

## CAPITOLO XIV

### I VOLTMETRI ELETTRONICI

#### 68. Tipi di voltmetri elettronici.

Per la misura di tensioni continue o alternate, specie se a frequenze elevate, da 10 000 Hz a 30 MHz, si adoperano i voltmetri elettronici. Con essi è possibile misurare tensioni da 0,1 V in su.

Le valvole adoperate possono essere dei diodi o valvole con più elettrodi, funzionanti come rettificatrici per caratteristica di placca o di griglia, ed i tipi di voltmetri possono essere raggruppati a seconda ch'essi forniscono un'indicazione proporzionale al valore efficace, medio o di cresta della tensione alternata da misurare.

Le indicazioni di un voltmetro elettronico dipendono in misura più o meno notevole dalla forma dell'onda della tensione applicata, cioè dalla sua maggiore o minore sinusoidalità. Si hanno notevoli riduzioni quando la frequenza della tensione applicata è molto elevata. Con voltmetri facenti uso di normali valvole riceventi le letture si mantengono esatte sino a circa 2 MHz, per misure a frequenze più elevate, sino a 30-40 MHz, occorre adoperare valvole a ghianda o di costruzione simile, infine per frequenze maggiori si prestano i diodi al germanio.

Il vantaggio principale di questi voltmetri per la misura di tensioni continue è l'elevatissima impedenza di entrata che presentano, per cui non si ha alcuna richiesta di corrente. Ma nel caso di tensioni alternate la loro impedenza di entrata risulta con due componenti, una resistiva ed una reattiva, che hanno un'influenza maggiore quanto maggiore è la frequenza in gioco.

La componente resistiva è dovuta al tempo di transito degli elettroni dal catodo all'anodo e perciò è necessario adoperare delle valvole con spaziatura minima fra gli elettrodi per le ra-

diofrequenze elevate. La componente reattiva è dovuta alla capacità esistente fra gli elettrodi ed anch'essa è ridotta adottando valvole speciali ed effettuando il collegamento fra circuito in misura e valvola del voltmetro direttamente, per contatto fra uscita dell'elettrodo dal bulbo e punto alla tensione da misurare.

Sovente si fa uso di un involucro di metallo in cui è racchiusa la valvola con griglia o anodo in testa. Se occorre inserire un condensatore e una resistenza di fuga, queste due parti saranno supportate direttamente dal puntale isolato. L'involucro metallico è collegato alla cassetta del voltmetro con un cavetto schermato in cui passano i vari conduttori. La com-

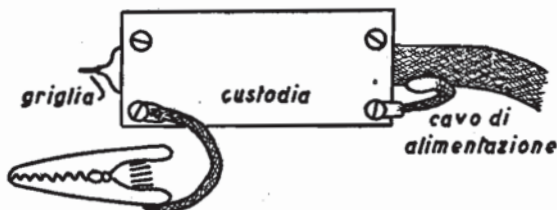


Fig. 119. - Custodia per valvola raddrizzatrice per voltmetro elettronico.

ponente resistiva di un pentodo 6J7 a 10 MHz è di circa 150 000 ohm e si riduce a 17 000  $\Omega$  a 30 MHz: collegando una tale valvola in parallelo ad un circuito oscillatorio il valore della sua componente resistiva risulta molto simile a quello della resistenza dinamica del circuito stesso (dell'ordine di qualche centinaio di migliaia di ohm al massimo) per cui la misura è errata in difetto. La capacità totale della griglia di una 6J7 è di 5 pF, quella di una 954 di 3 pF e quella di un diodo al germanio di 0,5 pF. L'introduzione di questa capacità in parallelo ad un circuito oscillatorio richiede il ritocco del condensatore di sintonia.

Fra i molti tipi di voltmetri elettronici le tendenze costruttive attuali sono orientate verso i voltmetri a diodo per la misura di tensioni alternate e i voltmetri a ponte per la misura di quelle continue e di quelle raddrizzate da un diodo, perciò saranno descritti solo questi due tipi di voltmetri.

Lo strumento di misura deve avere una sensibilità dipendente dalla minima portata in f.s. che si desidera: per una di 1,5 a 2 V efficaci occorre uno strumento con sensibilità di 200  $\mu$ A, per 5 V uno di 1 mA. Strumenti così sensibili non vanno assoggettati a correnti troppo intense che farebbero sbattere l'indice in fondo scala facendolo contorcere.

La taratura dei voltmetri elettronici non si mantiene invariata indefinitamente ed è bene controllarla dopo qualche tempo di funzionamento, anche quando lo strumento è costruito con la massima accuratezza.

Data questa possibilità di alterazione della taratura è bene adoperare i voltmetri elettronici specialmente come misuratori di una tensione rispetto ad un'altra, che non ne differisca molto, o come indicatori di un aumento o una diminuzione di una tensione in seguito a variazioni apportate nel circuito in prova.

### 69. Voltmetri a diodo.

I voltmetri a diodo danno un'indicazione indipendente dalla forma d'onda, perchè proporzionale al valore di cresta della tensione da misurare, ma sono comunemente tarati in valori efficaci.

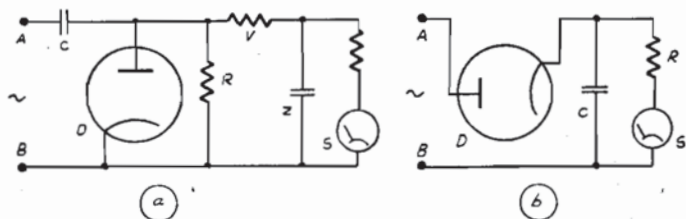


Fig. 120. — Voltmetri a diodo per valori di cresta.

Si fa uso di un diodo come raddrizzatore secondo lo schema di fig. 120. Con la 955 collegata come diodo o la EA50 si ha una piccola capacità di ingresso, quindi la variazione di capacità introdotta da un tale voltmetro nel circuito in misura è piccola. Poichè la resistenza  $R$  è molto elevata, anche dell'or-

dine di  $50 \text{ M}\Omega$ , il condensatore  $C$  si scarica molto poco durante la semionda non raddrizzata dal diodo e la sua tensione è di poco inferiore a quella di cresta.

Poichè il diodo raddrizza solo durante una frazione molto piccola delle semionde positive: questo voltmetro non costituisce il carico notevole che a prima vista sembra apportare sul circuito in misura durante i semiperiodi positivi applicati all'anodo.  $V$  e  $Z$  funzionano da filtro per la tensione raddrizzata e, poichè  $Z$  deve avere una capacità elevata per presentare una reattanza bassa per tutte le frequenze che interessa misurare, la tensione in misura risulta applicata sia ad  $R$  che a  $V$  in parallelo e queste due resistenze hanno entrambe un valore molto elevato.

Per ridurre maggiormente la capacità introdotta dal voltmetro nel circuito, per le misure a frequenze molto elevate, e per aumentare la portata del voltmetro, la Barber Laboratories

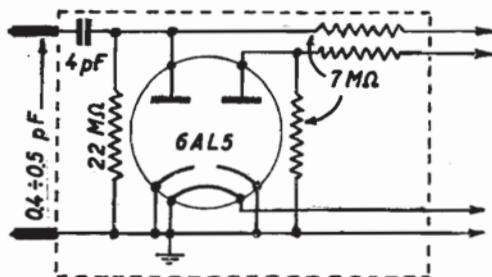


Fig. 121. — Diodi rettificatore e compensatore del voltmetro elettronico Barber Lab. tipo VM 29.

e la General Radio, hanno inserito una capacità molto ridotta all'entrata di alcuni tipi di voltmetri, fig. 121. Si ottiene così una capacità di circa  $0,5 \text{ pF}$  che riduce notevolmente la sensibilità del voltmetro (nel caso specifico i valori sono scelti in modo da ottenere una sensibilità 10 volte minore che nel voltmetro con un diodo normale) ma si ottiene un rilevante aumento dell'impedenza di entrata.

Per misurare tensioni a frequenze molto elevate, dell'ordine di  $100 \text{ MHz}$ , si fa uso di diodi costituiti da cristalli di germanio. Questi diodi hanno una capacità molto ridotta, una

frazione di picofarad, ma possono essere sottoposti solo a tensioni di  $50\div 60$  V.

Il circuito relativo è identico a quelli dei normali diodi, fig. 122: fra i due morsetti *V* va applicata la tensione da misurare, fra i morsetti *M* si inserisce un voltmetro elettronico del tipo a ponte.

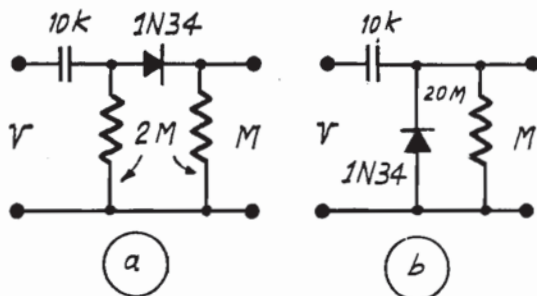


Fig. 122. — Rettificatori con diodi al germanio.

## 70. Voltmetri a ponte.

I voltmetri a ponte sono montati secondo lo schema di fig. 123. In esso due valvole *A* e *B* uguali sono autopolarizzate dai rispettivi gruppi catodici. Sugli anodi vi sono due resistenze di carico  $R_c$  ed  $R_c$  uguali, collegate attraverso un potenziometro *P* al positivo della tensione di alimentazione anodica: il cursore del potenziometro permette di ottenere, variando il valore della resistenza di carico totale di ogni valvola, uguali tensioni sui due anodi. Se le due valvole hanno identiche correnti anodiche il cursore risulterà al centro del potenziometro. Quest'ultimo regola lo zero dello strumento prima che si applichi la tensione da misurare ai morsetti del voltmetro.

Secondo lo schema e ammettendo che l'autopolarizzazione ottenuta faccia lavorare le valvole al centro del tratto rettilineo della caratteristica mutua il voltmetro a ponte si presta per la misura di tensioni continue. Queste non dovranno avere un valore maggiore di 1,5 a 2 V e, applicate fra griglia e massa, faranno variare in più o in meno la polarizzazione del

triolo A: in esso passerà una corrente anodica minore o maggiore e si avrà una caduta di tensione sulla resistenza di carico anodico  $R_c$  minore o maggiore di quella a riposo. Lo strumento indicherà lo squilibrio prodotto con la deviazione del

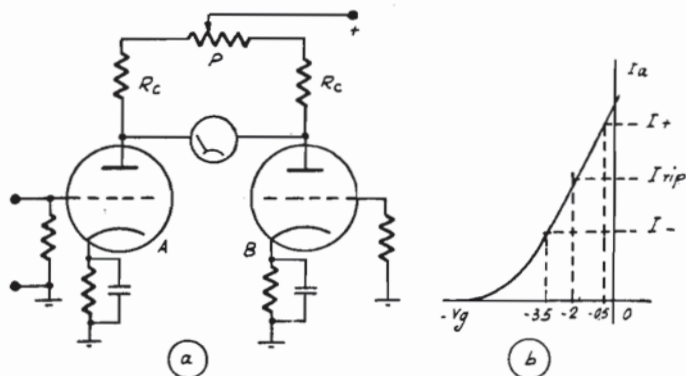


Fig. 123. - Voltmetro a ponte per tensioni continue.

l'indice e il suo quadrante potrà essere graduato in volt. Un commutatore, non disegnato in figura, permette di invertire i collegamenti ai morsetti dello strumento in modo che l'indice devia verso il fondo scala qualunque sia la polarità della ten-

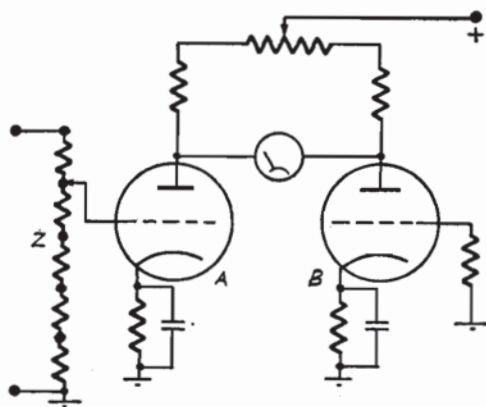
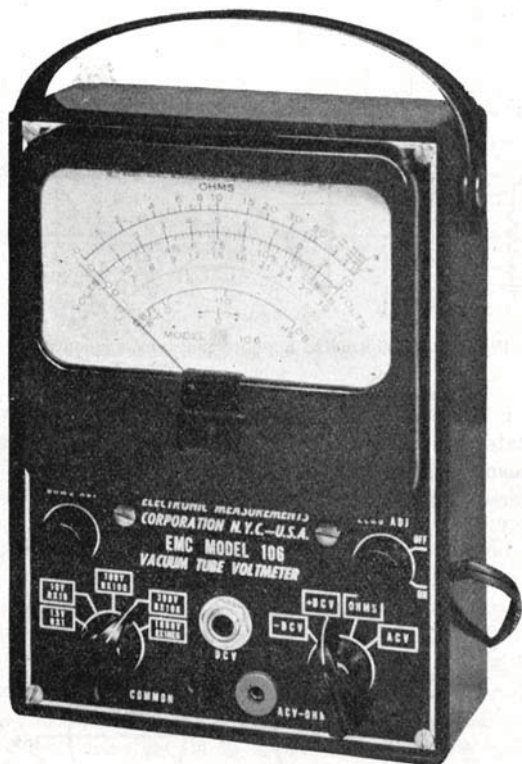


Fig. 124. - Voltmetro a ponte con portate multiple.



sione applicata alla griglia del triodo *A*. Se infatti a questa si applica una tensione di 1,5 V (— a massa) la polarizzazione effettiva risulta di — 0,5 V, fig. 123 *b*) e la corrente anodica e lo strumento deve essere collegato con il morsetto + all'anodo di *B*. Tale polarità va invertita se la stessa tensione da misurare risulta di — 1,5 V (+ a massa).



Voltmetro elettronico EMC 106.

Per la misura di tensioni maggiori si fa uso di un partitore *Z*, fig. 124, costituito da varie resistenze collegate in serie, di valore molto elevato per non assorbire una corrente apprezzabile da qualsiasi circuito in misura, ad es. per un totale

di 10 M $\Omega$ . Un commutatore collega la griglia del triodo *A* sul partitore in modo che alla valvola non risulti applicata una tensione maggiore di 1,5 V, qualunque sia la tensione da misurare: si ha così una scala uniformemente suddivisa poichè la valvola lavora nel tratto rettilineo della caratteristica, ch'è identica per ogni portata fondo scala.

Il partitore *Z* può essere adoperato solo per tensioni continue o per tensioni alternate a frequenze industriali. Questo circuito ha capacità distribuite fra i vari resistori ed i contatti del commutatore che, alle frequenze elevate, non permettono più una suddivisione della tensione applicata secondo i rapporti fra le resistenze. Inoltre queste, se del tipo normalmente adoperato nei radioricevitori, hanno un valore decrescente con la frequenza, fig. 125.

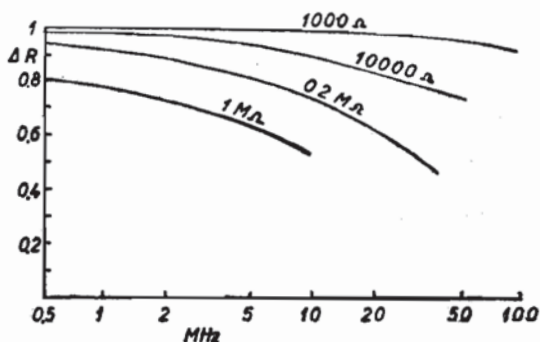


Fig. 125. — Variazione della resistenza di resistori chimici a radiofrequenza (Zepler).

Collegando un diodo raddrizzatore fra i morsetti d'ingresso del voltmetro e applicando la tensione raddrizzata al partitore suddetto, vari costruttori realizzano strumenti per la misura di tensioni continue ed alternate.

Per la misura di tensioni sino a 1000 V la Mullard ha costruito un diodo speciale, EY51, che consiglia di montare secondo lo schema di fig. 126 con un doppio triodo a ponte per ottenere un voltmetro elettronico molto stabile. Se  $C_1$  è di 0,02  $\mu\text{F}$  e si hanno piccole capacità distribuite nella custodia



del diodo l'errore di misura è inferiore al 3% da 20 Hz a 10 MHz.  $P_1$  bilancia la corrente a vuoto del diodo;  $R_1$  ha circa  $1000 \Omega$  se la tensione anodica è di 200 V. Se  $R_2$  è di  $8 M\Omega$  la massima sensibilità del voltmetro è di 3 V f.s.

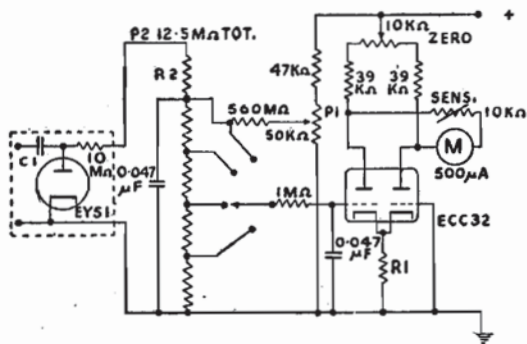


Fig. 126. - Voltmetro elettronico (Mullard).

## CAPITOLO XV

### GLI OSCILLOSCOPI

#### 71. Tubi catodici.

Gli oscilloscopi sono indispensabili per il radioriparatore per la ricerca di alcuni difetti nei radiorecettori ed amplificatori e per l'allineamento accurato di alcuni tipi di ricevitori la cui curva di selettività non presenta un massimo ben definito.

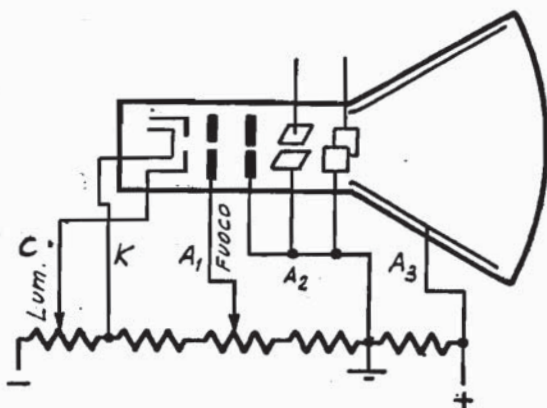


Fig. 127. - Tubo a raggi catodici.

La fig. 127 rappresenta schematicamente un tubo catodico, di cui in fig. 128 si può ancor meglio notare la disposizione dei vari elettrodi.

Il catodo  $K$  è a riscaldamento indiretto. Gli elettroni emessi sono attirati dall'anodo  $A_1$  a cui è applicata una tensione elevata, ma debbono anzitutto passare attraverso il foro dell'elet-

trodo  $C$ , a cui è applicata una tensione negativa regolabile rispetto al catodo. Essi passano formando un fascetto centrale a detto foro: quanto maggiore è la tensione negativa applicata a questo elettrodo di controllo tanto minore sarà il numero di elettroni che riesce a passare e tanto più sottile il fascetto di elettroni.

L'elettrodo  $A_1$  ha una tensione positiva più bassa di  $A_2$  e compie anche la funzione di schermo sottraendo  $A_2$  all'influenza delle variazioni di  $C$ .

La configurazione degli anodi suddetti è tale da favorire il raggruppamento degli elettroni sottoforma di fascetto, accelerandoli sempre più, cioè facendo loro acquistare una velocità

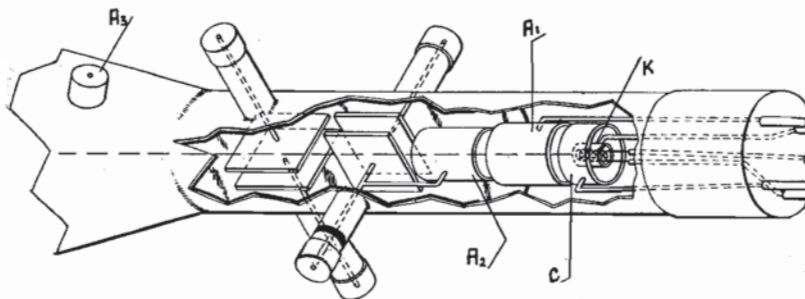


Fig. 128. - Sezione di un tubo a raggi catodici.

sempre maggiore. A tale scopo nei tubi catodici di grandi dimensioni si fa uso di un terzo anodo  $A_3$  a cui è applicata una tensione da 3 a 5 volte quella di  $A_2$ , cioè di alcune migliaia di volt, ma nei tipi normali questo ulteriore elettrodo acceleratore non esiste.

Gli elettroni continuando il loro percorso raggiungono la parete interna frontale del tubo, su cui è disteso un sottile strato di materiale fluorescente, che ha la proprietà di produrre una luminescenza sotto l'urto degli elettroni, di vario colore a seconda delle sostanze che lo compongono (la willemite dà un colore verde, il tungstato di calcio azzurro) e che può durare da qualche millesimo di secondo a qualche secondo anche se l'urto è durato un tempo molto più breve.

Il complesso di elettrodi  $C A_1 A_2$  serve anche per la messa a fuoco del fascetto sullo schermo, cioè a concentrare gli elettroni in modo che formino un fascetto man mano restringentesi e che colpisce in un punto piccolissimo lo schermo. Variando la tensione negativa applicata a  $C$  si ha influenza sulla messa a fuoco del fascetto ma principalmente essa varia la luminosità del punto luminoso ottenuto mentre l'elettrodo per la messa a fuoco è  $A_1$  di cui si varia la tensione. Praticamente per ogni grado di luminosità che si desidera occorre ritoccare la tensione di  $A_1$ .

La tensione di  $A_2$  influisce anch'essa notevolmente sulla luminosità del punto sullo schermo perchè quanto essa è maggiore tanto maggiore sarà l'accelerazione raggiunta dagli elet-

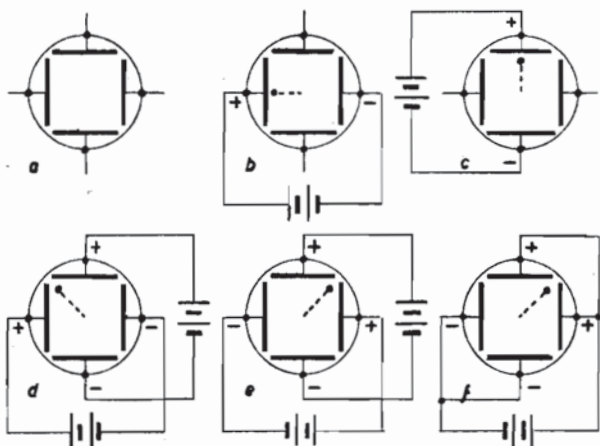


Fig. 129. — Controllo delle placchette deviatrici di un oscilloscopio sulla posizione del punto di incidenza del fascetto di elettroni sullo schermo.

troni e quindi l'energia da essi acquisita e che viene spesa al momento dell'urto a rendere luminoso il materiale dello schermo. Questa tensione è quella massima fornita dall'alimentatore, sempre che non esista  $A_3$ , e non è regolabile.

Il complesso di elettrodi descritto è detto anche elettronotico perchè si può paragonare il catodo  $K$  ad una lampada elet-

trica la cui luce è regolata da una fenditura regolabile  $C$  ed è quindi concentrata dalle due lenti biconvesse  $A_1$  e  $A_2$  sullo schermo.

Lungo la parte cilindrica del tubo catodico sono montate anche due coppie di laminette metalliche affacciate due a due e disposte con i loro piani a  $90^\circ$ : fra esse passa il fascetto di elettroni che può essere deviato dalla sua posizione centrale.

Questo fascetto è paragonabile ad un filo metallico flessibilissimo caricato negativamente. Se ad una placchetta si applica una tensione negativa il filo sarà respinto per lo stesso segno delle cariche elettriche, se positiva esso sarà attratto, fig. 129 *b*).

Data la posizione relativa delle due coppie di placchette dal loro controllo simultaneo si può, con opportune variazioni del valore e del segno delle tensioni loro applicate, ottenere lo spostamento del fascetto su di un punto qualsiasi dello schermo. In fig. 129 sono illustrati gli spostamenti che il fascetto, e quindi il punto luminoso sullo schermo, subisce applicando alle placchette differenti tensioni.

La tracciatura di curve riproducenti fenomeni periodici può essere compresa esaminando le combinazioni di condizioni di fig. 130. Applicando ad una sola coppia di placchette una tensione alternata il fascetto si sposta descrivendo una retta sullo schermo perchè la tensione varia continuamente da zero ad un valore massimo, ridiminuisce fino a zero e raggiunge un massimo in senso opposto: quindi il fascetto sarà progressivamente spostato in un senso o nell'altro e la lunghezza della traccia luminosa dipenderà dal valore della tensione applicata e dalla sensibilità del tubo catodico.

Applicando la stessa tensione fra le placchette orizzontali o le verticali non si ha la stessa lunghezza della traccia luminosa: risulta infatti più lunga quella ottenuta applicando la tensione in esame fra le due placchette più vicine all'anodo  $A_2$ .

Inviando due tensioni alternate alle due coppie di placchette la figura che ne risulterà dipenderà dalla frequenza, ampiezza, fase e forma d'onda delle due tensioni. In fig. 130, per semplificare, si ritiene che le tensioni sinusoidali applicate abbiano la stessa ampiezza e che le due coppie di placchette abbiano la stessa influenza sulla deviazione del fascetto. Forme

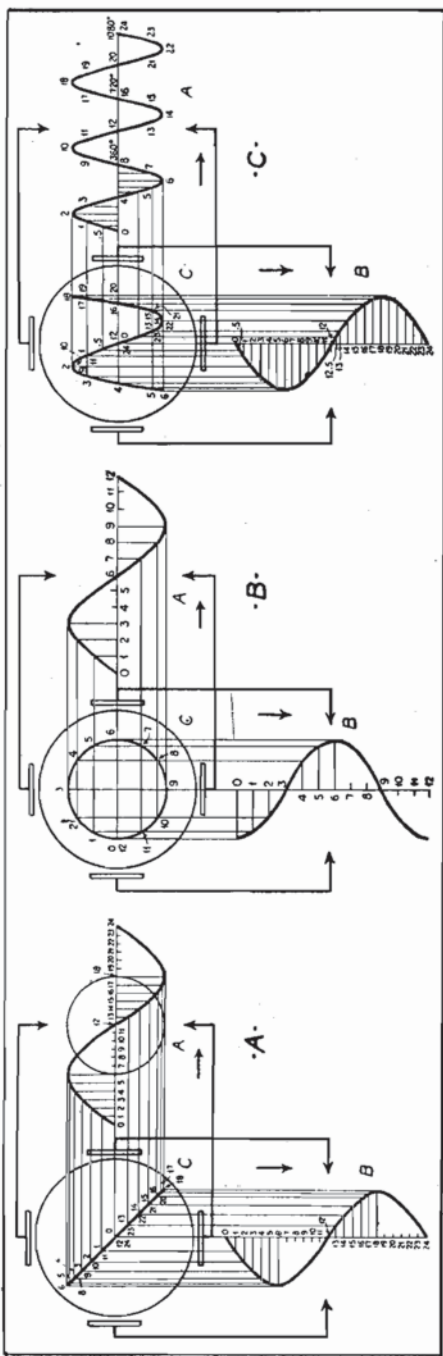


Fig. 130. - Figure di Lissajou ottenute con tensioni sinusoidali fra le piacchette.



d'onda non sinusoidali, distorte per la presenza di armoniche, daranno figure corrispondentemente distorte.

In fig. 130 *a*) le due tensioni hanno oltre alle due caratteristiche suddette anche frequenza e fase uguale e quindi generano una retta inclinata a 45°. Nella seconda figura la tensione di *B* è in anticipo su quella di *A* di 90° e la traccia luminosa ha la forma di un circolo. Nella terza figura si ha ancora concordanza di fase, ampiezza e forma d'onda ma la tensione *A* ha una frequenza tre volte maggiore di *B*.

Per ottenere con maggiore precisione la riproduzione della forma dell'onda della tensione in esame si applica alle placchette orizzontali una tensione non sinusoidale ma a denti di sega come quella di *B* in fig. 131. Il rapporto fra le frequenze di *A* e *B* è di 1 : 2 e le due tensioni sono uguali. Con un

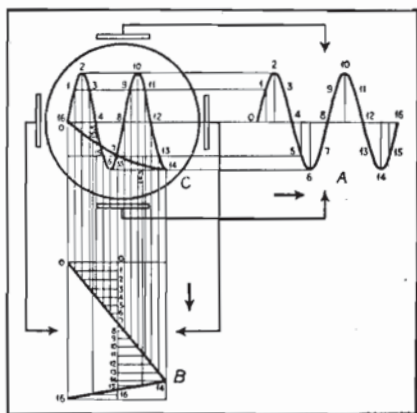


Fig. 131. — Figura di Lissajou.

tale tipo di tensione *B* applicato fra le placchette si ha un movimento del fascetto con velocità uniforme da un estremo all'altro della traccia luminosa, sia all'andata che al ritorno, sebbene questo avvenga in un tempo molto più breve della prima: in tal modo la traccia luminosa segnata durante il ritorno risulta meno brillante di quella all'andata e quindi non disturba la figura che interessa osservare.

La sensibilità di un tubo catodico, intesa come tensione ne-

cessaria per ottenere la deviazione di un millimetro della traccia del fascetto sullo schermo, è maggiore quanto più grande è la distanza delle placchette dallo schermo e quanto minore la tensione dell'anodo  $A_2$ . Tubi lunghi una trentina di centimetri hanno, con tensione anodica di 1000 V, una sensibilità media di 0,3 mm/V che si riduce a 0,2 mm/V aumentando la tensione anodica a 2000 V.

Sia le placchette orizzontali che quelle verticali vanno mantenute alla stessa tensione dell'anodo  $A_2$  altrimenti esse influenzano il fascetto deviandolo dalla sua posizione centrale di riposo. D'altra parte dovendole collegare a punti dei circuiti in esame che non possono essere portati ad una tensione tanto elevata rispetto massa quanto è quella anodica, invece di collegare a massa la griglia del tubo catodico vi si collega l'anodo  $A_2$ , fig. 132. Una placchetta orizzontale ed una verticale sono collegate direttamente a massa mentre le altre due lo sono attraverso due resistenze di valore elevato. In tali condizioni il punto luminoso sullo schermo può non risultare perfettamente centrato o può essere necessario di spostarlo sullo schermo. A tale scopo le due resistenze suddette non sono collegate direttamente a massa ma ai cursori di due potenziometri, ai cui estremi è applicata una tensione positiva ed una negativa rispetto massa, che permettono il centraggio del fascetto.

La capacità introdotta da una placchetta quando la si inserisce su un circuito è dell'ordine di 10 a 20 pF, ha quindi un'apprezzabile influenza sull'accordo di circuiti a radiofrequenza. Risulta anche in parallelo al circuito la resistenza di fuga della placchetta, che è di qualche megaohm.

## 72. Alimentazione dei tubi catodici.

L'alimentazione di un tubo catodico è notevolmente semplificata per il filtraggio e per la suddivisione delle tensioni data la minima richiesta di corrente di alimentazione: il consumo medio si aggira sui 100  $\mu$ A che sommato a quello del partitore non raggiunge normalmente i 2 mA. Il diodo raddrizzatore è con un anodo; per tensioni sino a 500 V si presta una 80 con gli anodi in parallelo. Per tensioni maggiori vi sono vari tipi di raddrizzatori speciali.



1000 V o più; si può far uso di due elettrolitici collegati in serie se la tensione anodica è fra 450 e 900 V. Si possono mettere in serie anche condensatori a carta, ma in parallelo ad ognuno va disposta una resistenza di 1 o 2 megaohm in modo che la tensione totale si ripartisca ugualmente su ognuno della serie e non in modo dipendente dall'isolamento di ciascuno.

Il trasformatore va montato in una schermatura di ferro per ridurre il campo magnetico disperso, che può influire sulla deviazione del fascetto di elettroni, non permettendo di avere una traccia netta delle tensioni in esame. Occorre in tal caso trovare per tentativi la posizione del trasformatore rispetto al tubo ed eventualmente schermare questo con della lamiera ad alta permeabilità (permalloï, mumetal).

La posizione migliore in cui piazzare il trasformatore nell'oscilloscopio è dietro al tubo catodico, ma se lo spazio non lo permette è preferibile portarlo innanzi, vicinissimo al pannello anteriore dei comandi, dove esso può influenzare meno il fascetto. Soluzione più radicale è quella di montare l'alimentatore in una cassetta separata e collegata, con un cavo con conduttori adatti, all'oscilloscopio ch'è montato in una cassetta di lamiera di ferro funzionante anche da schermo. Con questa disposizione si ha il vantaggio di poter disporre la base del tubo vicinissima al punto del circuito in esame e effettuare il collegamento alla placchetta verticale con un filo brevissimo, introducendo la minima capacità.

### 73. Basi dei tempi.

#### a) *Tensioni a denti di sega.*

Per produrre una tensione a denti di sega si collega un condensatore *C*, fig. 133, in serie ad una resistenza variabile *R* e si applica agli estremi di questo circuito una tensione continua elevata. La corrente di carica del condensatore circola nella resistenza che ne limita l'intensità, quindi ai morsetti del condensatore si avrà una tensione crescente sino a raggiungere lo stesso valore della tensione applicata a carica ultimata. Controllando con un voltmetro la tensione presente agli estremi *C* durante tutto il periodo di carica si osserva che la tensione *V* aumenta in un primo tempo molto rapidamente e quindi sem-

pre più lentamente sino a portarsi al valore massimo definitivo. La carica del condensatore non avviene in modo lineare nel tempo ma esponenzialmente come indicata in fig. 133 b) dalla curva  $OM$ .

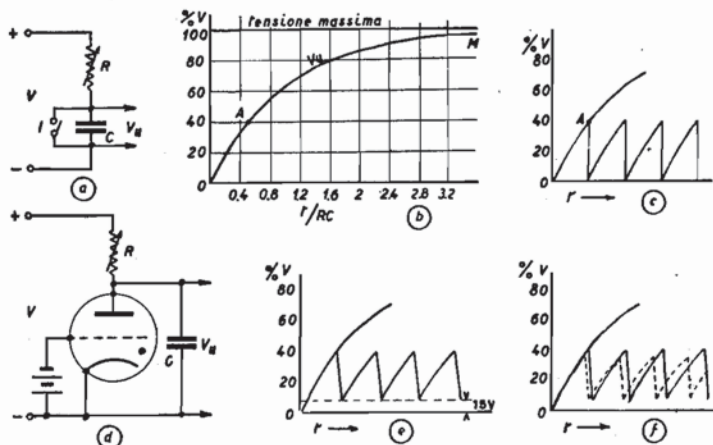


Fig. 133. - Produzione di tensioni a denti di sega, con la carica di un condensatore in serie ad una resistenza e successiva scarica.

Questa tensione variabile presente ai due morsetti del condensatore può essere applicata alle due placchette orizzontali del tubo catodico e farà spostare il fascetto di elettroni da un punto ad un altro dello schermo a seconda del proprio valore. Ma la tensione applicata è di varie centinaia di volt, come si può ottenere da un comune alimentatore, quindi si può avere lo spostamento del fascetto da un estremo all'altro dello schermo. Questo spostamento non avviene in modo uniforme nel tempo, per l'aumento non uniforme della tensione presente su  $C$ , e la traccia luminosa che il fascetto produrrà non sarà uniformemente luminosa, ma lo diverrà sempre più col tempo perchè più lenta risulta la variazione di tensione nell'ultimo periodo della carica del condensatore. Se il fascetto si sposta da sinistra a destra dello schermo è verso questo estremo che la luminescenza apparirà molto più brillante.

Si colleghi in parallelo a  $C$  un interruttore  $I$  che possa



essere aperto e chiuso con la celerità voluta. Se si chiude  $I$  quando il condensatore è carico questo si scaricherà in un tempo brevissimo attraverso  $I$  e la tensione  $V_u$  si porterà contemporaneamente a zero.

Ma si può anche chiudere  $I$  prima che  $C$  sia completamente carico come indicato nel grafico di fig. 133 *b*). Ciò è svantaggioso, poichè si ha una tensione  $V_u$ , data da  $OA$ , molto più piccola di quella ottenuta in precedenza e un più ristretto spostamento del fascetto di elettroni sullo schermo; d'altra parte tale spostamento sarà quasi perfettamente uniforme nel tempo: la traccia sullo schermo apparirà infatti uniformemente luminosa.

Si ripeta ad intervalli uguali la chiusura dell'interruttore  $I$  e si mantenga questo chiuso sempre per lo stesso periodo di tempo: la tensione  $V_u$  avrà la forma a denti di sega di figura 133 *c*). In pratica per ottenere una forma d'onda a denti di sega col lato inclinato (periodo di carica di  $C$ ) perfettamente lineare occorre chiudere  $I$  prima che si sia raggiunto un valore di  $V_u$  uguale ad un decimo della tensione massima applicata.

Da tale condizione è facile dedurre che per ottenere a mezzo della tensione  $V_u$  una deviazione di una data ampiezza occorre alimentare il circuito di fig. 133 *a*) con una tensione dieci volte maggiore.

In pratica per ottenere la deviazione del fascetto catodico senza adoperare una tensione di alimentazione troppo elevata si fa avvenire la scarica del condensatore quando la tensione  $V_u$  ha raggiunto il 20 % della tensione massima: la linearità dello spostamento è ancora sufficientemente buona.

La capacità di  $C$  non è mantenuta negli oscilloscopi di valore molto elevato altrimenti la corrente di scarica può essere troppo intensa. Finchè si adopera un interruttore  $I$  come in fig. 133 *a*) ciò non costituisce un inconveniente ma in pratica si fa uso di una valvola che compie la funzione di  $I$ , ed in essa non si può far passare una corrente, anche se istantanea, troppo elevata. La capacità di  $C$  è mantenuta quindi entro il valore massimo di 1  $\mu\text{F}$ .

Negli oscilloscopi per ottenere le variazioni di frequenza da pochi Hz ad alcune decine di migliaia si fa uso sempre della stessa resistenza  $R$  mentre con un commutatore si inserisce un condensatore, la cui capacità può essere scelta da alcune



centinaia di picofarad al valore massimo suddetto. Non è possibile ottenere frequenze elevatissime per le capacità distribuite e per la lentezza dei ritorni.

b) *Il tiratron.*

Si può sostituire il funzionamento manuale di  $I$  con quello automatico di un tiratron, triodo a gas, collegandolo in parallelo a  $C$ , fig. 133 *d*). Regolando la tensione negativa applicata alla griglia di questa valvola si varia la tensione a cui si ha l'innesco della scarica nel gas fra anodo e catodo e quindi la tensione massima a cui si può caricare  $C$ .

Quando la scarica è innescata la griglia non ha alcun effetto di controllo sulla corrente anodica, per cui la scarica stessa dura finchè la tensione del condensatore non si è ridotta ad una quindicina di volt, tensione minima di ionizzazione del gas, fig. 133 *e*). La tensione a cui avviene la scarica dipende da vari fattori che producono un comportamento a volte irregolare del tiratron, ma essi interessano poco per le applicazioni normali e per contro sono pienamente bilanciate dalla facilità di funzionamento di tali valvole.

Per i tubi catodici di diametro superiore a 7 o 10 cm è difficile ottenere una completa esplorazione dello schermo con la tensione fornita agli estremi del condensatore  $C$  perchè non si può oltrepassare la tensione massima applicabile all'anodo del tiratron, perciò si fa seguire a questo un amplificatore.

c) *Oscillatori bloccati e di rilassamento.*

Per ottenere tensioni a denti di sega di frequenze più elevate si può far uso di valvole a vuoto spinto, invece del tiratron, montate come oscillatori ma le costanti elettriche dei circuiti sono scelte di valori tali da avere l'oscillazione solo per un tempo brevissimo e quindi il bloccaggio delle oscillazioni. Questi oscillatori presentano nella maggior parte dei casi l'inconveniente di una regolazione per una piccola gamma di frequenze, è quindi necessario un maggiore numero di condensatori da commutare.

In fig. 134 *a*) si fa uso di un triodo con i circuiti anodico e di griglia accoppiati molto strettamente; in parallelo alle

bobine non vi è alcun condensatore ed esse sono avvolte a nido d'aape per ridurre la capacità residua.

È preferibile collegare fra l'avvolgimento e la griglia un condensatore ed una resistenza di fuga di griglia. All'inizio del funzionamento  $C$  si carica esponenzialmente con la corrente circolante in  $R$  finchè la tensione raggiunta da esso e dell'anodo è sufficiente a far passare la corrente nella valvola. Questa corrente circolante nella bobina anodica induce una tensione nella bobina di griglia di senso tale da rendere questa positiva, con notevole aumento della corrente anodica: in tal modo il condensatore è scaricato rapidamente. Non appena la corrente anodica diminuisce per la scarica del condensatore la tensione indotta nella bobina di griglia è tale da rendere la griglia negativa per cui si arresta la scarica di  $C$  e si inizia

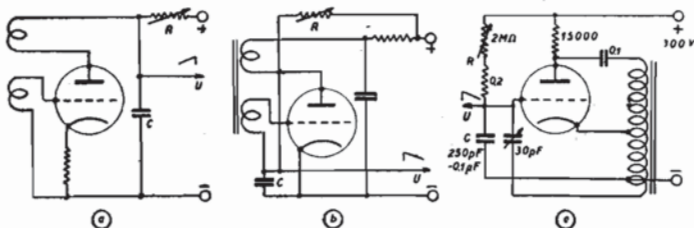


Fig. 134. - Oscillatori bloccati per la produzione di tensioni a denti di sega.

la nuova carica. Quando si ha il passaggio di corrente anodica si ha l'innescio di oscillazioni ad una frequenza determinata dai valori delle capacità distribuite del circuito, risultanti in parallelo alle bobine. Occorre che la reazione sia così spinta da far applicare alla griglia una tensione di cresta tanto elevata da far durare per un tempo inferiore ad una semionda di dette oscillazioni la scarica del condensatore. Durante l'escursione positiva la griglia ha attirato una notevole quantità di elettroni, carica che dovrà essere dissipata perchè la griglia permetta alla valvola di condurre nuovamente.

In un altro tipo di oscillatore bloccato, fig. 134 b). (Marconi) il condensatore  $C$  è caricato dalla corrente di griglia durante il tempo di oscillazione e scaricato a mezzo della corrente circolante in una resistenza  $R$  molto elevata, collegata fra

positivo e griglia: in tal caso il ritorno del fascetto è ottenuto durante la carica del condensatore, il tratto rettilineo utilizzabile durante la scarica. Agli estremi di  $C$  si ha una tensione di senso inverso a quella applicata da  $R$  quindi agli effetti della scarica del condensatore dette tensioni si sommano: ne risulta con questo schema un dente di sega più lineare che con altri circuiti.

Per la presenza delle capacità distribuite ed interelettrodiche dopo il periodo di carica del condensatore si ha un picco di tensione tanto più accentuato quanto più piccolo è il valore di  $C$ , che distrugge la linearità iniziale del dente di sega. Questo picco può essere annullato neutralizzando con un terzo avvolgimento ed un condensatore di neutralizzazione le capacità interelettrodiche della griglia, fig. 134 c) (Cocking).

Il trasformatore di fig. 134 b) è con rapporto 1 : 1 ed ha un nucleo con perdite per rendere i circuiti quanto più aperiodici è possibile. Anche in fig. 134 c) i tre avvolgimenti sono uguali ed avvolti nello stesso senso; il compensatore di neutralizzazione va regolato osservando con un oscilloscopio la forma della tensione presente su  $C$ . I dati in figura si riferiscono ad una sezione di una 6SN7.

#### d) Multivibratori.

Dal multivibratore di Abraham e Bloch, che fornisce tensioni rettangolari, sono derivati vari tipi di oscillatori di rilassamento adoperati sia per oscillografia che per televisione.

Un oscillatore di rilassamento con pentodo è illustrato in

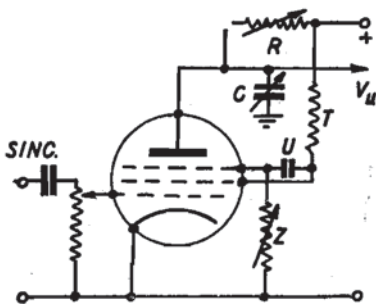


Fig. 135. — Oscillatore transitor per la produzione di tensioni a denti di sega.

fig. 135. Occorre, per ottenere un buon funzionamento, adoperare un pentodo che abbia una corrente anodica elevata rispetto a quella di griglia schermo, in modo che durante la carica di  $C$  la tensione di schermo risulti elevata rispetto quello dell'anodo e riduca la durata della carica di  $C$ . Il suo funzionamento è descritto nel n. 82 b).

La frequenza è regolata variando  $R$  e  $C$  ma anche  $U$  e  $Z$  hanno la loro influenza su di essa. Il valore di  $T$  influisce sulla forma dell'onda ottenuta facendo variare la durata della scarica rispetto quella della carica.

Con questo oscillatore si possono ottenere facilmente frequenze di qualche centinaio di kHz.

In fig. 136 è lo schema di un multivibratore con accoppiamento catodico. Durante il funzionamento in un dato istante

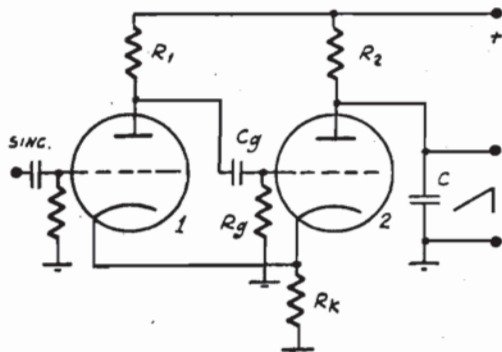


Fig. 136. — Multivibratore con accoppiamento catodico.

la tensione su  $R_k$  risulta elevata perchè in essa scorre un'elevata corrente, quella della valvola 2, alla cui griglia è applicato un impulso positivo, dato dalla capacità  $C_g$ .

La tensione elevata su  $R_k$  porta oltre l'interdizione le due valvole, ma di esse solo la 1 risulta con corrente anodica nulla; la 2, come si è detto, conduce notevolmente perchè l'impulso positivo dato da  $C_g$  le fa superare notevolmente l'interdizione. Questo impulso è prodotto dall'aumento di tensione sull'anodo di 1 non appena questa valvola è portata all'interdizione: la tensione positiva sull'armatura sinistra di  $C_g$  è notevolmente

umentata e si dovrà avere un notevole passaggio di elettroni sull'armatura destra, forniti dal catodo della 2; per avere la carica di  $C_g$ . Quando questo condensatore si è caricato termina l'impulso positivo dato alla griglia della 2, la corrente anodica si riduce notevolmente, anche perchè il condensatore  $C$  si è frattanto scaricato sulla valvola stessa ed in  $R_k$  circola una corrente molto minore. La valvola 1 non è più mantenuta oltre l'interdizione e non appena essa comincia a condurre la tensione sul suo anodo si riduce e si ha un impulso negativo sulla griglia di 2 che la porta molto rapidamente oltre l'interdizione: con ciò si ha una riduzione notevole nella corrente che circola in  $R_k$  e quindi una minore polarizzazione della 1 ch'è attraversata da una corrente sempre crescente. La valvola 2 è mantenuta all'interdizione finchè il condensatore  $C_g$  si è scaricato su  $R_g$ ; per tutto questo tempo il condensatore  $C$  si carica linearmente attraverso  $R_2$ .

Quando  $C_g$  si è sufficientemente scaricato per cui la 2 riprende a condurre, si ha il rapido aumento della tensione di autopolarizzazione su  $R_k$ , l'interdizione della 1 e l'impulso positivo sulla griglia della 2 che fa scaricare il condensatore  $C$  attraverso questa valvola resa molto conduttrice.

#### e) Sincronizzazione.

Per ottenere una curva perfettamente fissa sullo schermo è necessario sincronizzare la frequenza della tensione a denti di sega con la frequenza della tensione in esame, occorre cioè che ad ogni oscillazione o dopo un dato numero di oscillazioni di questa giunga un impulso della tensione sulla griglia del tiratron per innescare la scarica nel gas o sulla griglia di una valvola del multivibratore per iniziare la scarica del condensatore. In tal modo la regolazione di  $R$  può esser fatta in modo non troppo preciso.

Occorre una frazione della tensione in esame per ottenere la sincronizzazione altrimenti si ha deformazione della forma d'onda.

Si ottengono le migliori condizioni di stabilità dell'oscillazione quando la frequenza di questa è regolata in modo da risultare leggermente più bassa di quella della tensione da osservare. Così in fig. 133 f) è rappresentata, a tratto pieno, l'oscil-



lazione della tensione  $V_u$ , tratteggiata quella che si ottiene quando si applica la sincronizzazione: la frequenza aumenta e l'ampiezza delle oscillazioni diminuisce.

#### 74. Amplificatori.

Per una buona deviazione del fascetto di raggi catodici sullo schermo, dipendentemente dalla tensione anodica applicata al tubo, occorrono delle tensioni che si aggirano su di un minimo di 50 V e raggiungono anche i 1500 V per tubi di grandi dimensioni con oltre 2000 V sul secondo anodo. Normalmente si deve esaminare una tensione molto più piccola ed occorre adoperare un amplificatore: da ciò sorge il problema dell'amplificazione uniforme di tutta la gamma di frequenze che interessa esaminare.

L'amplificatore verticale deve introdurre un carico minimo sul circuito in misura e deve essere provvisto di un adatto sistema di regolazione della tensione applicata all'entrata di esso, che potrebbe saturare la prima valvola. Un comune potenziometro per radoricevitore è una soluzione accettabile finchè la tensione da esaminare è a frequenza bassa, altrimenti si ha un effetto di discriminazione di frequenza con la sua regolazione, dovuto alla capacità di entrata della valvola. Si ricorre in tal caso ad un partitore fisso con due resistenze antinduttive e fra estremo a tensione massima e presa intermedia si collega un piccolo condensatore variabile che sarà regolato sino a fornire con la capacità di entrata della valvola un'attenuazione nello stesso rapporto definito dalle resistenze. Una piccola serie di questi partitori permetterà di risolvere facilmente tutte le necessità di attenuare la tensione in misura (vedi schema di figura 232).

Gli amplificatori per oscilloscopi non debbono fornire una potenza all'uscita, perchè si deve applicare solo una tensione fra le placchette, ma questa può essere molto elevata, perciò si preferisce, se non è addirittura richiesto dal tipo di tubo catodico, di adoperare uno stadio finale.

Alcuni amplificatori fanno uso di uno stadio finale in controfase: ogni valvola amplificatrice deve fornire una tensione metà e ciò permette di far uso di valvole piccole con tensione anodica più bassa. Si ottiene anche un minore effetto di sfo-





Per l'amplificazione della tensione a dente di sega è necessario un amplificatore che dia una resa uniforme da una frequenza ch'è la decima parte della minima frequenza prodotta dalla base dei tempi (per l'amplificazione del tratto rettilineo ascendente) ad una frequenza che sia dieci volte maggiore della massima prodotta (per l'amplificazione del tratto rettilineo discendente).

### 75. Commutatori elettronici.

È molto utile osservare due fenomeni contemporaneamente sullo schermo per poterli paragonare. Sono stati perciò prodotti dei tubi catodici con due ed anche tre equipaggi completi, ognuno funzionante per suo conto, ma si ha un notevole aumento del prezzo del tubo. Perciò si è introdotto l'uso del commutatore elettronico, fig. 139, che consiste in due valvole amplificatrici alle cui griglie di controllo vanno applicate le

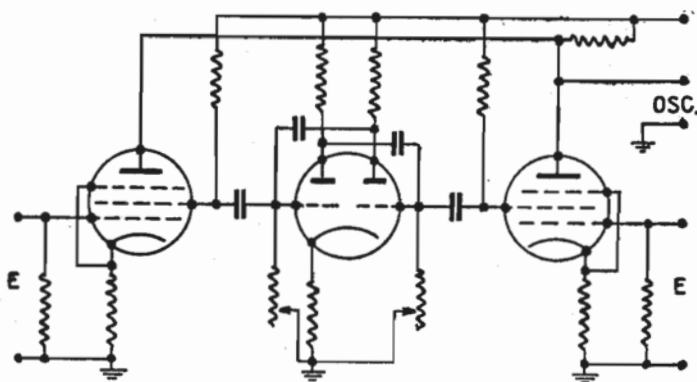


Fig. 139. - Commutatore elettronico.

due tensioni da osservare e le cui placche sono collegate insieme e quindi accoppiate alla placchetta verticale libera del tubo catodico. Una terza valvola doppia funziona da multivibratore e gli impulsi negativi presenti sulle sue griglie sono applicate alternativamente alle griglie schermo o di soppres-

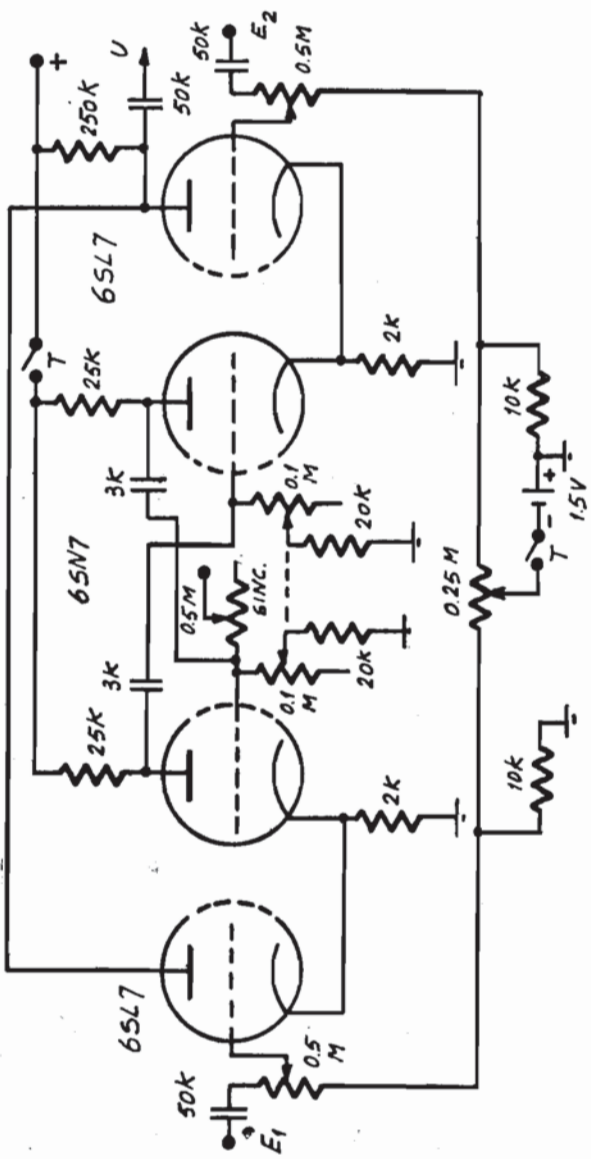


Fig. 140. - Commutatore elettronico.

sione delle due amplificatrici: in tal modo quando una di queste risulta bloccata l'altra funziona. Le due tensioni in esame risultano così amplificate alternativamente un numero di volte al secondo uguale alla frequenza di oscillazione del multivibratore e appaiono contemporaneamente sullo schermo.

In fig. 140 è lo schema di un commutatore elettronico che consente la sovrapposizione delle due onde tracciate sullo schermo. Il commutatore doppio inserisce il multivibratore 6SN7 le cui tensioni sui catodi bloccano alternativamente le due amplificatrici della 6SL7.

## 76. Collaudo degli oscilloscopi.

Il collaudo di uno oscilloscopio va effettuato con ordine analizzando man mano le varie sezioni.

Collaudare anzitutto il funzionamento dei comandi di Fuoco e Intensità. Con la base dei tempi esclusa (commutatore dell'amplificatore orizzontale su base esterna) il fascetto catodico deve fornire una macchia rotonda perfettamente controllabile come messa a fuoco e intensità luminosa. Questi due controlli hanno un'azione dipendente uno dall'altro.

Se la traccia luminosa ottenuta nella prova precedente non è perfettamente rotonda, ma ovale o allungata in modo irregolare, occorre anzitutto distaccare le quattro placchette dai collegamenti all'oscilloscopio e collegarle a massa. In tal modo si elimina ogni influenza del circuito sul fascetto di elettroni. Se la traccia non è rotonda anche in queste condizioni si ha influenza magnetica dal trasformatore di alimentazione o da una impedenza di filtro. Si ha tale influenza specie quando l'incastellatura sotto cui è montato il trasformatore non è di ferro e quando il trasformatore stesso non è munito di calotte di ferro. Se queste due condizioni sono già soddisfatte occorre ruotare il trasformatore sino a trovare la posizione più adatta perchè il suo campo magnetico disperso abbia la minima influenza sul fascetto. A volte è necessario anche schermare la parte cilindrica del tubo catodico con tubo di ferro di un certo spessore; risultati migliori si hanno adoperando ferri con elevata permeabilità, il mumetal.

Il filtraggio delle tensioni di alimentazione dell'oscilloscopio ha poca influenza sulla forma della macchia luminosa. Occorre

tener presente che se l'influenza magnetica è molto ridotta, per cui la macchia luminosa risulta appena deformata, durante l'osservazione di oscillogrammi non si ha più alcuna influenza apprezzabile.

In queste condizioni, con placchette collegate a massa, i due comandi di centraggio verticale e orizzontale non debbono avere alcuna influenza sui comandi di fuoco e intensità. In un caso si è notato una tale influenza dovuta al cattivo isolamento per cui la loro regolazione faceva variare la tensione sull'anodo di messa a fuoco. Collegare le placchette al circuito e controllare il funzionamento dei due comandi per la centratura orizzontale e verticale. Il cattivo isolamento di un condensatore di accoppiamento alle placchette non permette il perfetto centraggio, sebbene sul potenziometro si abbia la voluta variazione di tensione rispetto massa.

Si fa quindi funzionare l'oscillatore a denti di sega senza l'amplificatore interposto. La traccia sullo schermo deve risultare perfettamente rettilinea e uniformemente luminosa. Si collaudi il funzionamento in tutte le posizioni dei due comandi di frequenze, sempre con sincronizzazione esclusa o con regolatore relativo portato al minimo. A volte non si ha oscillazione per tutta la corsa del potenziometro di frequenza perchè questo ha una resistenza troppo elevata o il tiratron è difettoso (lentezza di disionizzazione).

La rettilineità del dente di sega va controllata applicando all'oscilloscopio l'uscita di un buon oscillatore ad AF a frequenza variabile: applicando fra le placchette verticali una tensione di frequenza 5 o 6 volte maggiore di quella prodotta dalla base tempi si vedono sullo schermo altrettante sinusoidi la cui larghezza deve essere perfettamente uguale per tutte. A volte non si riesce a correggere tale linearità perchè il condensatore è caricato ad una tensione troppo elevata rispetto quella massima di alimentazione: si invade quindi la zona non rettilinea della curva di carica, se questa è ottenuta con una resistenza, o si giunge sull'anodo del pentodo di carica ad una tensione troppo bassa.

Influenza sulla rettilineità della traccia, specie alle frequenze più basse, ha la scarsa capacità in parallelo alla resistenza sul catodo del tiratron e, con amplificatore collegato, la capacità di filtro sulla griglia schermo del pentodo amplifica-

tore, che deve essere di vari microfarad. Quando la curvatura è dovuta a questo effetto inserire un condensatore in parallelo alla resistenza catodica.

Se si ha un cattivo isolamento in un condensatore per le gamme di frequenze il dente di sega non risulta più rettilineo, così pure se in parallelo al pentodo di carica si ha una perdita di corrente. Alcuni tiratron presentano perdite internamente, fra gli elettrodi o per effetto della ionizzazione, ed anche in tal caso non è possibile ottenere un dente di sega se non sostituendo la valvola. Le perdite per cattivo isolamento si rendono specialmente manifeste quando si aumenta la resistenza di carica del condensatore. Sulla linearità ha influenza anche il valore della resistenza presente dopo il condensatore di accoppiamento fra il tiratron e l'amplificatore o la placchetta del tubo catodico: questa resistenza deve essere di valore molto elevato e così pure la capacità del condensatore di accoppiamento.

Se la traccia orizzontale luminosa è modulata da disturbi a frequenze rete si nota, alle più basse frequenze di oscillazione della base tempi, una variazione della luminosità che si sposta per zone lungo la traccia stessa. L'uso di un potenziometro, inserito fra i due elettrodi del filamento, al cui cursore è collegato il catodo permette con una adatta regolazione la scomparsa di tale influenza. A volte occorre schermare l'avvolgimento di accensione del tubo catodico. Si può avere anche introduzione di ronzio sulla griglia o catodo del tiratron per cui l'ampiezza delle escursioni non è più costante e le tracce risultano successivamente più allungate e più ristrette. A volte si nota solo un aumento dello spessore della traccia ad un estremo, che si può attribuire a difetto di messa a fuoco. Quando invece la base tempi lavora ad una frequenza quasi multipla di quella di rete si hanno battimenti che portano piccole variazioni visibili sull'immagine. Per assicurarsi circa le cause di tali difetti si migliori il filtraggio dell'alimentazione anodica della base dei tempi, si cortocircuiti un breve istante la griglia del tiratron col cursore del potenziometro o a massa, si colleghi un condensatore fra griglia e massa; si aumenti la capacità sulla resistenza catodica.

Il tiratron può essere influenzato anche dal campo magnetico disperso del trasformatore di alimentazione.



I condensatori di accoppiamento e le resistenze di fuga delle due placchette del tubo catodico, non collegate a massa, debbono essere montate vicine al tubo stesso in modo che l'eventuale ronzio raccolto dai conduttori di collegamento ai due potenziometri di centraggio non sia trasferito su di esse.

Poichè la base dei tempi e l'amplificatore verticale sono alimentati in comune se il condensatore elettrolitico finale del filtro non è efficiente si ha modulazione dell'immagine verticalmente ma in qualche caso anche influenza del segnale amplificato sulla base tempi e quindi non linearità di questa, sempre che si mantenga sufficientemente bassa la brillantezza dell'oscillogramma.

La sincronizzazione va regolata in ogni caso al minimo per ottenere una minore distorsione della forma d'onda della tensione in esame: questa distorsione si nota come un restringimento su se stesso di un lato dell'oscillogramma. È bene mantenere la resistenza del circuito di griglia del tiratron quanto più bassa è possibile.

Tiratron difettosi possono far ottenere degli oscillogrammi completamente distorti.

Per la scomparsa totale della traccia del ritorno sullo schermo si inserisce una capacità di collegamento fra la griglia dell'oscilloscopio e l'anodo del tiratron: si ha un impulso negativo sulla griglia che la porta all'interdizione. Se questo condensatore ha una capacità superiore a quella strettamente necessaria, a volte bastano solo pochi picofarad, si ha poca rettilineità della traccia. Quando si invia sull'asse verticale una tensione a frequenza bassa, quella di rete, mentre si fa oscillare il tiratron a frequenza più elevata, si ha sullo schermo un rettangolo uniformemente luminoso se detta capacità è di valore esatto, altrimenti si ha velatura ed anche scomparsa di un lato del rettangolo.

## CAPITOLO XVI

### MISURA DELLA RESISTENZA, DELLA CAPACITÀ E DELL'INDUTTANZA

#### 77. Misura della resistenza.

##### a) Metodi amperometrici.

Si realizza il circuito di fig. 141 con una batteria di tensione nota, un voltmetro da mantenere inserito su di essa durante la misura ed un milliamperometro e si calcola dai valori indicati dagli strumenti, con la legge di Ohm, il valore della resistenza:  $R = V/I$ , in cui  $R$  è in ohm,  $V$  in volt ed  $I$  in ampere.

Il valore di  $R$  così ottenuto è approssimato perchè non si tien conto che a limitare la corrente nel circuito, concorre, ol-

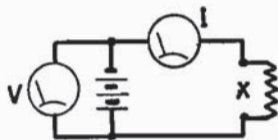


Fig. 141. - Misura della resistenza col metodo amperometrico.

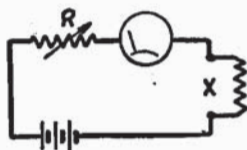


Fig. 142. - Ohmmetro.

tre alla resistenza  $X$ , anche quella interna dell'amperometro: se questa ha un valore molto piccolo rispetto alla  $X$  la misura può ritenersi praticamente esatta.

In fig. 142 è lo schema di un ohmmetro, cioè di uno strumento con la scala graduata direttamente in ohm; una batteria di pile del tipo tascabile è collegata in serie ad un resistore del tipo regolabile  $R$ , del valore di qualche migliaio di ohm, e un milliamperometro. La tensione applicata al circuito è quella della batteria a circuito aperto, cioè la sua f.e.m., e la corrente

circolante nello strumento dipende dalla somma della resistenza interna dello strumento, di quella interna della batteria e di quella dei fili di collegamento e dei resistori  $R$  ed  $X$ .

La tensione di una batteria a secco può variare da 1,7 V, quando la batteria è nuova, a 1,5 V quando è stata adoperata per un certo tempo, e scendere a 1,3 V quando è invecchiata. Queste tensioni vanno misurate con un carico applicato, cioè facendo erogare alla batteria una corrente. In un ohmmetro che fa uso di una batteria a secco il resistore  $R$  va suddiviso in due resistori di cui uno è fisso e l'altro variabile. Il resistore fisso deve avere un valore tale che, escludendo tutto il resistore variabile, si ha l'indicazione fondo scala dello strumento quando ogni elemento della batteria ha raggiunto una tensione minima di 1,3 V. Con l'inserzione del resistore variabile si ha la possibilità di mantenere l'indice dello strumento entro il fondo scala anche con batteria nuova, cioè con 1,7 V per elemento.

Conoscendo la sensibilità dello strumento e la tensione della batteria si possono calcolare i valori che debbono avere le due sezioni di  $R$ .

Se lo strumento ha una sensibilità di 1 mA f.s. e la batteria è del tipo tascabile da 4,5 V, trascurando la resistenza interna della batteria e dello strumento, che in totale sommano ad alcune decine di ohm, l'indice devierà in fondo scala, cioè nel circuito circolerà una corrente di 1 mA, quando  $R$  avrà in totale 5000  $\Omega$  con una batteria perfettamente nuova (circa 5 V). Quando la batteria sarà quasi esaurita  $R$  dovrà avere 3900  $\Omega$  essendo la tensione di 3,9 V circa. In definitiva  $R$  sarà costituito da un resistore di 3900  $\Omega$  e da un reostato di 1100  $\Omega$ .

Avendo costituito un ohmmetro con la batteria, lo strumento ed i resistori suddetti se si inserisce in  $X$  una resistenza di 4500  $\Omega$  l'indice dello strumento si porta a metà della scala: questo è uno dei metodi già indicati nel paragr. 60 per la misura della resistenza interna di un milliamperometro.

Un tale ohmmetro non è adatto per la misura delle resistenze basse perchè dal valore 0  $\Omega$  (corrispondente alla corrente massima nello strumento) a quello di 4500  $\Omega$ , a metà scala, non è possibile tracciare molte divisioni.

Pur mantenendo invariata la sensibilità dello strumento si ha la possibilità di ridurre il valore della resistenza corrispondente a metà scala semplicemente riducendo la tensione della

batteria. Con 1,5 V  $R$  deve avere un valore medio di 1500  $\Omega$  e quindi la misura delle resistenze basse risulta più esatta.

Se occorre effettuare misure di resistenze molto elevate si aumenta la tensione della batteria e di  $R$  in corrispondenza: per una batteria di 22,5 la resistenza sarà di 22 500  $\Omega$  e tale anche il valore indicato al centro scala dell'ohmmetro.

Man mano che si aumenta la resistenza inserita in X l'indice, fig. 142, si sposta verso sinistra: la prima indicazione che si può avere in questa zona della scala con una certa approssimazione corrisponde al 2 % di tutta la scala, quindi moltiplicando il valore a metà scala per 50 si può stabilire il valore della resistenza di valore massimo misurabile. Con 1,5 V ed  $R$  di 1500  $\Omega$  si potranno misurare resistori sino a 75 000  $\Omega$ , con 4,5 V e 4500  $\Omega$  sino a 225 000  $\Omega$  e con 22,5 V e 22 500  $\Omega$  sino a 1 125 000  $\Omega$ .

Se per estendere la scala di un ohmmetro verso valori più alti si aumenta il valore della resistenza in serie e della tensione della batteria, per avere una maggiore portata verso i valori bassi occorre diminuirla, ma la riduzione della tensione al disotto di 1,5 V non è possibile facendo uso di batterie. Si

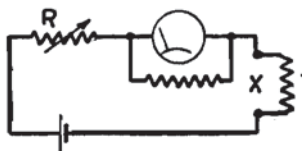


Fig. 143. - Derivazione per misura di resistenze basse.

deriva in tal caso una resistenza sullo strumento per aumentare la sua portata come milliamperometro (fig. 143). Con una portata di 10 mA e una batteria di 1,5 V occorrerà una resistenza totale del circuito di 1/10 della precedente per far passare tale corrente e cioè di 150  $\Omega$ ; con ciò il nuovo valore di centro scala sarà stato anch'esso ridotto da 1500 a 150  $\Omega$  con conseguente possibilità di lettura di resistenze basse.

In molti ohmmetri a più portate si varia la resistenza in derivazione allo strumento o si fa uso di un derivatore multiplo come quello di fig. 110 b).

Prima della misura si cortocircuitano i due morsetti  $X$  e si regola  $R$  per avere lo spostamento dell'indice in fondo scala,  $0\Omega$ . Si inserisce quindi fra i morsetti  $X$  la resistenza da misurare.

In molti ohmmetri la corrente nella resistenza  $X$  è elevata, superiore anche a 100 mA, per la portata più bassa e in alcuni casi si può danneggiare la resistenza in misura (come ad es. nel caso di misura della resistenza della bobina mobile di uno strumento molto sensibile).

Per la misura di resistenze al disotto di 100 ohm si preferisce adottare lo schema di fig. 144. Quando i due morsetti  $X$ , a cui va collegata la resistenza da misurare, sono cortocircuitati

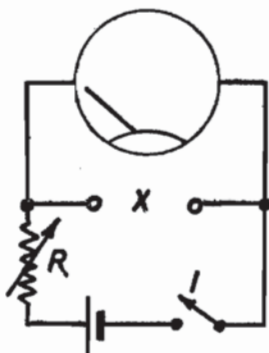


Fig. 144. — Ohmmetro con derivazione per la misura di resistenze di valore basso.

l'indice dello strumento va a zero, cioè si sposta completamente a sinistra perchè in esso non circola corrente, dopo aver chiuso l'interruttore  $I$ .

Quando si lasciano liberi detti morsetti l'indice si sposta in fondo scala a destra e si regola  $R$  sino ad avere la coincidenza con la fine della scala. È necessario inserire l'interruttore  $I$  altrimenti si ha un continuo passaggio di corrente. Con un tale collegamento la resistenza indicata al centro scala è identica a quella interna dello strumento.

Un ohmmetro di questo tipo può essere realizzato come in fig. 145, con un commutatore che si sposta a mezzo di una molla realizzando il circuito di fig. 142 per la misura di resi-

stenze più elevate: in tal modo si evita di lasciare la batteria inserita sullo strumento.

Nel circuito di un ohmmetro si inserisce una resistenza regolabile per ottenere, malgrado la variazione della tensione della batteria, sempre la deviazione dell'indice fino in fondo

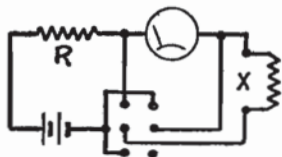


Fig. 145. — Ohmmetro a due portate.

scala, ma la resistenza interna della batteria non aumenta nella stessa proporzione della sua diminuzione di tensione. Un metodo che dà una maggiore approssimazione è quello di collegare in parallelo allo strumento un resistore regolabile con cui si ha una variazione percentuale minore della resistenza totale del

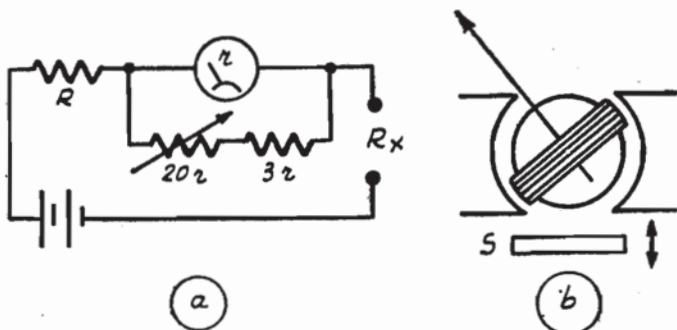


Fig. 146. — Sistemi di regolazione dello zero degli ohmmetri.

circuito e una maggiore precisione nel mantenimento dei valori segnati sulla scala.

La bobina mobile ha una resistenza compresa dal 6 al 7 % di tutto il circuito e la variazione che si ha regolando la derivazione è inferiore all'1 % rientrando così nei limiti della precisione dello strumento. In fig. 146 a) sono indicati i valori che



debbono avere la derivazione regolabile ed un resistore fisso messo in serie ad essa, per evitare un corto circuito sulla bobina, rispetto alla resistenza  $r$  di questa.

Il miglior metodo di correzione dello zero è quello dello shunt magnetico regolabile, di cui in fig. 146 b), è rappresentato schematicamente il funzionamento. Un piccolo pezzo in lamiera di ferro  $S$  viene avvicinato od allontanato dalle due espansioni polari, fra cui ruota la bobina, a seconda dello stato della batteria.

Con la variazione dell'intensità del campo magnetico attraverso la bobina si ha una variazione della reazione dei due campi e nella sensibilità dello strumento.

Con questo metodo si hanno degli errori per la perturbazione dell'uniformità del campo magnetico circondante la bobina ma esso è adoperato in molti strumenti di precisione essendo il migliore di quelli su esposti.

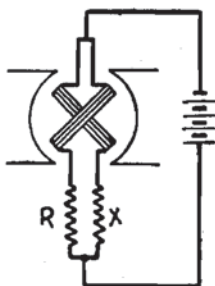


Fig. 147. — Ohmmetro a bobine incrociate.

Lo schema elettrico del migliore tipo di ohmmetro, con indicazione indipendente dalla tensione della batteria, è rappresentato in fig. 147. Fra le espansioni polari del magnete sono montate due bobine ad angolo retto, sullo stesso asse, e nelle quali circolano due correnti dipendenti dalla resistenza di  $X$  ed  $R$  per cui si hanno reazioni variabili fra i campi col variare della corrente in esse circolante e non per una variazione della tensione applicata: quando  $R$  ed  $X$  sono uguali l'indice rimane fermo.

In vari tipi di strumenti commerciali si fa uso di un cir-

cuito come quello di fig. 148 per ottenere più portate in rapporto decimale fra di loro. La resistenza per la regolazione dello zero è collegata in parallelo allo strumento.

In mancanza di un ohmmetro, per la misura di resistenze di valore medio o alto, si può far uso di un normale voltmetro,

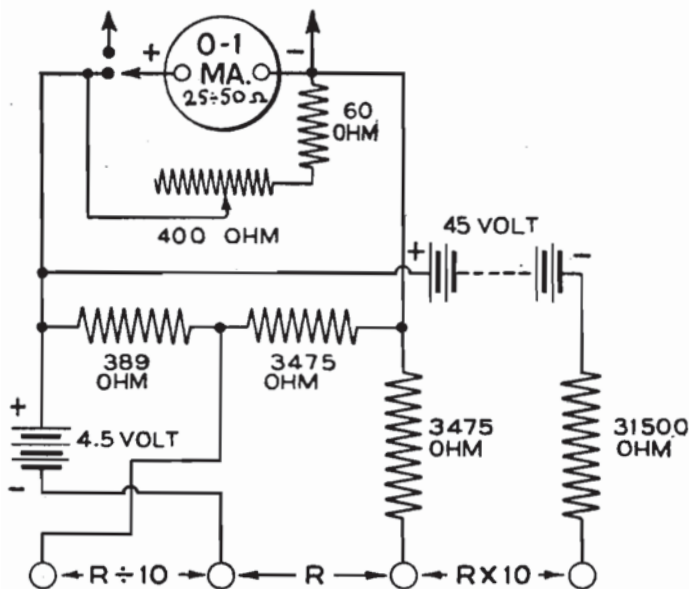


Fig. 148. — Ohmmetro con tre portate.

di cui occorre conoscere la resistenza interna  $r_i$ . Si farà uso dello schema di fig. 142 tenendo presente che la resistenza  $R$  è già compresa nello strumento e che la batteria adoperata è di tensione adatta a farlo deviare fino in fondo scala cortocircuitando i terminali  $X$ , per cui si ha la lettura  $V_1$ . Inserendo quindi la resistenza incognita si ha una nuova lettura dello strumento  $V_2$  con cui è possibile calcolare la resistenza di  $X$  a mezzo della seguente formula:

$$R_x = r_i \frac{V_1 - V_2}{V_2}$$

In commercio vi sono ohmmetri il cui zero è fuori scala, o arretrato; si ottiene ciò con un'opportuna regolazione delle molle antagoniste che portano la corrente alla bobina mobile. Essi fanno uso di vari schemi fra quelli sin qui riportati ed il vantaggio che offrono è di avere un campo più ristretto di misure ma una maggiore spaziatura fra le letture, dovuta all'allungamento fittizio della scala.

Gli ohmmetri elettronici fanno uso di un voltmetro elettronico a ponte con schema identico alla fig. 123, per tensioni continue e di un moltiplicatore  $M$ , fig. 149, collegato in serie ad una batteria di 1,5 V. Se si cortocircuitano i morsetti  $R_x$  non

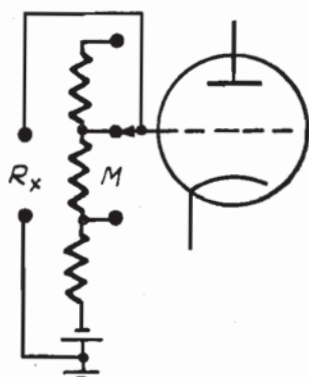


Fig. 149. — Ohmmetro elettronico.

esiste alcuna tensione fra la griglia della valvola e massa e lo strumento indica resistenza zero. Se si lasciano aperti i morsetti suddetti, qualunque sia la posizione di  $M$ , il voltmetro devia in f.s., indica cioè la tensione della batteria e resistenza infinita. Se in  $R_x$  si collega una resistenza, di valore uguale a quella inserita fra il contatto prescelto e la batteria, il voltmetro indica una tensione metà ed un valore di resistenza uguale a quella inserita di  $M$ . La misura della resistenza si riduce alla misura della tensione presente su  $R_x$ , che costituisce con una parte di  $M$  un partitore della tensione della batteria. Si possono misurare resistenze da 1  $\Omega$  a 1000  $M\Omega$  con quattro o cinque scatti di  $M$ .

In fig. 150 è lo schema di un megohmmetro che consente la misura di resistenze fino a due milioni di megaohm a mezzo di una tensione di 500 V, valore largamente adoperato per le prove di isolamento.

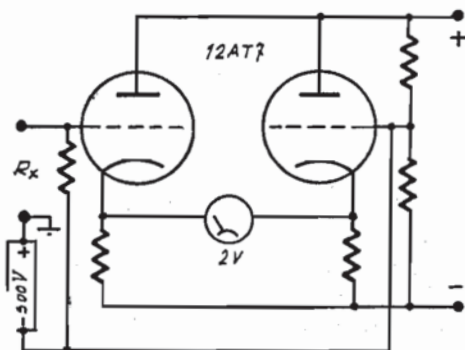


Fig. 150. — Meghometro G.R. 1862 A.

b) *Ponti.*

Il ponte di Wheatstone permette di effettuare misure molto precise, indipendenti dalla tensione applicata al ponte; si presta poco per misure rapide ed è notevolmente più costoso dei comuni ohmmetri. In fig. 151 è rappresentata la disposizione

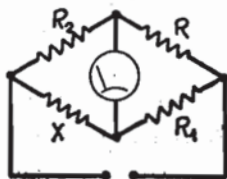


Fig. 151. — Ponte di Wheatstone.

del circuito in cui  $R$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  sono tre resistenze regolabili ed  $X$  l'incognita. Mantenendo fissa  $R_2$  e regolando  $R$  ed  $R_1$  in modo che il loro rapporto risulti uguale a quello fra  $X$  ed  $R_2$ , si ha

che  $X$  è tante volte  $R_2$  quante indicate dal detto rapporto. La formula è:

$$X = R_1 \frac{R_2}{R}$$

Si ottiene questo risultato azzerando il ponte, effettuando cioè le regolazioni suddette finchè lo strumento di misura indica una corrente nulla.

La tensione fornita dalla batteria deve restare perfettamente costante durante la misura con gli ohmmetri mentre ciò non è richiesto nella misura con il ponte; occorre solo che lo strumento abbia la massima sensibilità per rilevare il minimo sbilanciamento.

La massima sensibilità dello strumento, a parte quella propria, è ottenibile quando i quattro bracci del ponte hanno resistenze quasi uguali, si devono perciò scegliere in modo adatto  $R \cdot R_1$  ed  $R_2$  dopo una prima misura approssimata di  $X$ .

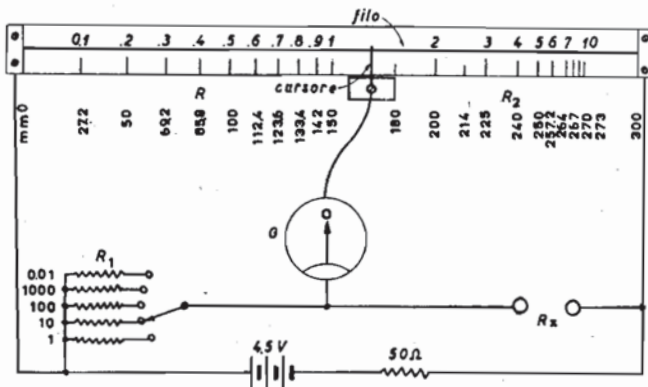


Fig. 152. — Ponte a filo per la misura di resistenze.

In fig. 152 è lo schema di un ponte che permette misure da  $0,1 \Omega$  a  $0,1 M\Omega$ . I resistori adoperati hanno i valori segnati mentre  $R \cdot R_2$  è un filo di resistenza di valore qualsiasi, lungo trenta centimetri, su cui scorre una punta che legge su di una scala la proporzione necessaria per la formula precedente. Questo strumento permette una buona approssimazione nelle mi-

sure pur facendo uso di resistenze troppo differenti nei vari bracci del ponte. Il filo di resistenza  $R-R_2$  può essere per maggior comodità disposto lungo il bordo di un disco di bachelite: su di esso fa contatto un cursore che girando varia il rapporto fra la lunghezza dei due bracci della resistenza.

In figura sono disegnate in mm le distanze da un estremo del filo corrispondenti alle graduazioni da tracciare su di una striscia di carta incollata sotto il filo. Tracciando con cura le divisioni il ponte così costruito permette misure sufficientemente accurate per tutti gli scopi del radoriparatore.

### 78. Misura della capacità.

La misura della capacità di un condensatore può essere effettuata sia ad AF che a RF: la frequenza bassa è adoperata solo per i condensatori che abbiano una capacità da 500 pF a vari microfarad, per le capacità più piccole si ricorre alla RF. I condensatori elettrolitici necessitano di una tensione di polarizzazione e si fa uso per essi di ponti di misura particolarmente costruiti.

Per le misure a frequenza bassa gli strumenti adoperati sono dei misuratori della reattanza, o ohmmetri in c.a., e dei ponti; per quelle a frequenza alta si adotta il metodo di risonanza o sostituzione.

#### a) Reattanzimetri.

Una capacità offre al passaggio della corrente alternata una reattanza: collegando in serie una capacità ed un milliamperometro in c.a. è possibile, mantenendo costante la tensione applicata e la relativa frequenza, graduare direttamente la scala in  $\mu\text{F}$ . Un reattanzimetro costruito in tal modo è particolarmente adatto per la misura di piccole capacità, ma non troppo piccole, perchè per la frequenza bassa, qual è quella della rete, anche elevando notevolmente la tensione applicata al circuito di misura, la corrente circolante risulta molto piccola.

Nella tabella seguente sono indicate accanto ad alcune capacità le reattanze relative a 50 Hz: adoperando un microamperometro da 100  $\mu\text{A}$ , a raddrizzatore, occorrono le tensioni e le portate del microamperometro per ottenere, per le capacità indicate, una deviazione dell'indice quasi in fondo scala. Per



Capacità $\mu\text{F}$	$X_c \cdot (50 \text{ Hz})$ $\Omega$	$V$	$I$ mA
0,001	3184000	300	0,1
0,01	318400	30	0,1
0,1	31840	30	1
1	3184	3	1

la capacità di  $1 \mu\text{F}$  la resistenza interna dello strumento è già di valore apprezzabile rispetto alla reattanza del condensatore, si ha quindi un'indicazione minore del valore della capacità.

In pratica è necessario ricorrere allo schema di fig. 153, perchè, se il condensatore è in corto circuito, si ha un passaggio eccessivo di corrente nello strumento. La resistenza  $R$ , che

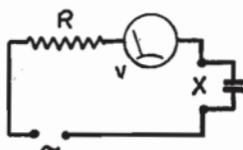


Fig. 153. — Capacimetro in c. a.

può essere sostituita da un'adatta capacità, è di valore tale da far raggiungere il fondo scala all'indice chiudendo in corto circuito i due morsetti  $X$ .

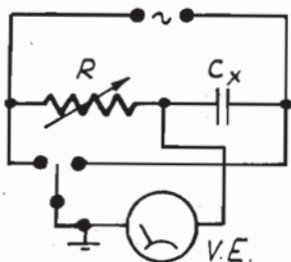


Fig. 154. — Misura di  $C$  rispetto  $R$ .

Si può ricorrere ad un altro metodo, basato sulla caduta di tensione prodotta dalla reattanza del condensatore, specie per la misura di capacità di valore medio (fig. 154): il condensatore da misurare è collegato in serie ad una resistenza di alcune migliaia di ohm ed il circuito è sottoposto alla tensione alternata della rete; il voltmetro è elettronico, quindi la sua inserzione non disturba le condizioni del circuito. Si varia  $R$  fino ad avere due indicazioni uguali: il quadrante di  $R$  può essere graduato in valori di capacità.

b) *Ponti in c.a.*

I ponti hanno il vantaggio di fornire risultati che sono indipendenti dalla tensione di alimentazione, indicano il fattore di potenza del condensatore, e quindi permettono di determinarne le condizioni in cui si trova.

Applicando al ponte una tensione alternata si adopera come indicatore dell'equilibrio raggiunto (annullamento del suono o

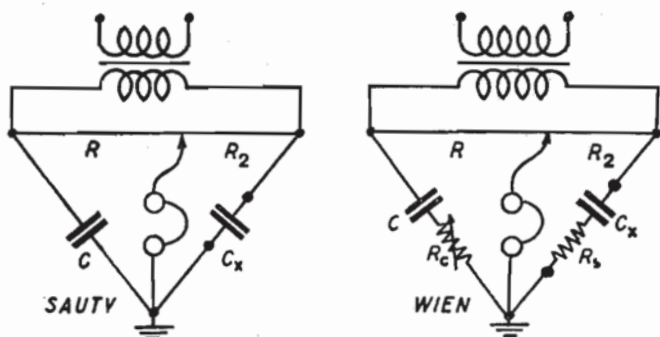


Fig. 155. - Ponti a filo in corrente alternata.

riduzione di esso al minimo) una cuffia o una valvola indicatrice preceduta da un amplificatore, con cui si realizza un complesso molto sensibile.

Lo schema del ponte di Sauty, a filo, è in fig. 155 a), un braccio è costituito dal condensatore campione  $C$ . Si può far uso di più campioni per avere più portate del ponte, costruito come quella di fig. 152; adoperando tre condensatori da 100 pF,

10 000 pF e 1  $\mu$ F si realizzano tre gamme di misura che vanno da 10 a 1000 pF, da 1000 pF a 0,1  $\mu$ F e da 0,1  $\mu$ F a 10  $\mu$ F.

Conoscendo il rapporto fra i valori dei due bracci resistivi e il valore del condensatore campione, si calcola il valore della capacità incognita con la formula  $C_x = C R/R_2$ .

Con questo ponte, malgrado un'accurata regolazione del cursore sul filo, non è sempre possibile ottenere il silenzio nella cuffia perchè le perdite nei due condensatori non risultano uguali ed esiste uno sfasamento fra le tensioni presenti sui due bracci capacitivi. Per ottenere l'annullamento perfetto del suono occorre introdurre sul condensatore campione delle perdite che producano su di esso lo stesso sfasamento che su quello in misura: perciò si collega una resistenza regolabile in serie ad esso regolandola, dopo un primo azzeramento iniziale, per perfezionare l'azzeramento. La regolazione esatta è ottenuta con la manovra contemporanea del bottone di questa resistenza e del cursore del ponte.

Un ponte per la misura delle capacità che fa uso di questo metodo, è quello di Wien, fig. 155 b). Il valore della capacità è calcolabile con la formula su riportata.

Nei ponti per corrente alternata le resistenze sono avvolte in modo da avere una minima induttanza, realizzata avvolgendo il filo di resistenza su di una striscia isolante molto sottile, e una minima capacità, ottenuta distanziando le spire fra di loro. Le resistenze chimiche offrono una pratica realizzazione di tali caratteristiche ma possono essere adoperate solo se necessitano resistenze elevate e poco precise.

La massima sensibilità del ponte è ottenuta quando le resistenze o reattanze sui quattro bracci hanno valori simili, quindi rapporti vicini all'unità.

In un ponte in alternata è importante evitare effetti capacitivi con i bracci del ponte per ottenere un preciso azzeramento: si ricorre quindi al collegamento alla massa di una delle diagonali del ponte. Il generatore di corrente alternata, se collegato alla massa, non dà molestia con la sua capacità, ma in tali condizioni la cuffia risulta isolata e soggetta a notevoli variazioni di capacità per i movimenti dell'operatore. Se si collega alla massa la diagonale della cuffia invece del generatore, questo va collegato al pante a mezzo di un trasformatore con secondario schermato dal primario. L'effetto capacitivo sui

bracci del ponte è particolarmente risentito quando si procede alla misura di resistenze o reattanze di valore elevato (piccole capacità, grandi induttanze) impedendo di trovare un punto esatto di azzeramento.

Adoperando un amplificatore seguito da una valvola indicatrice o una cuffia si ha il vantaggio di poter ottenere sempre un accurato azzeramento del ponte sia applicando a questo una tensione molto ridotta, sia lavorando con bracci con notevole differenza di resistenza.

La frequenza del generatore di corrente alternata, per effettuare le misure con una cuffia si deve aggirare sui 1000 Hz perchè intorno a tale frequenza si ha la massima sensibilità dell'orecchio. Adoperando la rete come sorgente si deve ricorrere forzatamente all'uso di un amplificatore seguito da una valvola indicatrice o da uno strumento a raddrizzatore o un voltmetro elettronico, data la poca sensibilità delle cuffie alle frequenze tanto basse.

Si può adoperare come indicatore dell'equilibrio di un ponte alimentato in c.a. un oscilloscopio con l'amplificatore verticale inserito. Si collega l'uscita del ponte fra i due morsetti d'ingresso verticali dell'oscilloscopio e si regola la frequenza della base dei tempi sino ad ottenere varie onde complete, relative alla tensione di alimentazione del ponte; la base dei tempi va regolata accuratamente senza introdurre il sincronismo, altrimenti questo è perduto quando ci si avvicina all'azzeramento. Man mano che quest'ultimo è perfezionato diminuisce l'ampiezza della sinusoide visibile sino ad ottenersi una linea leggermente ondulata o perfettamente diritta: la manipolazione combinata, attraverso successivi minimi, degli elementi di azzeramento del ponte, porta ad una completa assenza di ondulazione verticale della traccia luminosa sullo schermo.

Con un ponte normale si possono effettuare misure di capacità da 0,001  $\mu$ F in su: per capacità inferiori si ottengono risultati errati per le capacità distribuite dei bracci del ponte e della filatura che risultano una notevole percentuale della capacità in misura. Per ottenere risultati precisi occorre che le capacità distribuite dei due bracci resistivi del ponte siano uguali e che quella del braccio dei campioni sia di valore noto in modo da sottrarla dai campioni. Sovente si aggiunge in parallelo a questo braccio un compensatorio ad aria che porti

la capacità del braccio ad un valore esatto, ad es. 10 pF ed i campioni inseriti saranno tutti con 10 pF in meno del loro valore nominale.

c) *Misure a RF.*

La misura di capacità a RF va preferita per le piccole capacità, al disotto di 1000 pF. Vi sono dei ponti adatti per tale genere di misure anche a frequenze intorno ad 1 MHz ma sono apparecchiature da laboratorio.

Il metodo della sostituzione è adoperato in apparecchi molto più semplici da realizzare di un ponte a RF. In essi il condensatore in misura vien collegato in parallelo ad uno campione variabile, facente parte di un circuito oscillatorio. Si determina la frequenza di risonanza di questo circuito e si toglie la capacità incognita regolando quindi il condensatore campione sino ad ottenere nuovamente la stessa frequenza di risonanza del circuito. La variazione di capacità del condensatore variabile, letta sul suo quadrante, dà la capacità del condensatore in misura.

Per determinare la frequenza di risonanza del circuito oscillatorio con la capacità incognita in parallelo vi sono vari metodi. Con essi non interessa di determinare esattamente il valore in sé della frequenza ma di avere l'indicazione esatta di quando si è riottenuta la sintonia regolando il variabile campione.

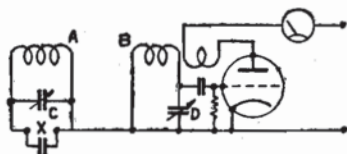


Fig. 156. — Capacimetro per sottrazione.

Si accoppi una bobina *A* in modo lasco con la *B* di un oscillatore, di cui si può variare la frequenza e sul cui circuito anodico è inserito un milliamperometro, fig. 156. Portato a zero il condensatore variabile campione *C* si colleghi in parallelo ad esso il condensatore *X* da misurare. Si regoli il varia-

bile  $D$  sino ad avere nel milliamperometro dell'oscillatore un brusco aumento di corrente, aumento che si mantiene solo entro una piccola variazione di  $D$ . I due circuiti  $ACX$  e  $BD$  sono accordati alla stessa frequenza ed il primo assorbe energia dal secondo per mantenersi in oscillazione, per cui si ha l'aumento di corrente anodica dell'oscillatore. Tolto  $X$  si aumenti la capacità di  $C$  sino ad ottenere nuovamente il punto di massima richiesta di corrente. Il circuito  $AC$  oscilla nuovamente alla stessa frequenza di  $BD$  e dalla variazione di capacità di  $C$  si ha il valore di quella di  $X$ .  $C$  ha il quadrante graduato direttamente in pF, non in capacità effettiva di esso ma come variazione di capacità, trascurando quindi la capacità residua, iniziando a  $0^\circ$  con  $0$  pF.

Con questo sistema di misura la precisione raggiungibile è quella stessa con cui è tarato il variabile campione. L'accoppiamento fra  $A$  e  $B$  deve essere molto lasco per avere un punto ben definito in cui si ha un massimo di corrente nel milliamperometro e l'oscillatore dev'essere stabile.

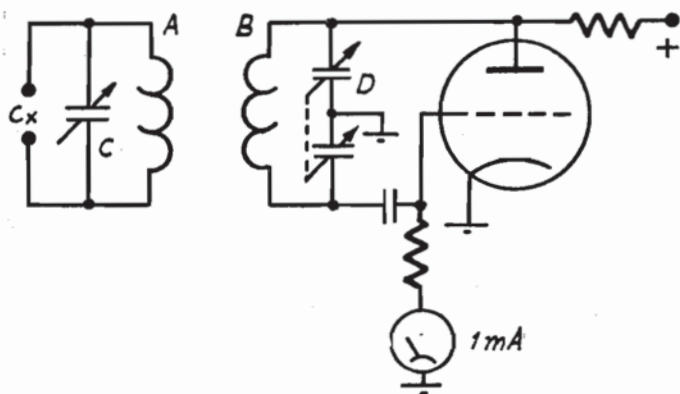


Fig. 157. - Capacimetro a risonanza.

Si può far uso dello stesso sistema portando al massimo di capacità il condensatore variabile  $C$  regolando quindi  $D$  sino ad ottenere la stessa frequenza di  $AC$ . Inserita la capacità incognita in  $X$  si diminuisce  $C$  di tanto quanto occorre per riottenere la risonanza determinando così la capacità di  $X$ .



Un altro metodo per indicare la corrispondenza di frequenza fra i circuiti oscillatori è realizzato inserendo un miliamperometro fra la resistenza di fuga di griglia dell'oscillatrice e massa, fig. 157: quando  $AC$  è accordato alla stessa frequenza di  $BD$  lo strumento indica bruscamente una diminuzione della corrente di griglia.

Con il dispositivo di fig. 158 è possibile effettuare misure di capacità per sottrazione. Il circuito oscillatorio  $LC$  è in parallelo e presenta la massima impedenza a risonanza. Esso è collegato in serie ad un diodo al germanio e ad un microam-

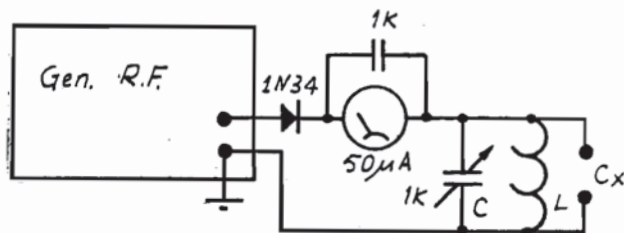


Fig. 158. — Dispositivo per la misura di  $C$  per sottrazione.

perometro. Il generatore RF va regolato sino ad ottenere, con  $C$  portato alla massima capacità, la stessa frequenza di risonanza del circuito oscillatorio, indicata da un minimo di corrente nello strumento. Si collega la capacità incognita in  $C_x$  e si diminuisce la capacità di  $C$  sino ad ottenere nuovamente la risonanza: dal quadrante graduato di  $C$  si rileva la capacità del condensatore. Il generatore deve avere un attenuatore con resistenza intorno a  $100 \Omega$  per non smorzare eccessivamente il circuito in misura.

#### d) Misure sui condensatori elettrolitici.

Dei condensatori elettrolitici occorre misurare la capacità ed il fattore di potenza: questo indica le perdite del condensatore che ne producono il riscaldamento e ne determinano la durata del funzionamento. La capacità di un elettrolitico diminuisce notevolmente con l'aumentare della frequenza a cui si effettua la misura: il valore di targhetta corrisponde ad una

misura effettuata a frequenza rete. Il fattore di potenza aumenta con la frequenza.

Fanno parte delle perdite quelle dovute alla conduttività dell'elettrolito e quelle presentate al passaggio di una corrente alternata.

Un elettrolitico deve presentare delle correnti massime di dispersione comprese entro i limiti indicati nella tabella seguente, quando è sottoposto alla tensione massima di lavoro.

II

CORRENTI MASSIME DI DISPERSIONE NEI CONDENSATORI ELETTROLITICI

Tensione di lavoro V	Capacità in $\mu\text{F}$				
	4	8	16	32	50
	Corrente massima in mA				
0 ÷ 100	0,34	0,38	0,46	0,60	0,80
100 ÷ 200	0,38	0,46	0,62	0,90	1,3
200 ÷ 300	0,42	0,54	0,78	1,2	1,8
300 ÷ 400	0,46	0,62	0,94	1,5	2,3
400 oltre	0,50	0,70	1,1	1,8	2,8

Un elettrolitico di 8  $\mu\text{F}$  che lavori a 400 volt ha una corrente massima di 0,62 mA e dissipa 0,25 watt; questa potenza anche nei tipi di dimensioni più ridotte può essere dissipata senza un apprezzabile aumento di temperatura.

Il primo condensatore di filtro di un ricevitore è assoggettato ad una componente alternata il cui valore, in media, si aggira sui 15 a 20 volt e la cui frequenza è doppia di quella della rete, se si ha il raddrizzamento delle due semionde.

Un buon fattore di potenza ha un valore di circa 0,1 ma può raggiungere qualche unità con l'invecchiamento dell'elettrolitico.

Con un ohmmetro si può in modo approssimativo rendersi conto dello stato di un condensatore elettrolitico. Se ne misuri la resistenza una volta toccando i due terminali con i puntali e quindi invertendo questi: se la resistenza in un senso non è almeno 10 volte maggiore che nell'altro il condensatore va scartato.

Non si può misurare la capacità dei condensatori elettrolitici senza una tensione di polarizzazione. Più precisamente essi vanno collaudati con una tensione di polarizzazione uguale a quella di lavoro massima, a cui si sovrapporrà una tensione alternata, simulando così le condizioni di funzionamento dell'elettrolitico immediatamente dopo un raddrizzatore all'entrata della cellula di filtro. Questa tensione dovrebbe avere una frequenza doppia di quella della rete di alimentazione ma si può ugualmente bene far uso di questa: 10 a 15 V sono sufficienti per una tale prova.

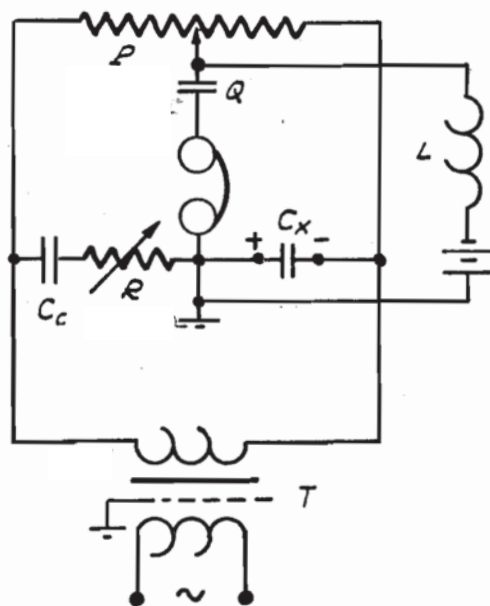


Fig. 159. — Ponte per elettrolitici.

Un ponte per la misura delle capacità e del fattore di potenza dei condensatori elettrolitici è montato secondo lo schema di fig. 159: in  $C_c$  è la capacità campione, a carta, adatta a sopportare la massima tensione a cui si vogliono polarizzare i condensatori da misurare collegati in  $C_x$ . Una resistenza  $R$



consente il perfetto azzeramento del ponte. Questo è alimentato a mezzo del trasformatore  $T$  che fornisce al secondario una diecina di volt. In serie alla batteria, o alimentatore di polarizzazione, è collegata la bobina  $L$  con induttanza di una diecina di Henry. In serie alla cuffia è un condensatore  $Q$  di  $1 \mu\text{F}$  per  $1500 \text{ V}$ ; il potenziometro  $P$ , costituente i due bracci di rapporto del ponte, è di  $5000$  a  $10\,000 \Omega$ .

Un ponte per la misura di resistenze e capacità alla frequenza di  $1000 \text{ Hz}$  può essere costruito secondo lo schema di fig. 160. I due trasformatori hanno un rapporto di circa  $5 : 1$ . Di essi uno costituisce il trasformatore di uscita del multivibratore e di accoppiamento al ponte, l'altro è di accoppiamento fra lo stadio finale dell'amplificatore AF ed il raddrizzatore ad ossido dello strumento. Per non tracciare due scale del potenziometro di  $1000 \Omega$ , una per le resistenze ed una per le capacità, il commutatore triplo  $I$  oltre a scegliere i condensatori e le resistenze campioni inverte i due bracci di rapporto. L'amplificatore fa uso di due valvole non polarizzate, che si comportano come limitatrici quando il ponte è notevolmente sbilanciato; quando si è vicini all'azzeramento si ottiene la massima amplificazione. In parallelo allo strumento è collegato un raddrizzatore che agisce come una derivazione automatica: quanto più bassa è la tensione applicata ad esso, tanto maggiore è la sua resistenza e viceversa, fig. 115. La bobina  $L$  è di  $10$  a  $20 \text{ H}$ , adatta a sopportare una diecina di milliampere; alla presa successiva si applica la tensione a cui si vuol sottoporre il condensatore durante la misura, tensione che può essere ottenuta dallo stesso alimentatore del ponte, con un partitore di tensione per ricavare il valore voluto.

## 79. Misura dell'induttanza.

Le bobine possono essere suddivise in bobine per RF e per AF, intendendo come appartenenti alle prime quelle con induttanza sino a  $100 \text{ mH}$  e alle seconde quelle oltre tale valore, per facilitare la suddivisione dei vari sistemi di misura dell'induttanza. Alcuni di questi si prestano bene per misure su entrambi i tipi di bobine e ciò sarà specificato di volta in volta.

a) *Bobine per RF.*

Ogni avvolgimento non ha una induttanza pura, ma a questa è congiunta una capacità distribuita fra le spire ed una resistenza propria: l'effetto della capacità e della resistenza variano col variare della frequenza a cui si effettua la misura dell'induttanza. La capacità distribuita della bobina viene indicata come una capacità unica posta in parallelo alla bobina stessa, la resistenza è concentrata e posta in serie ad essa.

Misure d'induttanza precise non sono richieste nella riparazione di un ricevitore perchè se una bobina risulta manomessa o bruciata, per la sua ricostruzione occorre avvalersi delle altre bobine come campioni, non fornendo il costruttore il valore delle induttanze adoperate, avendole egli stesso determinate più che altro sperimentalmente. In tal caso interessa disporre di un'apparecchiatura che permetta di tarare delle bobine con buona precisione su altre.

Quando in un ricevitore non vi sono più induttanze dello stesso tipo la sostituzione di quella danneggiata va effettuata o avvalendosi dei dati che si possono ricavare da essa o costruendone una con dati approssimativi: in entrambi i casi si dovrà procedere, dopo la rimessa in funzione del ricevitore, ad una paziente regolazione, variando il numero di spire o la spaziatura di esse sino ad ottenere il valore esatto d'induttanza.

*Misura dell'induttanza.*

Un circuito oscillatorio, comprendente un condensatore variabile campione ed una bobina, è accordato ad una frequenza mantenendo il variabile ad una capacità minima. In parallelo ad esso viene inserita la bobina da misurare e, per ristabilire la risonanza, è necessario aumentare la capacità del variabile. Se  $C$  è la variazione di capacità data a questo, risulterà:

$$L = \frac{1}{\omega^2 C_v}$$

in cui:  $L$  è in henry e  $C_v$  in farad e  $\omega = 2\pi f$ .

Con questo metodo si ha il vantaggio di far uso della variazione di capacità del condensatore campione, che è molto più



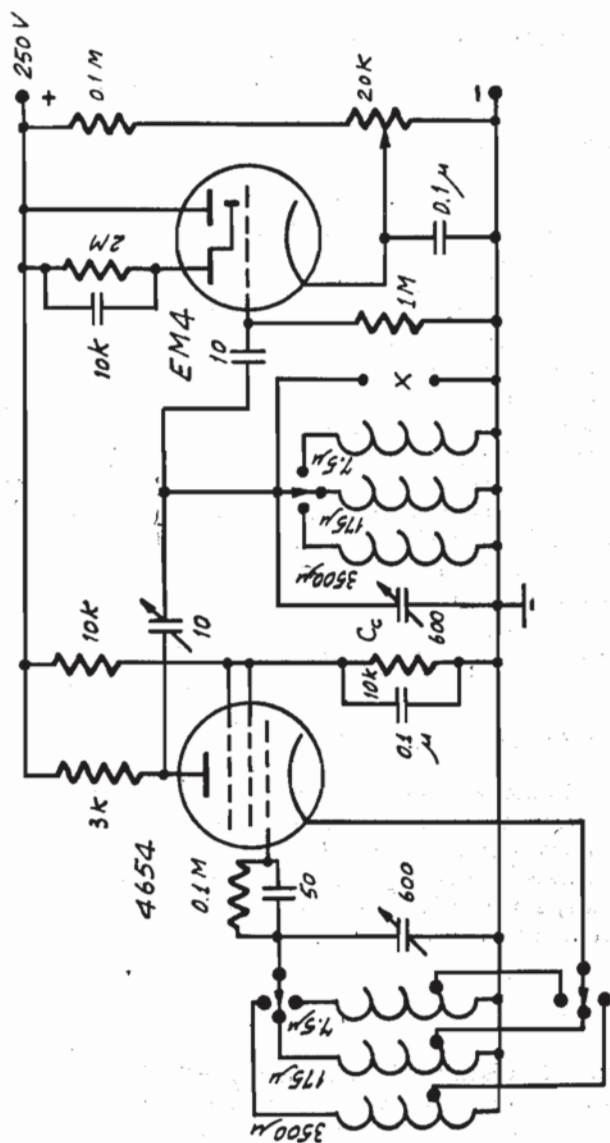


Fig. 161. — Misuratore di L e C (Aschen).

precisa da determinare del valore effettivo della capacità in parallelo al circuito.

Un apparecchio per la misura di induttanze basato su questo metodo è quello proposto da Aschen, fig. 161.

In esso un pentodo 4654 è adoperato come oscillatore a RF con accoppiamento elettronico. Sono previste tre gamme di lavoro e una bassa resistenza ed un piccolo condensatore sull'anodo consentono l'accoppiamento con una valvola indicatrice EM4. L'ampiezza del segnale applicato alla griglia controllo di questa valvola è regolabile a mezzo del compensatore di 10 pF; il potenziometro di 20 k collegato come partitore della tensione anodica, permette la polarizzazione di questa valvola per farla lavorare come rivelatrice per caratteristica anodica.

Fra il circuito di accoppiamento fra le due valvole e massa è inserito il circuito oscillatorio di misura, in parallelo, che presenta la massima impedenza quando è in sintonia con la frequenza prodotta dall'oscillatore. In tale condizione si ottiene la massima indicazione dalla EM4 e per non sovraeccitarla si regola il compensatore di 10 pF.

Collegando fra i morsetti X la bobina da misurare, si sposta  $C_c$  sino ad ottenere nuovamente la massima indicazione e si nota la variazione di capacità che si è dovuta apportare per ottenere nuovamente l'accordo.

$L$ $\mu\text{H}$	$\Delta C$ pF	$L_x$ $\mu\text{H}$
7,5	495	0,1
»	247,5	0,2
»	99	0,5
»	49,5	1
175	577	2
»	231	5
»	115,5	10
»	57,7	20
3500	462	50
	231	100
	115,2	200
	46,2	500

La tabella precedente dà l'indicazione della variazione di capacità che occorre introdurre quando in parallelo ad una delle tre bobine dell'apparecchio se ne introduce un'altra, con uno dei valori di induttanza indicati.

Questo apparecchio si presta ugualmente bene per le misure di capacità: in tal caso il condensatore campione va portato alla capacità massima e l'oscillatore va regolato per produrre la stessa frequenza del circuito oscillatorio in parallelo.

Si può realizzare un apparecchio simile con lo schema di fig. 162: la valvola *V* è un'oscillatrice con accoppiamento elet-

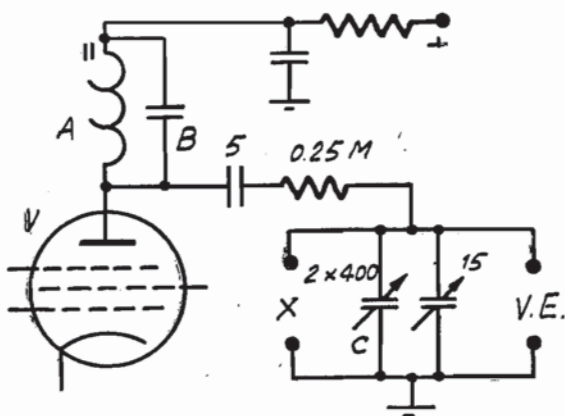


Fig. 162. — Dispositivo per la misura di *L* e *C*.

tronico. Sul suo anodo vi è il circuito oscillatorio *AB* che va accordato alla stessa frequenza prodotta dall'oscillatrice; facendo uso di un quarzo inserito fra griglia schermo e griglia, il suddetto circuito può essere accordato alla frequenza fondamentale o su una armonica del quarzo. La tensione RF presente sull'anodo del pentodo può essere rilevante: essa è applicata, attraverso ad un condensatore di minima capacità, 5 pF, ed una resistenza di valore elevato, 0,25 MΩ, ad un circuito oscillatorio in parallelo, costituito dalla bobina da misurare, in *X*, e dal condensatore variabile *C*, che viene regolato sino ad ottenere la massima deviazione del voltmetro elettronico inserito fra i due morsetti *V E*.

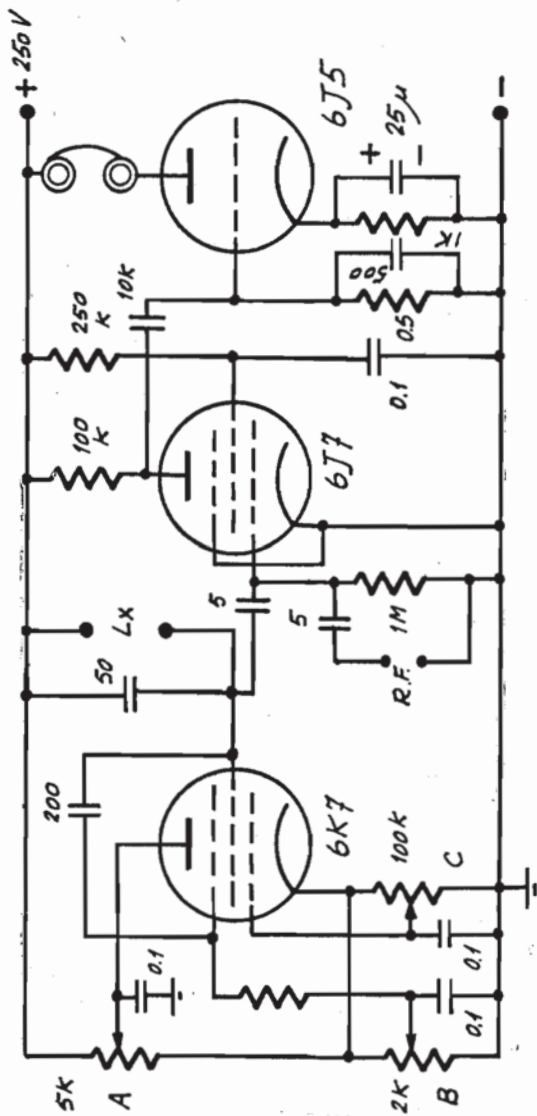


Fig. 163. — Oscillatore transistron e rivelatore dei battimenti.

Inserendo in  $X$  una bobina di valore adatto ad ottenere l'accordo del circuito di misura alla frequenza dell'oscillatore, con tutta la capacità di  $C$  inclusa, si può ottenere, per sottrazione, la misura di una capacità incognita inserita anche fra i morsetti  $X$ . Il compensatore di 15 pF è utile per la determinazione di piccoli valori di capacità ed anch'esso va mantenuto inizialmente alla capacità massima.

Per la misura dell'induttanza di una bobina si può far uso di un oscillatore transitron o Colpitts, che necessitano di una bobina con due collegamenti per entrare in oscillazione. Conoscendo la capacità introdotta nel circuito e misurando la frequenza prodotta, col metodo dei battimenti, si può effettuare la taratura del dispositivo di misura.

In fig. 163 è lo schema di un oscillatore transitron, con rivelatrice ed amplificatrice AF per il controllo dell'azzeramento dei battimenti.

Collegata la bobina fra i morsetti  $L_x$  si porti il cursore del potenziometro  $C$  e quello di  $B$  leggermente in basso (griglia di soppressione poco negativa rispetto al catodo). Si colleghi fra i morsetti RF l'uscita di un generatore tarato e lo si sposti sino ad udire il fischio prodotto dai battimenti fra la sua uscita e la frequenza prodotta dalla 6K7. Si regolino  $A$  e  $B$  per udire la massima intensità del fischio che va quindi portata alla minima intensità regolando  $C$ . Il condensatore di 50 pF che risulta in parallelo ad  $L_x$  deve essere preciso per poter calcolare il valore della induttanza della bobina, ma una misura precisa può essere ottenuta solo inserendo in  $L_x$  una bobina di valore noto e calcolando la capacità che tutto il circuito le introduce in parallelo.

La misura dell'induttanza a frequenza acustica è effettuata con ponti.

In fig. 164 è lo schema di un ponte a filo, adatto per la misura di induttanze, facendone il paragone con campioni di valore noto e prossimo, entro un rapporto di 1/10 o 10/1, a quello dell'induttanza da misurare: si ottiene così un basso rapporto fra i due bracci del filo ed una maggiore precisione. Il valore di  $X$  è dato da:

$$X = L \frac{b}{a}$$

in cui i valori di  $b$  ed  $a$  sono quelli delle loro lunghezze, in millimetri. Per una più accurata determinazione va prima bilanciato il ponte in corrente continua, commutando al posto del

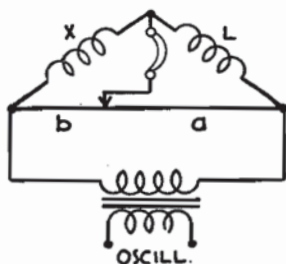


Fig. 164. — Ponte a filo per induttanza.

trasformatore di accoppiamento all'oscillatore una batteria di pile, un galvanometro in quello della cuffia: una resistenza

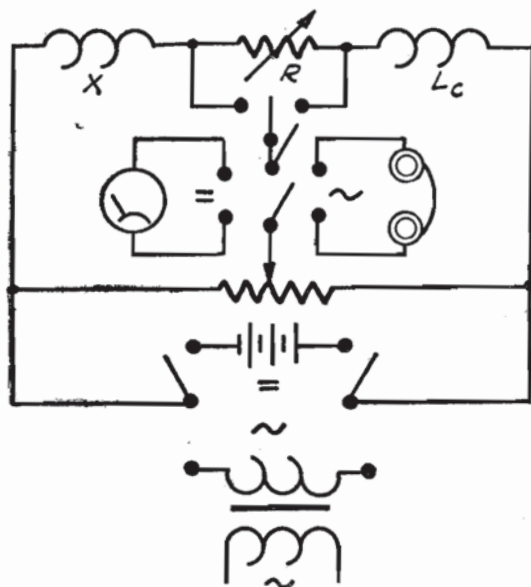


Fig. 165. — Ponte per la misura di induttanze.



antinduttiva regolabile  $R$  (un potenziometro a grafite), fig. 165, introdotta su  $X$  o  $L_c$  permetterà, mantenendo il cursore al centro del filo  $ab$ , di ottenere l'eguaglianza di resistenza di  $X$  ed  $L$ . Si passa poi alla misura in corrente alternata lasciando la resistenza  $R$  inserita.

Si fa uso di qualche induttanza campione, ch'è possibile far tarare da qualche laboratorio non essendovene di basso prezzo in commercio, di 100 e di 10 000  $\mu\text{H}$  per poter misurare bobine da 10  $\mu\text{H}$  a 0,1 H.

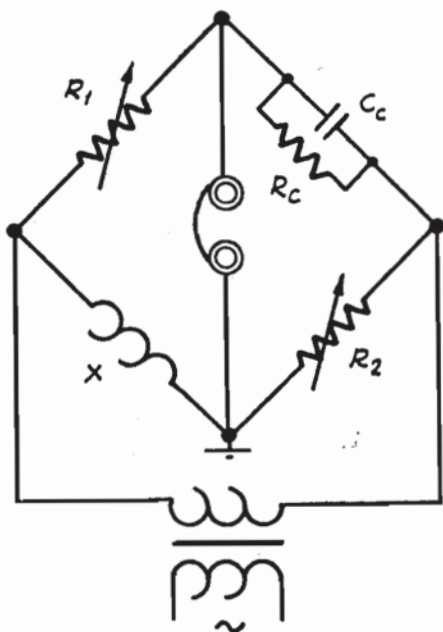


Fig. 166. — Ponte di Maxwell.

È possibile procurarsi delle capacità campione ed in tal caso si farà uso del ponte di Maxwell, fig. 166.

In esso le due resistenze  $R_1$  ed  $R_2$  sono regolabili. La reattanza capacitiva del condensatore campione risulta sul ramo

opposto a quello su cui si inserisce la bobina da misurare  $X$  e l'azzeramento del ponte si ottiene regolando  $R_1$  ed  $R_2$ .

Il perfezionamento di tale azzeramento è ottenibile solo con la regolazione di  $R_c$  per cui le perdite sul condensatore campione risultano corrispondenti a quelle della bobina  $X$ . Il valore di questa è dato da

$$L_x = R_1 R_2 C_c$$

Per la misura di induttanze da 1  $\mu$ H a 0,1 H si adoperano due condensatori campioni da 100 pF e da 0,01  $\mu$ F;  $R_1$  è regolabile da 0 a 10 000  $\Omega$  ed  $R_2$  lo è da 0 a 1000  $\Omega$ .  $R_c$  è di 20 000  $\Omega$ .

#### Misura di $Q$ .

Questa misura consente di poter determinare la qualità di una bobina e quindi la sua possibile utilizzazione in un radio-ricevitore. In modo più particolare essa consente di stabilire se una bobina con nucleo regolabile ha delle spire in corto circuito o di determinare fra più nuclei intercambiabili quello di migliore qualità.

I Qmetri del commercio sono basati sul seguente principio: se in un circuito oscillatorio in serie è introdotta una tensione di valore noto e di frequenza uguale a quella di risonanza del circuito, in questo scorre una corrente massima, limitata solo dal valore della sua resistenza a RF.

Sul condensatore e sulla bobina si ha una tensione il cui valore sarà tanto più elevato quanto maggiore è la corrente che vi circola, cioè quanto minori sono le perdite a RF. Questa tensione risulta tante volte maggiore di quella introdotta nel circuito quanto è il valore di  $Q$  della bobina, cioè quante volte è il rapporto fra la reattanza della bobina e la sua resistenza a RF.

Va ricordato che il  $Q$  di una bobina facente parte di un circuito oscillatorio è praticamente il  $Q$  del circuito, perchè esso risulta minore di quello del condensatore. Infatti è possibile costruire condensatori con  $Q \gg 1000$  mentre una bobina con  $Q = 200$  a frequenze intorno ad 1 MHz necessita di particolari cure costruttive.

Una tensione può essere introdotta in un circuito oscillatorio in serie in vari modi, fig. 167.

In *a*) una corrente  $I$ , alla stessa frequenza a cui è accordato il circuito  $LC$ , è fatta circolare nella bobina  $B$ : questa è

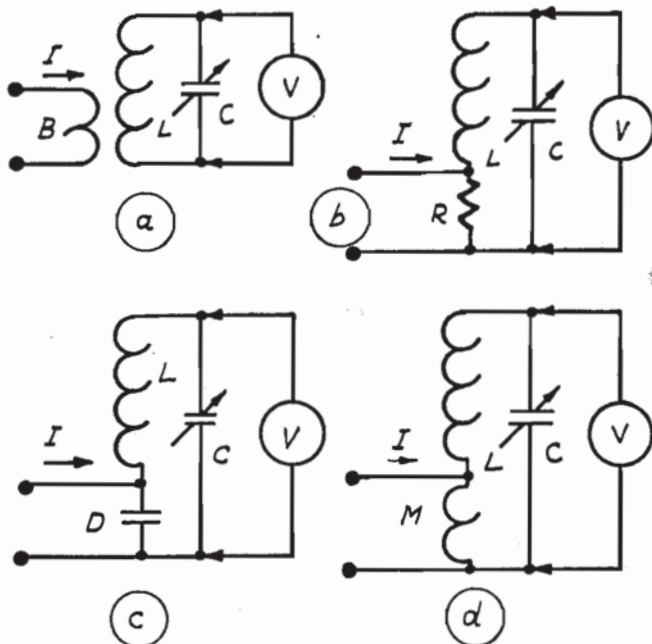


Fig. 167. — Circuiti di Qmetri.

accoppiata con  $L$  e vi induce una tensione che, per effetto della risonanza, vi farà circolare una corrente massima. Questa produce fra i due estremi di  $L$  e di  $C$  una tensione, indicata da  $V$ , che sarà  $Q$  volte quella indotta.

Si può far scorrere la corrente  $I$  in una resistenza  $R$  di valore molto piccolo ( $0,01 \Omega$ ), fig. 167 *b*), o in una capacità  $D$  di valore molto grande (quindi con reattanza minima e che non altera praticamente la capacità di  $C$ ), fig. 167 *c*), posta in serie al circuito. Infine si può inserire nel circuito una bobina  $M$

con induttanza piccolissima rispetto quello della bobina  $L$ , figura 167 *d*).

Questa corrente produce su  $R$ , su  $D$  o su  $M$  una tensione ch'è introdotta in serie nel circuito e, per effetto della risonanza, si ha su  $L$  e  $C$  una tensione  $Q$  volte maggiore di quella introdotta.

Nei Qmetri il valore di  $I$  va mantenuto ad un valore costante perchè costante risulti la tensione introdotta nel circuito  $LC$ . Lo strumento del voltmetro elettronico ha il quadrante graduato direttamente in valori di  $Q$ .

Che la resistenza  $R$  debba avere un valore di qualche centesimo di ohm risulta dalle seguenti considerazioni.

Una bobina di  $10\,000\ \mu\text{H}$  a  $100\ \text{kHz}$  risulta con un valore di  $Q = 100$ ; la sua resistenza a RF è di  $63\ \Omega$  e pertanto la resistenza  $R$  introdotta in serie al circuito risulta di valore trascurabile. Una bobina di  $0,1\ \mu\text{H}$  a  $30\ \text{MHz}$  anch'essa con  $Q = 100$  possiede una resistenza a RF di  $0,18\ \Omega$  ed il valore di  $R$  risulta apprezzabile rispetto ad essa.

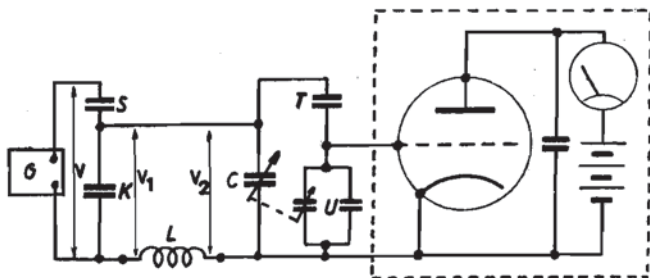


Fig. 168 a. — Schema di principio di un misuratore di  $Q$ .

In fig. 168 *a*) è lo schema di un misuratore di  $Q$  in cui si sono introdotti vari accorgimenti per ridurre notevolmente le cause di errori.

L'uscita del generatore  $G$ , variabile da  $0,1$  a  $10\ \text{MHz}$ , misurata con un voltmetro a diodo di cresta, è inviata alla serie dei condensatori  $SK$ , che funzionano da partitore di tensione:  $K$  funziona anche da condensatore di accoppiamento al circuito  $LC$ . Fra i due morsetti dello strumento va collegata l'indut-

tanza  $L$  in misura. La tensione  $V_2$  che si ha a risonanza su  $C$  è misurata con un voltmetro elettronico, che, per ridurre lo smorzamento che introduce sul circuito, è accoppiato a  $C$  a mezzo del partitore di tensione  $TU$ . Al voltmetro è quindi applicata solo la frazione della tensione  $V_2$ , presente su  $U$ , ma la sua capacità di entrata altera il rapporto esistente fra  $T$  ed  $U$  e perciò quest'ultimo ha una capacità di 30 pF, dieci volte quella di entrata del voltmetro. Inoltre in parallelo ad  $U$  vi è un condensatore variabile di 3 pF accoppiato meccanicamente a  $C$  che varia il rapporto di suddivisione del partitore. Occorre infatti che perchè  $K$  abbia una minima influenza nel circuito, la capacità massima di  $C$  deve essere sempre molto piccola rispetto ad esso. Poichè ciò non avviene aumentando la capacità di  $C$  si riduce quella del piccolo variabile suddetto per correggere l'errore.

Un Qmetro che fa uso del metodo di fig. 167 a) è realizzato secondo il circuito di fig. 168 b).

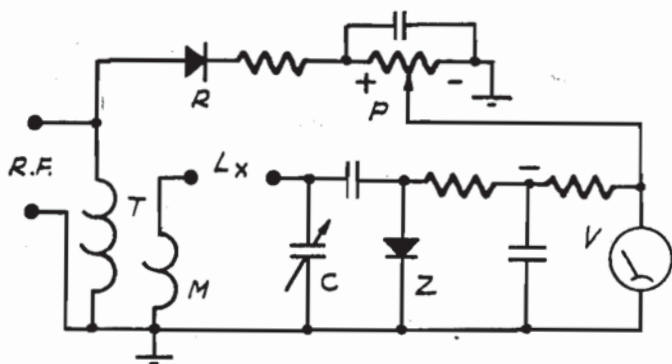


Fig. 168 b. - Qmetro.

La tensione a RF prodotta da un oscillatore è applicata ad un autotrasformatore  $T$  e raddrizzata dal diodo  $R$  e l'uscita di questo applicata, filtrata, ad un potenziometro  $P$ , tarato in valori di  $Q$ . Una parte nota di questa tensione è prelevata dall'autotrasformatore  $T$  e risulta agli estremi di  $M$ . La tensione presente sul condensatore  $C$ , raddrizzata da  $Z$  e filtrata, ri-

sulta di polarità negativa ed è applicata al voltmetro elettronico  $V$  contemporaneamente alla tensione su  $P$ , di polarità positiva; con la regolazione di questo potenziometro le due tensioni continue possono essere rese uguali per cui il voltmetro indica una tensione zero. Il quadrante di  $P$  può essere graduato con indicazioni dei valori di  $Q$ .

#### *Misura della mutua induzione.*

Per la misura dell'accoppiamento esistente fra due bobine, purchè esso sia superiore al 10 %, si procede nel modo seguente. Con uno dei metodi descritti si misuri l'induttanza di ognuna delle due bobine  $A$  e  $B$  e l'induttanza totale ottenuta collegando in serie la due bobine prima in un senso poi invertendo il collegamento di una sola: in tal modo la mutua induttanza si sommerà in un caso e nell'altro si sottrarrà si ha cioè

$$L_1 = A + B + 2M$$

$$L_2 = A + B - 2M$$

in cui  $L_1$  ed  $L_2$  sono i due valori ottenuti dalle misure suddette collegando le due bobine  $A$  e  $B$  in un modo o nell'altro: la differenza fra le due misure è quindi dovuta alla mutua induzione  $M$ .

La formula  $M = k \sqrt{AB}$  indica che la mutua induzione esistente fra le due bobine è data dal coefficiente di accoppiamento per i valori delle induttanze delle due bobine. Dalle relazioni precedenti risulta

$$k = \frac{L_1 L_2}{4 \sqrt{AB}}$$

Sostituendo in questa formula i valori trovati con le quattro misure di induttanza si ha il valore cercato dell'accoppiamento. Ma il risultato può ritenersi sufficientemente esatto solo se il coefficiente di accoppiamento non è troppo piccolo e se le due bobine non differiscono troppo nelle dimensioni.

Nei trasformatori di FI il coefficiente di accoppiamento è molto piccolo, e può essere maggiore, uguale o minore del coef-



ficiente di accoppiamento critico; il rapporto dei due coefficienti può essere determinato con sufficiente precisione col metodo seguente, facendo uso di un normale generatore e di una super

Il generatore  $G$ , fig. 169, ha un attenuatore tarato; esso è accoppiato a mezzo di una capacità di pochi picofarad col primario del trasformatore  $T$ , il cui secondario è collegato a massa

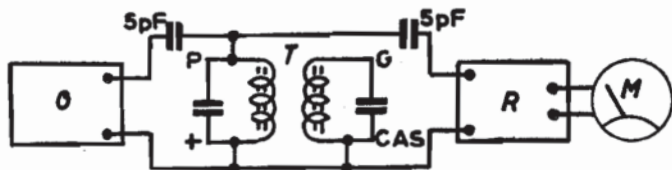


Fig. 169. — Determinazione del rapporto fra  $k_c$  e  $k$ .

con l'estremo normalmente collegato al  $CAS$ . Un altro condensatore di pochi picofarad collega il complesso alla griglia controllo della convertitrice che funziona così da prima amplificatrice per la frequenza propria della FI del ricevitore. Si regola il generatore su questa frequenza e si effettuano due misure di tensione a mezzo dell'attenuatore di  $G$ .

$V_1$ , tensione necessaria per ottenere, con secondario di  $T$  cortocircuitato e primario accordato allo stesso valore della FI del ricevitore, l'uscita voluta sul misuratore  $M$ , collegato all'altoparlante del ricevitore  $R$ .

$V_2$ , tensione necessaria per ottenere la stessa uscita su  $M$  quando anche il secondario di  $T$  è accordato alla stessa frequenza.

Dalla formula

$$\frac{k}{k_c} = \sqrt{\frac{V_2}{V_1} - 1}$$

si ottiene il rapporto dei due coefficienti. Gli accoppiamenti capacitivi interni al trasformatore influiscono sul risultato.

## b) Bobine per AF.

Per la misura dell'induttanza di bobine con nucleo di ferro, il cui valore sia compreso fra 20 mH e 100 H si prestano i seguenti metodi.

In fig. 170 è il metodo di comparazione della tensione su  $R$  e quella su  $L_x$ : regolando il valore di  $R$  si ottiene l'uguaglianza

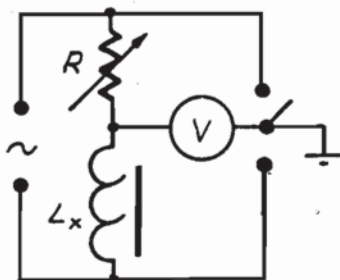


Fig. 170. — Misura di  $L$  rispetto  $R$ .

delle due indicazioni. Quando si è raggiunto ciò la reattanza della bobina ha lo stesso valore di  $R$ , per cui risulta possibile il calcolo dell'induttanza:  $L = R/2\pi f$ .

Il calcolo è sufficientemente approssimato sempre che la resistenza della bobina sia piccola rispetto al valore della reattanza altrimenti occorre misurare la resistenza  $r$  e far uso della formula

$$L^2 = 0,025 \frac{Z^2 - r^2}{f^2}$$

in cui il valore di  $Z$  è uguale ad  $R$ .

Il dispositivo va alimentato o con la tensione di 5 V ottenuta dal secondario di un trasformatore collegato alla rete, o dal trasformatore di uscita di un amplificatore di potenza (amplificatrice finale 6V6 con trasformatore 5000 : 10  $\Omega$ ), se la misura è effettuata ad una frequenza acustica prodotta da un generatore ad AF.

Facendo uso per  $R$  di due reostati, in serie fra loro, uno

di  $100 \Omega$  l'altro di  $15\,000 \Omega$ , e della tensione di  $5 \text{ V}$  a frequenza di rete, di  $50 \text{ Hz}$ , ed a  $500 \text{ Hz}$  è possibile misurare induttanze da  $0,2$  a  $50 \text{ H}$  e da  $0,02$  a  $3 \text{ H}$ .

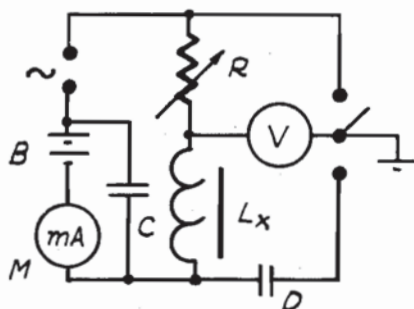


Fig. 171. — Misura dell'induttanza di una bobina percorsa da corrente continua.

Il commutatore bipolare inserisce il voltmetro elettronico su  $R$  o su  $L_x$  e contemporaneamente collega a massa l'estremo

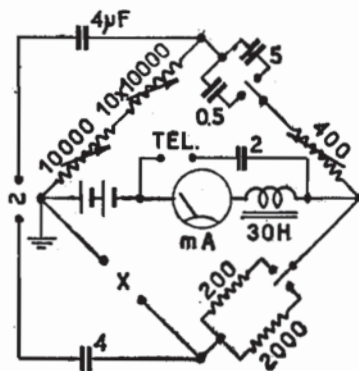


Fig. 172. — Ponte di Hay.

del componente del circuito su cui è inserito per ridurre eventuali effetti o disturbi che possono essere introdotti per capacità. Facendo uso per il commutatore di una chiave telefonica

è possibile manovrarla molto rapidamente in un senso o nell'altro, regolando contemporaneamente  $R$ , fino ad ottenere che l'indice del voltmetro si mantenga fermo.

Sovente è necessario misurare l'induttanza di una bobina con nucleo di ferro normalmente percorsa da una corrente continua. Per ottenere un tale risultato lo schema del dispositivo è modificato come in fig. 171: si può effettuare una presa alla tensione voluta sulla batteria  $B$  in modo che nel circuito scorra la corrente di valore adatto, indicato dal milliamperometro  $M$ . Il condensatore  $C$  è di capacità molto elevata, di vari microfarad, per offrire un facile passaggio alla corrente alternata, che altrimenti dovrebbe circolare in  $B$  ed  $M$ . Il condensatore  $D$  impedisce che al voltmetro venga applicata la tensione continua presente su  $L_x$ .

Il ponte di Hay, fig. 172, si presta ottimamente per la misura dell'induttanza di bobine con nucleo di ferro percorse o no da una corrente continua.