

## CAPITOLO XVII

### MISURE SULLE VALVOLE

#### 80. Provalvole.

Il collaudo di una valvola va effettuato per determinare se essa è ancora in condizioni di lavorare, se ha raggiunto o no il limite di funzionamento normale, o se è difettosa.

La prima determinazione è complessa perchè il limite di funzionamento dipende dalla particolare funzione espletata dalla valvola nel ricevitore.

Così una valvola che funziona bene in uno stadio con accoppiamento a *RC* può fornire un'amplificazione ridotta se fatta lavorare come amplificatrice a *FI*; una convertitrice che funziona bene sulla gamma *OM* può avere la sezione oscillatrice che non innesca sulle *OC*. Un ricevitore con valvole vecchie può fornire ancora ottimi risultati per la ricezione del trasmettitore locale, ma occorre sostituire le valvole se si vuol ottenere una sensibilità sufficiente per la ricezione di stazioni lontane.

Delle semplici prove permettono di controllare in modo sufficientemente preciso lo stato di una valvola, ma è impossibile realizzare sempre le condizioni particolari in cui essa viene a trovarsi in un dato circuito, per cui in molti casi il miglior mezzo di controllo è dato dalla sostituzione della valvola con un'altra nuova. L'eventuale differenza di funzionamento è rilevabile con un generatore ed un misuratore di uscita se essa è inserita in un ricevitore o un amplificatore.

La microfonicità di una valvola va provata sul ricevitore in cui deve lavorare. L'oscillazione intermittente con bloccaggio, che da luogo al particolare rumore di un motore a scoppio, può essere prodotta da corrente inversa della griglia (griglia positiva a causa di gas nella valvola o per emissione secondaria), ma un tale difetto può essere causato anche da un organo

difettoso nel ricevitore. La distorsione è comunemente prodotta da esaurimento o difetto della valvola finale, ma può anche dipendere dal cattivo stato di un condensatore di filtro o di una resistenza, oppure generata dall'esaurimento del diodo rivelatore. Il ronzio è introdotto da una valvola quando non esiste più il necessario isolamento fra il catodo ed il filamento riscaldatore, ma più comunemente è dovuto all'essiccamento dei condensatori elettrolitici di filtro.

Un provavalvole che possa collaudare le valvole e determinare qualsiasi difetto esistente in esse è quanto di meglio si possa desiderare, ma un tale strumento non esiste in commercio. Esso richiederebbe un tale numero di strumenti di misura, alimentatori, controlli ecc., da essere eccessivamente dispendioso e difficilmente manovrabile.

Molti provavalvole del commercio peccano di eccessiva semplicità e pertanto le prove eseguite col loro mezzo non hanno sovente alcun significato. Le uniche indicazioni attendibili sono che la valvola si accende, che il catodo emette oppure no ancora una corrente e che vi sono oppure no, cortocircuiti fra gli elettrodi.

Una soluzione pratica, ad un tale stato di cose, è che il radioriparatore si attrezzi per poter eseguire alcune delle prove fondamentali sulle valvole, descritte qui di seguito, ma si fornisca anche di un certo numero di valvole nuove con cui effettuare delle sostituzioni.

#### a) Cortocircuiti e perdite di isolamento.

Prima di collaudare una valvola è utile effettuare il controllo dell'isolamento dei vari elettrodi fra di loro.

Non è sufficiente il controllo del contatto diretto fra gli elettrodi, occorre anche misurarne l'isolamento, che non deve risultare inferiore a circa  $0,25 \text{ M}\Omega$ . In fig. 173 è lo schema di un dispositivo che applica  $100 \text{ V}$  fra ogni coppia di elettrodi e, data la sensibilità delle lampade al neon, si ha un'indicazione delle eventuali perdite di isolamento. I condensatori posti in parallelo alle lampade evitano deboli inneschi di queste per le capacità esistenti fra gli avvolgimenti e i conduttori: si ha l'illuminazione di una lampada solo quando l'isolamento fra due elettrodi risulta minore di  $0,5 \text{ M}\Omega$ .

Inserendo alcune valvole si accende la lampada al neon n. 1, indicando la continuità del filamento, con altre, che hanno il filamento collegato ad altri piedini o una presa centrale ad esso, si accenderanno altre lampade.

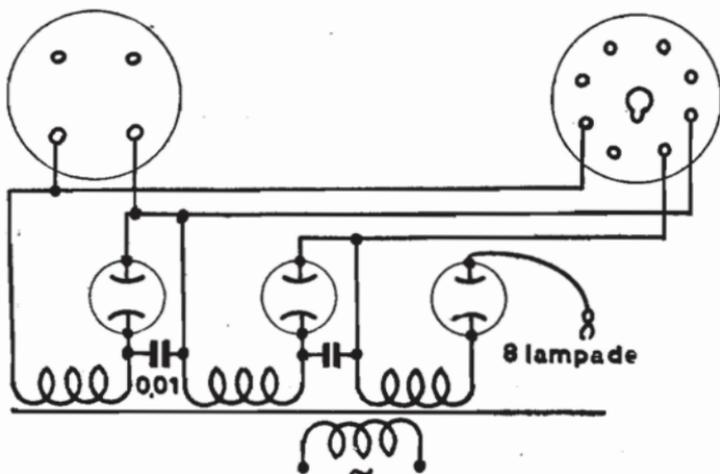


Fig. 173. — Dispositivo di prova per i cortocircuiti con tensione elevata.

Per non adoperare un trasformatore complesso come quello dello schema si può far uso di un solo avvolgimento secondario a 100 V ed una lampada al neon effettuando le commutazioni delle coppie di elettrodi con il dispositivo di fig. 174.

La misura dell'isolamento fra gli elettrodi di una valvola va effettuata quando questa ha raggiunto la temperatura normale di funzionamento. Per avvicinarsi ad una tale condizione è bene lasciare accesa la valvola per qualche tempo.

Fra gli elettrodi va applicata una tensione di 300 V continui e l'isolamento, controllato con un megohmmetro o un microamperometro da 100  $\mu$ A (con una resistenza in serie di 3 M $\Omega$ ) non deve risultare inferiore a 10 M $\Omega$  per una valvola perfetta. La perdita di isolamento o il cortocircuito fra filamento riscaldatore e catodo, altera la polarizzazione di una valvola autopolarizzata e introduce ronzio nella riproduzione.

La misura dell'isolamento va effettuata applicando fra il filamento acceso ed il catodo la massima tensione indicata dal costruttore e misurando la corrente che circola: essa non deve superare i  $20 \mu\text{A}$  per le valvole normali ed i  $50 \mu\text{A}$  per quelle di potenza. La polarità della tensione di collaudo va invertita dopo una prima misura.

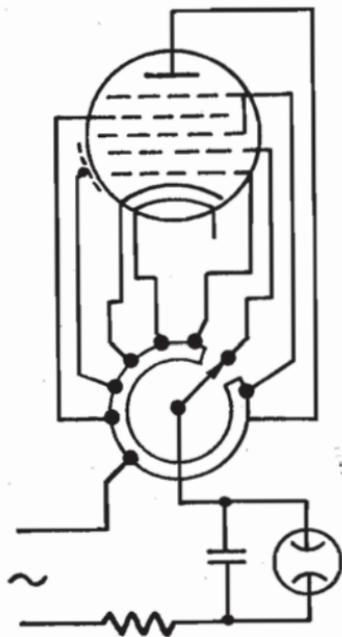


Fig. 174. — Prova dell'isolamento fra gli elettrodi.

In fig. 175 è lo schema del dispositivo di prova isolamento fra catodo e riscaldatore adoperato in alcuni provavalvole: l'alta tensione applicata fra anodo e riscaldatore risulta anche al catodo quando l'interruttore disegnato è mantenuto chiuso. La corrente anodica si annulla quando lo si apre se l'isolamento è sufficientemente elevato.

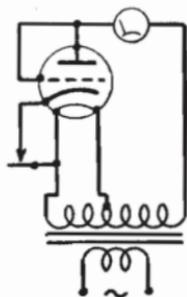


Fig. 175. — Prova di isolamento fra catodo e riscaldatore.

b) *Emissione.*

Con questa prova si esamina la possibilità che ha un catodo di fornire la massima corrente anodica stabilita, maggiore di quella richiesta per un normale funzionamento ed una lunga durata della valvola. La prova va effettuata collegando all'a-

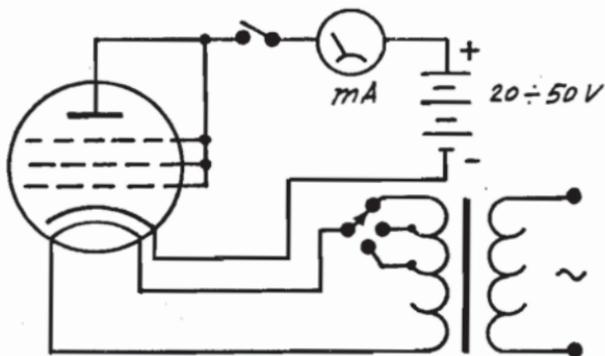


Fig. 176. — Prova emissione.

nodo tutte le griglie ed applicando loro una tensione positiva rispetto al catodo: si ha così la misura dell'emissione catodica totale, fig. 176.

Questa prova va effettuata per un tempo molto breve, non superiore a 3 secondi. L'emissione del catodo è molto elevata ed essa è assorbita per la maggior parte dalla griglia controllo e da quella di schermo, perchè più vicine; queste due griglie si riscaldano notevolmente e si può avere emissione di gas, che alterano il vuoto della valvola e consentono il bombardamento del catodo dagli ioni positivi, che si producono per l'ionizzazione del gas, danneggiando lo strato di ossidi che vi è deposto. Per tale ragione la tensione positiva applicata agli elettrodi collegati non deve superare un adatto valore, che permetta di avvicinarsi al valore della saturazione della corrente anodica senza però che si abbia un eccessivo riscaldamento degli elettrodi suddetti. È necessario applicare la tensione per un tempo di circa 3 secondi perchè in tal modo è possibile controllare se l'emissione si mantiene costante. Per essere sicuri del tempo di applicazione della tensione positiva, senza correre il rischio

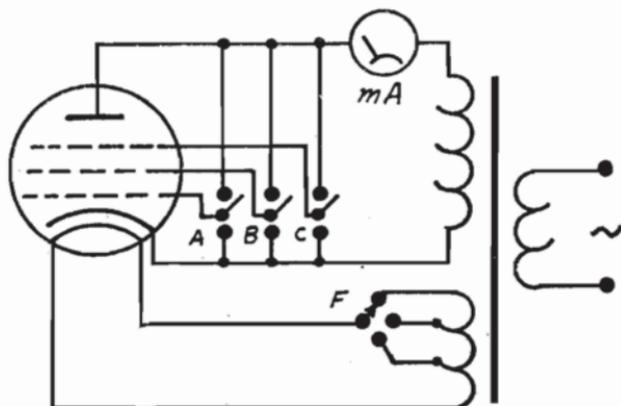


Fig. 177. — Circuito per la prova dell'emissione adottato nei provavalvole.

di rovinare la valvola, è necessario introdurre nel circuito un interruttore che verrà chiuso dopo aver lasciato acceso il filamento per un tempo sufficiente a far riscaldare bene il catodo.

I comuni provavalvole del commercio fanno uso di un circuito simile a quello di fig. 177.

Un commutatore *F* sceglie la tensione adatta per l'accen-

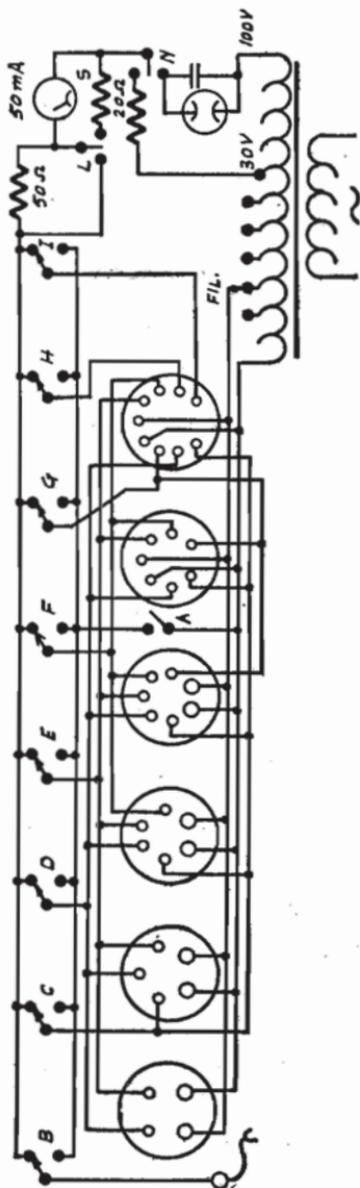


Fig. 178. - Provalvalvole e prova cortocircuiti.

sione del filamento della valvola. Questa è inserita nello zoccolo mantenendo i commutatori *A*, *B* e *C* nella posizione inferiore, griglie collegate al catodo. Quando questo si è sufficientemente riscaldato si portano i commutatori nella posizione superiore collegando le varie griglie all'anodo: la corrente indicata dallo strumento aumenta ad ogni inserzione se esiste il collegamento dell'elettrodo al piedino dello zoccolo.

La prova di emissione ottenuta con questo metodo fornisce indicazioni che non sono paragonabili con quella ottenuta alimentando il circuito con corrente continua perchè si ha interruzione dell'emissione catodica durante le semionde negative.

Solo qualche provavalvole commerciale fa uso dell'alimentazione in c.c. ma occorre che l'alimentatore sia abbondantemente proporzionato per applicare una tensione costante alla valvola in prova. I normali provavalvole adottano lo schema suddetto per la notevole semplicità costruttiva; le indicazioni ottenute risultano praticamente accettabili in quanto siano state determinate dal costruttore dello strumento.

In fig. 178 è lo schema di un provavalvole che fa uso dello schema precedente. Sul milliamperometro di 50 mA può essere inserita la derivazione *S* per aumentare la portata a 150 mA, sia per la misura di correnti anodiche elevate, sia per protezione nel caso di cortocircuiti fra gli elettrodi di una valvola.

Inserita la valvola nell'adatto zoccolo, dopo aver scelto la tensione di accensione, si mantiene il commutatore *N* in basso, *L* a destra. Mantenendo il commutatore del catodo in alto ed *A* aperto si controlla l'isolamento fra catodo e riscaldatore. Chiuso *A* si verificano gli altri elettrodi: si mantiene alzato il commutatore della griglia schermo, ad esempio *G* e si abbassano uno alla volta gli altri *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, *H*, *I*, si ripete quindi la manovra tenendo alzato *F* ed abbassando *B*, *C*, *D*, *E*, *G*, *H*, *I*. Si applicano in tal modo ad ogni elettrodo 100 V rispetto agli altri.

Il controllo dell'emissione del catodo è ottenuto spostando *N* in alto, *L* a sinistra, mantenendo il commutatore della griglia schermo nella posizione superiore ed abbassando uno alla volta gli altri, per cui i vari elettrodi hanno una tensione di 30 V; l'inclusione di ogni elettrodo comporta una variazione nella corrente anodica e mostra il funzionamento o meno dell'elettrodo stesso. Le resistenze sono mantenute di valore basso, in

modo che la variazione di corrente dovuta all'inserzione di ogni elettrodo o alla maggiore o minore efficienza del catodo porti a rilevanti spostamenti nella lettura del milliamperometro.

Il commutatore  $L$  va portato a destra nel caso di raddrizzatori a vapore di mercurio.

Per la taratura di un simile strumento è necessario per ogni tipo di valvola stabilire il valore dell'emissione minima ch'è il 70 % del suo valore normale nel caso di amplificatrici sia di tensione che di potenza. Per i raddrizzatori di qualsiasi tipo una riduzione dell'emissione del 20 % rispetto al valore stabilito su varie valvole nuove ne indica l'esaurimento. I raddrizzatori a vapore di mercurio possono anche essere controllati, ma è necessario misurare a mezzo di un voltmetro in c.c. con elevata resistenza, se la caduta di tensione fra anodo e catodo raggiunge 25 V: in tal caso la valvola è esaurita.

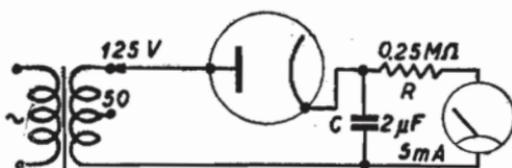


Fig. 179. — Collaudo dei diodi rivelatori.

I diodi rivelatori possono essere collaudati uno alla volta in serie ad una resistenza di carico da 0,25 M $\Omega$ , fig. 179, ed il milliamperometro: essi raddrizzano la corrente fornita dal secondario di un trasformatore e caricano il condensatore  $C$  da 2  $\mu$ F. Il milliamperometro indica la corrente circolante nella resistenza di carico. Tutti i normali diodi montati in valvole doppie (triodi o pentodi), collaudati con 50 V anodici, forniranno una corrente di 0,25 mA quando sono in perfetta efficienza e di 0,2 mA quando sono esauriti. Il 6H6 va collaudato con 125 V e una resistenza di carico di 35 000  $\Omega$ : esso fornirà rispettivamente 4,5 e 3,6 mA sul carico.

Le raddrizzatrici di tipo americano possono essere collaudate con lo stesso metodo ma con i dati di tensione e di carico indicati nella tabella seguente. I risultati sono meno esatti che con la prova di emissione vera e propria.

## III

DATI PER IL COLLAUDO DI RADDRIZZATRICI AMERICANE A VUOTO.

Tipo	$V_{eff}$	$C$ $\mu F$	$R$ $\Omega$	Corrente anodica	
				normale mA	esaurita mA
1V	400	8	8100	60	48
5U4	550	6	3550	141	113
5V4	450	5	4200	113	90
5W4	400	12	6800	63	50
5X4	550	6	3550	141	113
5Y3	550	4	8000	72	58
5Y4	550	4	8000	72	58
5Z3	550	6	3550	141	113
5Z4	550	6	3550	141	113
6X5	400	12	12000	41	33
12Z3	300	16	5600	66	53
25Z5	250	16	4000	71	57
25Z6	250	16	4000	71	57
80	550	4	8000	72	58
81	1100	4	12000	98	78
83V	450	5	4200	113	90
84	400	8	15000	32	26

e) *Pendenza.*

La misura pratica della pendenza si effettua variando di un volt la polarizzazione di una valvola, alimentata alle tensioni volute, e notando la variazione corrispondente nella corrente anodica; questo è il metodo statico di misura.

In fig. 180 è il sistema più semplice adoperato in alcuni provavalvole: un trasformatore ha un avvolgimento a prese multiple commutabili con  $F'$  per l'accensione della valvola.

Un avvolgimento AT fornisce 45 e 90 V, tensioni che sono applicate alla griglia schermo ed all'anodo dei pentodi da collaudare; nel caso di triodi si fa uso solo della tensione di 90 V. Un terzo secondario fornisce una tensione di qualche volt, che

può essere applicata alla griglia controllo a mezzo del commutatore *S*: dalla manovra di questo si vede se l'indicazione dello strumento varia entro i limiti indicati dal costruttore del provavalvole.

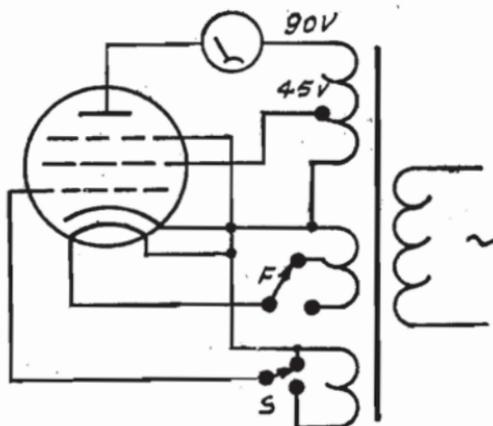


Fig. 180. — Collaudo della pendenza.

Migliori risultati si ottengono con il dispositivo di fig. 181. Il trasformatore di alimentazione oltre al secondario a prese multiple per il filamento ha un secondario AT con presa centrale, per il collegamento alla griglia schermo.

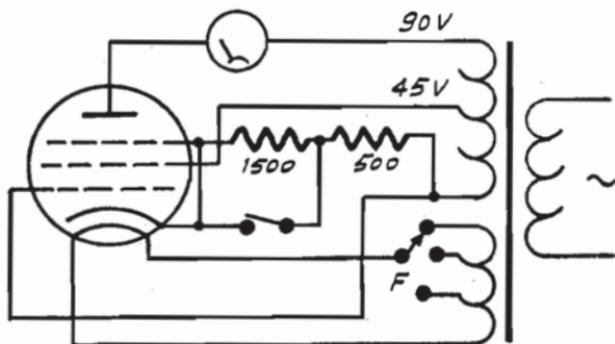


Fig. 181. — Provavalvole con collaudo della pendenza.

La resistenza catodica è doppia ed una parte di essa può essere cortocircuitata chiudendo l'interruttore  $I$ ; si varia così la tensione di polarizzazione di griglia e si notano le variazioni nella corrente anodica.

Per il metodo dinamico di misura della pendenza si può far uso del dispositivo di fig. 182 che permette una buona approssimazione e rapidità. Le tensioni anodica e di griglia sono

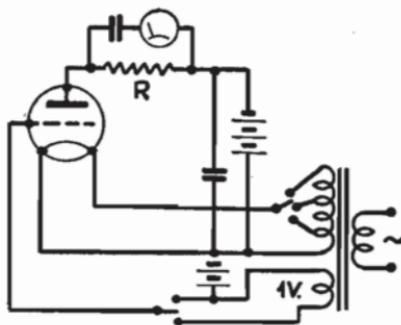


Fig. 182. — Misura dinamica della mutua conduttanza.

fornite da batterie ma si può far uso di alimentatori con piccola resistenza interna; l'accensione delle valvole è in alternata, con un trasformatore a prese variabili. La resistenza  $R$  sarà quanto più bassa è possibile rispetto alla resistenza interna della valvola o è sostituita con una impedenza, di valore elevato ma con bassa resistenza, che serve per l'accoppiamento a mezzo di un condensatore, di qualche microfarad, con il voltmetro a raddrizzatore che indica in tali condizioni solo la componente alternata della corrente anodica, dovuta all'applicazione alla griglia di 0,5 V di cresta (che sovrapponendosi alla polarizzazione fanno variare la tensione di griglia da 0,5 V in più a 0,5 V in meno rispetto questa polarizzazione).

Conoscendo il valore di  $R$  si può determinare il valore della corrente alternata che vi circola per una data indicazione del voltmetro: si può tarare lo strumento direttamente in mA/V.

Le convertitrici possono essere collaudate con lo stesso metodo. Agli elettrodi facenti parte della sezione modulatrice si applicano le tensioni indicate nella tabella seguente, alla gri-

glia oscillatrice si applica, senza polarizzazione, una tensione alternata di 1 V efficace a mezzo di un secondario separato sul trasformatore di alimentazione scegliendo in modo adatto il collegamento dei suoi estremi al catodo ed alla griglia.

## IV

DATI PER LA MISURA DELLA PENDENZA DI CONVERTITRICI AMERICANE.

Tipo	$V_A$	$V_{os}$	$-V_g$	$V_A$ oscill.	mA c. a.	
					normale	esaurita
1A6	180	67	-3	135	0,58	0,33
1A7	90	45	0	90	0,6	0,36
1C6	180	67	-3	135	1	0,6
1C7	180	67	-3	135	1	0,6
1D7	180	67	-3	135	0,58	0,33
2A7	180	55	-0,5	180	1,1	0,75
6A7	180	55	-0,5	180	1,1	0,75
6A8	180	55	-0,5	180	1,1	0,75
6D8	135	67	-3	135	1,5	0,9
6J8	180	55	-0,5	100	1,6	0,95
6K8	180	55	-0,5	100	3	1,9
6SA7	100	100	0	—	4,5	2,7

Sul circuito anodico della modulatrice va inserita la resistenza di carico  $R$  ed il voltmetro.

Il miglior metodo per il collaudo della sezione oscillatrice di una convertitrice è di inserirla in un circuito come quello di fig. 183, con tensione anodica normale, e di controllare la corrente di griglia. Si può stabilire una graduatoria a mezzo del valore a cui è portata la resistenza  $R$  per far cessare le oscillazioni: se non si ha più corrente di griglia quando  $R = 9000 \Omega$  la valvola oscilla troppo debolmente; se si può ridurre  $R$  sino a  $3000 \Omega$  la valvola è un'ottima oscillatrice.

Questa prova non è però senz'altro definitiva in quanto si possono avere convertitrici la cui sezione oscillatrice funzioni ottimamente in  $OM$  e non oscilli in  $OC$ . Per tale ragione molti preferiscono un semplice collaudo della pendenza per provare l'efficienza normale dell'oscillatrice, salvo a provarla sul ricevitore su cui deve funzionare, misurandone la corrente di griglia.

Correnti dell'ordine di 300 a 400  $\mu\text{A}$  per le *OM* e di 100  $\mu\text{A}$  per le *OC* sono normali.

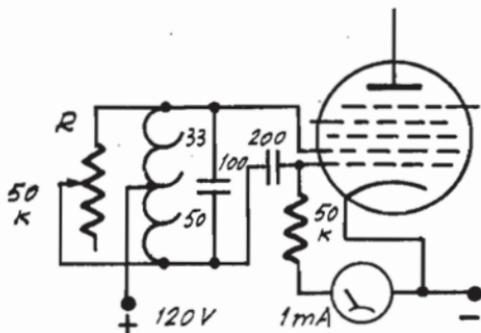


Fig. 183. — Collaudo della sezione oscillatrice delle convertitrici.

d) *Corrente di griglia.*

Di una valvola adoperata in un circuito con elevata resistenza di fuga di griglia è bene assicurarsi della esistenza o meno di una corrente di griglia, dovuta a presenza di gas. Alimentandola con tensioni normali ed inserendo un microamperometro nel circuito di griglia non si deve avere una corrente maggiore di 1  $\mu\text{A}$ , ma se la valvola è di potenza la corrente può giungere anche a 4  $\mu\text{A}$  senza essere dannosa, purchè si curi che la resistenza del circuito di griglia non sia tanto elevata da aversi un'apprezzabile variazione della polarizzazione di griglia.

Non disponendo di un microamperometro si può ricorrere allo schema di fig. 184, in cui si dispone una resistenza  $R$  di valore molto elevato (anche di 10  $\text{M}\Omega$ ) cortocircuitabile con un interruttore  $I$  costituito da un filo di rame collegato ai capi della resistenza. Con questo cortocircuito su  $R$  si regoli la tensione negativa di griglia sino ad avere una corrente normale nel milliamperometro:  $V$  indicherà questa tensione. Aprendo il cortocircuito su  $R$  una corrente di griglia presente produce una caduta di potenziale che altera quella data dalla batteria di griglia; occorre regolare il potenziometro per ottenere la corrente anodica primitiva. Dalla nuova indicazione di  $V$ , mag-

giore della precedente, si ha, per differenza, il valore della tensione prodotta su  $R$  dalla corrente di griglia: conoscendo  $R$  è possibile calcolare il valore di questa corrente.

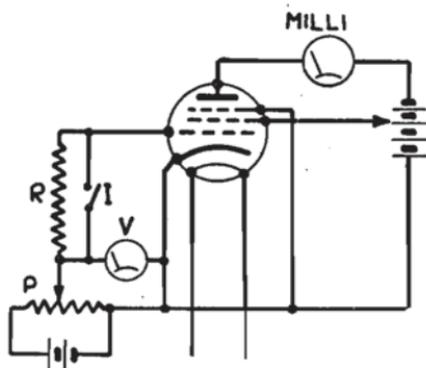


Fig. 184. — Controllo della corrente di griglia.

In fig. 185 è lo schema di un provavalvole per le valvole subminiatura, che non possono essere collaudate sui normali provavalvole. Il commutatore sui morsetti dello strumento in-

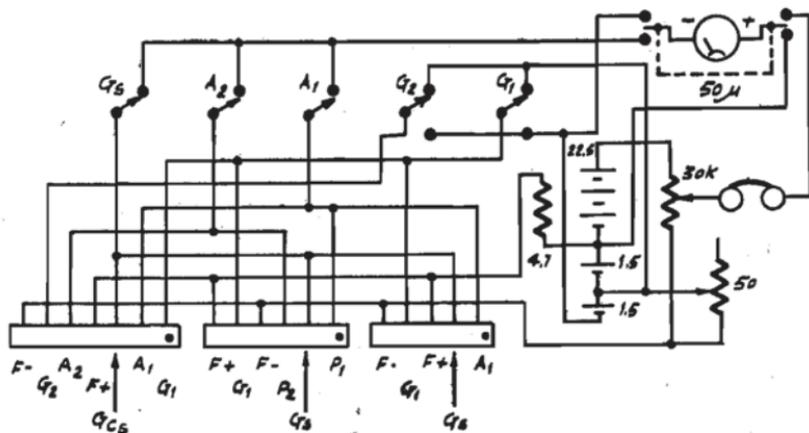


Fig. 185. — Provavalvole per valvole subminiatura (Sandretto).

serisce questo sul circuito dei filamenti quando è abbassato e sul circuito anodico quando è alzato. Le valvole subminiatura richiedono una corrente di accensione da 10 a 50 mA ed un reostato di 50  $\Omega$ , è collegato in serie al filamento per portare questa corrente al valore voluto. I commutatori  $G_1$  e  $G_2$  spostano la polarizzazione di griglia da zero a  $-1,5$  V e la variazione di corrente indicata dallo strumento mostra l'efficienza della valvola. Il potenziometro di 30 k $\Omega$  consente di applicare la tensione anodica e di schermo più adatta alla valvola da collaudare.

## CAPITOLO XVIII

# GENERATORI AD AUDIO E RADIO FREQUENZA

### 81. Oscillatori.

Fra le caratteristiche principali di un oscillatore sono l'ampiezza e la costanza di ampiezza della corrente oscillante, la forma dell'onda prodotta e la stabilità della frequenza. Nei generatori comuni l'ampiezza non ha importanza in quanto si ha sempre a disposizione, anche con le valvole riceventi adoperate, una notevole tensione di uscita, sufficiente per le normali esigenze. La costanza di ampiezza su tutta una gamma di frequenze è un fattore utile permettendo di rendere più spedite le misure che si effettuano. Specialmente alle basse frequenze la forma d'onda è di capitale importanza introducendo, se distorta, nel circuito in esame frequenze che possono alterare completamente i risultati delle misure. Della massima importanza è la stabilità di frequenza.

In alcuni oscillatori la frequenza di oscillazione è determinata dalle costanti di un circuito accordato costituito da un'induttanza e da una capacità, in altri dalla combinazione di una capacità e di una resistenza.

Vi sono vari modi per ottenere il trasferimento di energia dal circuito anodico a quello di griglia perchè le oscillazioni si mantengano indefinitamente, e in fig. 186 sono illustrati vari tipi di oscillatori con circuiti accordati.

Nel caso di circuito anodico accordato (fig. 186 *a*), il circuito oscillatorio è a tensione elevata rispetto alla massa e si ha un passaggio di corrente alternata nell'alimentatore se non si inserisce il condensatore  $F$  di fuga. Avere il rotore del condensatore variabile a tensione elevata è uno svantaggio che si può eliminare in due modi, o col metodo *b*), con cui si mette a massa collegando in serie ad esso il condensatore  $C$ , di capa-

cità elevata, che costituisce anche un facile passaggio per la componente alternata, o con lo schema *c*) in cui tutto il circuito oscillatorio risulta con un estremo a massa. In quest'ultimo circuito l'impedenza  $I$ , in serie al circuito anodico, impe-

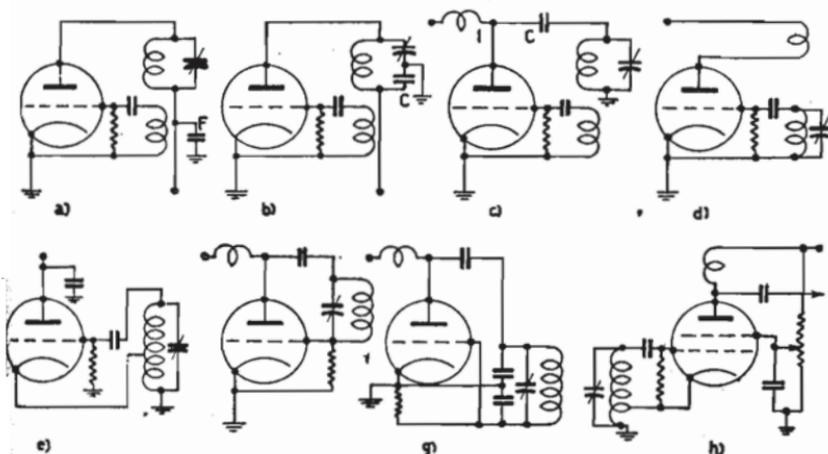


Fig. 186. - Oscillatori.

disce che l'alimentatore agisca come un corto circuito per il circuito oscillatorio; il condensatore  $C$  deve avere una piccola reattanza alla minima frequenza prodotta dall'oscillatore.

Con il circuito di griglia accordato *d*) si realizza il vantaggio del circuito oscillatorio con un estremo a massa.

Il circuito *e*) è adoperato specialmente per la facilità di oscillazione. La capacità fra catodo e riscaldatore è in parallelo ad una parte dell'induttanza ma è di pochi pF e può essere considerata semplicemente come un aumento della capacità residua del variabile, purchè l'isolamento fra catodo e riscaldatore sia ottimo.

In *f*) è un circuito adoperato specialmente alle frequenze elevatissime. In esso non si fa uso di una presa centrale sulla bobina perchè le capacità anodo-catodo e griglia-catodo, in parallelo alla bobina, fanno sì che alle frequenze generate esista un punto su di essa la cui tensione rispetto massa sia nulla.

Il circuito *g*) è particolarmente utile quando non si possa effettuare una presa intermedia sulla bobina. Se si varia il rapporto fra le capacità dei due condensatori in serie, per variare il rapporto fra la tensione oscillante sull'anodo e sulla griglia, si varia la frequenza prodotta facendo essi parte della capacità di accordo del circuito oscillatorio.

In *h*) è lo schema dell'oscillatore con accoppiamento elettronico largamente adoperato sia per la stabilità della frequenza generata che per la mancanza di influenza del carico applicato all'anodo sull'oscillatore. Il tetrodo adoperato funziona come un normale triodo oscillatore poichè la griglia-schermo ha la funzione di anodo e questo costituisce l'elettrodo di accoppiamento; la griglia-schermo è inoltre a massa per la tensione oscillante a mezzo del condensatore di fuga e quindi schermo effettivamente la sezione oscillatrice da quella di uscita della valvola, permettendo tuttavia l'accoppiamento a mezzo del flusso di elettroni. Se la tensione della griglia-schermo è di valore adatto rispetto quella anodica, la frequenza prodotta è indipendente dalla tensione fornita dall'alimentatore: si fa uso di un partitore per ottenerne il valore esatto. Si può adoperare con questo schema anche un pentodo; e si ha una maggiore indipendenza dalla tensione di alimentazione. Questo tipo di oscillatore produce una notevole percentuale di armoniche e ciò può essere un'utile caratteristica per alcuni generatori a RF.

La resistenza di fuga di griglia eh'è adoperata in tutti gli schemi fornisce l'autopolarizzazione che delimita l'ampiezza delle oscillazioni e nello stesso tempo favorisce l'innescio di queste. Infatti non appena si applica la tensione anodica non si ha polarizzazione della valvola, quindi la corrente risulta massima e così pure l'amplificazione: queste sono le migliori condizioni di funzionamento per ottenersi l'innescio delle oscillazioni. Non appena questo si verifica la griglia raggiunge durante i picchi delle semionde positive la regione di corrente di griglia, corrente che scorrendo attraverso la resistenza di fuga produce una tensione negativa che polarizza la valvola, facendone diminuire la corrente anodica e l'amplificazione.

Il gruppo resistenza capacità sulla griglia dell'oscillatrice ha inoltre la funzione di stabilizzare l'ampiezza delle oscillazioni.

La capacità fra gli elettrodi di una valvola è variabile con le tensioni di alimentazione e le condizioni di oscillazione: il primo effetto può essere reso trascurabile adoperando una grande capacità di accordo del circuito oscillatorio.

La frequenza prodotta varia col tempo e specialmente nei primi 15 minuti dopo la messa in funzione. Le variazioni dovute alla valvola stessa non sono molto importanti ma molto di più quelle dovute alla variazione di temperatura dell'induttanza e della capacità del circuito oscillatorio, le quali sono di tale ampiezza rispetto a quelle prodotte da altre cause che la loro riduzione è della massima importanza per la stabilizzazione della frequenza. Occorre perciò studiare la disposizione delle parti in modo che si eviti l'eccessivo riscaldamento dei componenti del circuito oscillatorio da parte di organi a temperatura elevata, ma d'altra parte in modo ch'essi subiscano contemporaneamente alle altre parti dello strumento la variazione di temperatura prodotta dal funzionamento dell'oscillatore.

Varie sono le precauzioni che occorre prendere per assicurare una buona stabilità di frequenza. La costanza delle tensioni di alimentazione, che può essere assicurata con l'uso di trasformatori autoregolatori o con l'introduzione in serie al primario di lampade regolatrici al ferro-idrogeno e sull'alta tensione di stabilizzatrici al neon. È anche necessario mantenere una buona forma d'onda per cui il rapporto fra l'induttanza e la capacità del circuito oscillatorio dev'essere quanto più piccolo è possibile e nel caso di oscillatori del tipo *e*) e *h*) si deve ottenere il maggior accoppiamento possibile fra le parti dell'induttanza appartenenti ai circuiti di griglia e di placca. Nei vari circuiti il condensatore di griglia e la resistenza di fuga non debbono essere troppo piccoli, così pure l'induttanza *I*, altrimenti si hanno spostamenti di fase e per ridurre ancor più questi il circuito oscillatorio deve avere il massimo *Q* possibile. Dopo di ciò resta sempre come principale causa dello spostamento della frequenza la variazione di temperatura del circuito oscillatorio che può essere ridotto solo disponendo le parti di esso lontano dalle valvole, dal trasformatore di alimentazione e dai resistori che si riscaldano in modo apprezzabile durante il funzionamento ed adoperando supporti ceramici per le bobine e condensatori in mica argentati.

## 82. Generatori ad AF.

Nei generatori AF a battimenti si fa uso di due oscillatori RF di cui uno accordato su di una frequenza fissa l'altro su di una variabile, entro una gamma che va dalla stessa frequenza del precedente ad una che ne differisce da 10 000 a 15 000 Hz. Le due tensioni relative sono applicate ad un rivelatore dalla cui uscita si può ricavare una frequenza variabile da pochi Hertz a 10 000 o 15 000.

La costruzione di un generatore AF a battimenti è però più complessa di quanto possa apparire. I principali fattori da considerare nella sua realizzazione sono la forma d'onda, la stabilità della frequenza prodotta, la costanza di resa su tutta la gamma.

La forma dell'onda prodotta è praticamente sinusoidale se tale è la forma d'onda delle due frequenze che si fanno battere, se cioè esse sono perfettamente prive di armoniche e se il rivelatore funziona secondo una legge quadratica o lineare. Per ottenere dagli oscillatori un'onda sinusoidale, si accoppia l'uscita al circuito anodico, invece che a quello di griglia, specialmente se il primo è quello accordato: sono quindi da preferire gli oscillatori che abbiano due circuiti completamente separati. Per ottenere una migliore forma d'onda occorre mantenere la corrente di griglia al valore più basso compatibile con un sicuro innesco delle oscillazioni; si può far uso di un circuito di accoppiamento fra oscillatore fisso e rivelatore, anch'esso accordato alla frequenza dell'oscillatore fisso: con un accoppiamento lasco si ottiene un'ottima selezione della frequenza fondamentale dalle armoniche presenti.

Il rivelatore per caratteristica anodica va fatto funzionare con la polarizzazione regolata in modo che questa risulti minore del valore di interdizione di quanto è la somma dei valori di picco delle tensioni oscillanti sovrapposte sulla griglia: in tal modo la valvola lavora secondo una legge quadratica e per ottenere ciò è anche necessario che la tensione somma applicata sia di pochi volt e che le due tensioni abbiano la stessa ampiezza, fig. 187.

Si può far uso di un rivelatore lineare, almeno oltre una certa zona di curvatura. In tal caso si ottiene la minima distorsione da esso mantenendo la percentuale di modulazione

molto bassa. Ciò è ottenuto riducendo notevolmente l'ampiezza della tensione della frequenza fissa. In tal modo la tensione a frequenza variabile, di una certa ampiezza, porta la valvola a lavorare sufficientemente al di fuori della zona incurvata della caratteristica, quindi sul tratto rettilineo, e la tensione a frequenza fissa agisce da modulatrice di essa. Perciò dalla sua

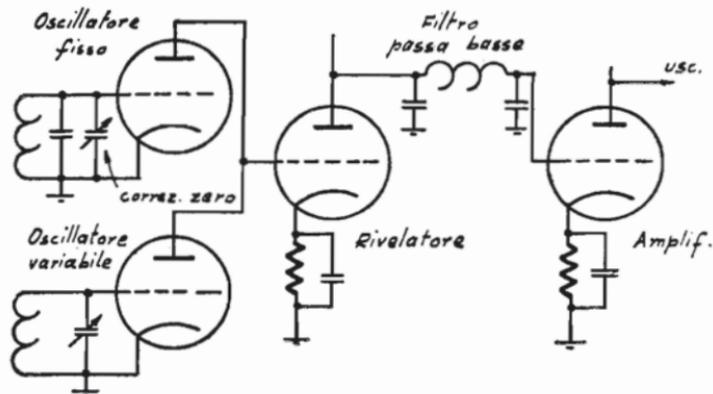


Fig. 187. — Schema di principio di un oscillatore a battimenti.

ampiezza dipende l'ampiezza dell'uscita del generatore e poichè essa si mantiene costante tale sarà pure la resa.

Per la correzione dello zero del generatore in parallelo al condensatore dell'oscillatore fisso vi è un piccolo variabile: la frequenza prodotta può così essere variata di una piccola percentuale.

Sull'anodo del rivelatore sono presenti le due frequenze prodotte dagli oscillatori e le frequenze somma e differenza risultanti dal loro battimento. Le tre prime debbono essere accuratamente eliminate avvalendosi di un filtro passa base collegato prima dell'accoppiamento con l'amplificatore seguente.

L'amplificatore ad AF ha le valvole che lavorano nel tratto rettilineo della caratteristica per introdurre la minima distorsione. Sovente si fa uso per lo stadio finale di un circuito controfase, vantaggioso data la necessità di un trasformatore di uscita.

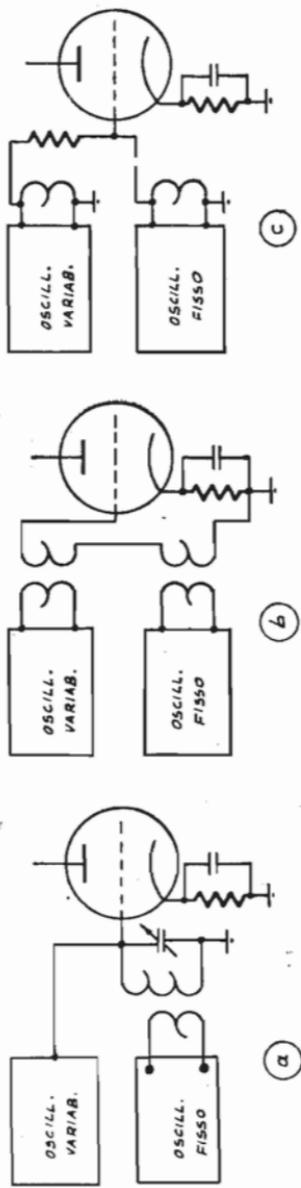


Fig. 188. - Accoppiamenti con la rivelatrice.

Alle frequenze più basse la forma d'onda è influenzata notevolmente dalla possibilità di trascinamento esistente fra i due oscillatori. Quando regolando il condensatore dell'oscillatore variabile si ottiene quasi la stessa frequenza prodotta dall'oscillatore fisso si ha la tendenza da parte dei due oscillatori a produrre la stessa frequenza, sempre che fra i loro circuiti esista un accoppiamento capacitivo o induttivo che permetta una simile sincronizzazione. Questa possibilità quindi, oltre che ad impedire di ottenere delle frequenze molto basse, fa fornire con forma d'onda distorta quelle al disotto dei 50 Hz.

Occorre che i due oscillatori siano accuratamente schermati uno dall'altro e con tutte le filature disposte in modo che non si abbiano accoppiamenti. Bastano pochi picofarad di capacità per ottenere delle forme d'onda completamente distorte o degli impulsi più o meno separati indicanti il parziale trascinamento.

Per le frequenze più elevate è più facile ottenere una forma d'onda sinusoidale e mantenerla sino all'uscita, ma si ha l'inconveniente dei battimenti spuri prodotti dalle armoniche elevate dei due oscillatori che interferiscono fra loro. Man mano che, ruotando il variabile, aumenta la frequenza prodotta si notano in molti generatori, anche da 1000 Hz in poi, dei fischietti di varia intensità che variano in modo diverso da quello della frequenza acustica. Per la loro eliminazione occorre curare che la frequenza fissa sia perfettamente libera di armoniche e che il filtro posto sul circuito anodico del rivelatore sia efficiente pur non effettuando un taglio sensibile delle massime frequenze di uscita.

Il condensatore variabile adoperato in questi generatori ha una sagoma particolare, generalmente logaritmica di frequenza, per permettere sempre lo stesso errore percentuale di determinazione della frequenza generata, ma in alcuni casi si fa uso per un terzo circa della corsa di una sagoma fornente una variazione lineare di frequenza e per gli altri due terzi di una logaritmica. In tal modo si ha una notevole spaziatura per le frequenze facenti parte della gamma 20 a 100 Hz, che occorre poter individuare esattamente per varie misure, mentre per le altre se ne ha una più che soddisfacente. Con l'uso di un normale condensatore lineare di frequenza si ha un notevole ammassamento delle frequenze più basse al principio del quadrante.

Si può adoperare un voltmetro in c.a. all'uscita o un miliamperometro in c.c. sull'anodo del rivelatore per ottenere l'azzeramento del generatore, per portare a coincidere la scala graduata del variabile con la frequenza effettivamente prodotta. Si porta a zero il quadrante del variabile e si sposta il condensatore di correzione del circuito oscillatorio fisso sino ad avere il battimento zero, sino a che l'indice dello strumento indicatore, dopo essere passato per una serie di oscillazioni sempre più lente, finisce col rimanere fermo sullo zero.

b) *Generatori a resistenza capacità.*

Un multivibratore è un amplificatore a due stadi con accoppiamento a resistenza e capacità: l'uscita del secondo stadio è inviata all'entrata del primo. Con tale disposizione si ha la produzione di oscillazioni continue perchè ogni valvola prov-

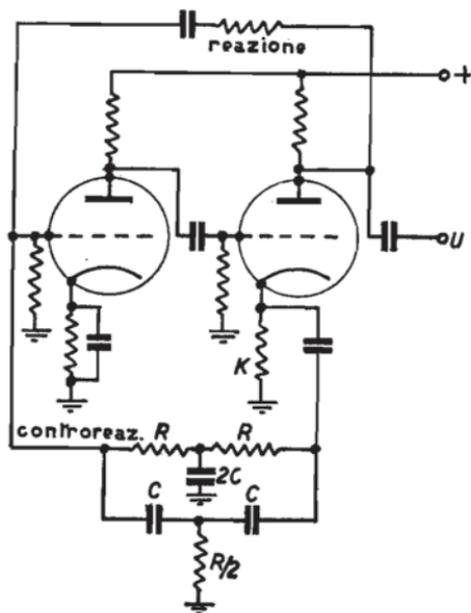


Fig. 189. — Generatore A. F. Scott a resistenza capacità.

vede ad uno sfasamento di  $180^\circ$  per cui l'uscita della seconda risulta in fase con l'entrata della prima e si ottiene l'innescio di oscillazioni continue. La forma d'onda non è sinusoidale, ma regolando il circuito per portarlo a malapena alle condizioni di innescio la forma dell'onda diviene sinusoidale; lo stesso risultato si ottiene introducendo una controreazione nel circuito.

L'oscillatore di fig. 189 è costituito da un amplificatore a due valvole ad accoppiamento a resistenza capacità.

A mezzo della resistenza e del condensatore fra anodo della seconda e griglia della prima valvola, si ha l'innescio delle oscillazioni mentre la rete di condensatori  $C$  e di resistenze  $R$ , costituenti, un ponte di Nernst, invia dal catodo della stessa una tensione sulla griglia della prima di fase tale da costituire una controreazione. La rete di condensatori e resistenze è proporzionata nel modo indicato nello schema. Le tre resistenze sono variabili e montate coassialmente per cui si ha la possibilità di

regolare la frequenza del complesso, data da  $f = \frac{1}{6,28 RC}$  :

per essa non si ha trasmissione della tensione di controreazione perchè l'impedenza del ponte risulta massima.

Questa si verifica per tutte le altre frequenze, come per tutte le frequenze si ha accoppiamento reattivo fra le due valvole. In tal modo si ha l'eliminazione delle frequenze armoniche della fondamentale e di tutte le altre introdotte nell'amplificatore per insufficiente livellamento della tensione anodica, per accoppiamenti estranei, ecc. La distorsione totale si mantiene intorno al 0,1 % con un'adatta regolazione del circuito.

In fig. 190 è lo schema di un'altro sistema di generatore in cui la frequenza è determinata dalla rete di condensatori  $A$  e  $B$  e resistenze  $C D$  collegata come in un ponte di Wien. Esso consta di un amplificatore a tre stadi: la tensione presente sulla griglia della valvola di uscita è rinviata alla griglia della prima per ottenere la reazione. Il circuito entra in oscillazione alla frequenza determinata dalla rete  $C A B D$  in cui le due capacità sono uguali fra di loro e così pure le due resistenze. Fra catodo della prima valvola e massa sono collegate alcune lampadine elettriche di piccola potenza ma per tensione elevata, come 5 candele e 125 volt; esse sono elementi resistivi il cui

valore aumenta con l'aumentare dell'ampiezza delle oscillazioni: il loro aumento di resistenza determina un effetto controreattivo tendente a bilanciare tale aumento. L'effetto controreattivo è aumentato dall'invio di una parte della tensione applicata alla rete  $A B C D$  al catodo della prima valvola attraverso  $E$ . In

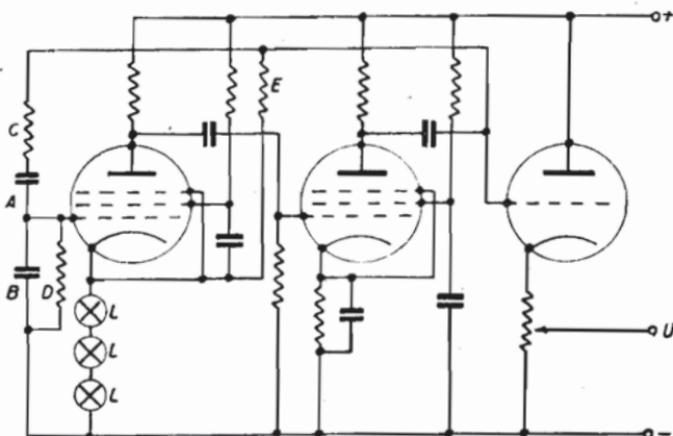


Fig. 190. — Generatore A. F. a resistenza capacità (Zanarini).

tal modo si ha il voluto rapporto di reazione e controreazione che permette una bassa distorsione nella forma dell'onda generata, intorno all'1 %.

In altri tipi di generatori l'accoppiamento reattivo avviene attraverso le lampade elettriche mentre quello controreattivo lo è a mezzo della rete selettiva a resistenza e capacità.

L'oscillatore di fig. 191 fa uso di un circuito particolare la cui frequenza di oscillazione è all'incirca proporzionale all'inverso della radice quadrata del valore della resistenza regolabile di  $1 \text{ M}\Omega$ . Questa è costituita da un potenziometro logaritmico ed ammettendo per esso una regolazione di resistenza con un rapporto di circa 500 volte si ha una gamma di frequenze prodotte con rapporto di circa 23 fra la più alta e la più bassa: infatti con i dati indicati sullo schermo si hanno due gamme di frequenze da 35 a 800 Hz e da 700 a 16 000 Hz. Il secondo triodo amplificatore fornisce un'amplificazione appena superiore all'unità senza sfasamento a tutte le frequenze. La

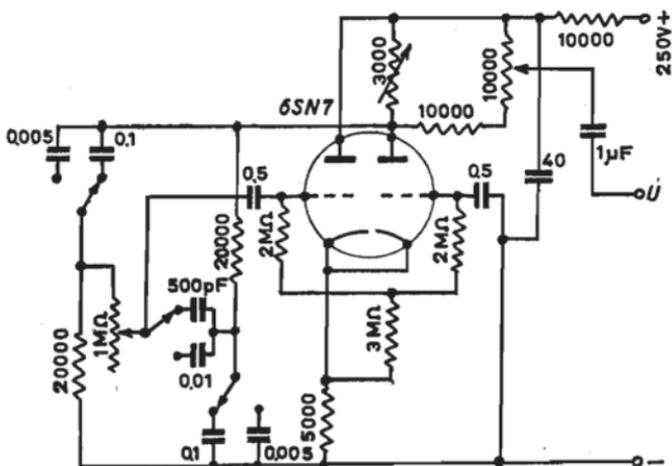


Fig. 191. — Generatore. A F. a resistenza capacità (Johnson).

autopolarizzazione che serve a ridurre il guadagno, è ottenuta con un condensatore e un resistore; una parte della resistenza di griglia è però resa comune ai due triodi ottenendosi in tal modo un minor sfasamento e una maggior simmetria fra le due valvole. L'uscita è ottenuta dall'anodo della seconda valvola e può essere utilizzata direttamente data la bassa impedenza del circuito, oppure applicata ad un amplificatore. La regolazione del carico anodico della valvola di uscita va effettuata controllando con un voltmetro elettronico la tensione che risulta applicata al circuito  $RC$  di accoppiamento alla valvola precedente: in un modello tale tensione si manteneva con sufficiente costanza sui 3 V efficaci.

Variando i valori dei condensatori questo oscillatore può essere adoperato anche per la produzione di frequenze molto basse o molto più alte delle suddette: per assicurare una sufficiente costanza nell'uscita e per gli sfasamenti è necessario che la copertura di gamma sia ridotta ad es. a 10. Inoltre per le frequenze molto basse è necessario un disaccoppiamento fra gli anodi dei due triodi ed un aumento della capacità dei condensatori di griglia, mentre per le più elevate per ridurre le



perdite occorre stabilire un carico anodico ottimo per ogni gamma sul secondo triodo.

Nel generatore di fig. 192 si fa uso di resistenze regolabili, invece di capacità regolabili, per il ponte di Wien collegato alla griglia della prima valvola, perchè sono più facilmente realizzabili. La reazione è introdotta a mezzo del condensatore elettrolitico di tipo adatto a lavorare a tensione elevata per ottenere una piccola corrente di perdita. Il termistore  $T$  è della Standard Telephone Cables, tipo A1522/100. Si possono ottenere quattro gamme di frequenze da 6-70, 60-700, 600-7000, 6000-70 000 Hz.

Un altro tipo di oscillatore a  $RC$  fa uso di una serie di circuiti costituiti da un condensatore ed un resistore in serie: da ognuno si preleva la tensione sul resistore, che risulta sfasata di  $50^\circ$  a  $60^\circ$ , applicandola alla serie successiva. Si ottiene così uno sfasamento di circa  $180^\circ$  facendo uso di tre dei suddetti circuiti. Accoppiando all'entrata di questa rete di sfasamento l'anodo di una valvola amplificatrice ed all'uscita di

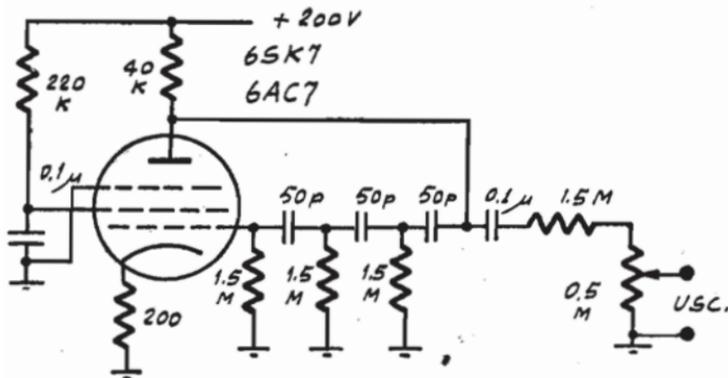


Fig. 193. — Oscillatore a sfasamento (650 Hz).

essa la griglia si hanno le condizioni necessarie per l'innesco di oscillazioni ad una frequenza fissa, il cui valore è determinato da quelli dei condensatori e dei resistori del circuito sfasatore. Variando il carico anodico dell'amplificatrice, in modo

da ottenere un innescio delle oscillazioni appena sufficiente ad un funzionamento stabile, si ottiene una tensione di uscita perfettamente sinusoidale ed un'ottima stabilità di frequenza.

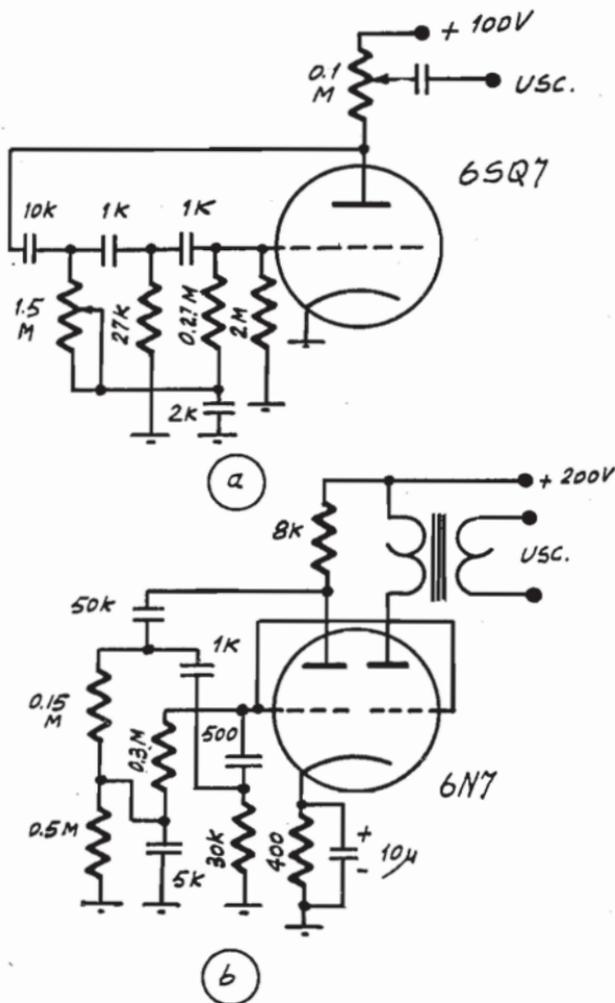


Fig. 194. — Oscillatori a sfasamento: a) R.C.A.; b) Lael.

In fig. 193 è la realizzazione di un simile tipo di oscillatore, per una frequenza di circa 650 Hz, la cui uscita va inviata ad un amplificatore per ottenere l'ampiezza desiderata della tensione generata.

L'oscillatore transitron fa uso della proprietà della griglia di soppressione di un pentodo di controllare la suddivisione del flusso di elettroni fra anodo e griglia schermo. L'entità del flusso nella valvola è determinata principalmente dalla tensione della griglia controllo, quindi da quella di schermo. Rendendo molto negativa la griglia di soppressione tutto il flusso è assorbito dalla griglia schermo; diminuendo il valore di questa polarizzazione si comincia ad avere una sempre maggiore corrente anodica con conseguente riduzione della corrente di griglia schermo ed aumento della tensione su questo ultimo elettrodo.

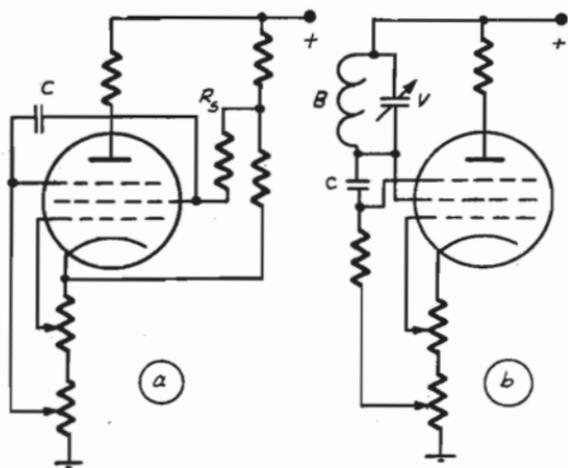


Fig. 195. - Oscillatore transitron.

Se si collega un condensatore  $C$  fra griglia schermo e griglia di soppressione, si ottiene un effetto cumulativo, fig. 195 a), cioè quanto meno negativa risulta la griglia di soppressione tanto più positiva lo è la griglia schermo che, attraverso  $C$ , renderà ancor meno negativa la griglia di soppressione.

Sostituendo alla resistenza di carico  $R_s$  sulla griglia schermo

un circuito oscillatorio, fig. 195 b), questo entra in oscillazione per l'effetto di reazione ottenuto con la capacità  $C$ .

Si immagini di aver chiuso, attraverso la bobina  $B$ , il circuito della griglia schermo: la corrente su questo elettrodo aumenta man mano a causa dell'induttanza della bobina e della carica di  $V$ . Attraverso  $C$  è applicata una tensione positiva crescente alla griglia di soppressione, tensione che fa diminuire la corrente di griglia schermo quindi questa raggiunge una tensione positiva massima, più elevata di quella di alimentazione, quando la corrente in  $B$  tende a diminuire a causa del campo magnetico prodotto.

Raggiunto questo massimo  $V$  si scarica su  $B$  facendo diminuire la tensione sullo schermo e rendendo meno positiva la griglia di soppressione, che fa aumentare la corrente e la scarica di  $V$ .

Per questo tipo di oscillatore si fa uso di un pentodo con corrente anodica elevata rispetto quella di griglia schermo.

### c) Taratura.

Costruito un generatore AF è necessario provvedere alla sua taratura che può essere ottenuta in vari modi. Con un altro generatore, tarato, si può ottenere la corrispondenza delle due frequenze col sistema dei battimenti: le uscite dei due generatori sono sovrapposte o inviandole in due altoparlanti o sulla griglia di una valvola amplificatrice, provvedendo l'orecchio a fornire il battimento.

A tale scopo si presta la sezione audio di un normale radiorecettore applicando a mezzo della presa fonografica alla griglia della preamplificatrice le due tensioni da far battere.

Si regola l'oscillatore campione a 50 Hz e si sposta il variabile del generatore in prova sino ad ottenere i battimenti fra le due frequenze prodotte, battimenti che si odono come tanti colpi separati man mano che le due frequenze coincidono e che sono molto facilmente visibili collegando in parallelo all'altoparlante un voltmetro a raddrizzatore o elettronico. L'indice di questo da una vibrazione più o meno accentuata comincia ad effettuare delle escursioni più o meno ampie e sempre più lente quanto più si è vicini alla frequenza del campione. Il variabile del generatore in prova va mosso molto lentamente

quando si odono distintamente i battimenti per individuare il punto esatto di annullamento. È perciò molto utile accoppiare al controllo acustico quello visivo a mezzo di uno strumento di misura, perchè quando i battimenti scendono al disotto di un certo numero al secondo è impossibile udirli e si può solo controllarne la presenza con lo strumento di uscita.

I battimenti sono anche ottenibili, con generatori che diano un'uscita di, vari volt, col solo voltmetro a raddrizzatore o elettronico, avendosi in entrambi i casi l'effetto rivelatore. Allo stesso scopo si possono applicare le due tensioni alla griglia di un indicatore catodico (occhio magico) con resistenza di fuga di griglia da 0,5 MΩ.

Disponendo di un oscilloscopio si può effettuare la taratura di un generatore AF avvalendosi di un altro generatore tarato. Fra le placche orizzontali dell'oscilloscopio si applica la tensione di uscita del generatore campione, fra le placche verticali l'uscita di quello da tarare.

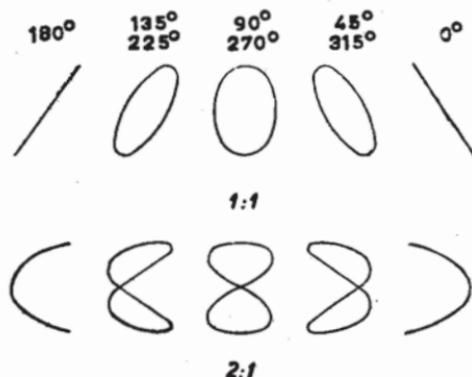


Fig. 196. - Rapporti di frequenze e relazioni di fase.

Dalla combinazione delle due deflessioni risulta una retta inclinata in vario modo a seconda dell'ampiezza relativa delle due oscillazioni e sempre che queste siano in fase. Ma quasi sempre si ha sfasamento fra i due generatori e quindi invece della retta risulta un'ellisse inclinata o un circolo. La corrispondenza esatta delle frequenze si ha quando la figura formata sullo schermo resta perfettamente stazionaria.

In fig. 196 sono illustrate le figure che si hanno sullo schermo con gli spostamenti di fase indicati, a parità di frequenza o con rapporto di frequenza 2 : 1.

Nel caso in cui si disponga solo di qualche frequenza campione, ad es. quella della rete elettrica, occorre far uso di figure più complesse ottenibili con l'oscilloscopio con cui poter determinare la relazione fra la frequenza nota ed alcuni punti della gamma del generatore. Poichè l'asse dei tempi è fornito da tensioni sinusoidali non risultano verticalmente dalle sinusoidi perfette, anche se tale è la forma d'onda fornita dal generatore

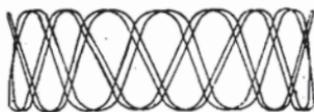


6 : 1



9 : 2

4 ½ : 1



16 : 3

5 ⅓ : 1

Fig. 197. — Rapporti di frequenze.

in taratura, ma una specie di otto coricato se la frequenza prodotta è doppia della campione, tre circonvoluzioni più o meno regolari se tripla e così via, fig. 197.

Per l'esatta determinazione del rapporto di frequenze è bene dare uno spostamento minimo ad uno dei generatori in modo che la figura vista sullo schermo entri per così dire in rotazione molto lentamente: è come se l'onda ruotasse intorno ad un cilindro di vetro e la si guardasse lateralmente. Si pos-

sono così contare esattamente il numero dei picchi, superiori o inferiori, ed il numero delle circonvoluzioni esistenti ad un estremo della figura: il rapporto fra questi due numeri è quello esistente fra le due frequenze. Ma quando si ha una differenza di frequenza di una diecina di volte ai due lati della figura si ha un notevole ammassamento delle circonvoluzioni ed è impossibile di contarle. Un altro procedimento di taratura fa uso della base tempi dell'oscilloscopio: si applica la tensione a frequenza nota fra le due placche verticali e si sposta la frequenza della base dei tempi sino ad ottenere una sola sinusoide ben stabile. Le due frequenze sono uguali e prendendo come campione quella prodotta dalla base dei tempi si inviano in seguito alle placche verticali quelle prodotte dal generatore da tarare, che appariranno come sinusoidi e sarà facile contarne un numero elevato: sullo schermo di un piccolo tubo catodico si possono contare bene una trentina di sinusoidi. Partendo quindi come frequenza di paragone da quella della rete si giunge a determinare sino a 1500 Hz circa.

Per proseguire la taratura occorre assicurarsi anzitutto che la frequenza della base dei tempi non è variata e si regoli il generatore sino ad ottenere dieci sinusoidi, cioè a 500 Hz, si sposti ora la frequenza della base tempi sino ad avere una sola sinusoide e quindi a produrre la stessa frequenza di 500 Hz. Lasciando ora inalterata la base dei tempi si avrà ogni 500 Hz del generatore una sinusoide in più sullo schermo e sarà facile raggiungere in tal modo anche i 15 000 Hz.

Per ottenere una frequenza della base tempi multipla di quella di rete, si può operare anche nel modo seguente: si applica fra le placchette verticali la tensione di rete e si regola la base tempi sino ad avere sullo schermo una sinusoide, figura 198 a).

Si collega ora l'uscita del generatore BF, a mezzo di un cavetto schermato, all'entrata verticale dell'oscillografo, dopo aver distaccato il filo precedentemente adoperato, e si regola fino a far riapparire sullo schermo una sinusoide completa: si traccia sulla scala del generatore il punto 50 Hz. La resa del generatore va regolata per ottenere un'immagine di altezza conveniente.

Ruotando ora l'indice sulla scala da tracciare troveremo un punto a cui corrisponderanno sullo schermo due sinusoidi com-

plete, fisse: a tal punto corrisponde la frequenza di 100 Hz.

Continuando a rotare l'indice sarà facile poter tracciare i punti corrispondenti alle frequenze di 150, 200, 250, 300, ecc. tutte multipli interi della frequenza di rete.

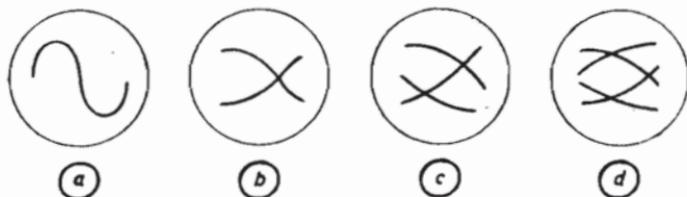


Fig. 198. - Rapporti di frequenze.

Quest'operazione può essere ripetuta un certo numero di volte ma non si potrà giungere a frequenze troppo elevate perchè è difficile contare sullo schermo un numero di sinusoidi troppo elevato, data anche l'instabilità dell'immagine: si ricollega allora il filo col condensatore per il collegamento colla rete. Si regola la base tempi sino ad ottenere una figura fissa come quelli di *b*): in tali condizioni oscilla alla frequenza di 100 Hz, doppia di quello di rete.

Continuando la regolazione suddetta si ottiene la fig. *c*) per 150 Hz e la *d*) per 200 Hz. Queste frequenze della base permettono di determinare molte altre frequenze del generatore da tarare ottenendo un certo numero di sinusoidi fisse sullo schermo.

Per ottenere punti intermedi per le frequenze più basse, ad esempio fra 50 e 100 Hz, si opera in senso inverso. Si regola il generatore AF alla frequenza di 450 Hz e la base tempi dell'oscillografo sino ad ottenere 5 sinusoidi sullo schermo: la base tempi oscilla quindi a 90 Hz. Si sposta ora l'indice del generatore sino ad ottenere 4 sinusoidi (360 Hz), 3 sinusoidi (270 Hz), 2 sinusoidi (180 Hz), 1 sinusoide (90 Hz), la fig. *b*) (45 Hz), la fig. *c*) (30 Hz). Partendo così da vari punti determinati in precedenza sul generatore è facile trovare altri punti corrispondenti a sottomultipli delle frequenze ad esse relativi ed effettuare una tracciatura sufficientemente completa di tutta la scala.

## 83. Generatori a R.F.

## a) Caratteristiche dei generatori.

I generatori RF adoperati per l'allineamento e le misure di sensibilità e selettività dei radioricevitori debbono rispondere a vari requisiti che nei tipi da laboratorio richiedono particolari cure costruttive. La frequenza prodotta deve variare quanto meno è possibile dal momento della messa in funzione, anche mantenendo acceso il generatore per varie ore consecutive. Le gamme coperte debbono aver una zona comune sia al principio che alla fine, senza però che tali coperture risultino

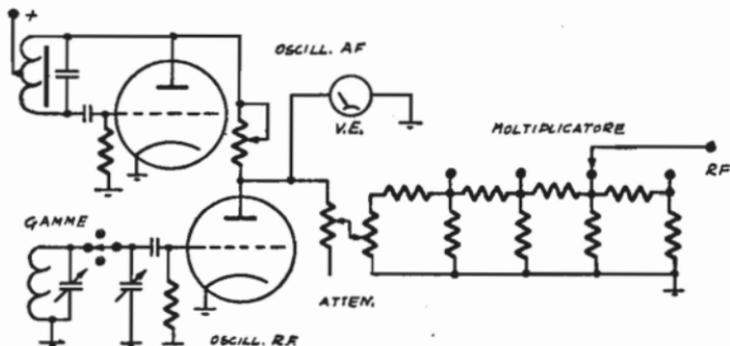


Fig. 199. — Schema di principio di un generatore R.F.

troppo ampie. Per una maggiore precisione nella individuazione della frequenza è utile che la capacità massima del variabile sia ridotta alle frequenze più elevate rispetto a quella adoperata per le gamme delle onde medie e lunghe, ma se si ammette lo stesso errore percentuale di determinazione ciò non occorre. Le frequenze prodotte debbono essere comprese possibilmente da 75 kHz a 50 MHz. Il numero di gamme non deve essere eccessivo, altrimenti si ha una notevole perdita di tempo per l'allineamento di ricevitori plurigamma.

L'uscita deve essere regolabile da  $1 \mu\text{V}$  a  $100\,000 \mu\text{V}$ ; è utile avere un'uscita separata ad 1 o 2 V per il primo ritocco di ricevitori completamente starati. La percentuale di modu-

lazione, che occorre mantenere al 30 % con 400 Hz, deve essere variabile se si debbono effettuare misure sulla distorsione dello stadio rivelatore. Per una maggiore facilità di taratura la percentuale di modulazione nei generatori per riparatori è mantenuta intorno al 50 %.

I generatori per i radioriparatori sono schermati in modo sufficiente da poter effettuare delle misure di paragone di sensibilità; quelli schermati in modo perfetto e muniti di un attenuatore, che permette di effettuare misure esatte della sensibilità dei radioricevitori, sono i generatori campione. Non vi è un'esatta delimitazione fra questi tipi nè alcuna ragione che vieti che in un laboratorio per radioriparazioni si faccia uso di un generatore campione.

#### b) Copertura di gamme.

La gamma di frequenze che un generatore deve produrre è determinata dalle applicazioni in cui lo si vuole impiegare. Per i normali radioricevitori una gamma da 350 kHz a 30 MHz è sufficiente, poichè risultano antiquati i ricevitori con frequenze intermedie di 350 kHz o meno e quelli plurigamma difficilmente scendono al disotto dei 10 m (30 MHz). La diffusione sempre maggiore di ricevitori sia per televisione che per modulazione di frequenza, lavoranti oltre i 100 MHz, fa sentire la necessità di un generatore separato per tali frequenze. Data la gamma di frequenze generate si stabilisce in quante sottogamme suddividerla, per coprirle con un adatto condensatore variabile. Se la capacità di accordo del circuito oscillatorio è grande le variazioni delle capacità interne delle valvole, collegate in parallelo ad essa, rappresenteranno una piccola percentuale della capacità totale, e apporteranno una piccola variazione di frequenza col variare della tensione di alimentazione e della temperatura.

Adoperando i condensatori variabili ad una sezione che più facilmente si trovano in commercio, cioè di 415 e 465 pF, ed ammettendo in ogni caso una capacità residua totale del circuito di 45 pF (30 + 15 residua del variabile) si hanno delle variazioni di capacità nei due casi di

$$445 : 45 = 9,9 \text{ e } 495 : 45 = 11,$$

corrispondenti a coperture di gamma nei rapporti di 3,2 e

3,35 (la copertura è data dalla radice quadrata del rapporto fra le capacità massima e minima).

Se il generatore deve produrre tutte le frequenze fra 100 kHz e 30 MHz le gamme risultano così distribuite:

Rapporto 3,15	Rapporto 3,35
100 ÷ 315 kHz	100 ÷ 331 kHz
315 ÷ 999 kHz	320 ÷ 1060 kHz
0,99 ÷ 3,12 MHz	1,020 ÷ 3,39 MKz
3,12 ÷ 9,85 MHz	3,2 ÷ 10,6 MKz
9,85 ÷ 31 MHz	10,2 ÷ 33,9 MHz

Con il condensatore di maggiore capacità si hanno delle buone sovrapposizioni delle gamme di frequenza.

Condensatori variabili di  $140 + 280 + 140 = 560$  pF sono normali in commercio; con una capacità residua totale di 52 pF o di  $420 + 420 = 840$  pF con una residua totale di 78 pF sempre per una copertura di gamma di 3,35. Con le gamme segnate per il rapporto di 3,35 si ha il vantaggio di potere, con una adatta regolazione dell'induttanza e del compensatore per ogni gamma, tracciare sulla scala solo due graduazioni  $1 \div 3,4$  e  $3,2 \div 11$  circa.

Per adoperare i variabili ad una sezione è migliore pratica adottare un maggior numero di gamme, almeno 6. Con quelli di capacità 415 e 465 pF si possono ottenere le seguenti combinazioni, con capacità residue totali di  $48 + 15$  e di  $58 + 15$  pF ed un rapporto di gamma di 2,7.

Rapporto 2,7	
100 ÷ 270 kHz	
260 ÷ 700 kHz	
685 ÷ 1840 kHz	
1,75 ÷ 4,32 MHz	
4,5 ÷ 12,1 MHz	
11,8 ÷ 31,8 MHz	

L'aumento della suddivisione della copertura totale in 6 gamme invece di 5 consente una maggiore stabilità del generatore, pur facendo uso di un variabile di minimo ingombro.

Per ridurre il rapporto di gamma per le onde corte, va collegato un condensatore in parallelo al variabile, di capacità adatta per avere la voluta copertura.

c) *Schermatura dei generatori.*

La schermatura è una delle caratteristiche di maggiore importanza nei generatori. In alcuni di essi le valvole sono alimentate anche con 150 V sull'anodo e sul circuito oscillatorio vi è una tensione di varie decine di volt. Al regolatore di uscita la tensione risulta regolabile da 100 000 a mezzo  $\mu\text{V}$ . Il campo elettromagnetico esterno ad un tale generatore deve essere minore di 0,5  $\mu\text{V}$ , cioè è necessaria un'attenuazione del campo prodotto dalla bobina del circuito oscillatorio di oltre 100 000 000. Si ha quindi una successione di due o tre schermature.

Nei generatori va applicata alla valvola oscillatrice una tensione anodica più ridotta per avere sul circuito oscillatorio tensioni meno elevate e la necessità di una minore schermatura.

Normalmente si adopera una doppia schermatura di lamiera relativamente sottile, poichè l'effetto schermante risultante è dato dal prodotto dei due effetti, invece di una massiccia schermatura unica. Si piazzano nello schermo più interno le bobine, la valvola oscillatrice, il condensatore variabile ed il commutatore di gamma.

Le giunzioni degli schermi costituiscono possibili fonti di irradiazioni elettromagnetiche, occorre perciò che avvengano con superfici affacciate quanto più larghe è possibile e fatte combaciare con numerose viti.

I fili recanti la corrente anodica e quella per l'accensione dell'oscillatrice sono muniti di un filtro ciascuno, costituito da un'impedenza ed un condensatore: per quello anodico l'impedenza avrà un valore di qualche migliaio di microhenry, per quello di filamento di un centinaio e sarà avvolta con filo sufficientemente grosso per avere una resistenza molto piccola. I condensatori saranno rispettivamente di 1000 a 5000 pF e di 0,1 a 0,5  $\mu\text{F}$ . Le impedenze sono montate entro la schermatura dell'oscillatore vicine al punto di uscita dei fili dallo schermo e saranno individualmente schermate. La loro capacità distribuita dev'essere minima e si costruiranno a nido d'api a sezioni. I fili della rete di alimentazione debbono essere nu-

niti ognuno del proprio filtro con doppio condensatore. Particolare attenzione è necessaria per il filtro posto all'entrata della modulazione esterna e per quello anodico dell'oscillatore quando si vuol modulare questo con una tensione AF poichè si deve poter giungere anche a frequenze di 5000 Hz.

Riassumendo quindi: i migliori risultati quanto a schermatura generale del generatore si ottengono con due cassette metalliche successive di cui nell'interno, di rame o alluminio da 1 mm, vanno montati tutti i componenti il circuito oscillatorio e la relativa valvola; nell'esterno, di alluminio dello stesso spessore, o anche di legno rivestito di lamierino di rame da 0,2 mm, saranno montati l'oscillatore ad AF, l'alimentatore, il voltmetro elettronico e l'attenuatore, fig. 200.

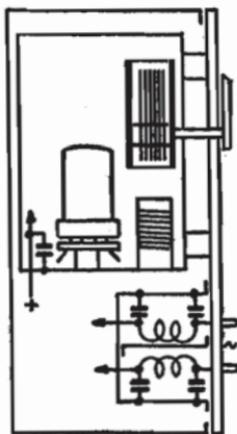


Fig. 200. — Schermature di un generatore R. F.

Gli strumenti montati sul pannello frontale del generatore debbono essere schermati e muniti di filtri. A volte si fa uso di una separazione in lamiera di alluminio che delimita un certo spazio dietro lo strumento, sui cui morsetti sono fissati due condensatori a mica collegati alla massa.

d) *Modulazione.*

Nei generatori più economici la modulazione avviene per una percentuale non bene determinata, in quelli da laboratorio lo è in modo esattamente variabile. Per le normali misure si deve far uso del 30 % di modulazione a 400 Hz; per quelle di sovraccarico del rivelatore occorre una percentuale maggiore, ch'è però difficile di portare ad oltre il 90 % senza distorsione da parte del generatore. Molti generatori possono essere modulati dall'esterno con la frequenza che si desidera, per ottenere la caratteristica di resa alle frequenze acustiche del complesso amplificatore radio e rivelatore.

La modulazione dell'onda portante avviene con la sovrapposizione alla tensione di alimentazione anodica della tensione ad AF. Se si fa uso di un triodo come oscillatore il rapporto fra il valore della tensione alternata a quella continua dà la percentuale di modulazione, così se la prima è di ampiezza metà della seconda si ha il 50 % di modulazione.

Le condizioni di linearità di modulazione sono ottenute quando fra la tensione di modulazione e l'ampiezza del segnale RF esiste una relazione lineare: questa si ottiene modulando di placca un triodo o applicando la tensione modulatrice alla griglia di soppressione di un pentodo, debitamente polarizzata.

Nei generatori campioni si prevede un separatore fra oscillatore e modulatore, oppure si modula il separatore.

Questa necessità di eliminare la modulazione di frequenza è particolarmente sentita per le misure di sensibilità dei ricevitori, potendosi in determinate condizioni di accordo ottenere distorsioni notevoli della modulazione e variazione della percentuale di essa. Nei generatori per radioriparatori questo inconveniente può passare inosservato ma è sempre utile, avendosi una valvola separatrice, che la modulazione sia applicata a suo mezzo.

Per l'oscillatore ad AF che fornisce la tensione di modulazione si fa uso normalmente di un triodo. Il circuito oscillatorio comprende una bobina con nucleo di ferro, con traferro più o meno notevole. Sullo stesso nucleo è avvolta la bobina di reazione e sovente quella di accoppiamento, con un numero di spire adatto a ottenere la voluta tensione di uscita.

Gli oscillatori ad accoppiamento elettronico possono essere modulati di placca, ricavando anche la tensione per il partitore di schermo dopo il secondario del trasformatore di modulazione. Il condensatore fra la griglia schermo e massa deve avere una capacità tale da offrire un facile passaggio alla RF ma non tagliare in modo apprezzabile la massima frequenza di modulazione.

È utile disporre di un commutatore con cui interrompere la tensione anodica di alimentazione dell'oscillatore ad AF inserendo una resistenza equivalente per non variare il carico sull'alimentatore. Quando occorre far battere due generatori RF si ottiene più facilmente l'azzeramento dei battimenti togliendo la modulazione.

e) *Attenuatori.*

Vi sono vari tipi di attenuatori: in fig. 201 ne sono illustrati due tipi da cui si ottengono risultati medioeri, anzitutto perchè non si può realizzare con un normale potenziometro un'attenuazione così rilevante come quella che si richiede all'u-

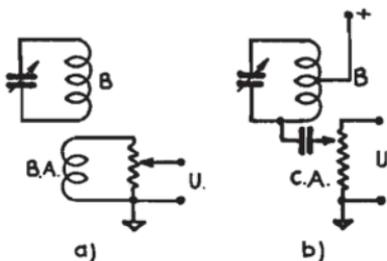


Fig. 201. - Attenuatori economici.

scita di un generatore. Inoltre con la loro regolazione si influenza direttamente il circuito oscillatorio facendo variare la frequenza prodotta. Un sistema di attenuazione è costituito da un moltiplicatore, a cui è affidato il compito di fornire i salti rilevanti nell'attenuazione, e da un attenuatore vero e proprio, un potenziometro che permette la regolazione accurata del valore della tensione di uscita. Con lo schema di fig. 205 si ottengono risultati molto migliori; questo tipo è preferibile perchè

non ha il potenziometro finale, che con la sua regolazione per le portate basse introduce un carico variabile sull'entrata del radiorecettore e ne varia la sensibilità.

Nell'attenuatore di fig. 200 a) la bobina di accoppiamento  $BA$  ha poche spire ed il potenziometro è lineare a grafite di  $50 \Omega$ , in b) il condensatore  $CA$  è di pochi picofarad. Questo secondo schema può essere adoperato con gli oscillatori ad accoppiamento elettronico, inserendo come carico anodico, invece del circuito accordato, una resistenza di poche migliaia di ohm.

L'attenuatore di un generatore campione deve avere un'impedenza caratteristica di  $10 \Omega$  per poter lavorare con un aereo artificiale, fig. 255.

I resistori dell'attenuatore sono del tipo chimico senza spiralizzazione o vanno avvolti su strisce di mica, facendo uso di filo di costantana sufficientemente sottile da avere un trascurabile effetto di pelle:  $4/100$  di mm è il diametro adoperato. Preventivamente si fissarono alla mica, con due giri ben serrati e saldati, dei pezzi di fili di rame stagnato di  $0,50$ , a cui saranno saldati gli estremi del filo di resistenza. Resistori costruiti in questo modo sono adoperati in generatori campione che hanno una precisione del  $20\%$  a  $30$  MHz, alla massima attenuazione.

Notevole importanza ha la schermatura di queste resistenze fra di loro e da tutto il generatore.

Un tipo di attenuatore non elaborato come quelli dei generatori campione, è illustrato in fig. 202. In un tubo di ottone,  $C$  è fissato un piano dello stesso metallo che reca incastrati, in boccoline isolanti di ebanite, cinque contatti, compresi in altrettanti dei sei compartimenti in cui è suddivisa una parte del tubo. I settori delimitanti i compartimenti sono saldati alla boccola centrale  $B$ , in cui scorre l'asse  $A$  recante il disco di rame  $D$ . Questo porta un piccolo disco di ebanite  $S$  a cui è rivettata una laminetta di bronzo  $M$  che, attraverso un foro praticato in  $D$ , tocca i contatti isolati a cui sono saldate le resistenze. Centralmente al dischetto  $S$  una seconda lamina di bronzo fa contatto con  $M$  e attraverso un tubo metallico è collegata all'uscita del generatore.

In modo simile si può costruire il potenziometro all'uscita degli attenuatori di fig. 201. La piastra  $P$  è di ebanite con un piccolo solco circolare intorno a cui è alloggiato, per metà al-

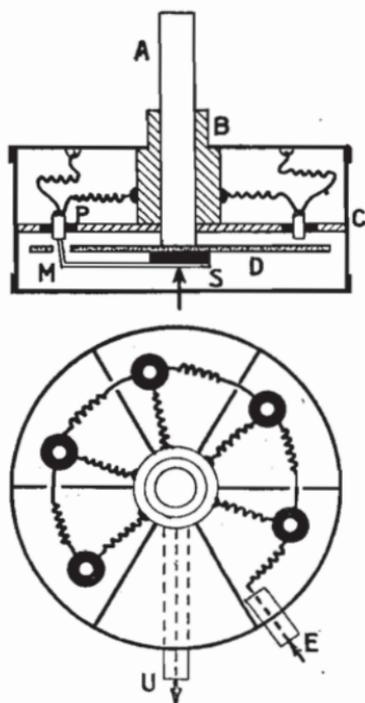


Fig. 202. - Multiplicatore per attenuatore R.F.

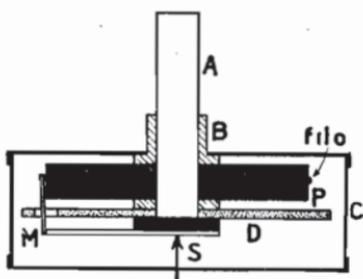


Fig. 203. - Attenuatore R.F.

tezza, un pezzo di filo di resistenza di diametro tale da poter ottenere il valore necessario di resistenza. Su di esso poggia e può scorrervi la molla *M* di bronzo, fissata al dischetto isolante *S* solidale con quello metallico *D*, fig. 203.

f) *Alimentazione.*

Per assicurare la necessaria stabilità delle tensioni di alimentazione, si ricorre a trasformatori autoregolatori o si inserisce un reostato in serie al primario, con relativo voltmetro in parallelo a questo, ed una lampada al neon regolatrice della tensione anodica. Con questo secondo metodo si ottengono ottimi risultati, si ha solo l'inconveniente di dover controllare ogni tanto l'indicazione del voltmetro di rete.

Costruendo l'alimentatore in modo che abbia un'elevata resistenza interna è possibile ottenere una migliore regolazione della tensione di alimentazione. Per ottenere ciò si fa uso di una resistenza elevata, invece dell'impedenza di filtro, posta fra i due condensatori elettrolitici: alla maggior richiesta di corrente che produrrebbe l'aumento della tensione anodica corrisponde una maggior caduta di tensione sul filtro.

g) *Generatori per radioriparatori.*

La costruzione di un generatore modulato non presenta particolari difficoltà in merito alla copertura di gamme, specie se ci si avvale di dati di altri oscillatori già costruiti. Pur adottando tali dati costruttivi occorre controllare che l'uscita dell'oscillatore sia quanto più è possibile costante. Accoppiamenti troppo laschi fra circuito oscillatorio e bobina di reazione portano facilmente a variazioni di ampiezza alle varie frequenze e difficoltà d'innescio; accoppiamenti troppo stretti a produzione eccessiva di armoniche. Per controllare l'uniformità di uscita di un oscillatore si misura la corrente di griglia, che va mantenuta dai 100 ai 200  $\mu\text{A}$  per tutte le gamme.

Il generatore di fig. 204 fa uso di un pentodo come oscillatore a RF con accoppiamento elettronico con l'uscita del generatore. La modulazione avviene a mezzo della griglia schermo accoppiata direttamente alla placca dell'oscillatore AF e si è prevista la possibilità di ottenere un'uscita non modulata con

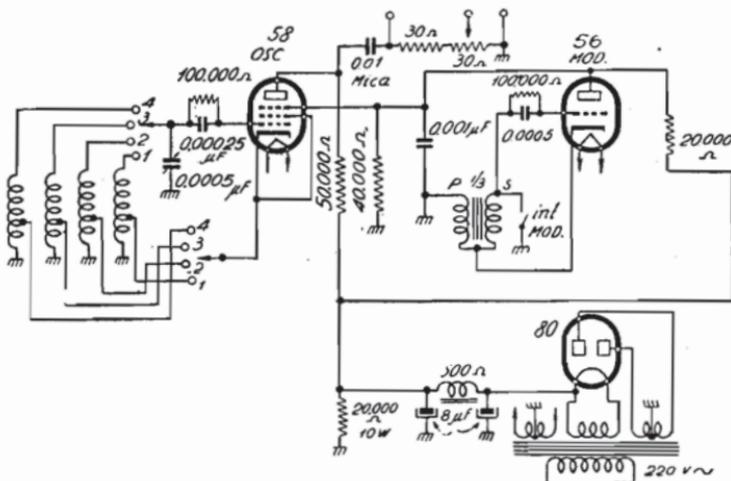


Fig. 204. -- Generatore R.F. Salavan.

un interruttore per la modulazione che cortocircuita il trasformatore.

Con quattro bobine costruite come indicato di seguito si possono coprire le gamme più adoperate. Per la banda 16 a 7 MHz (18 a 42 m circa) si userà un tubo di 20 mm di diametro su cui si avvolgeranno 8 spire di filo da 1 mm con presa a 3 spire da quella collegata alla massa. Le spire saranno distanziate fra di loro di 1 mm, ciò sarà facilmente ottenuto avvolgendo parallelamente e bene avvicinati due fili di 1 mm quindi togliendone uno. Per la gamma da 1500 a 550 kHz si farà uso di un tubo simile su cui si avvolgeranno 80 spire di filo smaltato di 0,20 mm, con presa alla trentesima dalla massa, con spire avvicinate. Anche la bobina nella cui gamma sono comprese le due frequenze di 456 e 467 kHz va avvolta sullo stesso tipo di tubo, con lo stesso filo ma con 180 spirè, presa alla 60°. Su di un pezzo di 5 cm dello stesso tubo sarà infine avvolta la 4ª bobina (comprendente 175 kHz) che sarà avvolta con tre strati di 120 spire ciascuno con filo 0,12 smaltato, presa dopo 120 spire: ogni strato va isolato con un foglietto di carta.

Per una gamma di frequenze da 26 MHz a 110 kHz, suddivisa in cinque sottogamme, si può far uso dei dati seguenti. Tutte le bobine sono avvolte su tubo di cartone bachelizzato di 15 mm di diametro. Quella per la gamma da 26 a 7 MHz avrà 8,5 spire, spaziate del loro diametro, con presa a 3,5 spire dal lato a massa, filo 0,40. Per 8,5 a 2,5 MHz 32 spire affiancate di 0,40, con presa all'8°. Per 2700 a 800 kHz 100 spire 0,20 affiancate con presa alla 30°. Per 900 a 300 kHz avvolgimento su due strati di 150 spire 0,23 con presa alla 50°. Per 360 a 110 kHz avvolgimento di 550 spire in quattro strati di filo 0,13 con presa alla 75°, dal lato massa.

Un trasformatore per la modulazione a 400 Hz fu costruito avvolgendo su di un nucleo lamellare di  $18 \times 20$  mm 1500 spire con presa a 1000, filo 0,12 smaltato, stratificato. Il secondario aveva 200 spire dello stesso filo. In parallelo a tutto l'avvolgimento primario, facente parte del circuito anodico dell'oscillatore AF fu collegato un condensatore da 50 000 pF. Alla presa intermedia del primario va collegato l'anodo dell'oscillatore a RF. Il pacchetto di listelli fu mantenuto lontano dalle laminazioni di 0,1 mm con un foglio di carta pergamina da 100 gr/m<sup>2</sup>.

Un altro trasformatore fu avvolto su di un nucleo con sezione  $25 \times 25$  mm con tre avvolgimenti di 1000, 250 e 150 spire filo 0,20, di cui il primo è per il circuito anodico accordato con 6000 pF, il secondo per il circuito di griglia ed il terzo per il circuito anodico dell'oscillatore a RF.

Per il generatore dello schema di fig. 205 l'autore ha fatto uso di una ECH4 per l'oscillatore RF ed il separatore modulato e di un triodo oscillatore ad AF. La modulazione si mantiene sufficientemente costante al 50 % su tutte le gamme. La distorsione dell'involuppo di modulazione è ridotta, appena notevole all'oscilloscopio. Le bobine sono costruite per fornire una tensione molto costante; l'attenuatore è costituito da un potenziometro speciale ed il moltiplicatore da una custodia fusa in cui sono due cellule di attenuazione. Se la tensione alla boccola A può oltrepassare i 20 000  $\mu$ V (50  $\Omega$ ) su B non supera i 200  $\mu$ V (10  $\Omega$ ). L'irradiazione è intorno ad un 1  $\mu$ V a 30 MHz e l'attenuatore riduce quasi perfettamente a zero il segnale anche a questa frequenza.

I dati delle bobine sono i seguenti: tutti gli avvolgimenti



sono effettuati su tubi di bachelite di 14 mm di diametro esterno.

Gamma 100÷300 kHz: reazione 60 spire 0,10 seta; accordo 260 + 300 spire 0,10 seta, bobine a nido d'api larghe 6 mm, passo 50/99, molto avvicinate. L'avvolgimento di reazione è sotto la bobina più piccola e bene isolato.

Gamma 300÷1000 kHz: reazione 18 spire 0,18 seta, cilindrico; accordo 170 spire 0,18 seta, bobine a nido d'api larghe 6 mm, passo 50/99; avvolte sovrapposte, isolate.

Gamma 1000÷3000 kHz: reazione 12 spire 0,18 seta, cilindrico; accordo 50 spire 0,20 cotone, bobine a nido d'api larghe 6 mm, passo 85/90; avvolte sovrapposte, isolate.

Gamma 3000÷10 000 kHz: reazione 9 spire 0,20 seta, cilindrico; accordo 20 spire 0,25 cotone, cilindrico, avvolgimento lungo 8 mm; bobine accostate.

Gamma 10 000÷30 000 kHz: reazione 5 spire 0,20 seta, fra le spire dell'accordo; accordo 5,5 spire 0,80 seta, avvolgimento lungo 14, mm.

Col condensatore variabile di 460 pF si ha una buona sovrapposizione delle gamme ai due estremi di ognuna.

Il trasformatore è costituito da un nucleo 16 × 16 mm ed il pacco di laminazioni è mantenuto lontano 1 mm da quello dei listelli. Il numero di spire dei vari avvolgimenti, tutti eseguiti nello stesso senso con filo 0,12 smaltato, è il seguente, cominciando dal basso: avvolgimento a sinistra 100 + 600 + 1 300; avvolgimento a destra 3 000 + 1 000. Il trasformatore di alimentazione fornisce 220 + 220 V per cui sul primo condensatore del filtro sono 290 V, sul secondo 150 V, sull'anodo del triodo oscillatore RF 110 V e sullo schermo dell'eptodo 150 V.

#### *h) Generatori modulati in frequenza.*

L'allineamento di ricevitori con circuiti accoppiati criticamente può essere fatto con facilità avvalendosi di un normale generatore e di un misuratore di uscita. Quando però i circuiti sono sovraccoppiati, per cui la loro curva risulta appiattita o con vari picchi, non è possibile ottenere un allineamento effettivo se non si dispone di un oscilloscopio con cui osservare la forma della caratteristica di selettività che si realizza man mano che si effettuano le regolazioni. La stessa necessità è sentita da chi allinea ricevitori per televisione in cui è richiesta

una larghezza di banda di circa 6 MHz. Per ottenere questa curva di selettività visibile sullo schermo di un oscilloscopio si fa uso di un sistema adatto a far variare la frequenza prodotta da un generatore; contemporaneamente una tensione è applicata fra le placche orizzontali dell'oscilloscopio, in modo che per ogni punto sulla linea orizzontale sullo schermo si abbia una frequenza generata e sempre quella stessa frequenza. Applicando la tensione a frequenza variabile all'entrata del ricevitore in esame ed inviando l'uscita di questo alle placche verticali dell'oscilloscopio si ha automaticamente la tracciatura della curva di selettività. Naturalmente occorre che il ciclo della variazione totale di frequenza, e quindi tutta l'esplorazione orizzontale del fascetto, avvenga un certo numero di volte in un secondo per avere una figura visibile con continuità sullo schermo; adoperando la tensione di rete si hanno 50 esplorazioni complete al secondo.

Per ottenere la necessaria variazione della frequenza prodotta dal generatore e nello stesso tempo una tensione che sposti orizzontalmente il fascetto catodico da un estremo all'altro dello schermo vi sono vari metodi che possono essere classificati in sistemi meccanici ed elettronici.

Le placche verticali dell'oscilloscopio vanno inserite dopo un rivelatore, quello del ricevitore o uno predisposto allo scopo, seguito da un'adatta amplificazione ad AF, quella fornita dall'amplificatore verticale dell'oscilloscopio, per ottenere un'esplorazione verticale sufficientemente ampia. L'attenuatore del generatore RF ed il regolatore di volume seguente il rivelatore

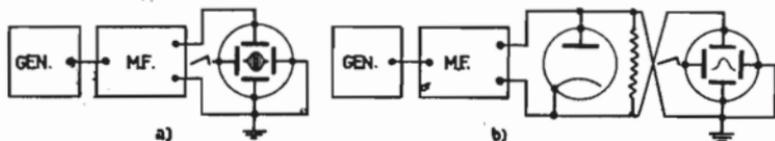


Fig. 206. — Osservazione della caratteristica di selettività.  
a, senza rivelazione - b, con rivelazione.

permetteranno di portarsi nelle migliori condizioni di osservazione. Si ottiene in tal modo solo una linea sullo schermo, ch'è quella di involuppo della metà superiore o inferiore della curva che si otterrebbe inviando, senza rivelarla, l'uscita del ricevitore direttamente all'oscilloscopio. La differenza è indicata in fig. 206

in cui in *a*) non vi è rivelazione, mentre questa è stata aggiunta in *b*). Occorre osservare la polarità con cui si esegue il collegamento dell'oscilloscopio all'uscita del rivelatore per ottenere la curva diritta come si è soliti osservarla.

Per osservare la caratteristica di selettività di uno o più circuiti compresi fra più valvole amplificatrici, senza che vi sia un rivelatore finale, s'inserisce fra l'anodo dell'ultima amplificatrice e massa un rivelatore del tipo di fig. 122, alla cui uscita va collegata l'entrata verticale dell'oscilloscopio.

Le resistenze indicate sullo schema avranno un valore intorno a 0,1 M $\Omega$  e la capacità di collegamento di qualche centinaio di pF.

Nei generatori con modulatori elettronici si fa uso di una tensione alternata sinusoidale o a denti di sega o piramidali, sia per avere l'esplorazione orizzontale dello schermo dell'oscilloscopio, o per sincronizzare il generatore a denti di sega che assicura tale esplorazione, e sia per aver il mezzo con cui controllare la modulazione di frequenza.

Vi sono vari modi come utilizzare questa tensione alternata per modulare la frequenza e cioè: variazione dell'induttanza della bobina del circuito oscillatorio, costruendola con un nucleo di ferro per alta frequenza e piazzandola nel traferro di un elettromagnete con un nucleo lamellare, nella cui bobina vien fatta circolare o la corrente anodica di una valvola di potenza, alla cui griglia si applica la suddetta tensione alternata, o la corrente raddrizzata della rete di alimentazione; variazione della capacità di accordo del circuito oscillatorio disponendo in parallelo ad esso un triodo, la cui capacità apparente di entrata dipende dalla reazione del circuito anodico su cui è inserita una resistenza e dalla mutua conduttanza e che può esser variata con la polarizzazione della griglia; variazione della capacità o dell'induttanza del circuito oscillatorio disponendo in parallelo ad esso una valvola che può essere fatto funzionare come una capacità o un'induttanza variabile regolandone la tensione di polarizzazione.

Dalla fig. 207 risulta come ottenere la variazione di frequenza variando l'induttanza della bobina oscillatrice con nucleo di ferro polverizzato. Nella bobina dell'elettromagnete, con nucleo lamellare e sezione di 4 cm<sup>2</sup>, circola la corrente raddrizzata alla stessa frequenza della rete (raddrizzamento di una

semionda). Questa stessa corrente circola nella resistenza di  $500 \Omega$ , ai cui estremi è disponibile una tensione pulsante da utilizzare per la deviazione orizzontale del fascetto di raggi catodici. Con tale mezzo si ha la sincronizzazione fra la deviazione e la variazione della frequenza.

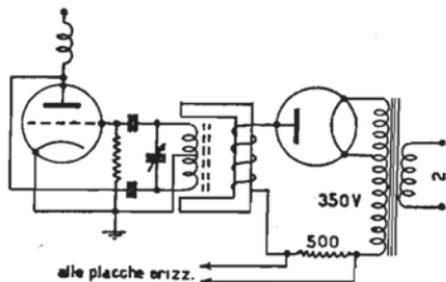


Fig. 207 - Modulatore di frequenza elettromagnetico.

Risultati simili si ottengono con il circuito di fig. 208, in cui si fa uso di due oscillatori che si fanno battere per ricavarne la voluta frequenza, col vantaggio che si mantiene sempre la stessa ampiezza di modulazione per ogni gamma.

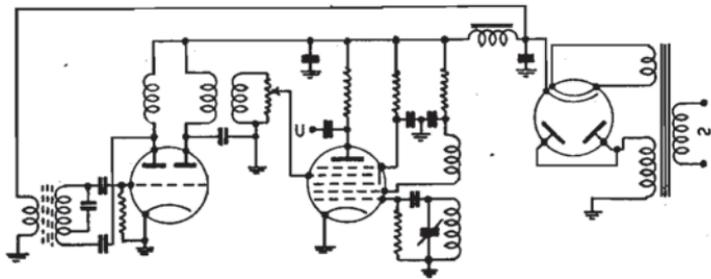


Fig. 208 - Generatore R. F. a battimenti con modulatore di frequenza elettromagnetico.

Si regoli il circuito oscillatorio della sezione sinistra del doppio triodo a 35 MHz: questa frequenza può essere modulata di frequenza per un'ampiezza voluta regolando la corrente che circola nell'elettromagnete. Essa è applicata alla griglia del triodo a destra, sul cui anodo è un circuito accordato

alla stessa frequenza e accoppiato con una bobina a cui è collegato un potenziometro. Con esso si regola la tensione applicata alla griglia controllo dell'eptodo e contemporaneamente anche la tensione di uscita del generatore.

La sezione oscillatrice dell'eptodo è fatta funzionare ad una frequenza variabile da 5 a 35 MHz per cui all'uscita si avrà, per battimento, una frequenza variabile da 0 a 30 MHz, modulata in frequenza per un'ampiezza uguale a quella di modulazione dell'oscillatore fisso a 35 MHz.

Per far variare la frequenza di un circuito oscillatorio si può far uso di valvole di reattanza, di valvole cioè collegate in modo adatto in parallelo al circuito oscillatorio stesso e che si comportano come un condensatore o una bobina con capacità o induttanza variabili.

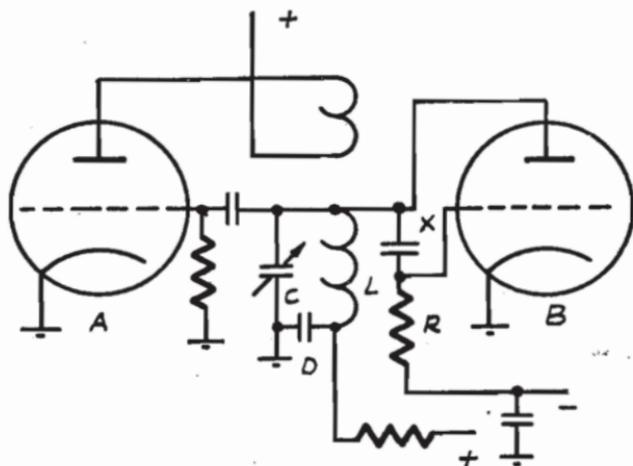


Fig. 209. — Valvola di reattanza.

Il triodo *A* di fig. 209, è l'oscillatore di cui la bobina *L* ed il variabile *C* costituiscono il circuito oscillatorio: il condensatore *D* consente di chiudere il circuito stesso, senza ridurre apprezzabilmente la capacità di *C*, perchè è di valore elevato, e di applicare la tensione anodica alla valvola *B* di reattanza.

La tensione alternata presente sul circuito oscillatorio è ap-

plicata fra anodo e catodo di questa valvola e contemporaneamente al circuito sfasatore, costituito da  $X$  e da  $R$ . La reattanza di  $X$  ha un valore elevato rispetto quello di  $R$  per cui la corrente che scorre in questo circuito è prevalentemente reattiva ed in anticipo sulla tensione applicata al circuito stesso. La griglia di  $B$  è polarizzata attraverso  $R$  e su questa resistenza è presente una tensione in anticipo su quella di  $L$  perchè in anticipo è la corrente che vi circola. Questa tensione alternata sulla griglia fa scorrere una corrente in anticipo nel circuito anodico di  $B$  che si comporta come una capacità in parallelo al circuito oscillatorio  $LC$ . Il valore di questa capacità equivalente dipende dall'intensità della corrente circolante in  $B$ , cioè dalla sua polarizzazione e quindi dalla sua pendenza. Si ottiene il controllo della frequenza di  $LC$ , ossia la modulazione della frequenza prodotta dall'oscillatore  $A$ , applicando alla griglia di  $B$  una tensione di polarizzazione e sovrapponendovi una tensione alternata a frequenza di rete. Variando l'ampiezza di quest'ultima varia l'ampiezza della modulazione di frequenza dell'oscillatore  $A$ .

L'introduzione di una valvola reattanza per la modulazione di frequenza comporta un'altra causa di instabilità, oltre quelle proprie di ogni oscillatore, della frequenza prodotta dal generatore perchè anche essa è soggetta alle variazioni di tensione di alimentazione che vanno stabilizzate. Per eliminare l'influenza delle variazioni della tensione di rete si fa uso di due valvole, con variazioni di reattanza in senso inverso, controllate in controfase, con cui si realizza una maggiore variazione di frequenza del circuito oscillatorio.

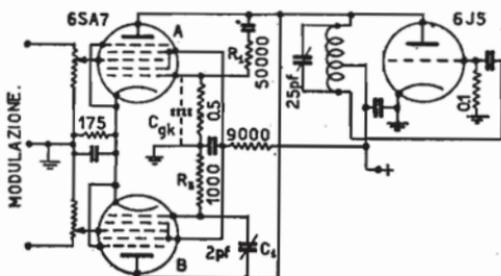


Fig. 210. — Modulatore di frequenza con valvole di reattanza in controfase.

In fig. 210 è la realizzazione di un circuito di controllo con valvole in controfase. La resistenza  $R_1$  e la capacità  $Cgk$  costituiscono uno sfasatore che fornisce alla griglia una tensione sfasata rispetto quella sull'anodo.  $R_1$  è di valore molto elevato rispetto a quello della reattanza di  $Cgk$  sicchè la fase della corrente è determinata dalla resistenza ed essa è in fase con la tensione applicata dal circuito oscillatorio allo sfasatore. Questa corrente circola attraverso la capacità griglia-catodo e produce una caduta di tensione sfasata in ritardo sulla corrente. Questa tensione è amplificata e il circuito anodico apparirà come un'induttanza perchè la sua corrente segue la tensione applicata.

La valvola  $B$  fa uso di uno sfasatore che fornisce una tensione anticipata alla griglia e quindi produce un effetto capacitivo sul circuito anodico. Lo sfasatore è costituito da una piccola resistenza in parallelo alla griglia ed alimentata da un condensatore con elevata reattanza, presentata da  $C_1$  rispetto ad  $R_3$ , sicchè la corrente attraverso lo sfasatore è determinata da  $C_1$ , corrente in anticipo, che scorre nella resistenza di griglia; la caduta di tensione prodotta su questa è in fase con la corrente e quindi anche in anticipo. Amplificando questa tensione di griglia si ha un effetto capacitivo sul circuito anodico perchè la corrente che scorre in esso è in anticipo sulla tensione applicata.

L'entità della variazione introdotta da una valvola reattanza sul circuito oscillatorio è proporzionale alla sua pendenza; sicchè un aumento di  $S$  della valvola induttiva  $A$  diminuisce l'induttanza effettiva che è in parallelo al circuito oscillatorio, si ha così un aumento della frequenza.  $B$  produce una diminuzione della capacità effettiva quando  $S$  è diminuita. La modulazione di frequenza in controfase dà effetti addittivi di modulazione, pur rendendo il complesso meno influenzabile dalle variazioni delle tensioni di alimentazione.

In fig. 211 è lo schema completo di un generatore modulato in frequenza.

Questo apparecchio genera tensioni le cui frequenze sono comprese fra 0,3 e 23 MHz e fra 87 e 109,7 MHz. Esso fa uso di due oscillatori, uno lavorante a una frequenza fissa l'altro variabile. La sezione a destra del doppio triodo 12AT7 ha fra anodo e griglia il circuito oscillatorio, tipo Hartley, accor-



dato a 55 MHz dalle capacità distribuite. Il secondo oscillatore è accordato ad una frequenza variabile da 32 a 54,7 MHz.

La frequenza di 55 MHz non è molto elevata e consente di ottenere una discreta stabilità di frequenza, con armoniche fuori del campo di misura e con l'uso di frequenze dell'oscillatore variabile inferiori ad essa. Le frequenze di uscita sono ottenute per battimento somma o differenza fra le frequenze prodotte:

$$\begin{aligned} f_1 + f_2 &= 55 + (32 \div 54,7) = 87 \div 109,7 \text{ MHz} \\ f_1 - f_2 &= 55 - (32 \div 54,7) = 23 \div 0,3 \text{ MHz} \end{aligned}$$

La modulazione di frequenza è ottenuta con la prima sezione della 12AT7, fatta lavorare come valvola di reattanza. La tensione del secondario del trasformatore di alimentazione è, a mezzo di un partitore di tensione, applicata alla griglia di questa valvola per ottenere le variazioni di frequenze massime indicate presso i contatti del commutatore  $C$  e regolate a mezzo del potenziometro  $P$  dal cui quadrante graduato si rileva approssimativamente l'ampiezza della modulazione. La tensione modulata in frequenza è prelevata dal catodo della sezione oscillatrice ed introdotta sulla terza griglia della 6BE6. Sull'anodo di questa valvola risultano mescolate le due frequenze e l'uscita è regolabile con l'attenuatore sino a circa 0,5 V.

La bobina dell'oscillatore fisso è costituita da 16 spire di filo smaltato su di un tubo di 10 mm, con presa a metà; la bobina dell'oscillatore variabile è costituita da 14 spire dello stesso filo, su un tubo identico, con presa alla quarta spira dal lato massa.

Un oscillatore modulato in frequenza, che genera una frequenza intorno a 1000 kHz e che collegato all'entrata di un ricevitore ne consente l'esame della caratteristica di selettività totale, può essere costruito secondo lo schema di fig. 212.

Il circuito oscillatorio è costituito dalla bobina  $L_3$  e dalla capacità di 100 pF in parallelo ad essa e risulta accordato ad una frequenza intorno a 1000 kHz, regolabile a mezzo del potenziometro  $P$  di alcune decine di kHz in più o in meno. La bobina  $L_3$  è collegata fra griglia e griglia schermo e costituisce con il condensatore di 100 pF un oscillatore Hartley.

La corrente anodica circola attraverso la bobina  $L_2$  strettamente accoppiata con la bobina  $L_1$ : variazioni nella corrente



i) *Misura della frequenza.*

Si può tarare un generatore sia per confronto con un altro generatore già tarato e sia per battimento con le portanti delle stazioni trasmittenti. Queste, data la precisione con cui debbono mantenere la loro frequenza di lavoro, costituiscono degli ottimi campioni di frequenze. Disponendo di due generatori, uno da tarare l'altro tarato, le due uscite possono essere inviate o direttamente, o con l'interposizione di due amplificatori separati, alla griglia di una rivelatrice: i battimenti fra le due frequenze sono ascoltati in una cuffia, o in un altoparlante dopo un'adatta amplificazione, o controllati con un milliamperometro inserito nel circuito anodico del rivelatore o con un misuratore di uscita.

Per minimi spostamenti in un senso o nell'altro della frequenza di uno dei due generatori riappaiono i battimenti.

La differente intensità dei battimenti permette anche di non confondere il battimento fra due fondamentali e quello fra una fondamentale e l'armonica di un'altra frequenza. Per una maggiore precisione si adopera contemporaneamente il controllo acustico e quello con uno strumento di misura perchè quando le due frequenze sono molto simili in cuffia non si odono più i battimenti mentre sono perfettamente visibili sullo strumento.

Quando le due frequenze hanno valori quasi uguali l'indice dello strumento, a parte la sua indicazione sul quadrante, subisce una specie di leggera trepidazione in un senso e nell'altro, che aumenta di ampiezza man mano che le due frequenze si rendono sempre più uguali, cioè man mano che si ha una differenza inferiore ai 30 o 40 Hz, per l'inerzia dell'equipaggio mobile, sino ad ottenersi l'arresto dell'indice (battimento zero, frequenze uguali).

Se procedendo alla taratura di un generatore si nota che per una data gamma si ha, per una zona o per tutto il quadrante, una serie di fischietti vicinissimi e d'intensità simili, che non permettono d'individuare la frequenza che fornisce un battimento zero, si deve ridurre l'accoppiamento della reazione e misurare la corrente di griglia dell'oscillatore.

La taratura va effettuata determinando i vari punti sul quadrante a cui si ottengono i battimenti zero e tracciando con essi una curva per ogni gamma.

La taratura con un radioricevitore avviene nello stesso modo: il ricevitore può essere di qualsiasi tipo. I battimenti debbono avvenire fra la portante di una stazione, su cui si è accordato il ricevitore e di cui si conosce esattamente la frequenza, e il generatore da tarare. Possibilmente questo avrà la modulazione interna interrotta, perchè ciò facilita la regolazione dell'azzeramento.

Con un ricevitore non è possibile tarare le frequenze più basse del generatore, ma si può procedere come segue se esso ha una scala anche in kHz, altrimenti si segnano su di una striscia di carta incollata sulla scala parlante i punti a cui corrispondono le varie frequenze.

Sulle gamme delle frequenze più basse del generatore si possono determinare i punti a cui corrispondono quelle frequenze le cui armoniche sono udibili su determinati punti della scala suddetta. Regolando il ricevitore esattamente a 500 kHz si hanno battimenti regolando il generatore a 250, 166,6, 125, 100 kHz, di cui la 2<sup>a</sup>, la 3<sup>a</sup>, la 4<sup>a</sup> e la 5<sup>a</sup> armonica coincidono con 500 kHz. Portando il ricevitore a 600 kHz si determinano allo stesso modo le frequenze di 300, 200, 150, 100 kHz, e così via.

Per il controllo della taratura dei generatori RF si presta ottimamente un oscillatore con cristallo di quarzo: esso fornisce un notevole numero di armoniche che si faranno battere con le frequenze del generatore per controllarne l'esattezza. Per le normali necessità del radioriparatore non occorrono le precauzioni atte ad assicurare la maggiore stabilità al quarzo, perchè senza di esse si hanno errori che rientrano ampiamente nei limiti di precisione necessari.

Una lamina di quarzo, introdotta fra due lamine metalliche, entra in vibrazione alla propria frequenza naturale di risonanza se si applica alle lamine stesse una tensione di frequenza uguale a quella di risonanza. Il quarzo si comporta come un circuito oscillatorio ed accoppiandolo ad una valvola oscillatrice è eccitato da questa.

La frequenza naturale di un cristallo è determinata dalle sue dimensioni, specialmente dal suo spessore. Nel caso di cristalli taglio X la frequenza di oscillazione corrisponde ad una lunghezza d'onda di circa 105 metri per millimetro, e per quelli taglio Y ad una di 110 m. Per i cristalli per frequenze molto

basse, intorno ai 50 a 100 kHz, si fa uso di cristalli con taglio Y.

Col variare della temperatura si hanno variazioni nelle dimensioni del cristallo che influiscono sulla frequenza di oscillazione: per i cristalli a taglio Y essa varia di 25 a 100 Hz su di un milione per ogni grado di variazione nella temperatura.

I cristalli, generalmente di forma parallelepipedica, vengono forniti con un'adatta custodia, in cui sono montati fra due lamine metalliche ben piane. Il cristallo poggia su quella inferiore; fra esso e quella superiore vi è uno spazio di aria, di altezza adatta. Per i cristalli che hanno superiormente una lamina elastica di contatto la regolazione della pressione di questa ha una notevole influenza sull'oscillazione.

I cristalli sono comunemente prodotti per frequenze fra 30 e 18 000 kHz; non si producono cristalli per frequenze maggiori perchè risulterebbero troppo sottili e fragili.

Un cristallo non può essere sottoposto a tensioni oscillanti

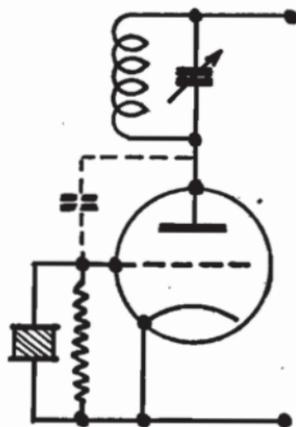


Fig. 213 - Oscillatore a cristallo.

troppo elevate, perchè vibrando ampiamente può rompersi, ma ciò si verifica raramente accoppiandolo ad una valvola per ricevitori. La polvere e il sudiciume impediscono ad un cristallo di oscillare e va lavato con del tetracloruro di carbonio quello che si sia manipolato prima di piazzarlo fra le lamine del sup-

porto. Per la stessa ragione quest'ultimo deve proteggere il cristallo dalla polvere e quindi essere chiuso tutto intorno.

Il circuito di fig. 213 è quello fondamentale per il collegamento di un cristallo ad un triodo. Esso è piazzato in parallelo alla resistenza di autopolarizzazione del triodo; questo oscilla perchè ha il circuito di griglia, rappresentato dal quarzo, e quello anodico accordati alla stessa frequenza; il trasferimento di energia necessaria all'innesco delle oscillazioni avviene attraverso la capacità anodo griglia. Per realizzare un tale circuito si fa uso di un triodo 6C5, con 150 o 200 V anodici e con resistenza di griglia di 50 000  $\Omega$ , in serie a cui va piazzato, dal lato massa, un microamperometro da 100  $\mu\text{A}$  per indicare, con la presenza della corrente di griglia, l'innesco delle oscillazioni. Si può collegare in sua vece un milliamperometro nel circuito anodico, che indicherà una diminuzione della corrente quando si ha l'innesco. Uno di questi strumenti è necessario per poter facilmente controllare la sincronizzazione data dal quarzo, che si verifica spostando il condensatore del circuito anodico ed ascoltando per battimento con un altro oscillatore se vi è variazione nella frequenza prodotta, pur essendovi variazione nella corrente di griglia.

La prima volta che si fa funzionare un tale oscillatore è bene accordare preventivamente il circuito anodico dando quindi leggeri spostamenti al variabile sino a trovare l'innesco, perchè si può avere troppo poca reazione per la piccola capacità della valvola ed un cristallo duro da far oscillare.

Quando vi è perfetto sincronismo spostamenti del variabile in un senso o nell'altro non fanno variare la frequenza prodotta, ma con ciò non si è sempre sicuri che la frequenza generata sia quella fondamentale del cristallo. Infatti esso può oscillare a diverse frequenze differenti poco fra di loro ma la cui ampiezza è molto minore della fondamentale. Per ottenere l'innesco delle oscillazioni in qualche caso è necessario picchiare leggermente sulla custodia del cristallo. Determinata la variazione nella frequenza prodotta dall'oscillatore stabilizzato, si porti il condensatore stesso sino ad avere una capacità maggiore di quella corrispondente alla posizione mediana di tale zona di regolazione: in tal modo la valvola oscillerebbe ad una frequenza leggermente minore di quella impostata dal quarzo se questo non vi fosse.

Per facilitare l'innescò con alcuni cristalli si può far uso di triodi di maggiore potenza. Con cristalli che non oscillano facilmente si ottengono migliori risultati nella produzione di armoniche adoperando pentodi di potenza come la 6V6 o circuiti come in fig. 214.

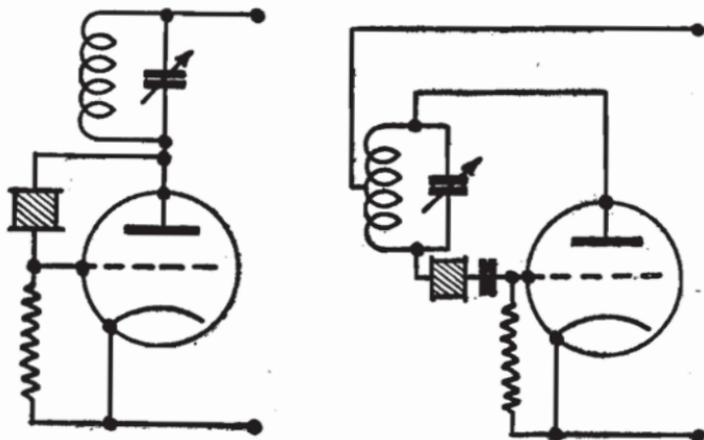


Fig. 214. — Oscillatori a quarzo per frequenze basse.

Per controllare un generatore RF con un oscillatore a quarzo occorre un rivelatore per caratteristica di griglia, figura 215, seguita da un'amplificatrice ad AF sul cui anodo è collegata una cuffia. Al rivelatore vanno applicate le uscite del generatore e dell'oscillatore attraverso i due condensatori di piccola capacità.

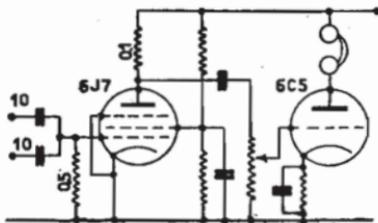


Fig. 215. — Complesso rivelatore amplificatore per ottenere i battimenti fra le tensioni di uscita di due generatori.