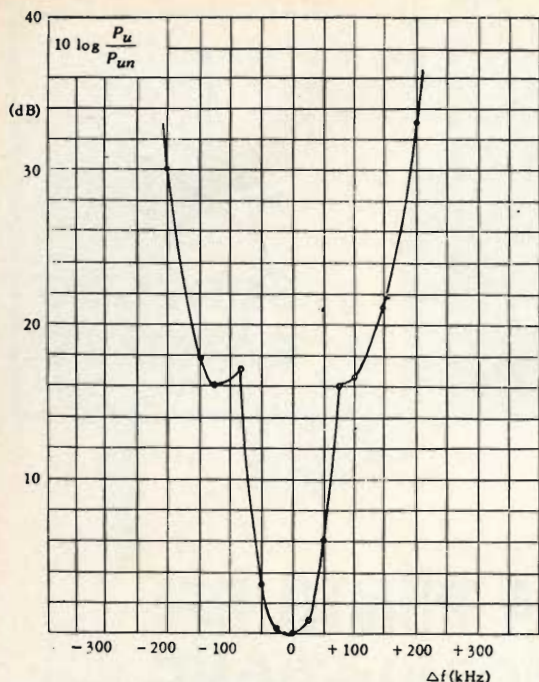


Fig. 1 - Caratteristica di accordo di un ricevitore FM. Segnale: $V_n = 55 \mu\text{V}$ con impedenza di ingresso a 75Ω .

scala lineare, la differenza fra la frequenza di accordo e quella di misura e sulle ordinate, sempre in scala lineare, il dislivello in decibel fra la potenza di uscita misurata e quella normale. Usando come parametro le tensioni di entrata possono essere tracciate varie curve.

INTERFERENZE DA ATTRIBUIRE A FREQUENZE ARMONICHE

L'interferenza in oggetto è dovuta al battimento fra le armoniche del segnale ricevuto e quelle dell'oscillatore locale. Essa è misurata dal dislivello fra la potenza di uscita dovuta ad una interferenza, in una generica condizione di disaccordo, e quella che si ottiene mediante l'accordo. La tensione del segnale all'entrata deve essere piuttosto elevata e molto costante.

La misura si eseguirà con le stesse modalità indicate per la soppressione della modulazione di ampiezza (puntata precedente), ma con tensione di entrata molto più elevata.

Si esplorerà accuratamente tutta la gamma allo scopo di mettere in rilievo l'eventuale possibilità da parte del ricevitore di essere disturbato da armoniche di segnali che, generate a causa di distorsioni nel circuito di ingresso, provochino un battimento con le armoniche dell'oscillatore locale, dando luogo ad un segnale di frequenza intermedia.

Se come generalmente accade, la frequenza dell'oscillatore locale è più alta della frequenza di accordo f_a del ricevitore, è possibile prevedere la frequenza f_d del generatore in corrispondenza della quale si manifesterà il disturbo, mediante la relazione:

$$f_d = \frac{m (f_a + f_i) \pm f_i}{n}$$

dove m è l'ordine dell'armonica dell'oscillatore locale, n quello dell'armonica del segnale di misura, f_a la frequenza di accordo del ricevitore, f_i la frequenza intermedia.

Se la frequenza dell'oscillatore locale fosse inferiore a quella di f_a d'accordo del generatore, la precedente relazione dovrebbe essere sostituita dalla seguente:

$$f_d = \frac{m (f_a - f_i) \pm f_i}{n}$$

Anche in questo caso è opportuno controllare che le misure non siano disturbate da rumore di fondo o da fruscio.

Le misure relative all'interferenza, in genere sono riportate sotto forma di tabella.

Diamo di seguito un esempio tabellare relativo ad una interferenza per battimento fra le armoniche del segnale interferente e quelle dell'oscillatore locale.

f_i MHz	f_a MHz	n	m	f_d MHz	V_n mV	$10 \log \frac{P_{oi}}{P_o}$ (in dB)
94	104,7	2°	2°	99,35	55	-40
...
...

Fig. 2 - Generatore di segnali di tipo professionale Marconi TF 1066 B/6 da 10 a 470 MHz per AM e FM con deviazione di frequenza da 0 a 100 kHz.



INTERFERENZA DEI SEGNALI A.F. NELLA RIPRODUZIONE FONOGRAFICA

Questo genere di interferenza si rileva col ricevitore a modulazione di frequenza predisposto per la riproduzione fonografica ed è misurata dalla potenza perturbatrice prodotta all'uscita da un segnale a radiofrequenza. Il ricevitore dovrà dunque essere portato nella posizione fono con il rivelatore fonografico incluso, oppure sostituendolo con un resistore avente il valore di 100 k Ω .

Il generatore di segnali, modulato in frequenza a 400 Hz 30% (figura 2), sarà connesso al ricevitore tramite un'antenna fittizia. La tensione sarà regolata ad un valore di 55 mV per ingresso a 75 Ω o a 110 mV per ingresso a 300 Ω . I comandi dei ricevitori dovranno essere predisposti per la massima uscita. Variando la frequenza del generatore entro la gamma di ricezione, ed anche attorno ai valori della frequenza intermedia, si cercherà una eventuale frequenza, che provochi disturbo, della quale si misurerà la potenza di uscita.

La suddetta potenza, espressa in milliwatt, è l'indice del disturbo a radiofrequenza prodotto dal ricevitore sulla riproduzione fonografica.

STABILITÀ DI UN RICEVITORE FM.

La stabilità di un ricevitore FM rappresenta la sua attitudine a mantenere regolare il funzionamento sotto l'influenza di varie condizioni che si possono verificare durante il suo impiego. Essa viene determinata essenzialmente rilevando la stabilità della sintonia e la stabilità acustica.

La stabilità della sintonia è pertanto la sua attitudine a mantenere inalterata la frequenza su cui è sintonizzato ed è caratterizzata dalla variazione che essa subisce a causa del riscaldamento durante il periodo iniziale ed in relazione al variare

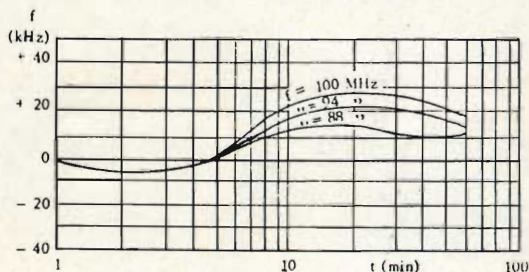


Fig. 3 - Curve caratteristiche della frequenza di accordo (sintonia) su tre differenti frequenze durante il riscaldamento iniziale (deriva termica).

della tensione di alimentazione e dell'ampiezza del segnale di entrata a radiofrequenza.

Le misure in genere sono effettuate per varie frequenze normali, e per alcuni casi specifici.

1) Variazioni della frequenza di sintonia (accordo) durante il riscaldamento iniziale (nota con il nome di deriva termica).

Prima di dare inizio alle misure il ricevitore dovrà essere mantenuto spento per un periodo di tempo sufficiente affinché esso venga a trovarsi alla temperatura ambientale. Mediante un generatore di segnali, modulato in ampiezza a 400 Hz, 30%, si applicherà all'ingresso del ricevitore un segnale di 0,55 mV a 75 Ω o di 1,1 mV a 300 Ω .

La stabilità di frequenza del generatore di segnali, e la finezza di lettura della sua scala, dovranno essere molto elevate (non più di 5 kHz sulla frequenza di 100 MHz). È consigliabile determinare la frequenza esatta mediante un misuratore ad alta precisione e di lettura sufficientemente rapida, come ad esempio un contatore elettronico.

Si accenderà il ricevitore alimentandolo con la tensione normale, preferibilmente tramite uno stabilizzatore elettronico in modo che le variazioni di tensione non eccedano il $\pm 0,5\%$. Dopo un minuto dall'accensione si sintonizzerà il ricevitore, regolandolo per un minimo di uscita, e annotando la frequenza esatta del generatore. Il comando di sintonia durante la continuazione della prova non dovrà essere più spostato.

Dopo cinque minuti a partire dall'accensione si ripeterà il controllo, spostando eventualmente la sintonia del generatore di segnali fino ad ottenere lo stesso valore di uscita. Questo procedimento sarà ripetuto ogni cinque minuti per la durata di un'ora dall'accensione.

La variazione di accordo durante il periodo di riscaldamento iniziale, e per la durata di un'ora, sarà rappresentata da una curva con il tempo espresso in minuti riportato sulle ascisse e la variazione di frequenza del generatore riportata sulle ordinate. La scala sulle ascisse sarà logaritmica mentre quella delle ordinate sarà lineare.

Naturalmente si tratteranno tante curve quanto sono le frequenze controllate (88, 94, 100 e più MHz).

Un esempio tipico di alcune curve è riportato in figura 3.

2) Variazioni della frequenza di sintonia (accordo) al variare della tensione di alimentazione.

Con il ricevitore acceso alla tensione normale si effettua accuratamente la sintonia del ricevitore sulla frequenza del generatore di segnali annotandone la frequenza. Successivamente si aumenterà la tensione del 10% e dopo un minuto, mediante il generatore di segnali, si controllerà la variazione di sintonia subita dal ricevitore prendendo nota del nuovo valore della frequenza. Dopo aver riportato per un minuto la tensione al valore normale si ripeterà la prova per una diminuzione di tensione del 10% e dopo un minuto si ripeterà la lettura del valore della frequenza.

Le variazioni di sintonia in funzione della tensione di alimentazione saranno riportate su una tabella. Nella prima colonna si annoteranno le variazioni di tensione di alimentazione, cioè $V_{al} + 10\%$ e -10% , e nella seconda colonna le corrispondenti variazioni di frequenza riferite alla frequenza misurata alla tensione normale.

3) Variazioni della frequenza di sintonia (accordo) in funzione della tensione di entrata del segnale ad alta frequenza.

Si varierà l'intensità del segnale applicato mediante il generatore di segnali dal valore minimo, che consenta di effettuare ancora la sintonia, fino ad un massimo di 50 mV per ingresso a 75 Ω o di 0,1 V per ingresso a 300 Ω , ad intervalli opportuni. Per ogni variazione dell'intensità del segnale di entrata si otterrà la sintonia esatta variando la frequenza del generatore. Si prenderà nota delle frequenze misurate in corrispondenza delle varie tensioni applicate all'ingresso.

La variazione della sintonia in funzione della tensione di ingresso sarà rappresentata da un grafico avente la tensione del segnale in microvolt riportata sulle ascisse e la variazione della frequenza del generatore sulle ordinate. La scala

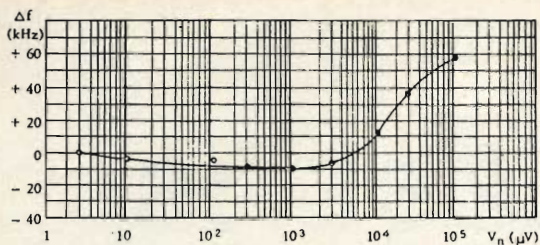


Fig. 4 - Curva caratteristica della variazione della frequenza di accordo di un ricevitore FM al variare della tensione di entrata.

delle ascisse sarà logaritmica, quella delle ordinate lineare. Un esempio del genere è mostrato in figura 4.

STABILITÀ ACUSTICA

La stabilità acustica, che in un ricevitore FM è molto importante, è la sua attitudine a riprodurre i segnali acustici intensi senza che si manifestino delle autooscillazioni dovute a microfonicità dei componenti, sia dei circuiti a radiofrequenza sia di quelli a bassa frequenza, comprendendo in quest'ultimi anche l'eventuale fonorivelatore, se contenuto nello stesso mobile.

1) Reazione acustica (innesco) dovuta alla radiofrequenza.

Si applicherà all'ingresso della radiofrequenza tramite un'antenna fittizia un

segnale a 94 MHz, di 5,5 mV a 75 Ω o di 11 mV a 300 Ω, modulato in frequenza a 400 Hz 30%.

I regolatori di tono del ricevitore saranno regolati per la massima banda passante, quello di volume per una potenza di uscita di 50 mW. Si sintonizzerà il ricevitore per il migliore accordo possibile e quindi, togliendo modulazione al generatore di segnali, si porterà il controllo di volume al massimo. Se si verifica l'innesco spontaneo dell'oscillazione si manovrerà il controllo di volume fino a farla cessare. Lasciando inalterati tutti i comandi si inserirà la modulazione di frequenza del generatore, aumentandone la deviazione fino a raggiungere la tensione corrispondente alla massima potenza utilizzabile all'uscita del ricevitore. Si annoterà la deviazione di frequenza necessaria per ottenere tale valore di potenza.

Se il ricevitore non innesca, nemmeno con il regolatore di volume al massimo, si aumenterà la tensione del segnale fino ad ottenere l'innesco; il segnale non dovrà superare il valore di 55 mV a 75 Ω e di 110 mV a 300 Ω.

Per esprimere i risultati della misura si dividerà per 22,5 kHz il valore rilevato della deviazione di frequenza. Il quoziente così trovato, espresso in decibel, darà la misura della instabilità acustica della parte a radiofrequenza del ricevitore.

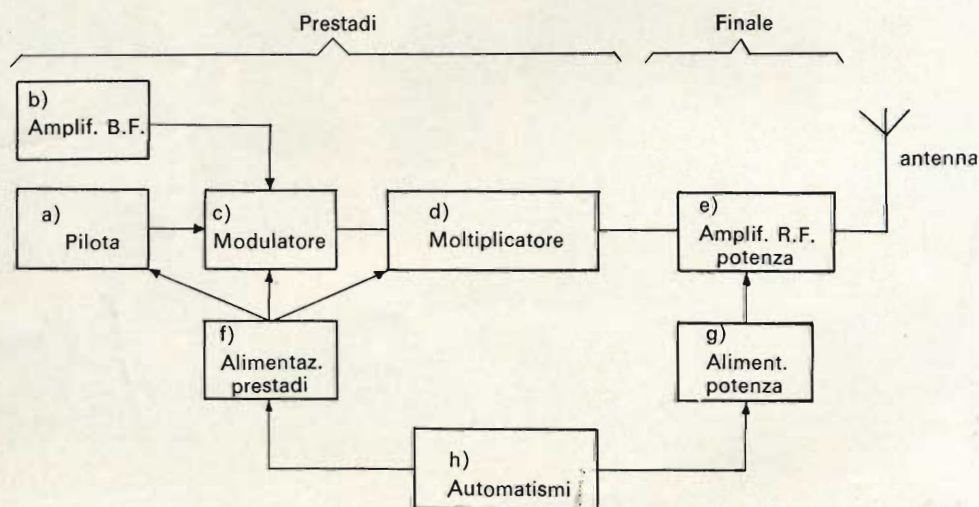


Fig. 5 - Schema a blocchi dei vari stadi e dei principali organi che costituiscono un trasmettitore FM.

Il quoziente è negativo per ricevitori molto stabili nei quali:

$$\Delta f < 22,5 \text{ kHz}$$

e positivo per ricevitori poco stabili in cui:

$$\Delta f > 22,5 \text{ kHz}$$

2) Reazione acustica (innesco) nella sezione di bassa frequenza.

Se l'apparecchio è provvisto di giradischi si disporrà sul piatto di questo un disco fonografico, possibilmente del diametro di 30 cm, sul quale si appoggerà la punta del fonorivelatore, con il giradischi fermo.

Con il ricevitore predisposto per la riproduzione fonografica si porterà nella posizione di massimo il controllo di volume.

Si cercherà una eventuale posizione di innesco spostando la punta del fonorivelatore sui vari punti del disco. Se il ricevitore innescherà si manovrerà il regolatore di volume fino al punto limite in cui l'impulso cessa.

Lasciando inalterati tutti i comandi del ricevitore si inserirà al posto del fonorivelatore un generatore di bassa frequenza avente la stessa impedenza del trasduttore stesso. Il segnale, con la frequenza di 400 Hz, dovrà avere una tensione tale da ottenere ai capi dell'altoparlante la tensione corrispondente alla massima potenza utilizzabile. Si annoterà la tensione di entrata necessaria.

Sarà anche opportuno determinare la sensibilità del fonorivelatore utilizzando un disco inciso alla frequenza costante di 400 Hz, con livello di incisione noto (disco di prova). Si misurerà la tensione sviluppata dal fonorivelatore mediante un voltmetro elettronico avente la stessa impedenza ingresso dell'entrata fonografica del ricevitore.

La sensibilità del fonorivelatore sarà espressa in V/cm-s.

Per esprimere i risultati si dividerà la tensione trovata per la tensione che il fonorivelatore darebbe con un livello di incisione di 7 cm/s. Il rapporto così trovato, espresso in decibel, darà la misura della instabilità della parte di bassa frequenza del ricevitore.

Il valore è negativo per ricevitori molto stabili e positivo per ricevitori poco stabili.

GENERALITÀ SUI TRASMETTITORI F.M.

Può essere utile per il tecnico avere una conoscenza sommaria di un trasmettitore a modulazione di frequenza nel suo insieme.

Nello schema mostrato in figura 5 si ha per l'appunto la suddivisione a blocchi di un trasmettitore di questo tipo in cui troviamo i seguenti elementi:

- 1) un oscillatore pilota, di cui fanno parte tutti gli organi ed i componenti indispensabili per il controllo, che genera la frequenza fondamentale (figura 6);
- 2) un amplificatore di bassa frequenza mediante il quale il segnale modulante è portato ad un livello giusto affinché il modulatore possa funzionare correttamente per la deviazione di frequenza richiesta;
- 3) il modulatore che ricevendo l'onda portante dall'oscillatore pilota ed il segnale modulante dall'amplificatore di bassa frequenza, effettua la modulazione di frequenza;
- 4) un certo numero di stadi moltiplicatori i quali effettuano la moltiplicazione di frequenza che è indispensabile al fine di ottenere il valore richiesto di devia-

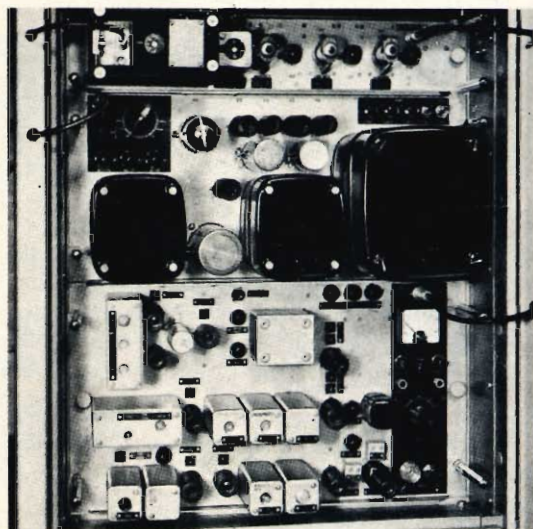


Fig. 6 - Oscillatore pilota a quarzo Marconi FMO B6502. Banda 53,75-88; 87,5-108; 170-240 MHz pre-emphassi 0,25,50, 75 μ s.

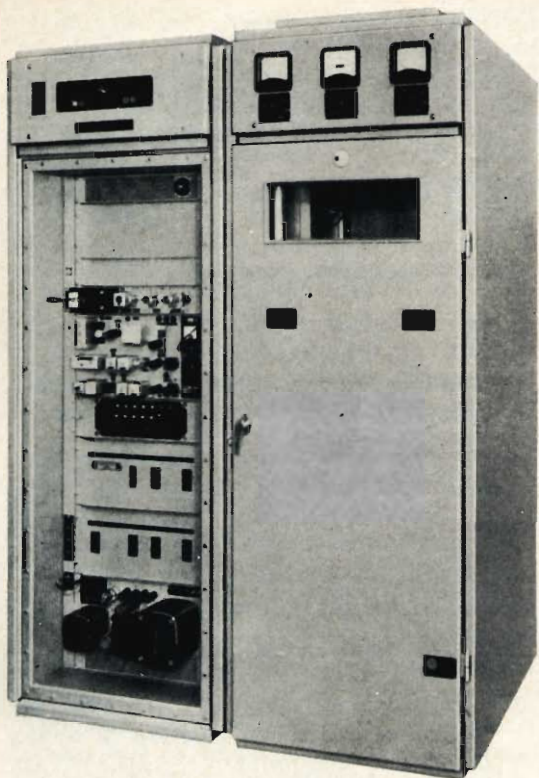


Fig. 7 - Trasmettitore FM - Marconi B6522 da 5 kW gamma 87,5 - 108 MHz con incorporata l'unità pilota B6502 di figura 6.

Un trasmettitore a modulazione di frequenza, rispetto ad un trasmettitore a modulazione di ampiezza presenta diversi vantaggi, i principali dei quali sono: la modulazione avviene all'inizio della catena e a basso livello, di conseguenza i relativi circuiti sono costituiti da tubi elettronici e componenti di tipo comune, usati cioè nel campo della ricezione, e che quindi richiedono delle tensioni e delle potenze alquanto modeste.

I moltiplicatori di frequenza e gli amplificatori a radio frequenza elaborano un segnale la cui ampiezza è costante utilizzando degli stadi in classe C che hanno un elevato rendimento e che consentono con facilità, mediante l'aggiunta di stadi successivi, di ottenere la potenza richiesta.

Essendo il carico degli alimentatori costante essi hanno un rendimento molto più elevato ed un funzionamento più sicuro rispetto a quelli impiegati nei trasmettitori per modulazione di ampiezza.

Da notare inoltre che i moderni trasmettitori FM sono realizzati a pannelli estraibili e raggruppati in appositi armadi (figura 7).

Per fare un esempio pratico, in un trasmettitore di potenza media possono essere raggruppati in un solo armadio tutti i pannelli fino ad una uscita di 300 W. Nel caso di potenze superiori l'uscita dell'eccitatore viene impiegata per pilotare un preamplificatore di potenza ed eventualmente altri con la seguente successione pratica:

- eccitatore da 300 W - amplificatore da 1 a 3 kW
- eccitatore da 1000 W - amplificatore da 3 a 10 kW

Per quanto concerne il punto 8, che si riferisce agli organi elettromeccanici detti comunemente automatismi, e che sono parte integrante di un trasmettitore, si deve precisare che le funzioni di questi organi possono essere di massima raggruppate secondo la seguente distinzione puramente formale:

- a) organi di manovra del trasmettitore, per esempio di avviamento, di stacco, di funzionamento a potenza ridotta o a piena potenza;
- b) organi di protezione, compresa la protezione contro manovre errate e che costituiscono la catena dei blocchi;

zione e di onda portante, e che sono noti con il nome di prestadi;

- 5) amplificatori di potenza che amplificano il segnale a radio frequenza portandolo alla potenza di progetto. L'ultimo amplificatore, noto con il nome di stadio finale, alimenta direttamente l'antenna trasmittente;
- 6) un alimentatore che fornisce l'energia di alimentazione richiesta per il funzionamento di tutti gli stadi a bassa potenza e che generalmente è stabilizzato;
- 7) un alimentatore di potenza che deve essere in grado di fornire l'alta tensione richiesta dagli stadi di potenza, finale compreso;
- 8) dispositivi elettromeccanici per la protezione e la manovra del trasmettitore ed altri automatismi.

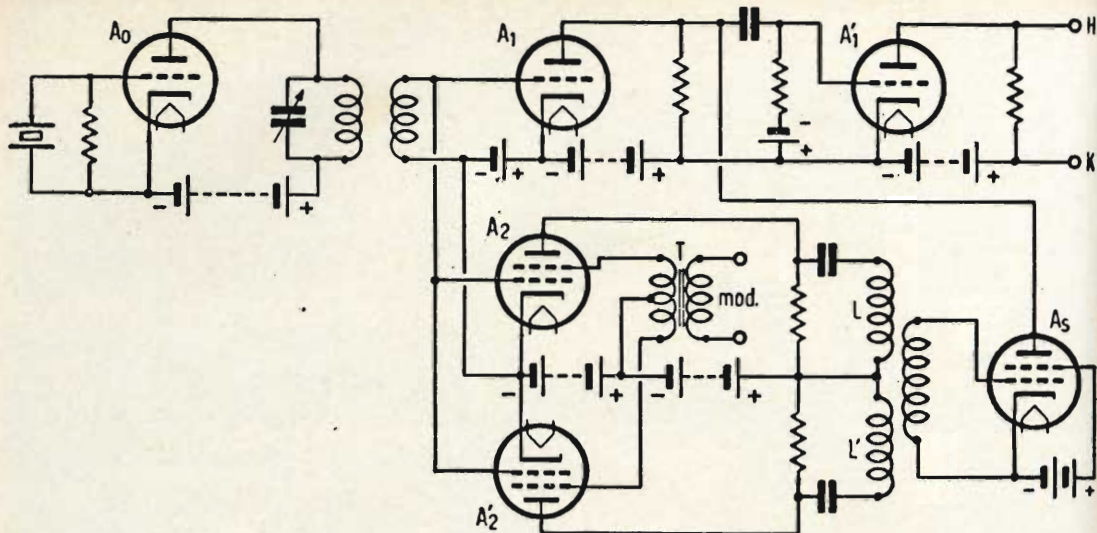


Fig. 8 - Tipico esempio di circuito a modulazione di frequenza tipo Armstrong o a spostamento di fase.

c) organi di protezione contro le avarie costituiti da fusibili, stotz, relé di massima, ecc.

Il primo di questi gruppi provvede automaticamente, o parzialmente, ad effettuare la sequenza di manovre che sono necessarie per effettuare la messa in funzione o lo stacco del trasmettitore secondo dei tempi prestabiliti, ad esempio, provvede all'avviamento dei ventilatori, al-

l'accensione dei filamenti dei tubi elettronici, a fornire la tensione anodica ai pre-stadi, la tensione negativa di griglia agli stadi di potenza, la tensione ridotta allo stadio finale e la piena tensione allo stesso.

La suddetta serie di manovre è condizionata dal secondo gruppo di organi che hanno lo scopo di arrestare od impedire l'avviamento in caso che le manovre non siano state eseguite correttamente od in presenza di avarie.

A titolo di esempio si può precisare che affinché la tensione anodica degli stadi di potenza sia immessa nei relativi circuiti occorre che le porte degli armadi del trasmettitore siano chiuse, che i ventilatori funzionino regolarmente, che i filamenti delle valvole siano accesi, che il negativo di griglia sia correttamente applicato e che i pre-stadi funzionino regolarmente. In caso contrario la tensione anodica non arriva allo stadio di potenza ed il trasmettitore ovviamente non funziona.

Il terzo gruppo ha lo scopo di assicurare la protezione ai tubi elettronici e agli organi del trasmettitore in presenza di avarie improvvise. Esso può essere costituito da fusibili o teleruttori sulla linea di alimentazione, da relé di massima sui tubi di potenza e di media potenza, da circuiti sensibili, ecc.

L'intervento di uno dei suddetti organi arresta pertanto totalmente, ed in taluni

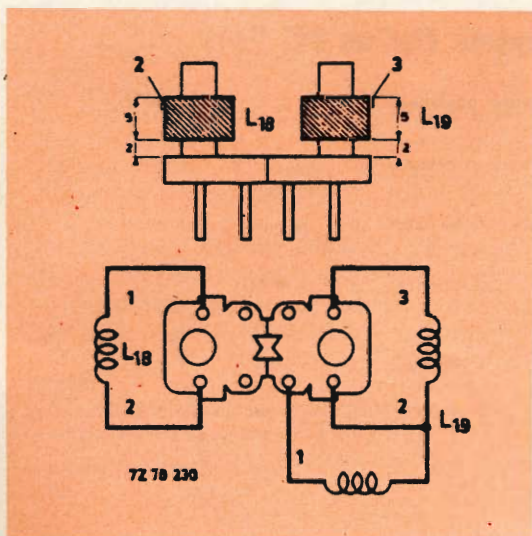


Fig. 9 - Trasformatore di media frequenza di un moderno ricevitore FM a transistori.

casi solo parzialmente, il trasmettitore, evitando avarie più gravi e danni elevati.

MODULAZIONE DI FREQUENZA TIPO ARMSTRONG

Questo genere di modulazione di frequenza dal nome del suo ideatore detta tipo Armstrong, è nota anche con il nome di modulazione a spostamento di fase. Essa è piuttosto complessa, pertanto ci limitiamo a qualche breve cenno. Lo schema di principio è quello di figura 8. Il tubo A_0 fa parte di un generatore stabilizzato a quarzo.

Parte delle oscillazioni, attraverso i tubi A_1 e A'_1 , arrivano ai terminali HK, parte vengono invece immesse nel modulatore di ampiezza simmetrico e bilanciato, di cui fanno parte anche i tubi A_2 e A'_2 . La tensione modulante viene applicata ai terminali del primario del trasformatore T. Il modulatore bilanciato in assenza di modulazione è caratterizzato da un'uscita nulla in quanto nelle bobine L L' scorreranno due correnti uguali e contrarie, che si elidono a vicenda.

Quando invece viene applicata una tensione modulante le oscillazioni verranno modulate e si avranno delle bande laterali a causa delle quali il sistema perderà il suo aspetto simmetrico, per cui avremo all'uscita le bande laterali pur rimanendo soppressa la frequenza portante.

Mediante il tubo A_3 le bande laterali di modulazione verranno applicate alla griglia di A'_1 . Poiché l'accoppiamento fra i tubi A_1 e A'_1 è realizzato in modo da determinare uno spostamento di 90° della frequenza portante, ai terminali HK verremo ad avere un'onda composta da una frequenza base non modulata, fiancheggiata da due bande laterali di modulazio-

ne in quadratura con essa. In definitiva il segnale risultante non è altro che un segnale modulato di fase, come potrebbe dimostrarsi facilmente.

I terminali HK fanno poi capo ad una catena di amplificatori moltiplicatori di frequenza nei quali la modulazione di frequenza in base ad un meccanismo sul quale non è opportuno intrattenerci. Nelle prossime puntate esamineremo qualche altro sistema pratico di circuito trasmettente in FM.

SULLA MEDIA FREQUENZA DEI RICEVITORI PER FM.

Il valore di media frequenza per i ricevitori a modulazione di frequenza che in passato era di 4,5 MHz e dopo di 8,3 MHz è stato portato a 10,7 MHz allo scopo di consentire che l'eventuale frequenza immagine andasse a cadere fuori dei limiti assegnati alle emissioni radiofoniche della gamma VHF e che sono rispettivamente, con un certo margine di sicurezza 88 MHz e 108 MHz.

È facile infatti calcolare i due valori di frequenza immagine che sono di 109,4 MHz per un ricevitore sintonizzato su 88 MHz [$88 + (2 \times 10,7) = 109,4$] e di 129,4 MHz per la frequenza di 108 MHz [$108 + (2 \times 10,7) = 129,4$].

Occorre inoltre considerare che la scelta di un valore piuttosto elevato della frequenza intermedia permette di ridurre i fenomeni di trascinamento e di accoppiamenti parassiti, fra i due circuiti che fanno capo allo stadio convertitore e consente inoltre di amplificare in modo più uniforme, e con minore rotazione di fase, l'intera banda occupata da una stazione FM.

Immediatamente dopo il tremendo disastro provocato dal terremoto in Turchia, due unità mobili a raggi X sono state impiegate nell'opera di soccorso ai feriti. Queste apparecchiature sono state usate per l'immediata diagnosi delle fratture sui feriti raccolti fra le macerie con la possibilità di intervenire celermente o quanto meno, dopo le diagnosi, di avviare gli infortunati ai centri specialistici più opportuni. Le due unità erano state inviate in volo ad Ankara a bordo di un Friendship militare, perché giungessero il più presto possibile sulla zona del disastro.



**SERVIZIO
RADIO-TV**

LA MESSA A PUNTO DEI RICEVITORI A MODULAZIONE DI FREQUENZA

a cura di P. Soati

FEDELTA' ACUSTICA - MODULAZIONE DI FASE

Si definisce fedeltà acustica di un ricevitore a modulazione di frequenza, la sua attitudine a riprodurre fedelmente nello spazio l'emissione sonora corrispondente alla modulazione dei segnali applicati all'ingresso del ricevitore stesso. Essa viene determinata rilevando la risposta acustica, la caratteristica di direzione acustica e la caratteristica di distorsione non lineare acustica.

Le suddette caratteristiche devono essere rilevate nello spazio libero, oppure in un locale abbastanza assorbente impiegando un microfono a pressione, del quale sia nota la sensibilità e la curva di taratura in campo libero, o meglio ancora usando un misuratore di livello.

La figura 1 si riferisce alla disposizione degli apparecchi durante le misure. In ge-

nere si preferisce disporre il generatore di segnali RF, al di fuori del locale dove si esegue la misura, collegandolo all'antenna fittizia mediante un cavo a minima perdita.

RISPOSTA ACUSTICA GLOBALE

La risposta acustica globale di un ricevitore indica il livello di pressione alla frequenza di 400 Hz prodotto in un dato punto dello spazio dal suo, o dai suoi altoparlanti, in funzione della frequenza di modulazione del segnale.

Il segnale a radio frequenza modulato a 400 Hz, 30% dovrà essere applicato all'ingresso del ricevitore mediante l'antenna fittizia: il microfono sarà posto a 50 cm di distanza di fronte all'apparecchio.

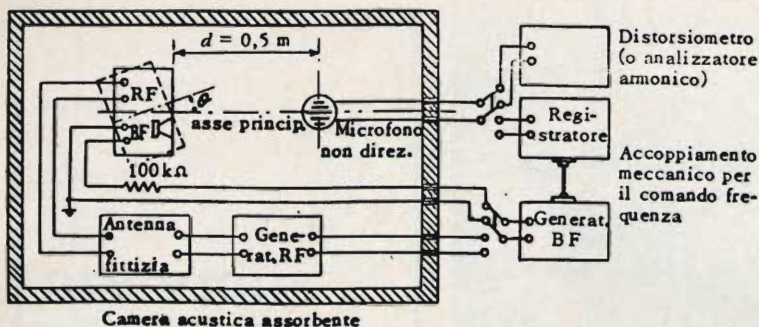


Fig. 1 - Disposizione degli apparecchi di misura per ottenere le curve di risposta della fedeltà acustica.

Per eseguire la misura si accorderà il ricevitore nella posizione di minima distorsione ed in modo che il segnale di ingresso, modulato in frequenza, abbia una tensione di 0,55 V per ingresso a 75 Ω, e di 1,1 mV per ingresso a 300 Ω.

Il regolatore del volume dovrà essere disposto in modo che la tensione a 400 Hz, presente ai capi dell'altoparlante, sia inferiore di 10 dB alla tensione misurata sul carico fittizio per la massima potenza elettrica utilizzabile (sul modo di eseguire questa misura parleremo trattando della distorsione non lineare elettrica di BF).

Qualora si verificano dei fenomeni di saturazione o di sovraccarico, nella parte elettrica od acustica dell'apparecchio, in qualche punto della gamma sotto controllo, si dovrà scegliere una tensione di ingresso più bassa che sarà indicata nel resoconto delle misure.

Se esistono dei regolatori di tono essi dovranno essere predisposti per la massima banda passante.

Si fa quindi variare la frequenza di modulazione entro la gamma di frequenze

acustiche desiderate, generalmente da 20 Hz a 20 kHz o, nelle peggiori delle ipotesi da 50 Hz a 15 kHz, mantenendo costante al 30% la profondità di modulazione.

Se si usano dei dispositivi di registrazione meccanica il tempo di esplorazione dovrà essere di almeno 10 s per decade.

I risultati della misura dovranno essere riportati su un grafico, del quale in figura 2 diamo un esempio, in cui sulle ascisse è indicata, in scala logaritmica, la frequenza di modulazione del segnale e sulle ordinate, in scala lineare, il livello relativo della pressione sonora, espresso in decibel.

Sul grafico dovrà essere indicato, come mostra la figura 2, il valore assoluto della pressione sonora a 400 Hz espressa in N/m^2 o in $dine/cm^2$, oppure il livello in decibel della pressione sonora riferito alla pressione di $2,10^{-5} N/M^2$ (graduale a $2,10^{-4} dine/cm^2$). Inoltre si indicheranno la tensione e la frequenza della portante, la profondità di modulazione e la posizione degli eventuali regolatori di tono.

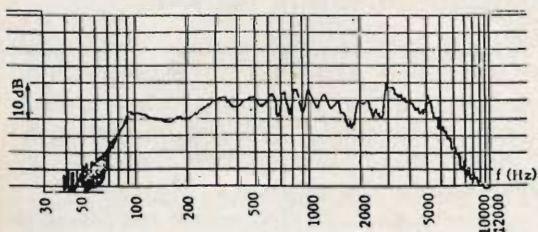


Fig. 2 - Esempio di curva di risposta globale. p 400 Hz $N/m^2 = 0,485 dine/cm^2 = 4,85 V_{ing}$ 0,55 mV $f = 94 MHz$ $f_m = 22,5 kHz$ ($m = 30\%$).

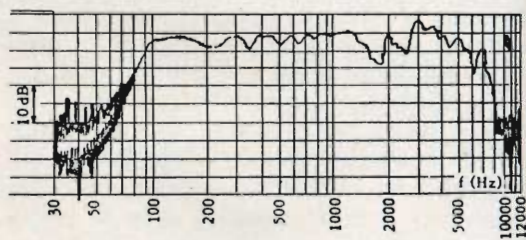


Fig. 3 - Curva di risposta acustica di bassa frequenza. Condizioni di misura p 400 Hz $N/m^2 = 4,85 dine/cm^2$ $V_{ent} = 50 mV$.

RISPOSTA ACUSTICA DI BASSA FREQUENZA

La risposta acustica di bassa frequenza di un ricevitore FM è la caratteristica del livello di pressione sonora, riferito sempre alla pressione di 400 Hz, prodotto in un determinato punto dello spazio dal suo sistema di altoparlanti, in funzione della frequenza del segnale.

Il microfono dovrà essere identico a quello descritto nel capitolo precedente e collocato a 50 cm dall'apparecchio.

Il metodo di misura è simile a quello descritto per la misura precedente.

Il generatore di bassa frequenza, dovrà fornire una tensione d'ingresso normale (ad esempio 500 mV) molto costante e si farà variare la frequenza di modulazione sulla gamma 20 Hz - 20 kHz (oppure 50 Hz - 15 kHz, a seconda del tipo di ricevitore sotto controllo).

Il regolatore del volume sarà disposto, come nel caso precedente, per una tensione a 400 Hz, ai capi dell'altoparlante, inferiore di 10 dB rispetto a quella misurabile sul carico fittizio per la massima potenza utilizzabile.

I regolatori di tono, saranno predisposti per la massima banda passante, ed eventualmente, nei ricevitori di classe elevata, in altre posizioni, indicandolo sul grafico.

L'espressione dei risultati, come è mostrato in figura 3, sarà effettuata con le stesse modalità seguite per la misura della risposta acustica globale.

Sul grafico si dovrà indicare: il valore assoluto della pressione sonora a 400 Hz, espressa in N/m^2 o in $dine/cm^2$, oppure il livello della pressione sonora in decibel riferito alla pressione di $2,10^{-5} N/m^2$ (uguale a $2,10^{-4} dine/cm^2$) la tensione di entrata, a monte del resistore da 100 k Ω , e la posizione dei regolatori di tono.

DIRETTIVITÀ ACUSTICA O CARATTERISTICA GLOBALE

La direttività acustica di un ricevitore a modulazione di frequenza è caratterizzata dalla curva di livello relativo della pressione sonora prodotta dal sistema di altoparlanti in funzione della direzione in cui essa viene misurata, per una data distanza ed una data frequenza.

Come direzione di riferimento, cioè an-

golo zero, si assume l'asse principale dell'apparecchio.

Il rilievo può essere eseguito applicando il segnale a frequenza fissa all'ingresso degli stadi di bassa frequenza, oppure il segnale modulato (fisso) all'entrata a radiofrequenza.

Eseguito la misura a radiofrequenza il ricevitore dovrà essere accordato per la minima distorsione su un segnale avente una tensione di 5,5 mV per ingresso a 75 Ω o di 11 mV per ingresso a 300 Ω , modulato in frequenza al 30%. Per le misure con entrata in bassa frequenza il segnale di ingresso potrà avere il valore di 5, 15, 50 o 150 mV ed anche più, valore che dovrà essere indicato sui grafici. Il regolatore di intensità sarà disposto, come per le misure precedenti. Se si verificano dei fenomeni di saturazione o sovraccarico nella sezione elettrica od acustica del ricevitore, su qualcuna delle frequenze di misura, si dovrà scegliere una tensione di entrata più bassa.

Con una frequenza di modulazione prestabilita il livello di pressione sonora viene registrato con continuità, o rilevato per punti, in funzione dell'angolo compreso fra l'asse principale dell'apparecchio stesso e la congiungente il centro geometrico dell'apparecchio stesso con il centro del microfono; detto angolo dovrà essere variato fra + 180° e - 180°.

La misura si eseguirà per diverse frequenze di modulazione: si consigliano le frequenze di 400, 500, 1.000, 2.000, 4.000, 5.000, 8.000 e 10.000 Hz.

I risultati delle misure relative a ciascuna delle suddette frequenze, che definiscono la caratteristica acustica direzionale, saranno riportati in diagrammi polari, come è indicato in figura 4.

L'argomento delle coordinate è l'angolo che forma la direzione in cui si trova il microfono con quella di riferimento e il raggio vettore rappresenta il livello relativo, espresso in decibel, della pressione sonora nella direzione del microfono, rispetto a quella che si ha secondo l'asse di riferimento suddetto.

I valori negativi del livello in decibel sono riportati in direzione del centro, di conseguenza la scala dei raggi vettori dovrà essere scelta in modo tale che il polo dei diagrammi corrisponda ad un

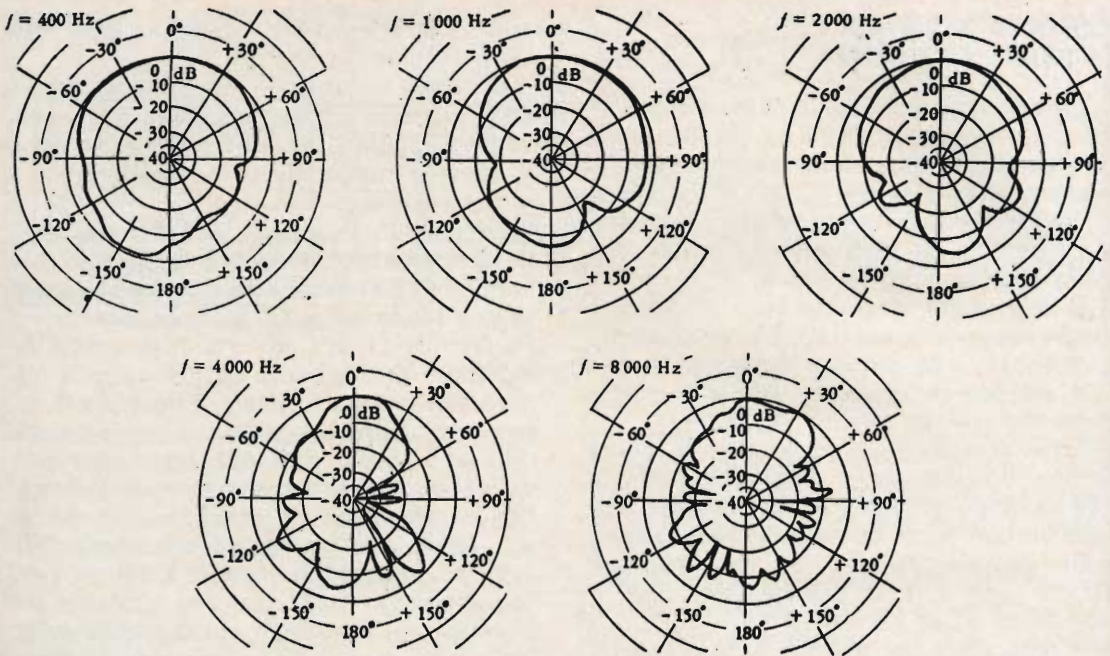


Fig. 4 - Diagrammi polari di direttività acustica di un ricevitore FM alla frequenza di 400, 1.000, 2.000 e 8.000 Hz.

livello inferiore alla minima pressione misurata.

Sul diagramma dovranno essere indicate le frequenze di misura.

DISTORSIONE NON LINEARE ACUSTICA DI BASSA FREQUENZA

La distorsione non lineare acustica di bassa frequenza di un ricevitore a modulazione di frequenza si misura naturalmente in modo analogo a quello seguito per i ricevitori a modulazione di ampiezza che abbiamo già preso in considerazione. Essa è caratterizzata dalla distorsione armonica all'uscita, per segnali a bassa frequenza aventi ampiezza e frequenze prestabilite.

Nel caso di un segnale costituito da un'unica frequenza, la distorsione non lineare si manifesta principalmente con la generazione di pressioni a frequenze armoniche ed anche con una deviazione della proporzionalità fra la grandezza elettrica di entrata e la grandezza elettrica di uscita.

Nel caso di un segnale costituito da due frequenze diverse la distorsione è caratterizzata altresì dalla generazione di

pressioni a frequenze di combinazione.

La distorsione non lineare armonica è espressa dal fattore:

$$K = \frac{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + A_4^2 \dots + A_n^2}}{\sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + A_4^2 \dots + A_n^2}}$$

dove $A_1, A_2, A_3, A_4 \dots A_n$, rappresentano delle grandezze fondamentali e delle successive armoniche presenti nel circuito di uscita.

Al posto del coefficiente K in genere si usa il valore percentuale $k (\%) = 100 K$.

Se per effettuare la misura si ricorre all'impiego di un analizzatore armonico, si ottiene separatamente la misura delle diverse A_n e pertanto il coefficiente $k\%$ dovrà essere calcolato mediante la formula sopra riportata.

Le componenti dovute al ronzo naturalmente non dovranno essere comprese nella distorsione.

La misura dovrà essere effettuata in spazio libero, oppure in un ambiente assorbente, a 50 cm di distanza di fronte all'apparecchio ricevente.

La tensione del segnale di ingresso a bassa frequenza dovrà essere mantenuta

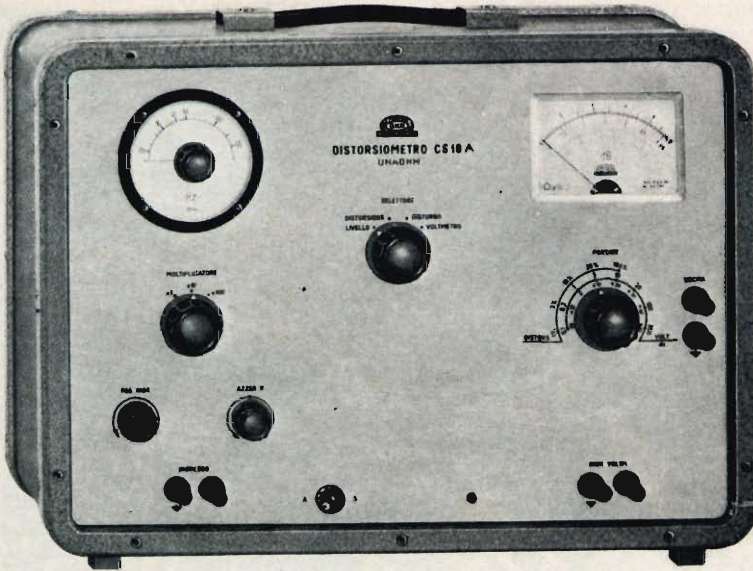


Fig. 5 - Distorsiometro CS18A-UNAOHM campo di frequenza 20-20.000 Hz, misura della distorsione fino a 0,3% millivoltmetro da 0,1 a 300 V_{fs}.

costante al variare della frequenza di misura ad un valore tale che, alla frequenza di 400 Hz, permetta di ottenere un livello di pressione prestabilito, con il regolatore di volume portato al massimo.

I regolatori di tono dovranno essere disposti in modo da avere la massima banda passante.

Il campo di misura è limitato all'intervallo compreso fra 200 e 600 Hz a scatti di 100 Hz.

Come strumento all'uscita si usa un

distorsiometro a risonanza o a filtro passa-alto, con indicatore di valore efficace (figura 5).

Dal valore della distorsione, se misurata con il distorsiometro a risonanza, dovrà essere esclusa l'eventuale aliquota dovuta alla tensione di ronzio. I risultati saranno raccolti in una tabella nella cui prima colonna dovranno essere indicate le frequenze di misura, nella seconda le percentuali di distorsione, e nella terza i corrispondenti livelli della pressione

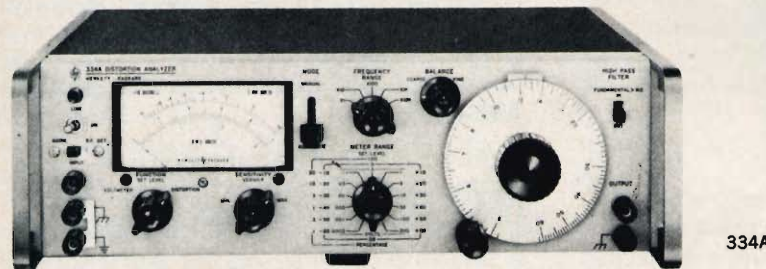


Fig. 6 - Analizzatori di distorsione professionale della Hewlett-Packard.

sonora, in decibel riferiti a $2,10^{-5}$ N/m², cioè $2,10^{-4}$ dine/cm², o la pressione sonora espressa in N/m² o in dine/cm².

Si dovrà indicare anche il valore della tensione del segnale di entrata a bassa frequenza.

LA MODULAZIONE DI FASE

Nella puntata precedente abbiamo parlato del metodo Armstrong a modulazione di fase: ritorniamo brevemente su questo argomento sul quale ci sono stati richiesti dei chiarimenti.

Come è noto oltre ai metodi di modulazione di ampiezza e di frequenza ne esiste un terzo, detto modulazione di fase, che è strettamente legato al secondo poiché è piuttosto semplice trasformare una modulazione di fase in modulazione di frequenza.

La modulazione di fase non è altro che un sistema nel quale la fase istantanea dell'onda portante di un trasmettitore viene fatta variare in accordo con l'ampiezza, nello stesso istante del segnale modulante.

Anche in questo caso, come si verifica per la modulazione di frequenza, l'ampiezza dell'onda portante resta perfettamente costante, e ciò è molto utile per i trasmettitori per il fatto che essendo l'ampiezza della portante costante, anche durante la modulazione è possibile impiegare degli alimentatori e dei circuiti adatti a lavorare ad una potenza costante, contrariamente a quanto avviene per la modulazione di ampiezza i cui impianti devono essere progettati per l'erogazione di potenze variabili, la cui massima potenza viene raggiunta durante i picchi di modulazione al 100%.

Analizziamo il meccanismo della modulazione di fase durante il ciclo del segnale modulante.

Quando il segnale modulante ha una ampiezza istantanea uguale a zero, il valore di fase dell'onda portante viene a coincidere con quello della portante stessa quando non è modulata. Se l'ampiezza del segnale modulante aumenta si avrà una corrispondente variazione, in anticipo, della fase istantanea dell'onda portante, mentre se l'ampiezza del segnale modulante diminuisce si verificherà una variazione, in ritardo, della fase dell'onda portante stessa.

Si può dimostrare mediante un esame grafico, come riportato ad esempio in figura 7, che l'intervallo di tempo tra due punti corrispondenti della portante, ad esempio distanti esattamente un ciclo completo negli istanti di valore zero, vari in funzione del segnale modulante.

Pertanto i cicli sembreranno allungati o compressi rispetto alla normale durata di un ciclo.

A prima vista si potrebbe supporre di trovarci di fronte ad una semplice variazione di frequenza e di conseguenza ad una modulazione di frequenza, ma ciò in effetti non corrisponde alla realtà.

Nel caso della modulazione di frequenza, la frequenza istantanea della portante è in funzione dell'ampiezza istantanea del segnale modulante: nella modulazione di fase la frequenza della portante è funzione della variazione di ampiezza del segnale modulante.

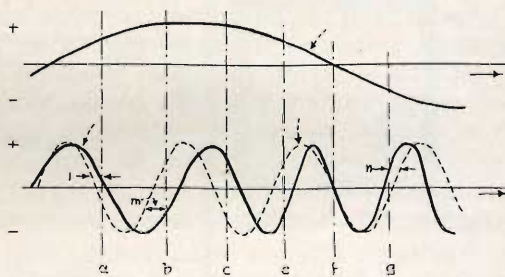


Fig. 7 - Diagramma di un'onda modulata di fase. L'intervallo di tempo tra due punti corrispondenti della portante varia col segnale modulante.

Tra due valori di frequenza istantanea esiste pertanto lo stesso rapporto esistente tra una grandezza e la sua derivata rispetto al tempo stesso, come ad esempio la velocità e l'accelerazione.

Per rendere più comprensibile il fenomeno supponiamo di modulare, mediante un segnale avente forma rettangolare, due trasmettitori, uno dei quali con il metodo a modulazione di frequenza, l'altro con il metodo a modulazione di fase.

Esaminiamo in prima analisi il comportamento del trasmettitore a modulazione di frequenza. Durante il periodo di valore zero del segnale rettangolare la frequenza portante rimane ovviamente costante. Non appena il segnale modulante, essendo rettangolare, raggiunge bruscamente il va-

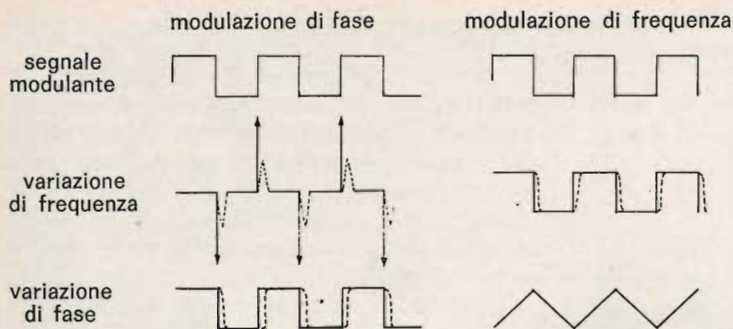


Fig. 8 - Variazioni di frequenza dovute al segnale modulante, nella modulazione di frequenza e nella modulazione di ampiezza.

lore di picco, la frequenza portante cambia istantaneamente il suo valore raggiungendo un determinato valore (questo valore è dato dalla relazione $f_i = f_p + e_{ist} \cdot d$, in cui « f_i » è il valore istantaneo della frequenza, « f_p » la frequenza della portante non modulata, « d » la variazione di frequenza di 1 V di segnale modulante, « e_{ist} » il valore istantaneo del segnale modulante).

Per tutto il tempo in cui il segnale modulante mantiene il valore raggiunto, la frequenza, determinata con la relazione di cui sopra, resterà costante come valore. Non appena il segnale modulante ritornerà bruscamente a zero la frequenza istantanea ritornerà pure essa al valore di partenza.

Prendiamo adesso in considerazione il sistema a modulazione di fase.

All'inizio del ciclo di modulazione, quando cioè il segnale rettangolare ha il valo-

re zero, la fase dell'onda portante avrà un valore costante. Quando il segnale modulante passerà rapidamente dal valore zero al suo valore di picco, si avrà una rapida variazione di fase che assumerà un valore che resterà costante per tutto il tempo in cui il segnale mantiene il valore di cresta.

Una variazione analoga di fase si manifesterà non appena il segnale ritornerà alla posizione di partenza.

Pertanto la variazione di frequenza, dovuta alla compressione o all'espansione dei successivi cicli dell'onda portante, nella modulazione di fase, come mostra la figura 8, avviene esclusivamente durante la variazione di ampiezza del segnale modulante.

La differenza fra i due sistemi di modulazione può anche essere messa in evidenza rappresentando l'onda portante tramite un vettore ruotante con velocità ω e supponendo di esaminarne la posizione per ogni ciclo, cioè dopo ciascun giro del vettore.

Finché la frequenza, e di conseguenza ω , resterà costante, il vettore apparirà fermo nella sua posizione iniziale. In presenza di modulazione di frequenza, ω invece si sposterà: dunque il vettore ruoterà, nell'uno o nell'altro senso, a seconda che la frequenza aumenti o diminuisca, rispetto alla sua posizione di riferimento.

È evidente che una variazione di posizione del vettore si potrà attribuire ad una variazione di ω , o di φ , come è mostrato in figura 9.

In presenza della modulazione di frequenza si osserverà il vettore, che all'inizio sarà apparentemente fermo, iniziare a ruotare in corrispondenza del passaggio del livello del segnale modulante rettangolare dal valore zero al valore di picco,

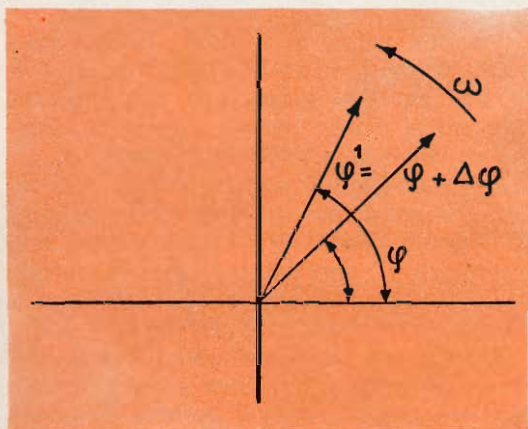


Fig. 9 - Differenza dei due tipi di modulazione di frequenza e di fase messa in evidenza tramite un sistema vettoriale.

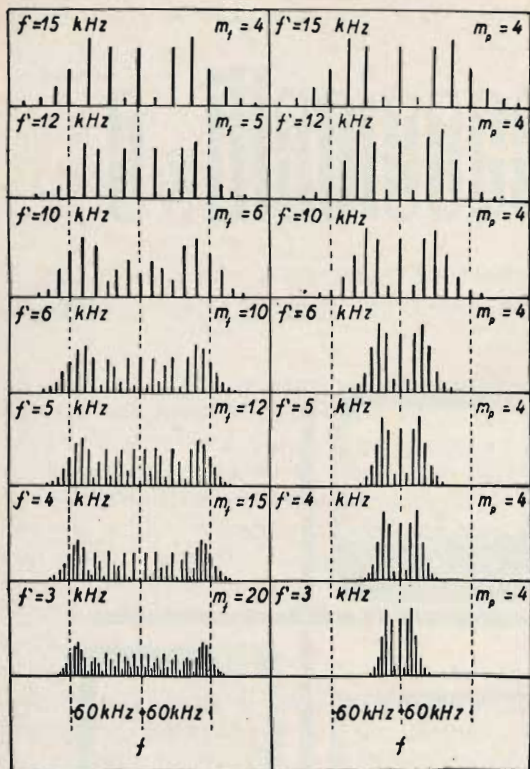


Fig. 10 - Confronto fra spettri di modulazione di frequenze e spettri di modulazione di fase.

mantenendo costante la rotazione, cioè il nuovo valore di ω , per tutta la durata dell'impulso, per poi ritornare alle condizioni iniziali.

Nel caso invece della modulazione di fase il vettore inizialmente fermo, farà un brusco spostamento in corrispondenza dell'aumento fino al raggiungimento del valore di picco del segnale modulante,

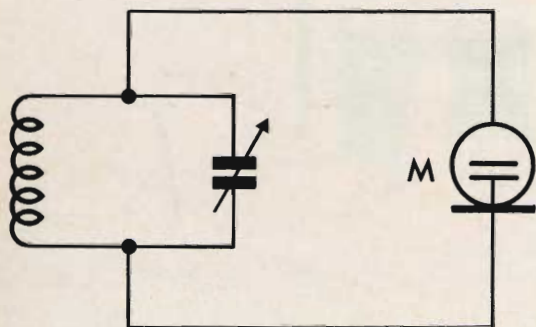


Fig. 11 - Circuito a modulazione di frequenza con microfono a condensatore.

subirà cioè una brusca variazione di fase, ma rimarrà fermo sulla nuova posizione per tutta la durata dell'impulso, per poi ritornare alla posizione di partenza.

Quindi si può affermare che una variazione di fase provoca anche una variazione di ω e perciò della frequenza, ma se la fase rimane costante sul nuovo valore ω la frequenza riprende il suo valore originario.

Analiticamente il valore istantaneo della fase della portante può essere determinato mediante la relazione:

$$\varphi = e \cdot \vartheta$$

in cui ϑ rappresenta la variazione di fase per una variazione di 1 V del segnale modulante, ed «e» il valore istantaneo del segnale modulante.

Anche nel caso della modulazione di fase esiste un limite al massimo spostamento di fase, limite che è imposto dai circuiti per cui oltrepassandolo si andrebbe incontro a dei fenomeni di distorsione.

In figura 10 sono paragonati fra di loro alcuni spettri relativi tanto alla modulazione di frequenza, quanto alla modulazione di fase.

La modulazione di fase, che in inglese è nota con il nome di phase modulation (PM), si può ottenere mediante l'impiego di uno stadio a due tubi, generalmente due pentodi, alla cui griglia di controllo sono applicate due tensioni a radio frequenza di pilotaggio, aventi la pulsazione ω sfasata fra loro di 90° .

I due anodi, collegati fra loro in parallelo fanno capo ad un circuito oscillante che sarà sede di un sistema di oscillazioni risultante dalla somma dei due sistemi oscillanti che pilotano i due tubi.

Se alle griglie di soppressione viene applicata la tensione modulante, in opposizione di fase, questa determinerà, previo alcuni accorgimenti, uno spostamento di fase nel sistema di oscillazioni risultante.

Per ricevere i segnali modulati di fase si impiegano appositi ricevitori che sono dotati di un circuito limitatore che elimina la modulazione di ampiezza, che accompagna sempre la modulazione di fase. Allò stadio convertitore viene fatto seguire un circuito in grado di trasformare la modulazione di fase in modulazione di am-

piezza, e sul quale non è il caso di intrattenerci, che è seguito da un sistema di rivelazione di tipo convenzionale.

MODULAZIONE DI FREQUENZA CON MICROFONO

Un metodo elementare per ottenere le emissioni a modulazione di frequenza consiste nel disporre un microfono, del tipo a condensatore, in parallelo al circuito oscillante come indicato nello schema di figura 11.

La profondità di modulazione dipende in questo caso dallo scarto di capacità del microfono.

Naturalmente la capacità del microfono a condensatore dovrà essere scelta in funzione delle frequenze che caratterizzano le oscillazioni da modulare.

DISTORSIOMETRI

In figura 5 è riportato un distorsiometro della UNAOHM, il cui costo è piuttosto limitato, e che permette di eseguire le misure fondamentali nel campo delle frequenze acustiche, comprese quelle alle

quali abbiamo fatto riferimento nella prima parte di queste note.

Esso può essere impiegato come semplice distorsiometro nel campo di frequenza compreso fra 20 Hz e 20 kHz, permettendo la misura diretta della percentuale di distorsione fino allo 0,3%.

Inoltre può essere usato come millivoltmetro tarato, con sensibilità massima di 3 mV fs, entro un vasto campo di frequenza.

La elevata impedenza d'ingresso ne consente l'impiego in ogni punto dei circuiti in esame. L'attenuatore d'ingresso è tarato tanto in Volt quanto in decibel.

La precisione del distorsiometro in questione è del $\pm 5\%$, su tutto il campo di frequenza, ed è possibile la misura di distorsioni dall'1% fs.

Come millivoltmetro dispone di sette portanti, distanziate di 10 dB a 0,1 - 0,3 - 1 - 3 - 10 - 30 - 100 - 300 V fs.

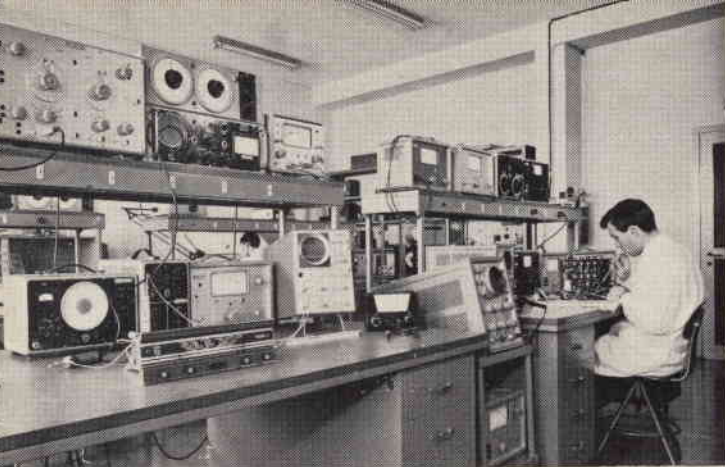
In figura 6 sono invece visibili due analizzatori di distorsione, aventi caratteristiche altamente professionali, della Hewlett Packard. Si tratta di apparecchi completamente transistorizzati, disponibili in più, a seconda delle esigenze, e che sono adatti per laboratori di una certa importanza.

La Bentley Associates, di Chelmsford, Mass., ha sviluppato un sistema di frenaggio a controllo radar che potrebbe rendere inutile l'impiego dei paraurti. Operante sul principio del radar DOPPLER, il sistema (che dipende dalla quantità di spazio esistente fra l'auto e l'oggetto che si trova sulla strada) controlla i comandi dei freni a vuoto pneumatico e i comandi della valvola a farfalla; perciò, se lo spazio esistente fra l'auto e l'oggetto è lungo, la durata della frenata sarà più lunga di quanto non sarebbe, se lo spazio fosse breve.

Il tempo di reazione del sistema, misurato in millisecondi, porterà il veicolo ad avere una distanza di 3-4 metri dal veicolo che lo precede e lo fermerà a 8-10 piedi da un oggetto che non è in moto.

Nel Sistema è compreso un avvisatore acustico che avverte il guidatore dell'azione frenante ed un dispositivo che esclude l'intero sistema, tranne l'avvisatore acustico, che permette al guidatore di superare gli oggetti più piccoli. L'unità può operare sia ad alta velocità (fuori città) che a bassa velocità (città). Il Ministro inglese dei Trasporti John A. Volpe ha detto: «... Penso che questo dispositivo potrebbe salvare molte vite in questo Paese».

L'apparecchiatura ora costa 800 dollari, ma con la produzione in serie il prezzo potrebbe essere ridotto fino a 200 dollari.



**SERVIZIO
RADIO-TV**

LA MESSA A PUNTO DEI RICEVITORI A MODULAZIONE DI FREQUENZA

a cura di P. Soati

LA FEDELTA' ELETTRICA in trasmissione IL PHASITRON

GENERALITÀ

La fedeltà elettrica di un ricevitore a modulazione di frequenza è l'attitudine a riprodurre con la massima fedeltà i segnali applicati al suo ingresso. Essa viene determinata essenzialmente rilevando la curva di sovraccarico, la risposta elettrica e la caratteristica di distorsione non lineare.

Tutte le suddette misure dovranno essere effettuate sostituendo l'altoparlante con un carico fittizio ai capi del quale si misura la tensione.

Si può anche impiegare l'altoparlante fittizio ed in questo caso la misura si eseguirà derivando un voltmetro ai morsetti di uscita del relativo quadripolo (figura 1).

Qualora siano impiegati più altoparlanti, per ciascuno di questi si dovranno eseguire le misure che si descrivono di seguito.

SOVRACCARICO DI BASSA FREQUENZA

La curva di sovraccarico di bassa frequenza di un ricevitore FM (ed anche di

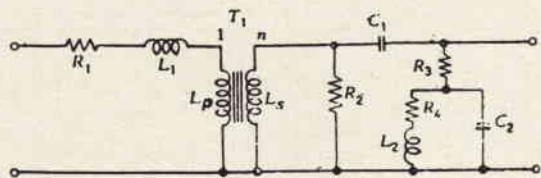


Fig. 1 - Schema di altoparlante fittizio i cui dati indicati nella terza puntata.

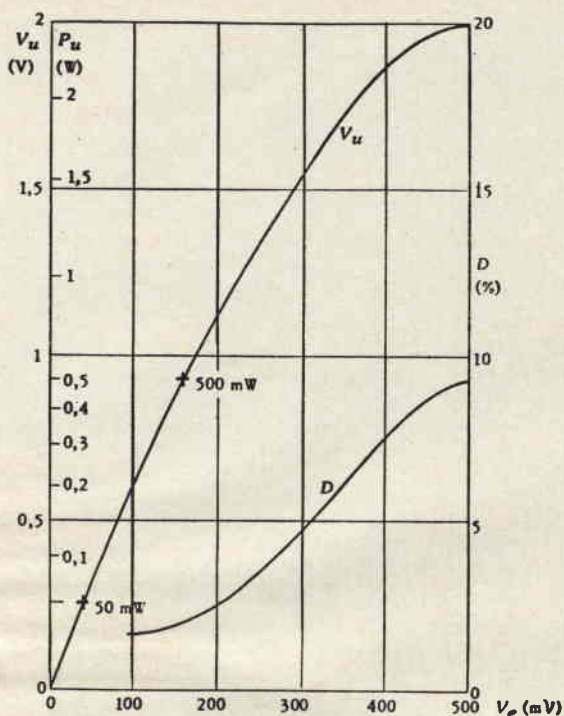


Fig. 2 - Curve di sovraccarico BF e distorsione non lineare di BF.

un ricevitore AM), è la caratteristica della potenza elettrica di uscita desiderata su un carico fittizio, in funzione della ampiezza di un segnale di entrata a bassa frequenza, di frequenza fissa.

In genere come frequenza fissa si impiega la frequenza di 400 Hz.

La misura si esegue applicando all'entrata dello stadio di bassa frequenza del ricevitore una frequenza di 400 Hz avente una tensione normale (5, 15, 50, 150 mV, 0,5 e 1,5 V).

L'ampiezza del suddetto segnale dovrà essere variata da valori molto bassi, tali da produrre un'uscita non superiore a -60 dB rispetto alla massima uscita, fino ad un valore sufficiente a produrre detta potenza.

Si misurerà per ciascun valore del segnale di entrata, la tensione di uscita e si calcolerà la corrispondente potenza.

Quando la distorsione all'uscita comincerà a diventare apprezzabile (ad esempio fra il 5 ed il 10%, detta tensione si dovrà misurare mediante un voltmetro a valore efficace.

Se il valore della distorsione supera il 10% la tensione si dovrà invece misurare con esclusione delle componenti armoniche, introducendo nel circuito un filtro o meglio ancora impiegando un analizzatore armonico.

La rappresentazione grafica della potenza elettrica di uscita, in funzione della ampiezza del segnale a frequenza acustica applicato all'entrata di bassa frequenza, si ottiene portando sulle ascisse le tensioni presenti all'entrata e sulle ordinate le tensioni di uscita, con una scala di potenza di uscita affiancata. Per entrambe le coordinate di tensione si useranno scale lineari mentre per la scala di potenza si userà la « radice quadrata ».

Un esempio, di curva di sovraccarico di bassa frequenza è mostrato in figura 2.

RISPOSTA ELETTRICA DI BASSA FREQUENZA

La risposta elettrica di bassa frequenza di un ricevitore FM è la caratteristica della potenza elettrica di uscita su un carico fittizio in funzione della frequenza

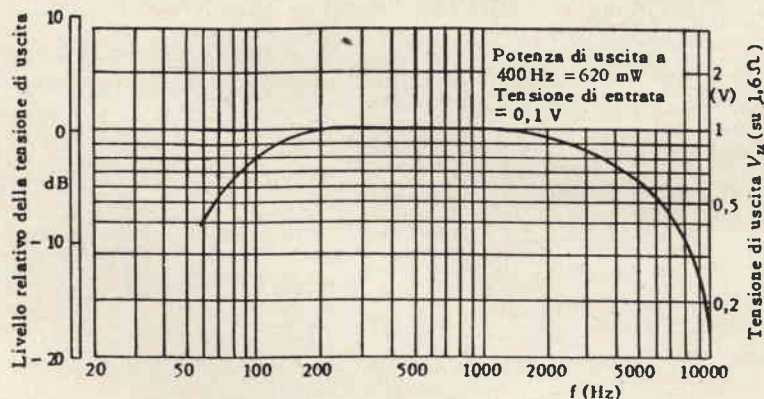


Fig. 3 - Curva di risposta elettrica di bassa frequenza di un ricevitore FM.

di un segnale di entrata a bassa frequenza di ampiezza costante.

Una migliore corrispondenza della curva di risposta elettrica alla corrispondente curva di risposta acustica si può ottenere, specialmente se esiste una certa controreazione sul secondario del trasformatore di uscita, impiegando un'altoparlante fittizio.

Il segnale di ingresso a bassa frequenza dovrà avere la tensione normale (i cui valori abbiamo citato nel paragrafo precedente), ad esempio di 0,5 V che dovrà essere mantenuta costante. La frequenza dovrà variare da 30 a 15.000 Hz.

Il regolatore d'intensità, cioè del volume, dovrà essere regolato in modo che la tensione di uscita, a 400 Hz, sia inferiore di 10 dB rispetto a quella corrispondente alla massima potenza elettrica utilizzabile. Per quanto concerne la misura di quest'ultima parleremo successivamente.

Se si produce una saturazione, o comunque un sovraccarico, in qualche zona della gamma di frequenza in cui si effettuano le misure, si dovrà ridurre la potenza di uscita, riferita a 400 Hz, preferibilmente agendo sulla tensione di entrata, ed indicando la nuova condizione di misura.

I regolatori di tono, se esistono, dovranno essere predisposti per la massima banda passante.

Mantenendo costante la tensione di entrata si fa variare la frequenza entro il campo stabilito e, per ogni valore di questa, si misura la tensione di uscita. I risultati delle misure vengono riportati in un grafico nelle cui ascisse è portata, in scala logaritmica, la frequenza del segnale sulle ordinate, in scala lineare, il livello relativo della tensione di uscita riferito alla tensione a 400 Hz.

Sul grafico si indicherà il valore della potenza di uscita a 400 Hz espressa in mW, la tensione di entrata ed eventualmente la posizione dei regolatori di tono.

La figura 3 si riferisce alla curva di risposta elettrica di un circuito di bassa frequenza di un ricevitore FM.

CARATTERISTICA DI VARIAZIONE DEL REGOLATORE D'INTENSITÀ

La caratteristica relativa alla variazione del regolatore manuale di volume o di

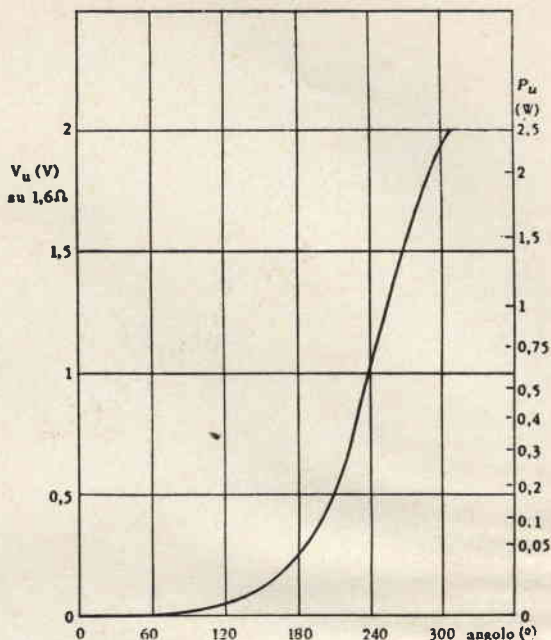


Fig. 4 - Curva caratteristica della variazione del regolatore manuale di volume.

intensità, è data dalla relazione fra la potenza elettrica di uscita su un carico fittizio e la posizione del regolatore stesso, convenientemente graduato, per frequenza e tensione di entrata costanti alla entrata a bassa frequenza.

Per effettuare la misura si applica un segnale all'entrata degli stadi a bassa frequenza, avente la frequenza a 400 Hz, e se ne regola l'ampiezza in modo da ottenere, con il regolatore di volume portato a fine corsa, la massima potenza utilizzabile.

Si varierà successivamente la posizione angolare di detto regolatore e, per ogni posizione si determinerà la corrispondente tensione di uscita.

La rappresentazione grafica della caratteristica di variazione del regolatore d'intensità si ottiene portando sulle ascisse, in scala lineare, la posizione angolare del regolatore d'intensità e sulle ordinate, ancora in scala lineare, la tensione di uscita con affiancata la scala della potenza di uscita (scala in radice quadrata).

La figura 4 si riferisce alla caratteristica di variazione del regolatore manuale del volume.

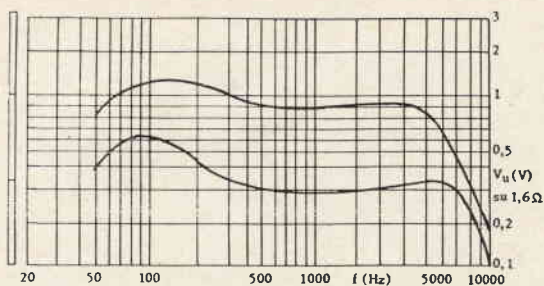


Fig. 5 - Curva della influenza del regolatore manuale del volume nella risposta elettrica.

Curva superiore = P_o 500 mW - 400 Hz

Curva inferiore = P_o 60 mW - 400 Hz

INFLUENZA DEL REGOLATORE DEL VOLUME SULLA RISPOSTA ELETTRICA

L'influenza del regolatore manuale di volume sulla risposta elettrica si manifesta particolarmente nei ricevitori provvisti di regolazione fisiologica del volume.

Essa si determina ripetendo il rilievo della risposta elettrica di bassa frequenza per diverse posizioni del regolatore di volume.

La posizione del regolatore di volume si ricava riferendosi alla potenza di uscita nel modo seguente: si applica un segnale all'entrata della bassa frequenza e se ne regola l'ampiezza mediante il regolatore di volume portandolo nella posizione di massimo, in modo cioè da ottenere la massima potenza utilizzabile, alla frequenza di 400 Hz.

Quindi, mantenendo costante l'ampiezza del segnale di entrata, si varia la posizione del regolatore fino ad ottenere una

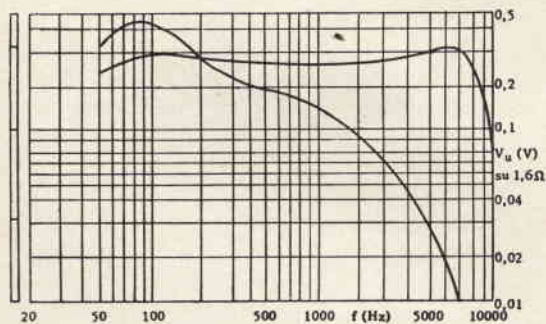


Fig. 6a - Curve caratteristiche dell'azione del controllo di tono per $P_o = 50$ mW - 400 Hz.

potenza di 500 mW e si traccia la curva di risposta.

Si varia successivamente la posizione del regolatore fino ad ottenere, con la stessa entrata, una potenza di uscita di 50 mW e si traccia una seconda curva di risposta.

La risposta dell'amplificatore può essere tracciata anche per altri valori di potenza differenti di quelli sopra specificati.

Le misure indicate possono essere effettuate su un carico fittizio ma allo scopo di ottenere una maggiore aderenza con i corrispondenti rilievi acustici, nei ricevitori di una certa classe, possono essere effettuati anche su altoparlante fittizio.

La figura 5 si riferisce ad un grafico che mette in evidenza l'influenza del regolatore di volume sulla risposta elet-

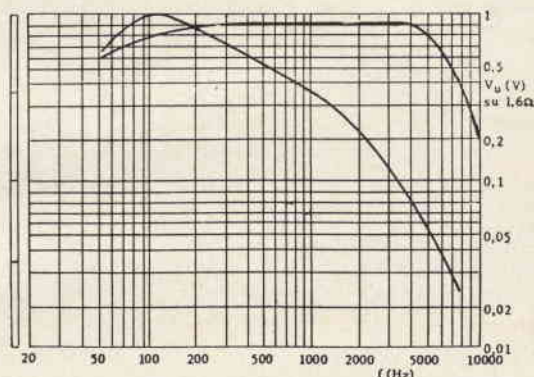


Fig. 6b - Curve caratteristiche dell'azione del controllo di tono $W_o = 500$ mW - 400 Hz.

trica. La curva superiore è stata rilevata per una potenza di uscita pari a 500 mW (400 Hz) quella inferiore per circa 60 mW.

AZIONE DEI REGOLATORI DI TONO

L'azione dei regolatori di tono è rappresentata dalle curve di risposta elettrica di bassa frequenza rilevate per diverse posizioni dei regolatori stessi e del regolatore di intensità di volume.

I regolatori dovranno essere portati successivamente nelle posizioni estreme ed eventualmente nelle posizioni più correnti di funzionamento.

Per ciascuna delle posizioni dei regolatori di tono e per ciascuna posizione del regolatore di volume si otterrà una curva di risposta elettrica.

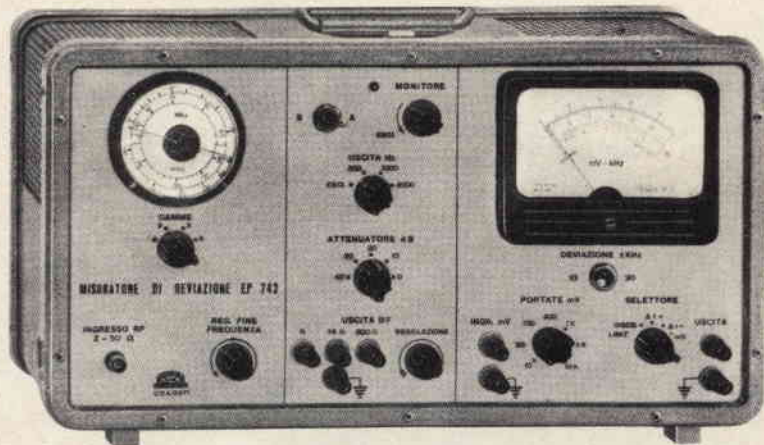


Fig. 7 - Misuratore di deviazione di frequenza da 30 a 190 MHz della Unaohm.

Le modalità delle misure dovranno essere identiche a quelle relative al paragrafo precedente.

La figura 6 a, b, si riferisce a due curve caratteristiche dell'azione dei regolatori di tono.

RISPOSTA GLOBALE ELETTRICA

La risposta globale elettrica, detta anche curva totale, di un ricevitore a modulazione di frequenza, è la caratteristica della potenza elettrica di uscita su un carico fittizio in funzione della frequenza di modulazione di un segnale normale a radiofrequenza modulato in frequenza ed avente ampiezza, frequenza portante e profondità di modulazione fisse, applicato all'ingresso del ricevitore attraverso l'antenna fittizia normale.

Una migliore aderenza della curva di risposta ed elettrica globale alla corrispondente curva di risposta acustica si può ottenere, specialmente in presenza di un circuito di controreazione facente capo al secondario del trasformatore di uscita, mediante l'impiego di un altoparlante fittizio.

Per effettuare la misura il ricevitore FM dovrà essere regolato per la minima distorsione possibile su un segnale avente la tensione normale di 0,55 mV per ingresso a 75 Ω o a 1,2 mV per ingresso a 300 Ω , avente la frequenza di 400 Hz e modulato al 30%.

Il regolatore di volume sarà disposto in modo che la tensione di uscita a 400 Hz sia inferiore di 10 dB rispetto a

quella corrispondente alla massima potenza elettrica utilizzabile.

Per la misura di quest'ultima ci si regolerà secondo quanto esposto nel paragrafo che segue.

Se si verifica una saturazione oppure un sovraccarico in una qualunque parte dell'apparecchio, in qualche zona della gamma di frequenza in cui si effettuano le misure, si dovrà ridurre la potenza di uscita a 400 Hz, preferibilmente agendo sulla tensione di entrata, e si dovrà indicare la nuova condizione. I regolatori di tono, se presenti, dovranno essere predisposti, come al solito, per la massima banda passante.

Mantenendo costante la profondità si farà variare la frequenza di modulazione entro il campo di frequenza da 30 a 15.000 Hz e, per ogni valore della frequenza stessa, si misurerà la tensione di uscita.

I risultati delle misure si riporteranno in un grafico nel quale si indicherà sull'asse delle ascisse la frequenza di modulazione del segnale, preferibilmente in scala logaritmica, mentre sulle ordinate si indicherà il livello relativo alla tensione di uscita a 400 Hz.

Sul grafico si segneranno altresì il valore della potenza a 400 Hz, espressa in milliwatt, la tensione e la frequenza della portante, la profondità di modulazione ed eventualmente le posizioni dei regolatori di tono.

Sullo stesso grafico dovrà essere riportata la curva normale di deenfasi e, nell'interpretazione dei risultati, si dovrà te-

nere conto della mancata preenfasi del segnale a radiofrequenza.

La figura 8 si riferisce alla curva di risposta globale di un ricevitore FM.

DISTORSIONE NON LINEARE ELETTRICA DI BASSA FREQUENZA

La distorsione non lineare elettrica di bassa frequenza di un ricevitore FM è caratterizzata dalle curve che danno le distorsioni armoniche su un carico fittizio, misurate globalmente con distorsiometro o separatamente con un analizzatore armonico, in funzione della tensione o della potenza di uscita desiderata. Quando non è specificato diversamente la frequenza di misura è di 400 Hz.

Per effettuare la misura, l'ampiezza del segnale di entrata di bassa frequenza dovrà essere variata da dei valori molto bassi, tali da produrre un'uscita non superiore a -60 dB rispetto alla potenza massima, fino ad un valore sufficiente a produrre detta potenza.

Si misureranno, per ciascuna ampiezza del segnale all'entrata, la tensione di uscita e la sua distorsione.

Variando la frequenza di misura il procedimento rimane invariato.

La curva relativa di questo genere di misura è la stessa riportata in figura 2.

DISTORSIONE NON LINEARE ELETTRICA COMPLESSIVA ALLA RIVELAZIONE

La distorsione non lineare elettrica complessiva alla rivelazione rappresenta la distorsione prodotta dagli stadi a radiofrequenza e a frequenza intermedia e dai circuiti di rivelazione di un ricevitore.

Pertanto nei rilievi il regolatore di volume dovrà essere posto in una posizione tale da rendere trascurabile il contributo delle distorsioni prodotte dall'amplificatore di bassa frequenza.

Essa è caratterizzata dalle curve che danno le distorsioni armoniche su un carico fittizio, misurate globalmente con un distorsiometro o separatamente con un analizzatore armonico, in funzione della tensione di un segnale normale a radiofrequenza modulato in frequenza, avente la frequenza portante, profondità e frequenza di modulazione fissi, e applicato all'entrata del ricevitore attraverso una antenna fittizia normale.

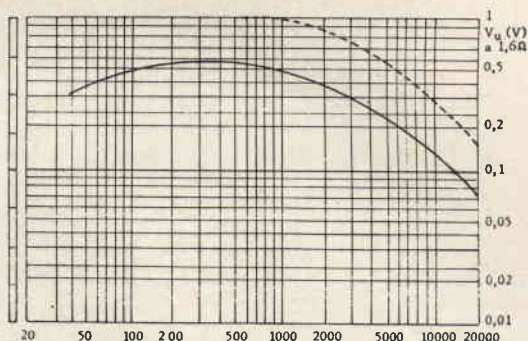


Fig. 8 - Curve di risposta globale di un ricevitore FM. $P_o = 0,19$ W - 400 Hz. Deenfasi (curva tratteggiata) a $50 \mu s$.

Qualora non sia specificato diversamente la frequenza di modulazione dovrà essere di 400 Hz e la profondità di modulazione prima del 100% e successivamente del 30%.

Per effettuare la misura si applicherà al ricevitore una serie di segnali normali modulati in frequenza al 100% con una frequenza di modulazione di 400 Hz. La tensione minima del segnale dovrà essere tale da dare un dislivello di almeno 40 dB fra segnale e rumore all'uscita.

Se, a causa del ronzio, non si riuscirà ad ottenere questo dislivello nella misura con distorsiometro, ci si limiterà a 30 dB e si userà anche l'analizzatore armonico.

In questo caso i due misuratori dovranno essere collegati permanentemente. Regolando il comando di volume per un'uscita di 50 mW, oppure per 1/10 della potenza elettrica di massima uscita, scegliendo il minore di questi due valori. Si aumenterà successivamente l'ampiezza

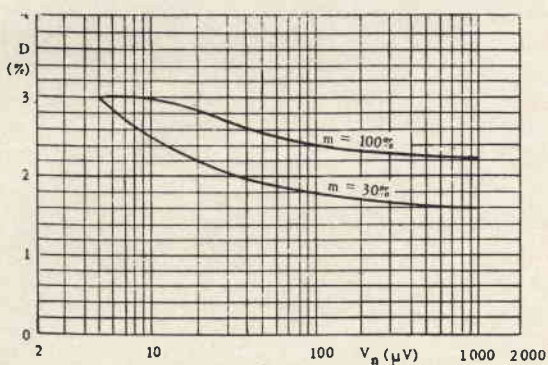


Fig. 9 - Curva della distorsione non lineare elettrica complessiva alle rivelazioni.

TABELLA RELATIVA AGLI ERRORI NELLE MISURE DI TENSIONE DISTORTA

1		2		3		4		5		6		7	
Ordine ed entità delle armoniche rispetto alla fondamentale		Valore efficace (indicazione riferita alla sinusoide pura posta = 100)		Voltmetri tarati in valore efficace, che misurano:									
				Il valore di cresta				Il valore medio					
				indicazione (riferita alla sinusoide pura posta = 100)		errore rispetto al valore efficace		indicazione (riferita alla sinusoide pura posta = 100)		errore rispetto al valore efficace			
ordine	entità (%)	(%)		min	max	(%)	(%)	min	max	(%)	(%)	(%)	(%)
qua-lunque	0	100		100		0		100		0			
II	10	100,5		90	110	- 10,4	+ 9,5	100				- 0,5	
	20	102		80	120	- 22	+ 18					- 2,0	
	50	112		75	150	- 33	+ 34					- 10,6	
	75	125		92	175	- 27	+ 40					- 20	
	100	141		112	200	- 20	+ 41					- 29	
III	10	100,5		90	110	- 10,4	+ 9,5	97	103	- 3,8	+ 2,7		
	20	102		86	160	- 16	+ 18	93	107	- 8,5	+ 4,7		
	50	112		108	150	- 3,4	+ 34	83	117	- 25	+ 4,2		
	75	125		127	175	+ 1,6	+ 40	75	125	- 40	0,0		
	100	141		152	200	+ 7,5	+ 41	67	133	- 53	- 5,7		
IV	10	100,5		92	110	- 8,5	+ 9,5	100				- 0,5	
	20	102		96	120	- 5,9	+ 18					- 2,0	
	50	112		120	150	+ 7,3	+ 34					- 10,6	
V	10	100,5		95	110	- 5,5	+ 9,5	98	102	- 2,5	+ 1,5		
	20	102		103	120	+ 1,0	+ 18	96	104	- 5,9	+ 2,0		
	50	112		129	150	+ 15	+ 34	90	110	- 19	- 1,5		
II e III	20% di II + 10% di III	102,5		77	130	- 25	+ 27	97	103	- 5,4	+ 0,5		
	50% di II + 20% di III	114		70	170	- 38	+ 50	93	107	- 18	- 5,8		

NOTA. — Gli errori delle colonne 5 e 7 sono stati calcolati prima di arrotondare i valori di provenienza delle colonne 3, 4 e 6.

del segnale di entrata riportando con il regolatore di volume la potenza di uscita, al valore iniziale.

Per ogni livello di entrata si accorda accuratamente il ricevitore per la minima distorsione.

Per ciascuna ampiezza del segnale di entrata si misurano o la distorsione glo-

bale o le componenti armoniche del segnale di uscita, secondo che sia stato o no possibile ottenere un dislivello di 40 dB fra segnale e rumore di uscita. Modulando il segnale al 30% si ottiene una seconda curva possibilmente con la stessa potenza di uscita.

La rappresentazione grafica dei risul-

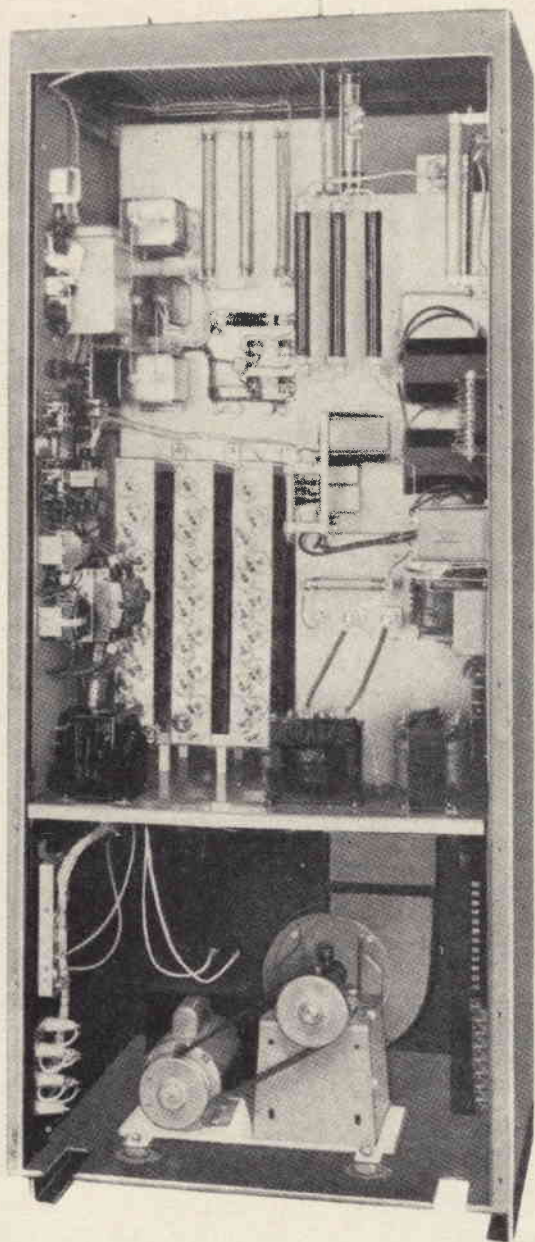


Fig. 10 - Parte posteriore di un trasmettitore FM della RCA della potenza di 10 kW.

tati si effettua portando sulle ascisse, in scala logaritmica, l'ampiezza del segnale di entrata e sulle ordinate, in scala lineare, la distorsione totale, misurata, nel caso si usi il distorsiometro, oppure calcolata con la formula indicata nella puntata precedente nel caso dell'analizzatore.

La figura 9 si riferisce alla curva della distorsione non lineare elettrica complessiva alla rivelazione.

IL PHASITRON (sistema di modulazione)

Il sistema di modulazione Phasitron impiega un tubo modulatore speciale realizzato a suo tempo dalla GECO e noto per l'appunto con il nome di « Phasitron ».

Se il segnale d'ingresso di bassa frequenza è sottoposto ad un adatto processo di enfasi, tramite un circuito correttore, all'uscita del Phasitron sarà presente un segnale a radio frequenza modulato in frequenza.

In queste condizioni il circuito oscillatore può essere pilotato con un quarzo stabilizzatore. Le oscillazioni avvengono alla stessa frequenza fondamentale dello stadio pilota, ed una serie di moltiplicatori di frequenza provvede successiva-

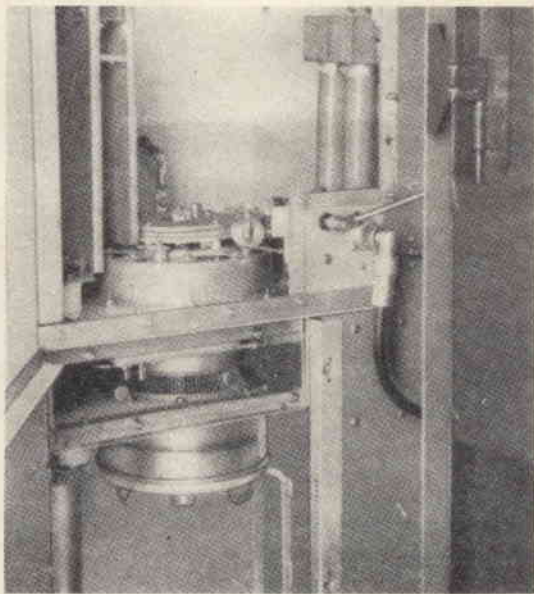


Fig. 11 - Stadio amplificatore di potenza del trasmettitore di potenza da 10 kW di fig. 10.

mente alla moltiplicazione di frequenza e a quella deviazione.

Le figure 12 e 13 indicano rispettivamente la sezione di un tubo Phasitron e la sua rappresentazione schematica.

Gli elettroni emessi dal catodo di un tubo Phasitron sono soggetti all'azione delle due placche 1 e 2, che sono polariz-

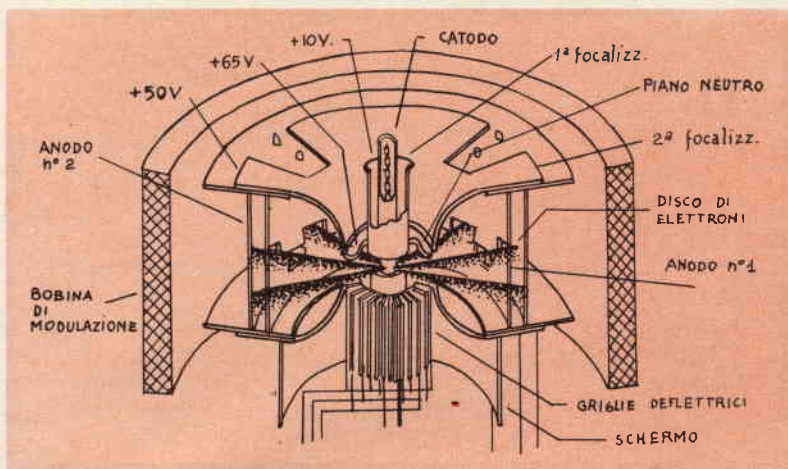


Fig. 12 - Vista in sezione di un Phasitron delle G.E.C.O. per trasmettitore a modulazione di frequenza.

zate positivamente su dei potenziali che approssimativamente sono di 200 e 250 V.

Per quanto l'anodo 2 sia collocato posteriormente all'anodo 1 esso può far sentire ugualmente la sua azione su gli elettroni emessi dal catodo per il fatto che sull'anodo 1 sono state effettuate delle apposite aperture.

Gli elettrodi focalizzatori 1 e 2, polarizzati con una tensione dell'ordine di 10 V il primo e di 25 V il secondo, agiscono in modo che il flusso elettronico assuma la forma di un disco di sezione alquanto affusolata, di asse comune con il catodo.

Il piano neutro è polarizzato con una tensione di 30 V ed è chiaramente visibile in figura 12.

Tutt'attorno è disposto un sistema di griglie deflettrici, riunite in tre sistemi alternati A, B e C, che sono eccitati tramite tre tensioni trifasi aventi una frequenza costante che è fornita da un generatore controllato a quarzo.

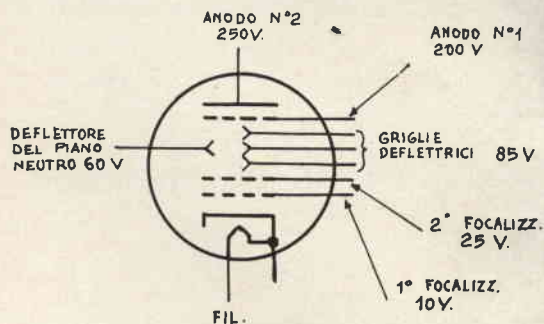


Fig. 13 - Rappresentazione schematica del Phasitron della G.E.C.O. di figura 12.

L'azione delle griglie deflettrici si manifesta mediante la deformazione del disco elettronico che, in un dato istante assumerà l'aspetto ondulato chiaramente visibile in figura 14 per il fatto che le maglie positive del sistema formeranno il bordo del disco in un senso e quelle negative il bordo in senso opposto.

Poiché è evidente che il campo elettrico deformante è ruotante, ruoterà anche lo stato di deformazione del disco.

Se osserviamo la figura 15 possiamo constatare che il tratto continuo indica la traccia del disco ondulato in un istante in cui gli elettroni attraversano le aperture praticate nell'anodo più interno raggiungendo quello esterno quando nel circuito circola la massima corrente. Dopo un mezzo periodo la traccia del disco ondulato sarà invece quella tratteggiata. In questo caso gli elettroni raggiungeranno l'anodo più interno nel cui circuito si avrà la massima corrente. Se si dispone attorno al circuito la bobina di modulazione, visibile in figura 12, la corrente modulante che la percorre genererà un campo magnetico le cui linee di flusso attraverseranno il disco elettronico.

Le traiettorie degli elettroni, in conseguenza di tale campo, si incurveranno più o meno, in relazione alla intensità del campo, che come abbiamo detto dipende dalla corrente di modulazione, la qualcosa darà luogo ad una modulazione di fase che si ripercuoterà sulla corrente che scorre nei circuiti dei due anodi. Le oscillazioni applicate alle griglie deflettrici verranno così modulate di fase, dalla cor-

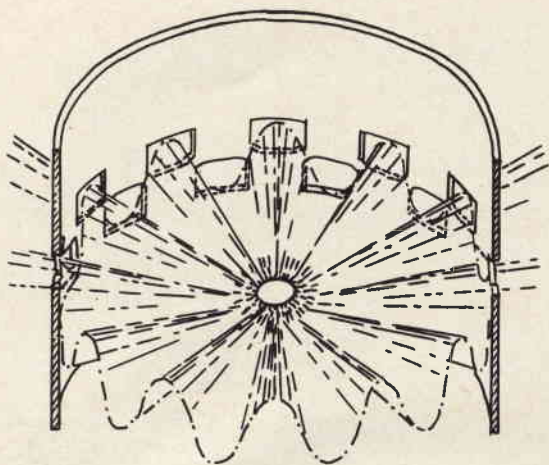


Fig. 14 - Deformazione del disco elettronico con aspetto ondulato.

rente modulante che scorre nella bobina di modulazione coassiale al Phasitron.

La figura 16 si riferisce ad un circuito in cui si impiega un tubo Phasitron. Il circuito oscillante è accordato sulla frequenza fondamentale del quarzo ed ogni lato del circuito fa capo ad uno dei due anodi del Phasitron.

Pertanto questo circuito oscillante è eccitato dalla periodica variazione del numero degli elettroni che giungono sui due anodi.

Nello schema è visibile pure l'avvolgimento di modulazione che produce il campo magnetico il quale agendo sul disco ondulato, come abbiamo spiegato; lo obbliga a ruotare attorno al suo asse che è rappresentato dal catodo.

Si deve precisare che mediante degli opportuni accorgimenti di natura meccanica ed elettrica è possibile agire in mo-

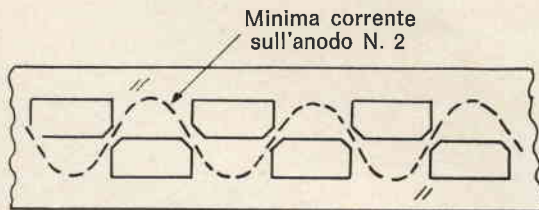


Fig. 15 - Rappresentazione pratica della deformazione del disco deformante nelle convinzioni di massima corrente nell'anodo 2 e di minima corrente.

do che il Phasitron possa dare delle variazioni di fase che corrispondono a delle variazioni di frequenza fino a 180 Hz, e pertanto mediante delle opportune moltiplicazioni di frequenza è possibile raggiungere il valore finale di ± 75 kHz, che è richiesto per i normali trasmettitori a modulazione di frequenza.

Come si può osservare in figura 16 il Phasitron, per funzionare regolarmente necessita di alcuni circuiti supplementari.

Infatti, oltre ai circuiti che hanno il compito di fornire le opportune tensioni di polarizzazione ai vari elettrodi, si possono notare la particolarità del circuito di uscita in controfase tra i due anodi del Phasitron e, soprattutto, il circuito sfasato il cui compito è quello di alimentare le griglie.

La struttura di principio come abbiamo già accennato è quella del circuito monofase di Scott.

In questo circuito si genera una tensione a 90° con quella di riferimento e dalla combinazione delle due si ottengono tre tensioni che vengono a trovarsi esattamente a 120° gradi elettrici l'una dall'altra.

Il circuito di modulazione è del tutto separato dal resto del circuito ed alimenta esclusivamente la bobina di modulazione mediante un amplificatore di tipo convenzionale.

Il modulatore Phasitron richiede delle particolari attenzioni sulla sua messa a punto data la complessità dei circuiti e la presenza di numerosi comandi.

Il metodo più semplice consiste nell'eseguire le correzioni in modo da ottenere la minima distorsione possibile controllando successivamente sia la curva livello-frequenza sia l'eccitazione all'inizio della catena dei moltiplicatori.

Naturalmente queste considerazioni sono valide soltanto per piccoli ritocchi, mentre la messa a punto generale dei circuiti di questo genere viene effettuata dalla casa costruttrice.

In linea di massima la messa a punto del Phasitron si esegue nel seguente modo:

- 1) si applicano ai focalizzatori le tensioni previste;
- 2) si modula una frequenza fissa di 400 Hz ritoccando leggermente lo sfasato-

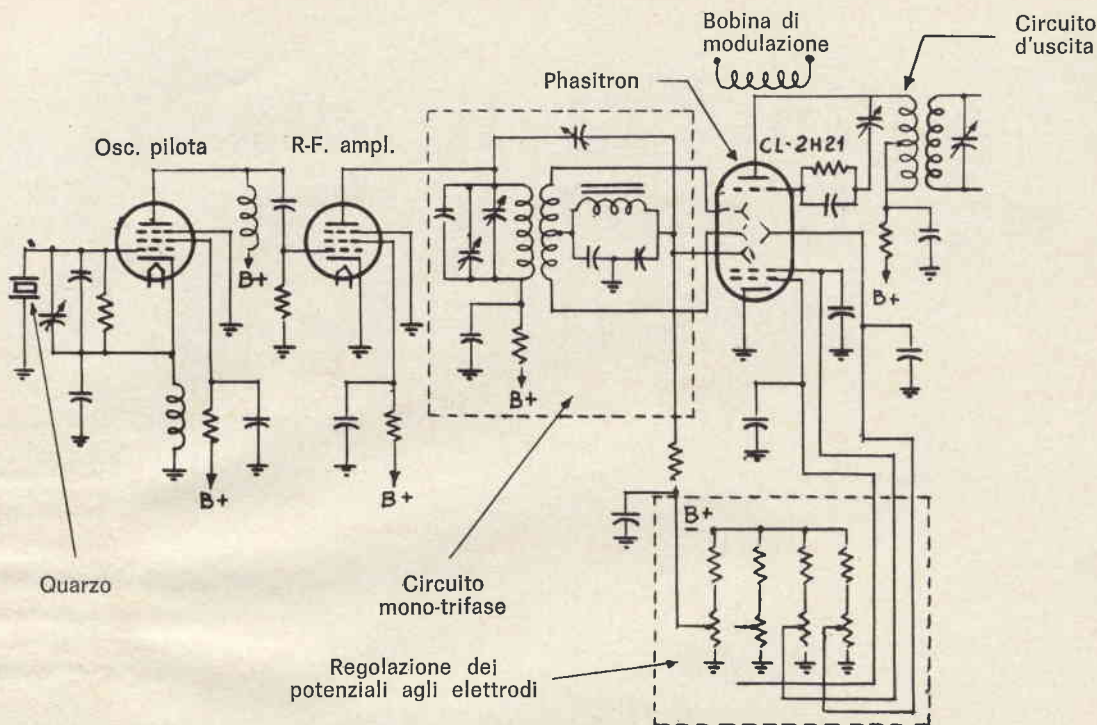


Fig. 16 - Circuito di un Phasitron completo di oscillatore pilota, amplificatore RF e bobina di modulazione.

re di Scott in modo da ottenere la minima distorsione possibile;

- 3) si passa a modulare una frequenza di 50 Hz e si ritoccano lievemente le tensioni dei focalizzatori sempre in modo da ottenere la minima distorsione.

Da notare che la tensione dei focalizzatori influenza sensibilmente l'uscita a radio frequenza per cui è necessario raggiungere un compromesso, per tentativi, fra la minima distorsione alle basse frequenze e la corretta eccitazione del primo moltiplicatore.

In genere dei lievi ritocchi ai primi moltiplicatori di frequenza possono migliorare sia la distorsione sia la cifra livello-frequenza.

La regolazione di un Phasitron deve essere effettuata dopo 2000 ore di lavoro.

MISURATORE DI DEVIAZIONE DI FREQUENZA

La figura 7 si riferisce ad un misuratore

di deviazione della UNAOHM che è costituito da un generatore di bassa frequenza, da un millivoltmetro e da un indicatore del picco massimo di deviazione di frequenza, destinato al controllo e alla messa a punto dei modulatori FM.

Il generatore di BF dispone di tre frequenze fisse: 300, 1.000 e 3.000 Hz.

Il millivoltmetro ha una sensibilità massima di 10 mV fs, con una impedenza di ingresso di 1 MΩ ed un campo di frequenza compreso fra 10 Hz e 30 kHz. Il misuratore di deviazione copre le gamme comprese fra 30-40 MHz, 66-88 MHz, 80-140 MHz, 140-190 MHz e 420-450 MHz.

Come indicatore di deviazione di frequenza si utilizza lo stesso millivoltmetro sul cui quadrante sono riportate due scale supplementari da 0 a 10 kHz o 0 a 30 kHz.

Lo strumento consente anche il controllo del livello del segnale d'ingresso a RF, l'esatta centratura della frequenza del discriminatore ed il picco massimo della deviazione positiva e negativa.