

## Cap. III

### *I CONDENSATORI*

- a) Generalita' - b) Condensatori fissi - c) Condensatori variabili*
- d) Caratteristiche - e) Scelta del valore della capacita'*



OSCILLOGRAFO

**Brunpa**

Modello OC1



PROVA CIRCUITI



PROVA VALVOLE



OSCILLOGRAFI

**STUDIO ELETTORADIOTECNICO**

**B. PAGNINI - TRIESTE (107) - Piazza Garibaldi n. 3**

OFFICINA ELETTROMECCANICA

**GIULIO DAMIANI**

**Trasformatori  
elettrici per  
qualsunque uso**

Via Corridoni, 109 - FIRENZE

### *a) Generalità*

Dall'epoca della bottiglia di Leyda (1746) ai giorni nostri, il condensatore elettrico — fermo restando il principio fisico di funzionamento — ha cambiato forma e costituzione, innumerevoli ed estese sono divenute le sue applicazioni; sicchè svariati sono gli aspetti esterni e la costruzione interna delle capacità fisse e variabili impiegate nei radiocircuiti. Essendo desiderabile una normalizzazione dei tipi sono in studio criteri di unificazione costruttiva.

Soltanto oggi si conoscono in modo esauriente certi fenomeni relativi alle correnti oscillanti ed alla funzione delle capacità considerate in unione a circuiti aventi una propria induttanza.

Tali cognizioni hanno consentito di determinare le caratteristiche di funzionamento dei condensatori; queste sono dipendenti dalla forma e disposizione degli *elettrodi*; dalla composizione, forma e disposizione dei *dielettrici*.

Dalla interdipendenza tra il comportamento elettrico dei condensatori e la loro forma e costituzione, sono scaturiti da un lato i dati costruttivi, dall'altro si sono potute determinare con sufficiente precisione le caratteristiche necessarie al loro buon funzionamento.

Attualmente l'elemento condensatore dei circuiti radioelettrici ha una precisa valutazione e risponde alle esigenze di sicurezza di esercizio in quanto a costanza dei valori. Il progresso costruttivo ha infatti mirato e ottenuto di eliminare ogni incertezza al riguardo.

Dato principale, ma non sempre sufficiente per l'indicazione di un condensatore è la *capacità*.

La capacità si misura in *farad* (F) o, più comunemente con i suoi sottomultipli tra cui il *microfarad* ( $\mu\text{F}$ ) cioè il milionesimo di farad, il *micro-microfarad* ( $\mu\mu\text{F}$ ), cioè milionesimo di milionesimo di farad. È

anche in uso, ormai non molto frequente, la unità centimetro ( $1 \mu\mu\text{F} = 0,9 \text{ cm}$ , di conserva  $1 \text{ cm} = 1,1124 \mu\mu\text{F}$ ).

Si tende ad abbandonare l'unità centimetro e sta entrando nell'uso corrente il *picofarad* (pF) in sostituzione del  $\mu\mu\text{F}$ ; ( $1 \text{ pF} = 1 \mu\mu\text{F}$ ) anche per la ragione della comodità di scrittura.

L'idea della capacità suggerisce quella dell'accoppiamento di due o più condensatori di valore uguale o differente. L'accoppiamento si può effettuare in *serie*, in *derivazione*, o in *serie-derivazione*.

La capacità misurata agli estremi del raggruppamento può determinarsi in base a semplici relazioni aritmetiche (v. Cap. XV). Le capacità di due condensatori in derivazione si sommano:

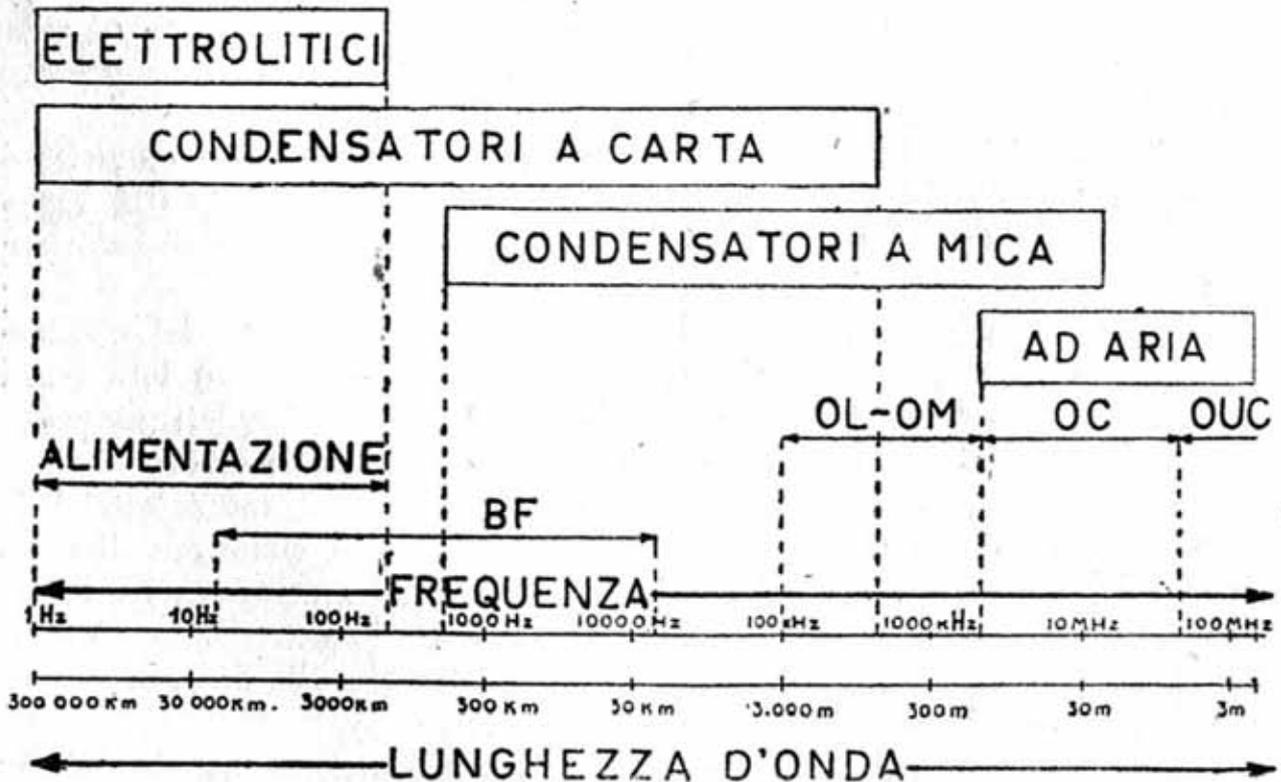
$$C_t = C_1 + C_2$$

le capacità di due condensatori in serie rispondono alla relazione:

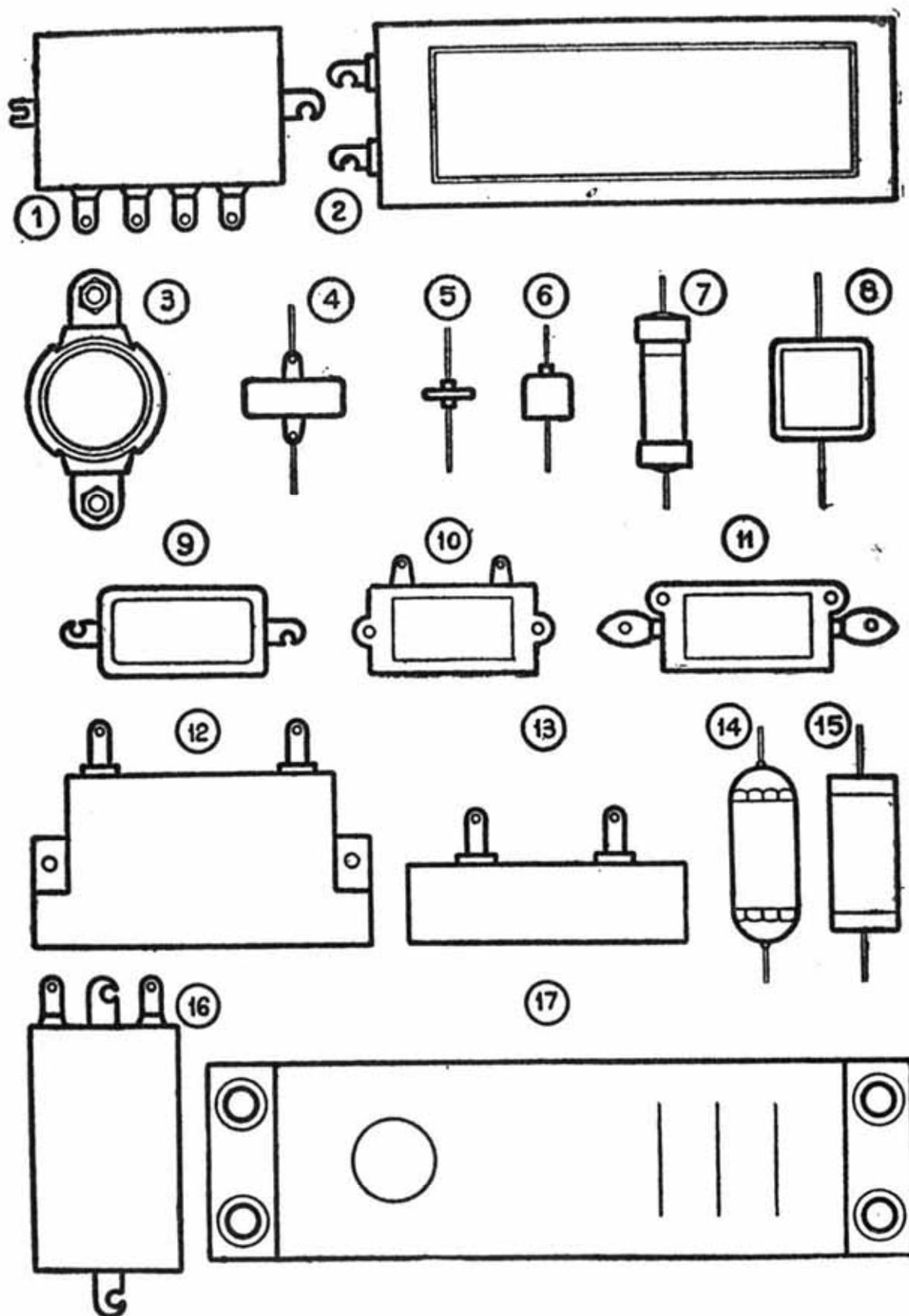
$$C_t = \frac{C_1 + C_2}{C_1 \times C_2}$$

I condensatori elettrici, dal punto di vista applicazioni che interessano la radio e l'elettroacustica, si dividono per la loro forma, la loro costituzione, il loro impiego nei circuiti, in due categorie:

- condensatori a capacità fissa;
- condensatori a capacità variabile (o meglio regolabile).



Limiti di impiego dei vari tipi di condensatori in rapporto alla frequenza



Condensatori fissi di fabbricazione italiana: 1-16 in carta in custodia metallica; 2-17 elettrolitici in custodia di cellulosa; 3-4-8-9-10-11-12-13 a mica; 5-6-7 a dielettrico ceramico; 14-15 in carta in custodia bachelite e vetro.

### b) I condensatori fissi

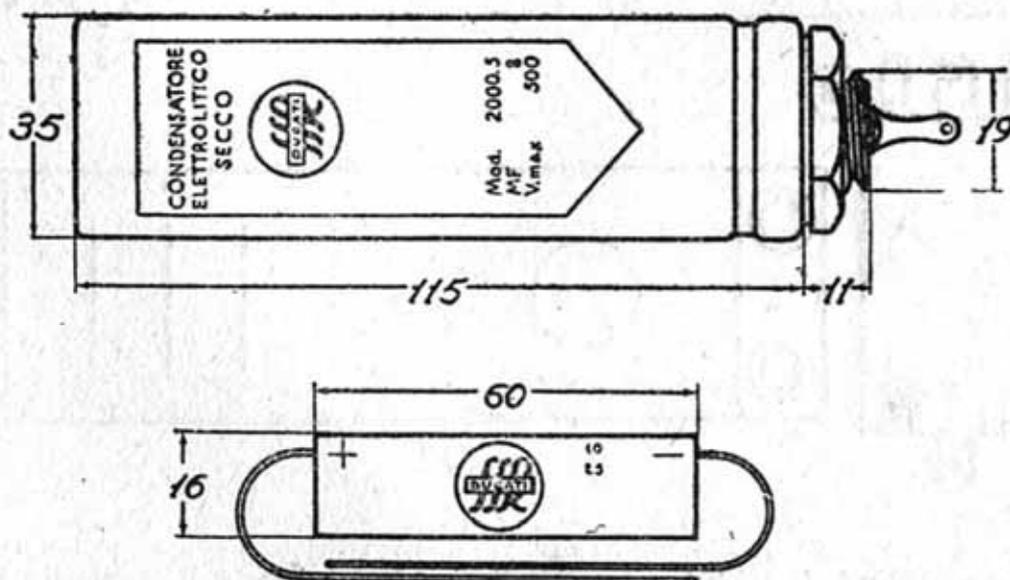
I condensatori a capacità fissa si dicono semplicemente fissi. Considerati in rapporto al loro impiego, sono:

- 1) di accoppiamento;
- 2) di deviazione (o fuga).

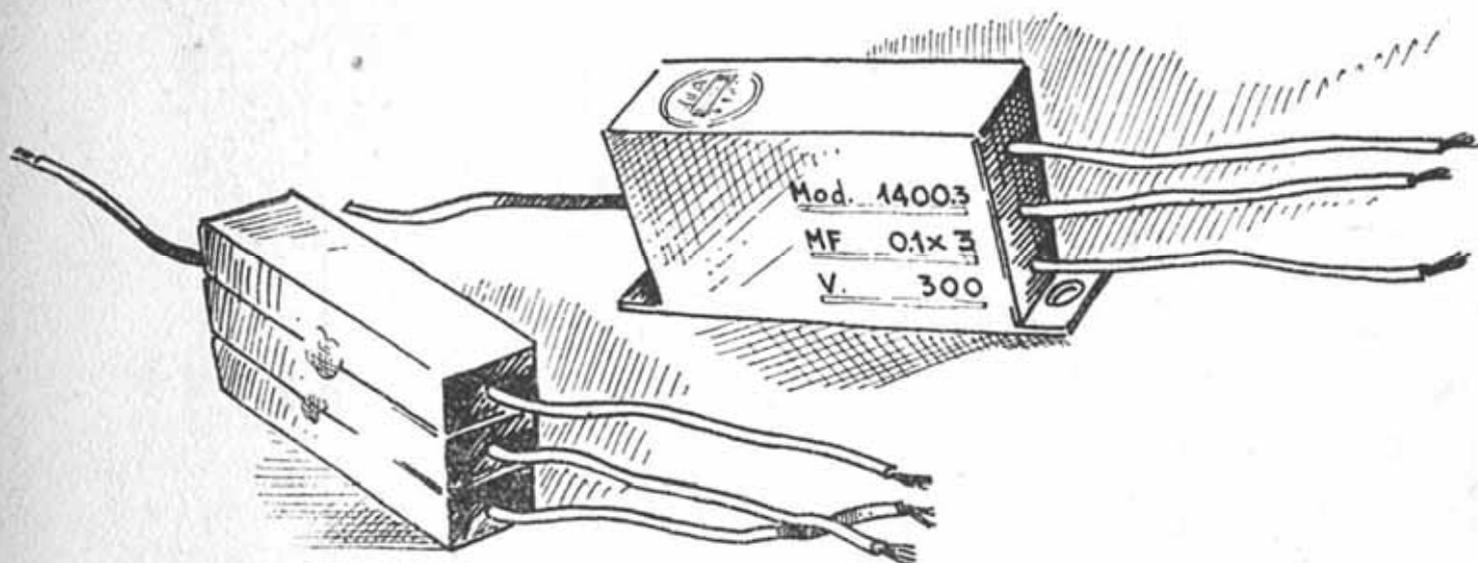
Il valore della capacità risulta costante e appunto questa costanza in tutte le condizioni di impiego costituisce una qualità. Il valore ottimo si determina in base alle condizioni di sfruttamento. Si rifletta che un condensatore è, grosso modo, un conduttore per le correnti oscillanti alternate e comunque variabili, e che la conducibilità aumenta con la frequenza o la rapidità della variazione. Perciò più è bassa la frequenza in gioco e più grande deve essere il valore della capacità usata tanto per un accoppiamento che per una deviazione (la differenza tra le due funzioni risiede nella messa in circuito).

Nella capacità grande passa anche la frequenza elevata, e non viceversa. Fa eccezione a questa regola la frequenza elevatissima per quei condensatori avvolti che hanno un'impedenza propria. (Si rimedia, se necessario, ponendo in parallelo alla capacità grande una piccola capacità assolutamente priva di induttività).

La scelta dei tipi di condensatori, fatta soltanto in base alla loro funzione e quindi alla determinazione del valore della capacità non è attendibile, dato che non si riesce ad individuare gli esemplari richiesti soltanto da questo valore numerico. Infatti occorre anche tener conto



Due tipi correnti di condensatori elettrolitici di filtro e di fuga.



**Blocchetto condensatore a tre elementi con un estremo in comune**

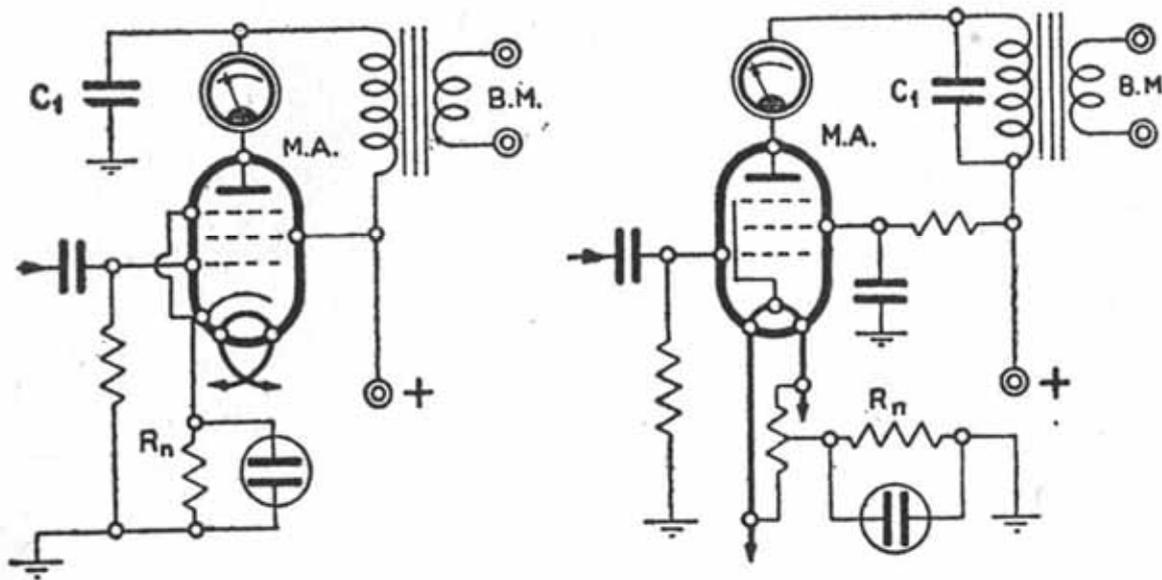
della *tensione di esercizio* e della *precisione della taratura* desiderata e di altri fattori costruttivi più avanti specificati. È anche riportato più avanti un prontuario per la determinazione grosso modo della capacità a seconda dell'impiego dei vari condensatori fissi; è anche riprodotto un grafico originale che serve a dare un'idea dei tipi di condensatori in rapporto alle frequenze in gioco.

I condensatori fissi impiegati nei radiocircuiti si distinguono a seconda della esecuzione (l'esecuzione ha un certo rapporto con le tensioni a cui sono sottoposti) e la tolleranza richiesta, in tipi:

— *elettrolitici*, che si basano su di un principio costruttivo di recente applicazione. In essi il dielettrico è costituito di un velo di ossido su quella delle due armature (solitamente la centrale) che funziona da *anodo*. Per la loro costituzione sono dunque polarizzati; hanno cioè un elettrodo *positivo* e uno *negativo* che non è indifferente collegare. Di solito, anzi, la custodia esterna, quando il condensatore è racchiuso in un bossolo di alluminio, da collegarsi a massa è il *negativo*. Volendo — per speciali applicazioni — la custodia può essere isolata dalla massa mediante apposita ranella isolante.

Questi condensatori hanno, a parità di ingombro, una capacità piuttosto elevata e una tensione di esercizio relativamente bassa. Nella *formazione* (o maturazione elettrolitica) l'ottenimento di una elevata capacità è condizionata da una tensione bassa. Se ne costruiscono per filtro e livellamento, e per circuiti di deviazione in BF.

— *in carta*, che rappresentano ancora la gran massa dei condensatori preferiti e impiegati. La tecnica moderna consente la fabbricazione di condensatori in carta impregnata con elettrodi in fogli di alluminio racchiusi in cartucce, in tubi di vetro, in custodie di fenoplasti o in scatole parallelepipedo di metallo o di cellulosa. Sono eseguiti in elementi singoli o accoppiati. Essi sono assolutamente stabili e sicuri in modo tale da soppiantare in molti casi i tipi con dielettrico



Tipici esempi di inserzione dei condensatori di fuga e di stabilizzazione (o disaccoppiamento)

di mica o di materiale ceramico. Risultano, rispetto a questi, più economici. Ecco perchè sono i più diffusi.

I valori delle capacità e delle tensioni di esercizio sono compresi entro limiti vasti.

— *a dielettrico mica e ceramica*, che rappresentano i tipi di maggior pregio a cui è anche connessa una funzione più delicata. Il dielettrico a mica e quello di materiale ceramico, per le loro peculiarità di bassa perdita e di garantire un esercizio sicuro, vengono preferiti per condensatori fissi impiegati con alte tensioni di esercizio oppure con correnti oscillanti di AF ampie e intense (dove esista il pericolo di perforazione e la necessità di ridurre al minimo le *perdite del dielettrico*); il valore della capacità in questi tipi è per lo più piccolo (dell'ordine del centinaio di pF).

In questi ultimi tempi le armature di questi condensatori sono ottenute per metallizzazione delle parti di dielettrico opportunamente predisposte.

— *a dielettrico aria*, che rispondono a impieghi delicati in apparecchiature chiamate a disimpegnare funzioni di precisione. Le armature sono affacciate come nei condensatori variabili, senza dielettrico, salvo quello di supporto costituito solitamente di materiale pregiato. Tutte le precauzioni prese tendono ad assicurare: invariabilità delle caratteristiche, assoluta stabilità in rapporto ad agenti meccanici esterni. Servono per frequenze molto elevate, hanno come qualità negative, ingombro notevole e prezzo elevato, ma il fattore economico per impieghi di precisione, può risultare trascurabile. Sono generalmente costruiti per capacità ridotte.

### c) Condensatori variabili

In questa categoria si ascrivono quei condensatori in cui mediante semplice azione meccanica esterna, volontariamente impressa, si ottiene la regolazione del valore della capacità entro i limiti imposti dalle caratteristiche costruttive e richiesti dal loro funzionamento.

I condensatori di questa specie si possono dividere in veri e propri *variabili* e in *regolabili*, a seconda che la variazione della capacità si effettua durante la manovra del radiorecettore oppure si pratica una volta tanto all'atto del radioregistro.

— *Condensatori variabili*. Negli apparecchi moderni costituiscono gli organi richiedenti la massima precisione poichè da essi dipende il buon funzionamento dell'apparecchio a partire dalla taratura iniziale sino a dopo un lungo esercizio.

I condensatori variabili, per la natura del dielettrico, si distinguono in tipi *ad aria* ed in tipi *a dielettrico solido*.

Questi ultimi vanno scomparendo anche dagli apparecchi più economici.

La tendenza costruttiva attuale ha portato allo studio di condensatori variabili ad aria di piccole dimensioni. La maturità della industria italiana e la eccellenza della sua produzione, hanno consentito di risolvere perfettamente questa esigenza che si tramuta nella necessità della massima precisione costruttiva.

I condensatori variabili si distinguono anche, per la forma di variazione della *curva di capacità*, riferita ad un avanzamento angolare costante dell'asse del rotore, in tipi a variazione:

- lineare di capacità;
- lineare di frequenza;
- lineare di lunghezza d'onda;
- logaritmica.

I condensatori normali attualmente in uso sono di una *curva media* che possa soddisfare le esigenze più correnti, quando non vi siano speciali prescrizioni.

Nel tipo di apparecchio più diffuso si trova a tutt'oggi applicato il condensatore doppio generalmente così impiegato:

- 1) circuito d'entrata;
- 2) circuito oscillatore accordato sulla frequenza locale.

La differenza d'accordo fra il primo ed il secondo circuito deve risultare su tutta la variazione di valore, costante, il che si ottiene o mediante un elemento di condensatore appositamente sagomato, oppure mercè un condensatore in serie sullo stesso circuito dell'oscillatore che diminuisca ad arte la capacità del terzo elemento. Questo condensatore (padding) è generalmente del tipo semifisso oppure fisso tarato con precisione.

— *Condensatori regolabili.* Sono per lo più con dielettrico a mica. La variazione di capacità si effettua generalmente per variazione di pressione tra gli elettrodi e il dielettrico. Hanno limitata applicazione.

Vi sono, e in questi ultimi tempi si diffondono sempre più, anche condensatori regolabili con dielettrico ad aria.

Il condensatore in serie sul circuito oscillante degli apparecchi super: consente il necessario spostamento di accordo, tra circuito di ingresso e oscillatore locale nel caso di comando unico, mediante variabili dello stesso valore.

Vi sono poi i compensatori in derivazione ai condensatori variabili multipli per aggiustarne l'allineamento, i condensatori in derivazione su medie frequenze, i condensatori in serie sull'aereo.

Una delle caratteristiche essenziali di questi condensatori, specie oggi che i ricevitori sono destinati — ricevendo le onde corte — a lavorare con frequenze elevatissime, è la *costanza della taratura*. A parte il valore assoluto della capacità, occorre che, da un punto di vista relativo, il valore stesso, una volta aggiustato, non vari spontaneamente a causa di agenti esterni (umidità, calore e urti meccanici), od anche a motivo di fattori interni come l'invecchiamento delle materie che lo costituiscono. Quest'ultimo punto può portare a deformazioni o a modificazione della struttura dei dielettrici. A questi condensatori è affidata dunque la *costanza di taratura, di un radioricevitore nel tempo*, o comunque di un complesso impiegante delle capacità regolabili.

Si spiega anche la cura con cui il progettista e il costruttore risolvono i problemi inerenti, specie nell'attuazione dei circuiti ricevitori a onde corte e ultracorte e nei circuiti dei trasmettitori dove sono in gioco potenze rilevanti con tensioni cospicue e dove i condensatori subiscono sollecitazioni veramente notevoli. (In generale, però, i condensatori per trasmissione, sia che si parli di capacità fisse, sia che si tratti di capacità variabili e di capacità regolabili, sono di dimensioni adeguatamente maggiori, semprechè speciali esigenze non lo impediscano o le potenze impiegate non siano modeste).

### d) Le caratteristiche dei condensatori

Nell'indicare un tipo di condensatore, se ne stabilisce una caratteristica fondamentale: il dielettrico. È questo un dato distintivo della costruzione e, spesso, del campo di impiego, valendo, a questo proposito, quanto è stato riportato in precedenza.

È necessaria l'avvertenza che il condensatore ha una *durata* come qualsiasi altro organo sottoposto a sollecitazioni di natura elettrica ed elettrostatica. La durata è una caratteristica che dipende molto dalla qualità del materiale impiegato per le armature e specialmente per il dielettrico, ed è in rapporto con i procedimenti di fabbricazione.

In genere si può ritenere che un condensatore di buona fabbricazione (escludendo i tipi elettrolitici che evidentemente durano meno), può durare 20.000 ore, semprechè le sue caratteristiche di impiego siano entro i limiti di buona conservazione.

Questa durata corrisponde ininterrottamente a poco più di due anni; ma si sa benissimo che in pratica durano molto di più dei ricevitori in cui sono montati, e, in altri termini, molti anni.

### CONDENSATORI A DIELETTRICO CARTA

I tipi correnti offrono la possibilità di ottenere in un solo blocco le più svariate combinazioni di capacità; il loro isolamento è elevato e vengono utilizzati in una scala di frequenze molto ampia, sia pure sotto varie forme costruttive.

I condensatori in carta sono normalmente impiegati nei radio circuiti per: circuiti filtro negli apparecchi riceventi (blocchi da 8; 8 + 8; ecc.  $\mu\text{F}$ , tensioni di 1000 ÷ 2000 volt) nei condensatori di griglia, nei circuiti degli altoparlanti e negli alimentatori di griglia, nei circuiti degli altoparlanti e negli alimentatori di placca (valori da 0,01 a 4  $\mu\text{F}$ , tensione 1000 ÷ 2000 volt c.c.), come blocchetti intervalvolari (combinazioni diverse a tensioni di prova da 750 a 3000 volt) come « by pass » ed in genere come piccole capacità (da 100 a 10000 pF), nei raddrizzatori di corrente ed infine, disposti opportunamente per eliminare i disturbi.

*Valori di targa e metodi di misura.* La capacità è espressa in microfarad ( $\mu\text{F}$ ) ed in milionesimi di  $\mu\text{F}$  ( $\mu\mu\text{F}$ ), cioè in pF. La misura delle capacità si effettua per mezzo di ponti speciali (De Sauty, Maxwell) d'ordinario alla frequenza di 1000 periodi.

La prova della *tensione* viene fatta in corrente continua con un valore triplo o quadruplo della tensione che il condensatore deve sop-

portare in esercizio normale. La prova si effettua sottoponendo le armature del condensatore alla tensione voluta attraverso una resistenza di opportuno valore, e scaricandolo attraverso questa resistenza per evitare di danneggiarlo.

La *resistività* di isolamento si misura per mezzo di un galvanometro sensibile, il quale permette di rilevare la corrente che attraversa il dielettrico applicando una tensione di 300 volt c.c. Il valore, letto in megaohm, viene normalmente tradotto in  $M\Omega$  per  $\mu F$ .

Le *perdite* di un condensatore sottoposto all'azione di una corrente alternata sono generalmente determinate: dalle perdite prodotte dalla corrente di fuga, da quelle per isteresi nel dielettrico e da quelle dovute alla impedenza delle armature. Per causa di queste perdite, la corrente che attraversa il condensatore viene sfasata in anticipo rispetto alla tensione di un angolo minore di 90 gradi; la differenza fra i 90 gradi esatti e l'angolo di fase «  $\varphi$  » è chiamata *angolo di perdita*. La misura della perdita viene fatta contemporaneamente a quella della capacità e con gli stessi ponti speciali: si fanno misure in bassa frequenza a 800 oppure 1000 Hz e misura in radio frequenza con eterodine a  $1000 \div 1500$  kHz. Le perdite nei normali dielettrici aumentano con l'aumentare della frequenza (nei condensatori su porcellane speciali, ordinariamente diminuiscono e per questa ragione, quest'ultimo tipo di condensatore trova importanti utilizzazioni nei circuiti radio ad altissima frequenza).

Tutte le misure di capacità, isolamento, perdite, ecc., devono essere effettuate in condizioni ben determinate di *temperatura* e di *umidità* a  $40 \div 50^\circ C$  con umidità relativa del 96 %, per collaudare la bontà del materiale impiegato.

### CONDENSATORI A DIELETTRICO MICA

La capacità di questi condensatori si mantiene costante nel tempo; essi hanno perdite dielettriche molto ridotte anche con frequenze elevate ed un isolamento ottimo.

Tali condensatori sono molto indicati come campioni di capacità, nei moderni circuiti a onde corte, e nei trasmettitori. Vengono utilizzati nei circuiti oscillanti in genere, nei circuiti filtro ad AF, negli accoppiamenti intervalvolari, negli altoparlanti elettrodinamici e sui primari ed i secondari dei trasformatori in BF.

*Valori di targa e misure.* La capacità dei condensatori a dielettrico di mica va da 25 pF a 100.000. Tale caratteristica viene misurata con microfaradametri in AF a  $300 \div 500$  kHz.

La *tensione* di prova non è mai inferiore ai 750 volt c.a. e deve essere uguale a 4 volte la tensione di esercizio.

L'*isolamento*; misurato a c.c. con apparecchi sensibilissimi, deve raggiungere un valore di  $1000 M\Omega$  per ogni  $\mu F$ .

Le perdite dielettriche, insignificanti, si misurano nel modo detto per i condensatori a carta.

Le prove di stabilità si effettuano a temperatura di  $40 \div 50$  C con umidità relativa del 96 %.

### CONDENSATORI SU PORCELLANE SPECIALI

Questi tipi hanno bassa induttività e dielettrici a bassissimo angolo di perdita. Vengono utilizzati nei circuiti riceventi ad alta ed altissima frequenza (onde corte e cortissime) e le capacità per cui sono previsti, hanno un valore che va da pochi pF a 10000 pF per tensioni di prova da 500 a 2000 volt. Sono, solitamente, pregiati.

### CONDENSATORI A DIELETTRICO ARIA

Essendo l'aria secca il migliore isolante conosciuto, le perdite dielettriche dei condensatori ad aria sono trascurabili anche ad altissime frequenze. Sono utilizzati nei circuiti radio ad onde corte trasmettenti e riceventi, ma impiegati condizionatamente a causa del loro notevole ingombro e dell'alto prezzo di vendita.

In certi tipi destinati ai radiotrasmettitori, si utilizza l'aria compressa poichè la rigidità dielettrica di quest'ultima è più grande di quella dell'aria a pressione atmosferica.

### CONDENSATORI ELETTROLITICI

Consentono una grande capacità in piccolo volume; ciò per merito dell'altissimo isolamento del sottile velo di idrossido di alluminio (dielettrico) e della possibilità di ottenere artificialmente un aumento di superficie effettiva delle armature. Si costruiscono per capacità da 1 a 1000  $\mu$ F e per tensioni sino a 580 volt di esercizio; hanno una polarità stabilita e non possono essere inseriti nei circuiti a corrente alternata se non in condizioni particolari. A parità di capacità con altri tipi, anche il loro prezzo è più basso.

Trovano applicazioni nei circuiti filtro e sono usati come « by pass » in parallelo alle resistenze catodiche nei circuiti radio con pentodi ed ottodi.

*Valori di targa e metodi di misura.* I dati fondamentali di un condensatore elettrolitico sono riassunti qui di seguito.

*Tensioni di esercizio; massima; di formazione:* Per tensione massima si intende la massima differenza di potenziale che il condensatore può sopportare saltuariamente senza essere danneggiato. Per *tensione di esercizio*, si intende il potenziale al quale il condensatore può essere sottoposto in modo continuo. Per *tensione di formazione*, si intende, infine, quella che determina il valore della capacità e la sua più appropriata tensione di esercizio. La capacità del condensatore elettrolitico dipende dalla tensione di formazione. La sua misura viene gene-

ralmente eseguita per mezzo del ponte di De Sauty alla frequenza di 84 periodi; si ottiene così separatamente il valore assoluto ed il fattore di potenza. Il metodo della misura dell'impedenza consente invece di ottenere direttamente la capacità effettiva con esclusione del fattore di potenza o perdita. In entrambi i casi è sempre necessario applicare al condensatore una tensione continua di polarizzazione con sovrapposizione di una forza elettromotrice alternata avente un determinato valore efficace.

*Capacità in  $\mu\text{F}$ .* Bisogna poi tener presente che la capacità varia con il variare della temperatura e della frequenza; tali variazioni, naturalmente, devono essere comprese in certi limiti e perciò si ammette un 10 % per la variazione di capacità dovuta alla temperatura ed un 6 % fra i 100 e i 3000 periodi per le variazioni dovute alla frequenza (per effetto della resistenza dell'elettrolita).

*Corrente di fuga.* La piccola quantità di corrente che passa dall'anodo all'elettrolita attraverso il dielettrico si chiama « *corrente di fuga o perdita* » e può dipendere dalla formazione del condensatore, dalla natura dell'elettrolita, dalla tensione applicata e dalla temperatura. La misura della corrente di fuga si effettua con un milliampermetro a c.c., collegato in serie al condensatore, ed applicando per un determinato periodo di tempo, una tensione continua sempre inferiore di 30 volt alla tensione di punta; dopo questo periodo di tempo tale corrente non deve essere inferiore a  $0,2 \div 0,1$  mA per  $\mu\text{F}$ .

*Fattore di potenza.* Si misura in rapporto all'impedenza con il ponte di De Sauty.

La durata di un condensatore elettrolitico di buona fabbricazione è di circa 10 000 ore, cioè la metà di uno normale a carta. Questa durata, tuttavia, rientra in pratica nei limiti richiesti dalle correnti applicazioni che si fanno sempre più estese.

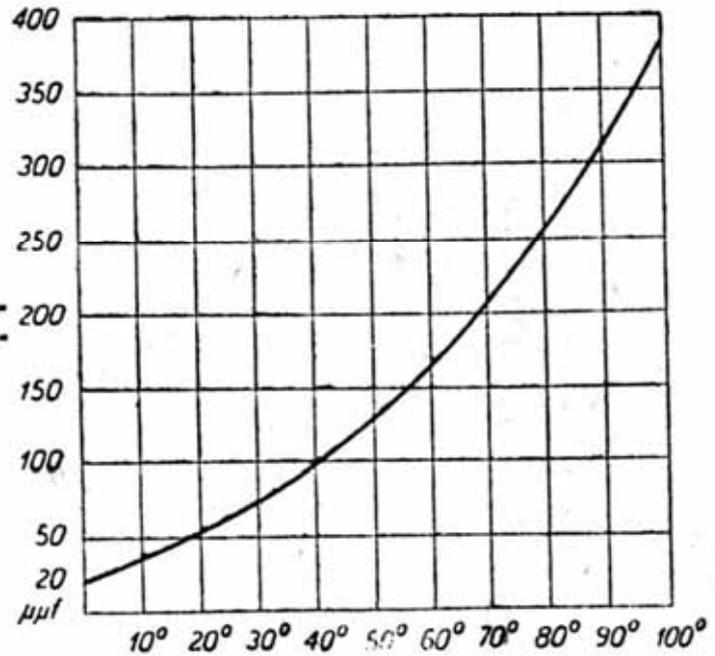
## CONDENSATORI VARIABILI E REGOLABILI

Riferendo quelle che seguono alle caratteristiche enunciate in precedenza per i condensatori fissi, occorre aggiungere ciò che riguarda la *variabilità*; i *valori massimi e minimi*, la *curva della variazione* espressa in rapporto ad uno spostamento radiale costante del rotore, e, soprattutto, se si tratta di tipi in aria.

In linea applicativa occorre stabilire se un condensatore variabile è accoppiato meccanicamente o non, con altri elementi del genere, se è schermato e qual'è il tipo di supporto dell'albero rotante.

*Valori di targa e misure.* Stabilito il tipo di costruzione e le applicazioni a cui il condensatore è destinato, occorre indicare il tipo di curva (ad esempio a variazione logaritmica di capacità in rapporto alla rotazione dell'asse e del rotore che compie uno spostamento angolare —

**Curva di variazione del condensatore variabile di costruzione industriale (SSR Ducati mod. 403).**



sempre per esempio — da gradi 20° a gradi 270°, con un minimo ed un massimo della capacità da pF 14 a pF 380).

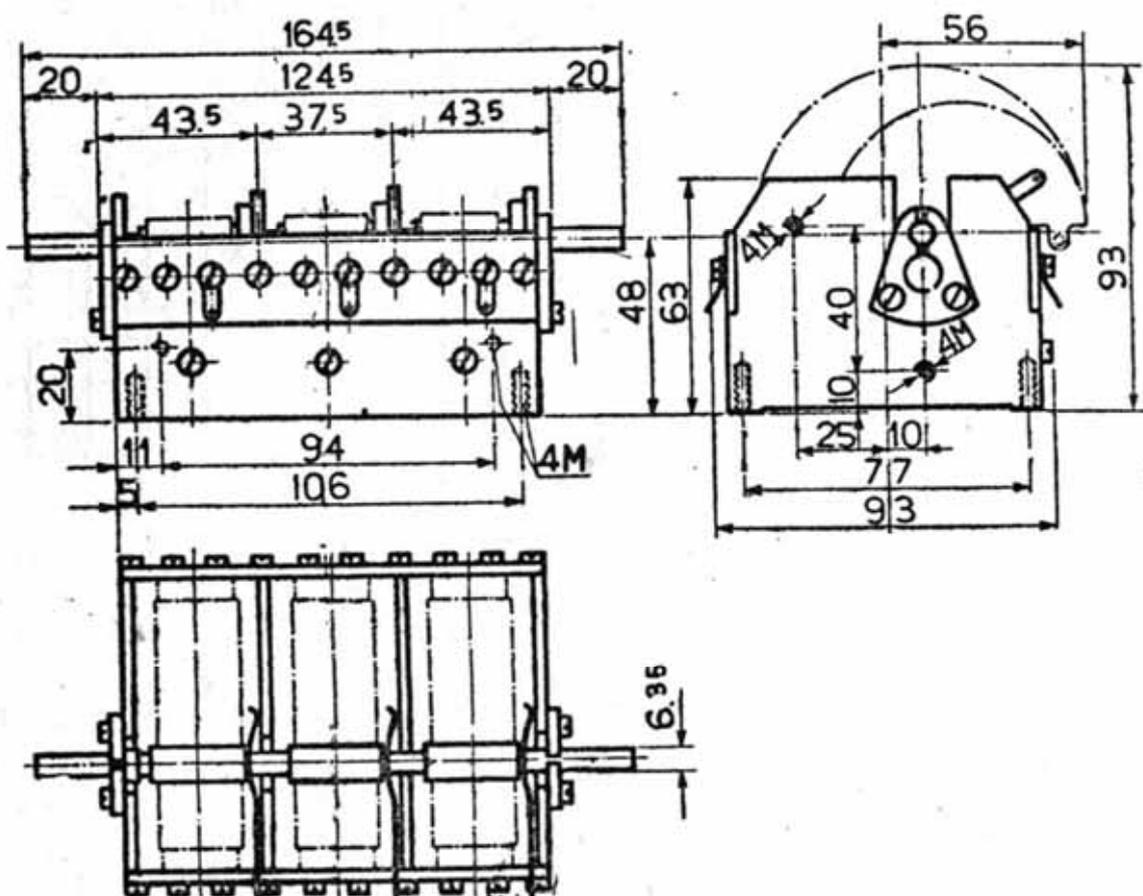
Si indica la tolleranza della capacità sulla curva in % (ad esempio  $\pm 2\% + 1 \text{ pF}$  in un condensatore di sufficiente precisione). Sono utili poi: tolleranza di allineamento; coefficiente di temperatura; frequenza della misura della capacità; resistenza di isolamento; angolo di perdita a 1 MHz; isolamento di supporto; tipo delle armature; tipo del telaio; tipo della schermatura; movimento su quali cuscinetti; senso di rotazione per la capacità massima.

Ecco, a titolo di esempio, le caratteristiche di un condensatore variabile di costruzione italiana.

*Condensatore variabile in aria per ricevitori a sezioni suddivise integralmente schermato.* (S.S.R. Ducati mod. 3418).

- Variazione di capacità logaritmica:  $2 \times (14 \div 380 \text{ pF})$
- Tolleranza su curva della capacità:  $\pm (2\% + 1 \text{ pF})$
- Tolleranza di allineamento:  $\pm (0,5\% + 1 \text{ pF})$
- Coefficiente di temperatura: aC:  $40,10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
- Capacità misurata a 1 kHz
- Resistenza isolamento a 60 V:  $\geq 10^{10} \Omega$
- Angolo di perdita a 1 MHz:  $2,5 \cdot 10^{-4}$ .
- Statore isolato con ceramica.
- Armature in alluminio tranciate.
- Telaio fuso in alluminio.
- Schermatura totale.
- Movimento su cuscinetti a sfere.
- Contatto rotore massa: brevettato.
- Capacità max.: rotazione destrorsa.

**Applicazioni:** Radioricevitori a più gamme d'onda. Parte complementare apparati di misura.



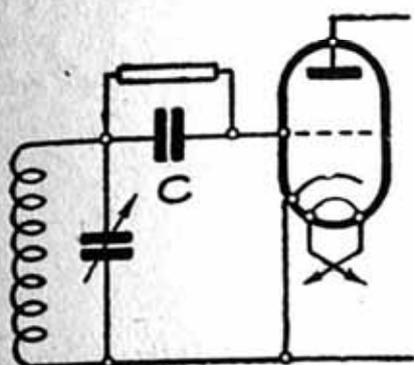
**Dimensioni d'ingombro del condensatore triplo (SSR Ducati mod. 402).**

Per i condensatori regolabili occorre stabilire il tipo di costruzione, i valori massimi e minimi della capacità. Va indicato se si tratta di tipi con dielettrico aria oppure con dielettrico solido; se la variazione del valore della capacità è ottenuta per rotazione delle armature oppure per pressione regolabile delle armature contro il dielettrico.

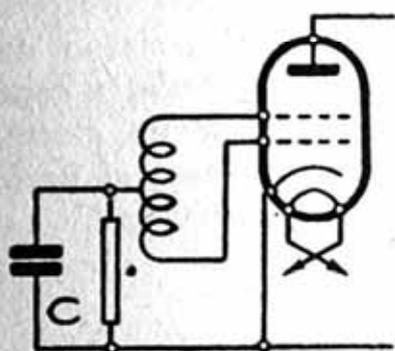
### *e) Scelta del valore della capacità*

La tabella che segue dà, con una casistica sufficientemente completa di schemi di impiego, i criteri per stabilire con una approssimazione sufficiente i migliori valori delle capacità richieste. Salvo casi speciali indicati, il valore delle capacità non è critico, quindi la tabella che segue, può risultare di una certa utilità.

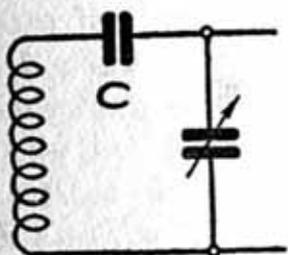
## PRONTUARIO PER LA SCELTA DEI VALORI DEI CONDENSATORI FISSI



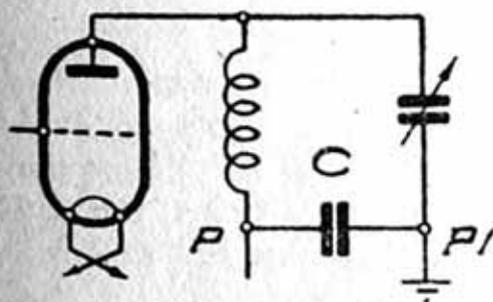
Il condensatore  $C$  in unione alla resistenza in derivazione, serve a portare la griglia al potenziale necessario onde ottenere un raddrizzatore sensibilissimo (detector). Il valore della capacità varia da 100 a 500 pF a seconda della frequenza in gioco (gamma d'onda impiegata).



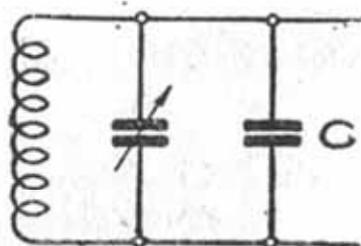
Lo stesso sistema della figura precedente è applicato ai rivelatori a due griglie tipo « Wunderlich ». Il valore del condensatore  $C$  è di circa 100 pF e quello della resistenza da 0,25 a 1 megaohm. La disposizione degli elementi è tale da fornire una semionda della corrente da raddrizzare a ciascuna delle 2 griglie.



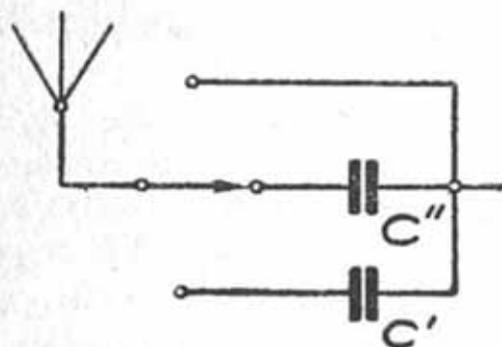
Per modificare la curva di variazione di un condensatore variabile si dispone in serie un condensatore fisso di adatta capacità: questo sistema è stato molto applicato per il monocomando delle supereterodine. (Per i valori normalmente usati di capacità variabile, induttanze e frequenze, occorrono condensatori di capacità compresa fra 700 e 1500 pF).



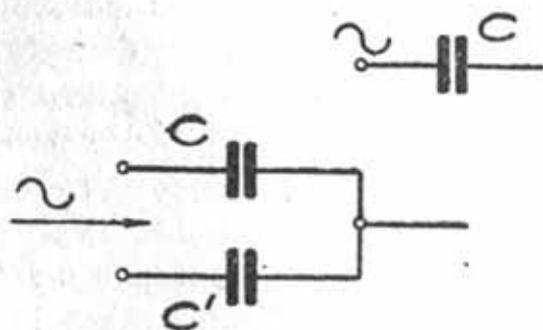
Quando in un circuito il punto  $P_1$  è messo a terra e occorre portare una corrente continua attraverso l'induttanza e il punto  $P$ , occorre spezzare il collegamento fra induttanza e condensatore variabile e inserire nello stesso posto un condensatore  $C$  di capacità non minore di 10 000 pF.



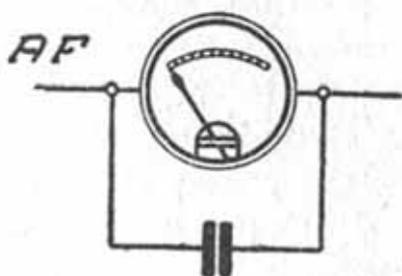
Per rendere minore la gamma di variazione di un condensatore variabile unito ad un'induttanza si può aumentare ad arte la sua capacità residua inserendo in parallelo un condensatore fisso C di adatto valore.



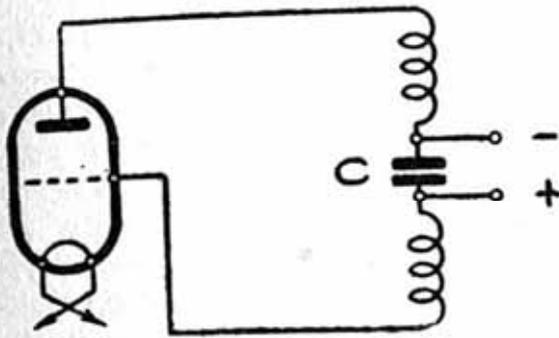
Per ottenere le migliori condizioni di funzionamento senza ricorrere ad antenne di caratteristiche ben definite si possono usare condensatori fissi di adatta capacità in serie alle antenne stesse: a seconda della lunghezza si useranno capacità da 50 a 1000 pF.



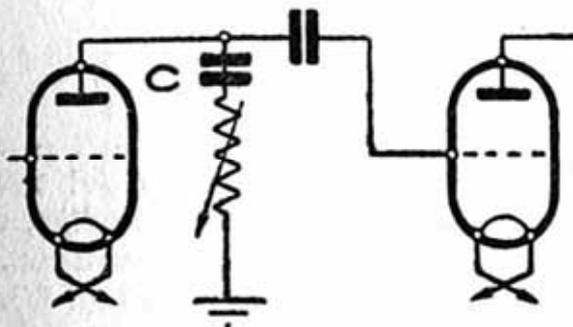
L'applicazione precedente che isola completamente l'apparecchio dall'antenna è largamente sfruttata per avere come aereo la linea della luce elettrica. Uno o ambedue i fili possono essere usati con uno o due condensatori come è mostrato qui accanto: le capacità variano da 50 a 500 pF a seconda delle frequenze da ricevere.



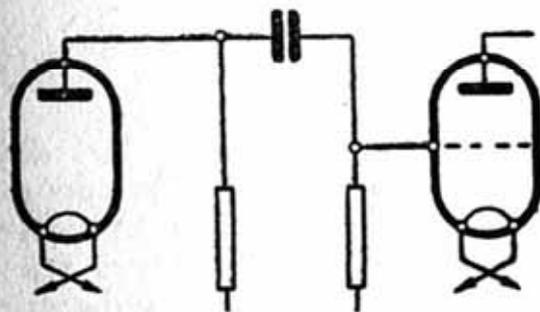
Quando si usano strumenti di misura in circuiti che sono anche percorsi da correnti AF è bene porre in derivazione a questi dei condensatori fissi di capacità dell'ordine di 10 000 pF.



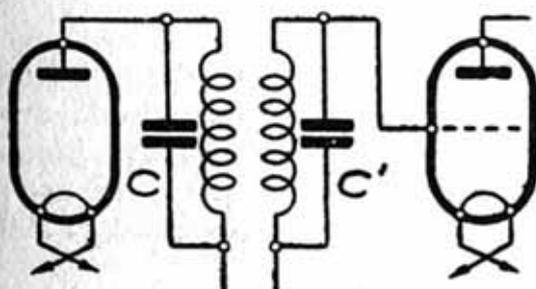
Nei circuiti oscillatori occorre sempre rendersi indipendenti dalla alimentazione anodica inserendo nel circuito un condensatore fisso  $C$  di capacità compresa fra 5000 e 10 000 pF. Il circuito a lato è uno dei tanti realizzati in pratica.



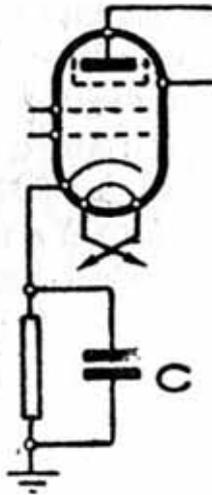
Per regolare il tono musicale di un ricevitore basta inserire in un punto del circuito (p. es. sulla placca del detector) un condensatore  $C$  in serie con una resistenza variabile. La capacità più adatta varia da 5000 a 10 000 pF.



Quando è necessaria una traslazione molto fedele fra due circuiti oppure semplicemente si richiede una economia costruttiva, si usa il sistema detto a resistenza e capacità. Il condensatore fisso  $C$  ha una capacità di circa 20 000 pF per la gamma acustica.



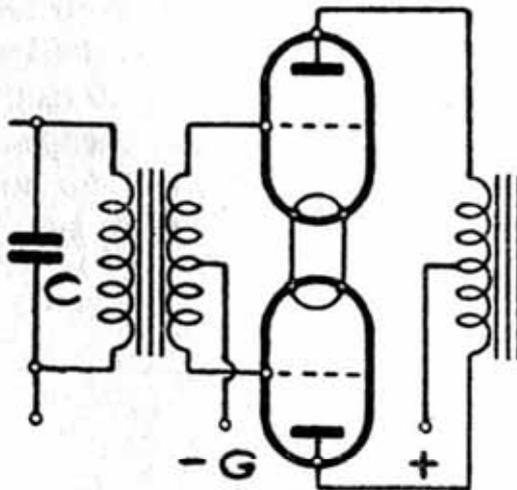
Per ottenere dei circuiti traslatori a bande molto strette e di grande stabilità possono costruirsi induttanze identiche che portino, in derivazione, capacità pure identiche. Variando l'accoppiamento elettromagnetico, si ottiene poi la banda desiderata.



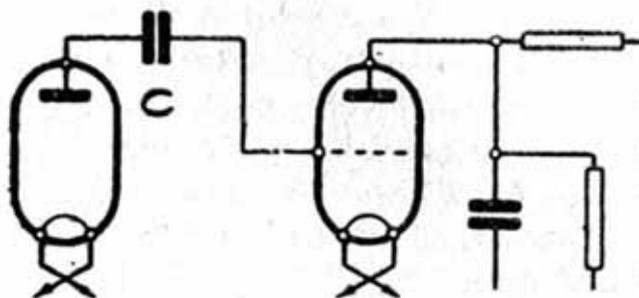
In derivazione alle resistenze che servono a fornire automaticamente la tensione ai catodi delle valvole a corrente alternata è necessario porre una capacità  $C$  per il passaggio dell'AF. Una capacità a mica da 10 000 pF è indispensabile nella ricezione di onde corte ed è equivalente ad una capacità alquanto superiore a carta per le onde medie. Questa capacità per BF raggiunge valori fino a 10 pF con condensatori elettrolitici.



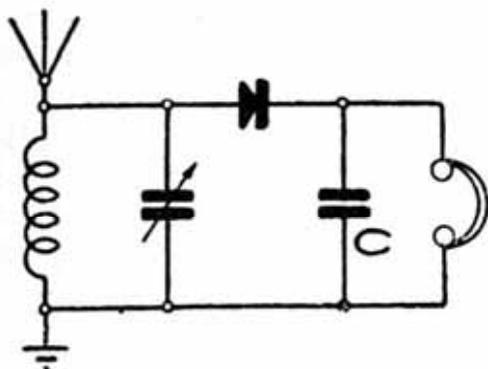
Per evitare gli accoppiamenti parassitari, le griglie schermo dei tetodi e pentodi vanno, immediatamente all'uscita, messe a terra attraverso adatte capacità di fuga. Un valore di 10 000 pF è sufficiente nella maggioranza dei casi ed è indispensabile per la ricezione di onde corte.



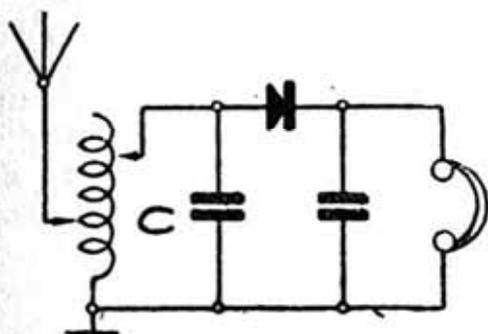
Sui primari o sui secondari dei trasformatori in BF l'inserzione di condensatori fissi a mica in derivazione sull'ingresso ha spesso reale importanza sia per stabilizzare che per rendere più armonioso il tono musicale e della voce.



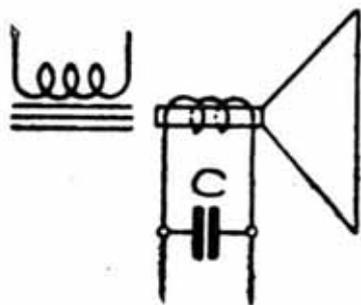
Nei sistemi a regolazione automatica del volume con valvole separate si usa spesso collegare placca e griglia attraverso un condensatore. La capacità è dell'ordine di 500 pF.



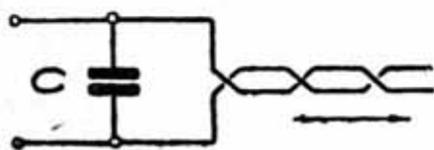
Nei circuiti ricevitori a cristallo è indispensabile inserire in derivazione sulla cuffia telefonica un condensatore a mica di circa 2000 pF.



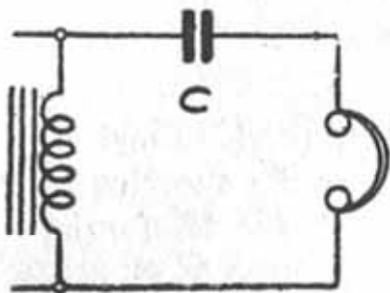
Nei circuiti a cristallo destinati a ricevere la sola locale è possibile la sintonia a mezzo di un condensatore fisso  $C$  di adatta capacità anziché di un variabile come alla figura precedente. L'induttanza si varia per tentativi.



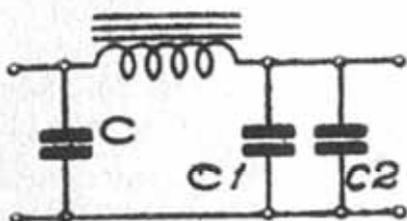
Negli altoparlanti elettrodinamici occorre inserire in derivazione alla bobina mobile un condensatore fisso da 10 ÷ 20 mila pF per migliorare la riproduzione.



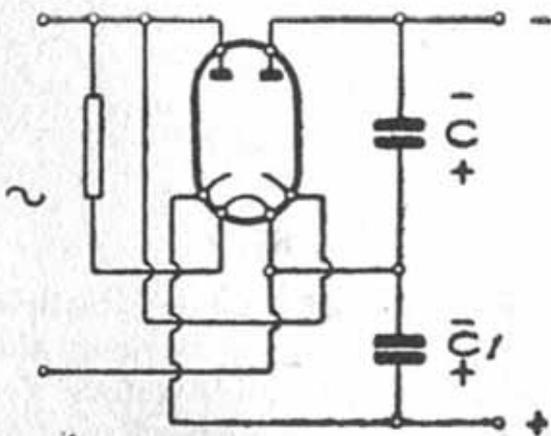
Quando occorre portare lontano un conduttore collegato ad un complesso a grande amplificazione è bene inserire all'uscita dell'apparecchio un condensatore fisso  $C$  di adatta capacità.



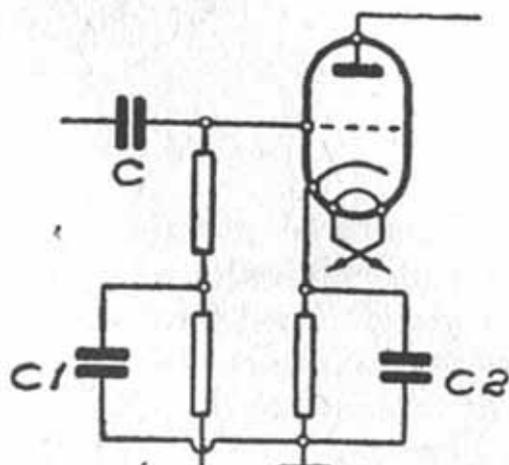
Per impedire che la corrente anodica percorrendo i ricevitori telefonici riesca nociva occorre usare un complesso condensatore-impendenza come alla figura qui accanto. La capacità  $C$  non deve essere inferiore a 10 000 pF. Così dicasi per tutti gli altoparlanti polarizzati.



Nei circuiti alimentatori si usa disporre prima e dopo l'induttanza un condensatore a forte capacità dell'ordine di 8  $\mu$ F e del tipo elettrolitico;  $C_1$  può essere, con vantaggio della riproduzione, 16  $\mu$ F. Il condensatore  $C_2$  è del tipo a mica da 1000 pF che è opportunamente disposto per eliminare le frequenze elevate.



Nel circuito doppiatore è molto importante la disposizione delle capacità di filtro.  $C$  e  $C_1$  sono uguali e dell'ordine degli 8 sino a 16  $\mu$ F.

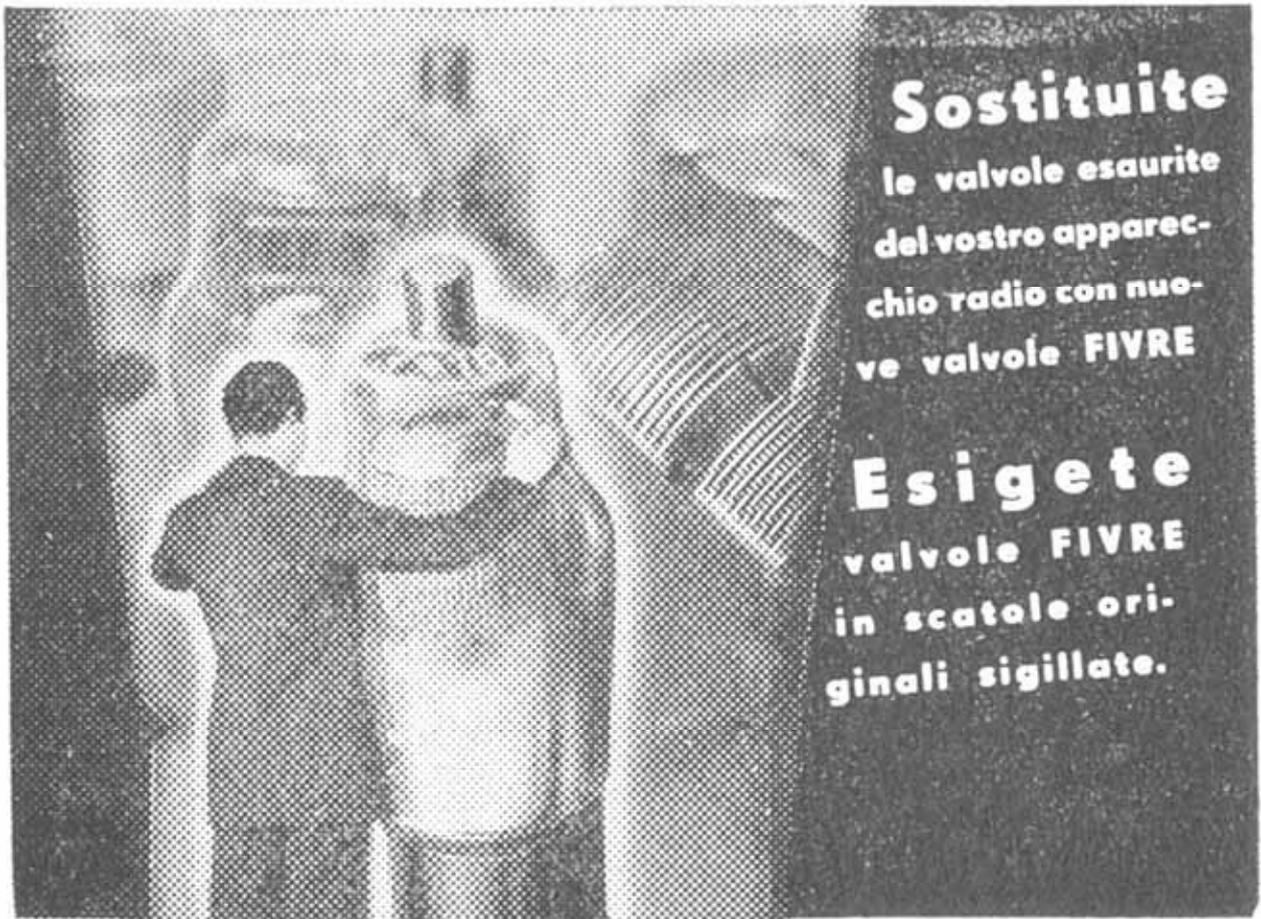


La figura a lato riassume l'uso dei vari condensatori fissi intorno ad una valvola:  $C$  di accoppiamento sino a 20 000 pF;  $C_1$  di disaccoppiamento 0,1  $\mu$ F;  $C_2$  di fuga sino a 500 pF per onde corte, sino a 10 ÷ 30  $\mu$ F per BF.

## Cap. IV

### **LE INDUTTANZE E I TRASFOR- MATORI DI AF E MF**

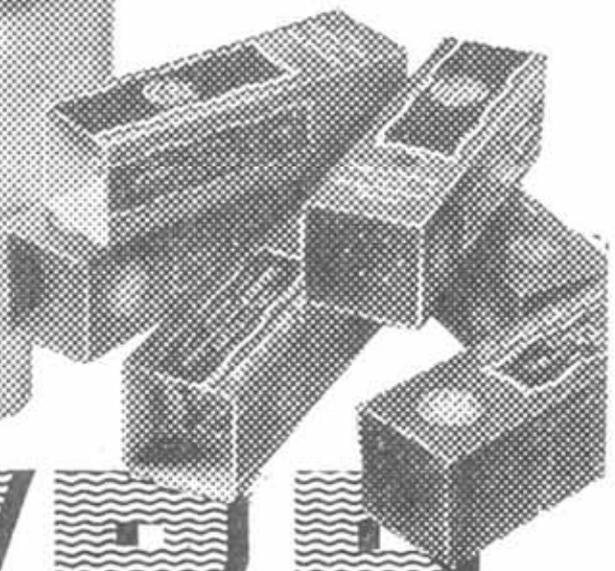
- a) Generalità - b) Tipi e applicazioni**
- c) Caratteristiche**



Muratore

**Sostituite**  
le valvole esaurite  
del vostro apparec-  
chio radio con nuo-  
ve valvole FIVRE

**Esigete**  
valvole FIVRE  
in scatole ori-  
ginali sigillate.



**FIVRE**  
LA RADIOTRON ITALIANA

**Agenzia esclusiva: Compagnia Generale Radiofonica S. A.  
Milano - Piazza Bertarelli numero 1**

### a) Generalità

La bobina di induttanza (o di self) o semplicemente l'induttanza è un elemento fondamentale dei circuiti per correnti oscillanti; essa come tale entra nella composizione di circuiti oscillatori di frequenza propria (o circuiti di risonanza), in unione con una capacità fissa o regolabile.

L'induttanza o coefficiente di autoinduzione entra in gioco nella classica formula di Thomson per la determinazione del periodo proprio ( $T$ ) di risonanza:

$$T = 2 \pi \sqrt{L \cdot C}$$

da cui deriva:

$$\lambda = 1885 \sqrt{L \cdot C}$$

in cui  $T$  è il periodo proprio dell'oscillazione in milionesimi di secondo di un circuito costituito di un'induttanza  $L$  misurata in microhenry e di capacità  $C$  misurata in microfarad. Nella seconda formula  $\lambda$  è in metri. Queste espressioni si riferiscono a un circuito in cui la resistenza è considerata trascurabile.

Il ruolo sostenuto dall'induttanza nei circuiti radio oltre quello della formazione di elementi con propria risonanza (accordati o accordabili entro certi limiti di frequenza allorchè la capacità è regolabile) è quello di trasferire energia per influenza elettromagnetica verso un secondario opportunamente dimensionato. Se si volesse definire le induttanze da un punto di vista elettrico si dovrebbe dire che esse consistono in tratti di circuito in cui si localizzano opportunamente degli elevati valori del coefficiente di autoinduzione e tale quindi che in esse si può immagazzinare energia magnetica.

Questi organi sono praticamente costituiti da bobine le quali derivano dal classico solenoide. In essi il circuito magnetico può essere in aria o in agglomerati di ferro: si distingue:

- l'avvolgimento;
- il supporto;
- il circuito magnetico.

L'avvolgimento è costituito di filo conduttore o di treccia isolata a smalto, in cotone, in seta, semplici o laccati; le spire possono essere serrate a uno o più strati o disposte in altro modo (come a « nido d'ape » o « a fondo di panier »). Il supporto è un isolante più o meno pregiato a seconda delle applicazioni e delle caratteristiche da ottenere. Nei moderni ricevitori ad onde corte in cui sono in gioco elevate frequenze, la scelta del materiale di supporto è risultata sempre più della massima importanza onde eliminare le cause di perdite e di instabilità che influiscono sul comportamento finale del radioricevitore. È infatti noto che queste induttanze sono disposte nelle parti di arrivo dei segnali ricevuti, quindi le più lievi variazioni per incostanza sono esaltate dall'apparecchio medesimo, in rapporto alla sensibilità.

Il circuito magnetico può essere ad aria con permeabilità magnetica uniforme, oppure può contenere un nucleo che introduce una permeabilità disuniforme con massimi spostabili onde variare, entro certi limiti, il coefficiente di autoinduzione che serve a variare entro limiti corrispondenti il valore dell'induttanza.

L'induttanza si indica in *henry* (H) e nei suoi sottomultipli: *millihenry* (mH) e *microhenry* ( $\mu$ H) rispettivamente la millesima e la milionesima parte dell'unità C.G.S.

L'induttanza (L) si calcola in base alle caratteristiche fisiche della bobina o si misura per confronto. È proporzionale al coefficiente di permeabilità del circuito magnetico, al quadrato del numero di spire, al quadrato del raggio delle spire stesse ed inversamente proporzionale alla lunghezza della bobina. Per il calcolo vale la formula (di Nagaoka) che si scrive, per le bobine cilindriche ad uno strato:

$$L = \frac{0,0394 n^2 a^2}{l} k$$

Il valore di  $L$  risulta in  $\mu$ H allorchè  $n$  è il numero di spire aventi per raggio  $a$  in cm; la lunghezza della bobina è di  $l$  cm; il coefficiente di permeabilità  $k = 1$  per l'aria.

Il coefficiente  $k$  tende all'unità per  $a:l$  tendente a zero (per es.  $a:l = 0 - k = 1$ ;  $a:l = 0,25 - k = 0,64$ ;  $a:l = 1 - k = 0,52$ ;  $a:l = 2,5 - k = 0,32$ ;  $a:l = 50 - k = 0,035$ ).

In pratica le bobine non hanno una resistenza ohmica trascurabile e quindi non si può ragionare com'è stato fatto sopra trascurandola.

L'induttanza o coefficiente di autoinduzione va considerata in linea applicativa in rapporto alla frequenza in gioco che determina, ancora trascurando per comodità di calcolo la resistenza ohmica, una resistenza induttiva apparente: la *reattanza* ( $X$ ) che si indica con la relazione

$$X = L\omega$$

dove  $L$  è il coefficiente di autoinduzione;  $\omega$  la pulsazione costituita dal prodotto  $2\pi f$  in cui  $f$  rappresenta la frequenza in Hz.

Applicando una tensione alternativa di frequenza  $f$  su di una induttanza di coefficiente di autoinduzione  $L$ ; di resistenza ohmica  $R$  si ha una corrente che si calcola con la legge di Ohm in

$$I = \frac{E}{Z}$$

$Z$  è l'impedenza in ohm o resistenza totale effettiva alla corrente alternata dell'induttanza presa a considerare. Essa si calcola

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

dove  $R$  è la resistenza ohmica e  $X$  la già enunciata reattanza ( $L\omega$ ).

Il termine di *ammettenza* qualche volta richiamato in questi fenomeni è l'inverso di impedenza e si scrive:

$$Y = \frac{1}{Z}$$

Il coefficiente di autoinduzione, o induttanza è dunque un fattore importantissimo che si spiega come l'influenza del campo magnetico, sulle spire di una bobina, che può essere prodotto dalla corrente che fluisce nella bobina stessa.

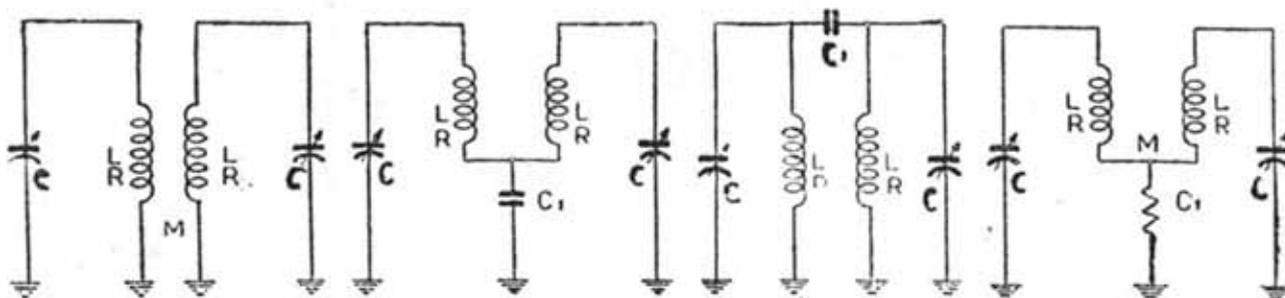
Allorchè si abbiano due circuiti o due bobine concatenate allo stesso flusso si hanno due coefficienti  $M_1$  e  $M_2$  che si dicono di *mutua induzione* il più delle volte essi sono eguali e si assume la denominazione di  $M$ .

### FILTRI DI BANDA

Richiamando il principio noto della supereterodina, è accertato che il suo vantaggio su quello ad amplificazione diretta, dipende dal fatto che basta amplificare una sola frequenza (quella intermedia), mediante un apposito amplificatore in cui è possibile accoppiare ogni organo nel miglior modo. Questo amplificatore lavora su di una sola frequenza nominale.

In realtà i circuiti, nei confronti di questa frequenza sono dei filtri passa banda, amplificando nel modo migliore la MF e una zona di 9 kHz. Si hanno dei circuiti oscillanti accordati sulla MF. Allorchè questi circuiti sono accoppiati in modo lasco, si ottiene una curva di filtro di banda molto simile a quella di risonanza; quando invece si ha un accoppiamento molto stretto, la curva di risonanza per effetto della mutua induzione presenta due sommità ai lati della frequenza intermedia.

Per ottenere una curva effettiva accettabile si assume un compromesso nell'accoppiamento, oppure si integra la curva finale con sistemi a curva con sommità acuta. In tutto ciò occorre tener conto della selettività che non va persa di vista, ben tenendo presente che la curva a sommità piana è utile alla fedeltà di riproduzione poichè deve consen-



Quattro usuali metodi di accoppiamento tra due circuiti accordati.

ture l'amplificazione efficiente, oltre che dell'onda fondamentale, di una zona di 9 kHz necessaria all'onda modulata. Ogni stazione dista in frequenza di 9 kHz dalla precedente e dalla seguente, perciò si trova nella mediana di un canale di 18 kHz di frequenza. È però da tener presente che le stazioni vicine invadono i margini di questo canale con le loro bande laterali.

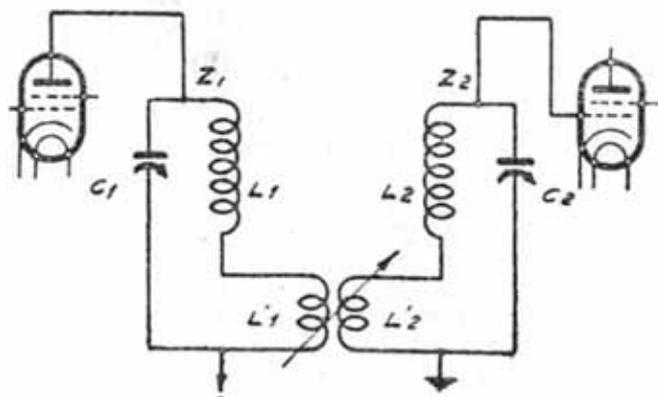
Per rispettare le esigenze della selettività occorre che la curva di risonanza abbia agli estremi dei  $\pm 4,5$  kHz un fronte ripido.

In pratica, tuttavia, ciò non si ottiene nella maniera ideale. Da qui scaturisce il concetto della selettività regolabile che consente di avere la selettività massima quando si tratta di avere il rendimento massimo, la selettività più moderata, ma con un'ampiezza di banda maggiore, allorché si voglia apprezzare con la migliore fedeltà i segnali di una emittente vicina o che perviene comunque all'antenna con rilevante potenza.

### SELETTIVITÀ VARIABILE

Il ragionamento sulla necessità del filtro di banda fatto in precedenza cade a proposito della selettività variabile. Qui sopra e in altra parte del Manuale, sono espresse le giustificazioni pratiche della selettività regolabile in rapporto alla necessità, sotto certe condizioni, di ottenere una più o meno grande estensione della gamma amplificata dall'amplificatore di MF provvisto di filtri di banda.

La estensione di questa banda o canale, è in rapporto all'accoppiamento: più è stretto l'accoppiamento, più è larga la banda amplificata. Perciò un amplificatore in cui si possa variare a piacere l'accoppiamento intervalvolare, è senz'altro un amplificatore a selettività variabile.



Un metodo comunemente usato per la selettività variabile: una porzione delle induttanze viene accoppiata in modo regolabile.

Basta dunque provvedere alla variazione regolabile con i sistemi più adatti dell'accoppiamento. Ciò si ottiene in vario modo, ma in tutti i casi sorge un problema: il maggiore accoppiamento, l'accoppiamento più stretto, portano ad un rendimento migliore proprio nei casi in cui il rendimento medesimo è meno indispensabile. Si adottano sistemi di compensazione che rendono meno spiccato il rendimento finale, oppure si provocano accoppiamenti parziali che agiscono in misura moderata nel rendimento.

La selettività variabile è regolata a mano in continuità o a scatti di determinati valori.

Può essere anche automatica.

## *b) Tipi e applicazioni*

Dalle nozioni trascritte in precedenza si arguisce come questi organi siano importantissimi e il loro preciso calcolo si presenti complesso. La pratica conferma tutto ciò.

Intanto si può riconoscere come buona parte del progresso radio-tecnico derivi da perfezionamenti sostanziali delle induttanze.

I perfezionamenti riguardano specialmente la sensibile riduzione delle perdite, la costruzione più solida e stabile, la scelta di un coefficiente di autoinduzione atto a portare la frequenza propria dell'induttanza in limiti lontani dalla gamma entro cui lavora il circuito interessato.

Oltre le induttanze semplici per la formazione di circuiti oscillanti costituiti di bobina e condensatore, si ha una varietà di esemplari di trasformatori elencati qui di seguito.

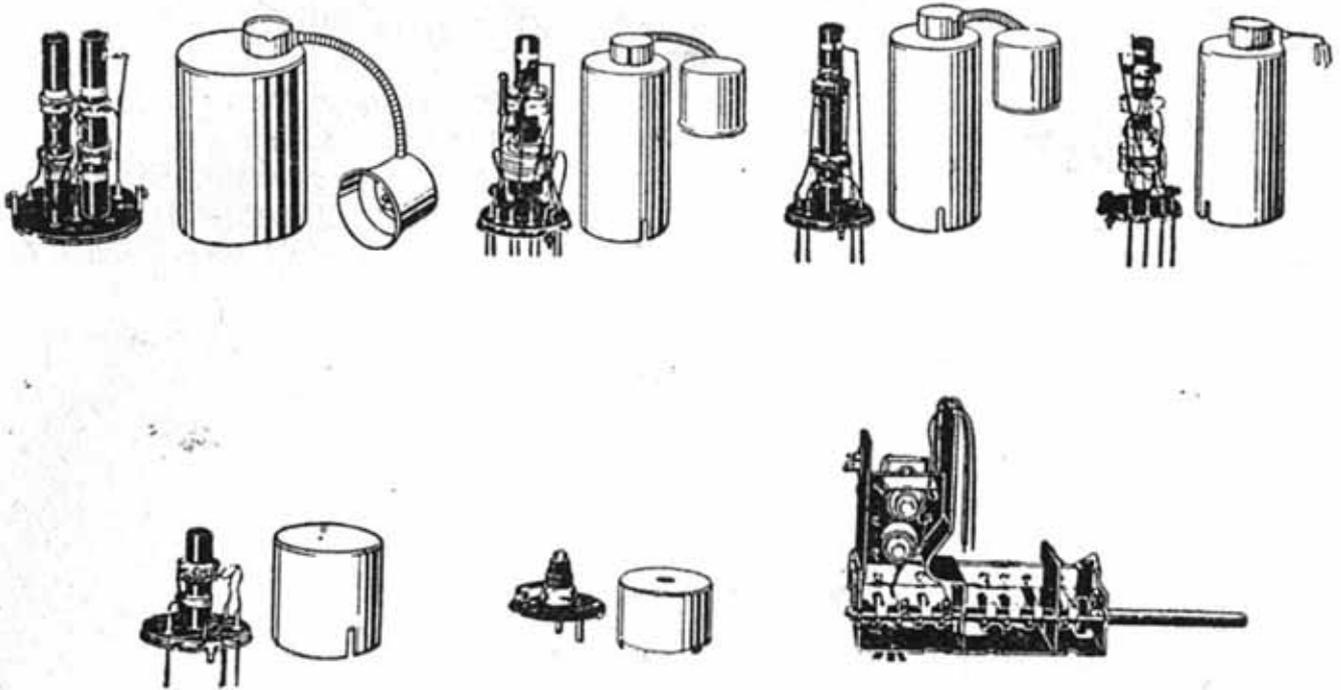
### TRASFORMATORI D'AEREO

Sono d'ordinario costituiti di due induttanze: un primario ad elevato numero di spire e di un secondario di dimensioni, numero di spire, isolamento da rendersi adatto al collegamento in derivazione con un condensatore variabile di sintonia. Negli apparecchi di basso costo ad un solo circuito di sintonia questo complesso è sostituito da un autotrasformatore con prese intermedie per l'aereo.

In caso di aerei speciali antidisturbi, sono previsti appositi trasformatori di accoppiamento per lo più bilanciati.

### INDUTTANZE DI FILTRO DI BANDA

Sono elementi di circuiti intermediari accoppiati in vari modi (per capacità, per resistenza, o con il metodo combinato, oppure in-



**Vari tipi di trasformatori, induttanze e impedenze  
insieme ai loro schermi. Un commutatore di gamma.**

duttivamente, ecc.). Essi sono sede di correnti oscillanti a frequenza dell'onda in arrivo e sono quindi disposti per costituire delle catene contenuta la scala delle frequenze musicali che trova comodo posto, in pratica, entro questi 9000 Hz.

### TRASFORMATORI INTERVALVOLARI AD ALTA FREQUENZA

Nei circuiti in cascata si dispongono dei trasformatori intervalvolari il cui primario è dimensionato in modo da ottenere un rendimento elevato o perlomeno uniforme su tutta la gamma delle frequenze richieste, il secondario è sintonizzabile.

### TRASFORMATORI CON CIRCUITO REATTIVO

È costituito generalmente di tre elementi: un primario, con secondario e una bobina per la rigenerazione. Qualche volta un trasformatore (per gli apparecchi economici) comprende primario d'aereo, secondario di sintonia e secondario di reazione.

### TRASFORMATORI PER OSCILLATORI

Comprendono un secondario sintonizzabile sulla frequenza locale, ed un primario collegato alla griglia anodica o alla placca di una valvola sovrappositrice o di una valvola oscillatrice. Un esame dei circuiti tipici può fornire idee interessanti sulla varietà di composizione e collegamento di questo componente essenziale dei circuiti a cambiamento di frequenza.

## TRASFORMATORI DI FREQUENZA INTERMEDIA

Sono costituiti di primario e secondario per lo più entrambi accordati su una determinata frequenza da 175 a 480 kHz. Tra primario e secondario esiste una distanza ottima la quale determina anche (per mutua induttanza) la banda di frequenze per ottenere una curva sin-tonia rettangolare con uno scarto di  $\pm 4,5$  kHz. Il circuito magnetico può essere in aria e uniforme oppure in agglomerati di ferro per aumentare il rendimento.

L'accoppiamento è d'ordinario induttivo, esistono possibilità di correzioni o speciali adattamenti. Nella selettività variabile varia in genere l'accoppiamento tra primari e secondari.

## INDUTTANZE E TRASFORMATORI CON NUCLEI SPECIALI

Nonostante il nucleo di ferro fosse ritenuto predominio di trasformatori di BF, in questi ultimi tempi sono stati studiati nuclei di agglomerati di ferro e di carta per aumentare la permeabilità del circuito magnetico. La tecnica si è pronunciata favorevolmente su questa innovazione e ora si costruiscono normalmente trasformatori di MF e induttanze di AF con nuclei di questo genere (ferrosite, sirufer, novaf, ferrocart, ecc.) con piena soddisfazione dei tecnici.

## GRUPPI DI INDUTTANZE PER AF

Sotto il nome di « cervello », « cuore » o altri termini più o meno pittoreschi si indicano complessi di bobine di aereo, accoppiamento ed eterodina, che, raggruppate costruttivamente in un blocco o in una corona, rendono facile la manovra di passaggio da una gamma all'altra che consiste nell'escludere o includere porzioni di induttanze unitamente alla inserzione o esclusione di porzioni di condensatori.

Una brillante risoluzione del problema del cambiamento di gamma è quella sviluppata da I. Filippa con i suoi noti brevetti Esogamma e Multigamma che consentono la immediata sostituzione, nel circuito, delle induttanze adatte.

## IMPEDENZE PER AF E MF

Trattasi di avvolgimenti di induttività piuttosto elevata (ottenuta da un forte numero di spire) e tale da presentare opposizione al passaggio dell'alta o della media frequenza in circuiti dove queste non debbono transitare. Sono generalmente costituiti di spire avvolte in modo speciale per evitare una grande capacità residua che frusterebbe la loro efficacia di separatori.

Sono anche impiegate come induttanze di carico (in luogo di analoghe resistenze) nei circuiti anodici degli stadi intervalvolari di AF.

Possono essere avvolte in filo di rame o in filo di resistenza per ottenere un valore elevato dell'impedenza.

### c) *Caratteristiche delle induttanze*

*Dimensioni e forma.* Le dimensioni fisiche e la forma — posto che praticamente esiste una larga varietà di induttanze — debbono indicarsi per prime. È utile chiarire se esiste un nucleo speciale, e indicare la forma e le dimensioni dello schermo esterno. Infatti i trasformatori e le induttanze sono racchiusi entro scatole o settori metallici per evitare ogni reciproca influenza con gli organi presso cui sono destinati ad esser montati.

È opportuno indicare il tipo, il diametro, l'isolamento e la disposizione del filo dell'avvolgimento, il tipo dell'isolante di supporto. Nella disposizione di cui sopra si vuol intendere anche lo schema della bobina o del trasformatore.

*Induttanza.* Un valore da indicare è il *coefficiente di autoinduzione*  $L$ , definito nel paragrafo a); esso va espresso in microhenry o in millihenry. Serve a determinare la risonanza propria della bobina perchè essa sia disposta fuori della gamma di lavoro cui è destinata (di solito molto più in basso), serve anche a determinare l'esplorazione della gamma utile, per esempio, in unione con un condensatore variabile entro dati prestabiliti della capacità (massima e minima).

*Perdita nel rame.* Le perdite nel rame dipendono dalle caratteristiche fisiche del conduttore impiegato e dagli effetti pellicolari dell'AF che tende a portarsi alla superficie, sicchè l'impiego di treccie composte di fili molto sottili e bene isolati migliora l'efficienza della bobina.

*Perdite dielettriche.* Dipendono dalla capacità parassita della bobina in rapporto al metodo di avvolgimento, e dalla qualità di materiale impiegato per il supporto. Può influire il metodo e il materiale di isolamento del conduttore, in modo sensibile.

*Perdite nel ferro.* Nelle bobine con nuclei speciali si ha un tipo di perdita che dipende dalla costituzione degli agglomerati che formano questi nuclei. Le particelle in ferro di essi debbono avere un ottimo isolamento per ridurre al minimo le correnti di Foucault.

*Costanza di taratura.* In molti casi è necessario che il valore dell'induttanza sia molto preciso e si mantenga tale nel tempo. L'impiego dei nuclei speciali porta inevitabilmente variazioni in rapporto alla stagionatura ed alla temperatura ambiente. Esse debbono essere contenute entro certi limiti, e corrette nel caso della variazione nel tempo.

*Variazioni di permeabilità.* Sono dovute al fatto che le bobine subiscono una magnetizzazione dovuta alla corrente continua che fluisce nell'avvolgimento. Questa corrente, come capita nelle induttanze di filtro con nuclei lamellati, dà la cosiddetta *permeabilità differenziale* che è minore di quella della bobina senza corrente di riposo.

*Bontà.* Una bobina comunque essa sia realizzata, deve avere le perdite ridotte al minimo. La bontà complessiva della bobina si indica con la determinazione del *coefficiente Q*, che è l'inverso della *tangente  $\beta$* , detta anche decremento. Una bobina è tanto migliore quanto minore è il decremento. Quest'ultimo è il rapporto tra la resistenza totale in AF' e la reattanza.

### NUCLEI DI FERRO PER AF'

Le moderne radiocostruzioni si orientano verso l'impiego di bobine per AF' e MF' con nuclei in agglomerati di ferro, costituiti di corpi opportunamente dimensionati ricavati da un miscuglio di ferro diviso in particelle minutissime e un supporto in materiale isolante che, lavorato sotto pressione, dà appunto i nuclei secondo le forme prestabilite. L'orientamento verso questo tipo di costruzione è giustificato dal fatto che le bobine pur presentandosi più costose di quelle normali in aria, offrono le caratteristiche che si riassumono qui di seguito:

- 1) maggiore efficienza, rendimento migliore dei trasformatori;
- 2) dimensioni molto più ridotte;
- 3) limitato numero di spire a parità di induttanza;
- 4) facilità di taratura entro ampi limiti  $\pm 10\%$  con il semplice spostamento del nucleo senza pregiudicare il rendimento;
- 5) maggiore precisione di taratura (almeno in partenza);
- 6) possibilità di impiego in tutti i punti dello schema elettrico, AF, MF, oscillatori, ecc.;
- 7) flusso disperso minimo con conseguente riduzione delle dimensioni dello schermo esterno: quindi facilità di montaggio e disposizione nel telaio;
- 8) realizzazione di buoni filtri di banda per le MF' e le AF'.

Per una agevole regolazione questi nuclei si attuano a vite in modo che il loro spostamento entro i nuclei cilindrici dei trasformatori è fatto in modo graduale e senza possibilità di spontanee modificazioni della posizione imposta dalla taratura. In qualche caso il nucleo stesso fa da supporto alla bobina.

### NOTA SUL COEFFICIENTE « Q »

La conoscenza del *fattore di merito « Q »*, chiamato anche *coefficiente di risonanza*, ha un'importanza fondamentale nello studio e nel calcolo dei circuiti.

Dal suo valore dipendono infatti la *sensibilità* e la *selettività* di

uno stadio amplificatore e perciò di tutto un ricevitore; sono quindi giustificati gli sforzi fatti da tecnici e progettisti di apparecchi radio per ottenere dai circuiti oscillatori il valore più elevato possibile del fattore di merito.

Tale fattore dipende dalle costanti del circuito oscillatorio ossia dalla induttanza, dalla capacità e dalla resistenza ad alta frequenza, ciò è indicato dalle formule che lo esprimono:

$$Q = \frac{\omega L}{R} \quad \text{e} \quad Q = \frac{1}{\omega CR}$$

dove  $\omega = 2\pi f$ ;  $L$  = induttanza in henry;  $R$  = resistenza in ohm;  $C$  = capacità in farad. La prima formula è relativa ad induttanze; la seconda a condensatori. Di solito si pratica la misura diretta del coefficiente  $Q$  e la misura diretta dell'induttanza si possono rilevare i seguenti dati indiretti:

- 1) la resistenza in alta frequenza, ottenuta applicando la formula:

$$R = \frac{\omega L}{Q};$$

- 2) la tangente dell'angolo di perdita espressa da

$$\text{tag } \delta = \frac{1}{Q};$$

- 3) misura dell'angolo di perdita dei condensatori;

- 4) misura del coefficiente di mutua induzione fra due circuiti e del loro fattore di accoppiamento.

Si possono inoltre risolvere i numerosi problemi che si presentano spesso al progettista o al ricercatore, quali:

- a) ricerca del tipo di conduttore (sezione ed isolamento) e del migliore fattore di forma di una bobina. Inoltre si possono determinare le perdite del supporto; l'influenza degli schermi su le induttanze e sul rendimento;

- b) studio delle proprietà isolanti e della costante dielettrica di un dielettrico in alta frequenza e per diverse frequenze. Determinazione della tangente  $\delta$  di condensatori, cavi schermati, supporti, ecc.;

- c) studio del comportamento delle resistenze e potenziometri a grafite, colloidali, ecc. alle alte frequenze;

- d) ricerca del rapporto ottimo fra una data induttanza ed una

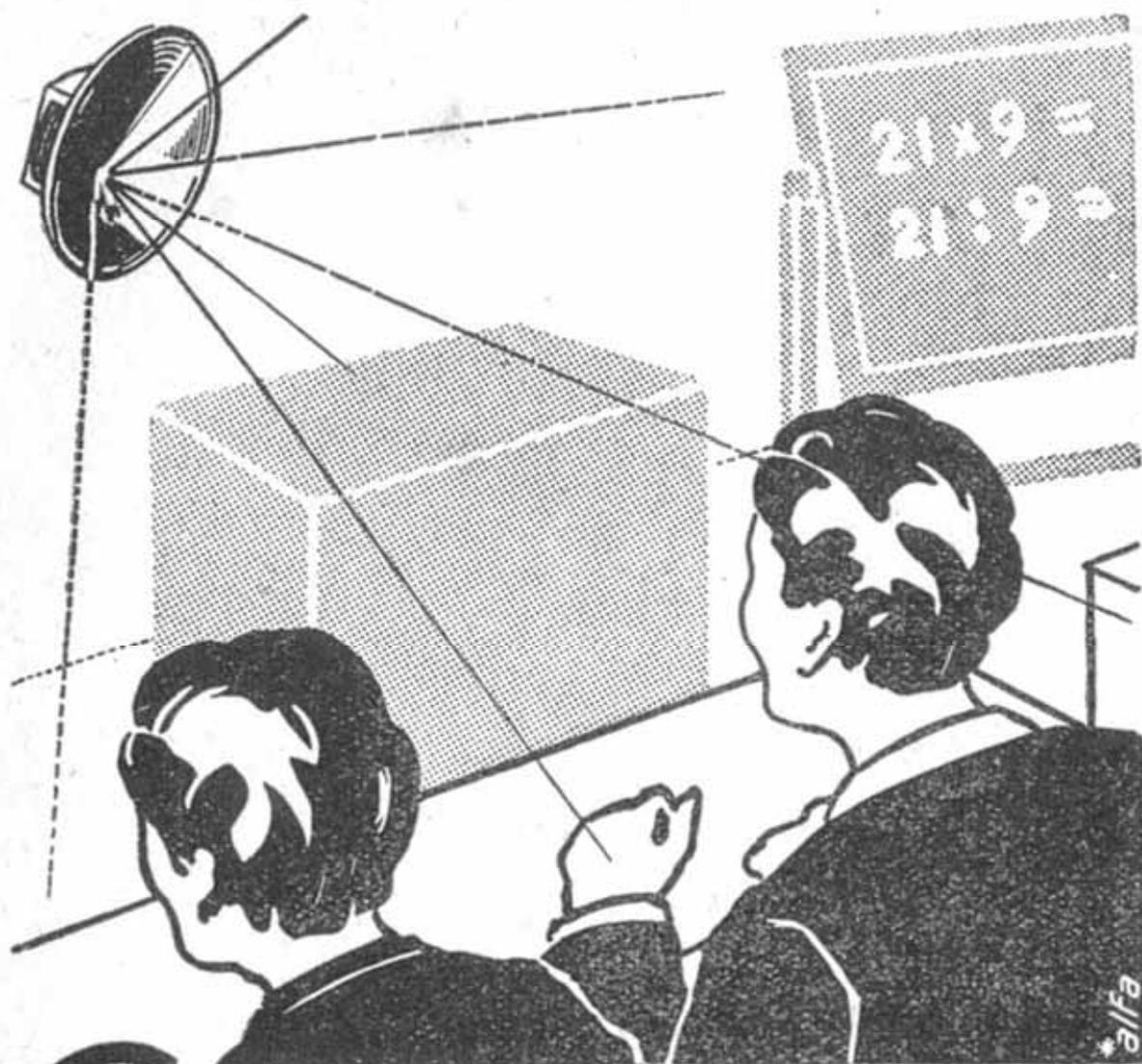
data capacità. Determinazione del rapporto  $\frac{L}{CR}$ ;

- e) rilievo di curve di risonanza.

## Cap. V

### **LE RESISTENZE ELETTRICHE E LE IMPEDENZE**

- a) Generalità - b) Resistenze  
fisse - c) Resistenze regolabili*
- d) Impedenze*



# CONDOLOT

IMPIANTI RADIO  
CENTRALIZZATI  
PER SCUOLE •

CHIEDERE LISTINO "SCUOLE" E PREVENTIVI

**DOTT. ING. GIUSEPPE GALLO**  
MILANO - VIA P. LAMBERTENGHI 8 - TEL. 691-020

a) *Generalità*

Un capitolo sulle *resistenze* e le *impedenze* è giustificato dall'importanza che hanno questi componenti nella costruzione dei radio-ricevitori e degli amplificatori. Le caratteristiche loro debbono essere rigorosamente attuate ed accertate per garantire la massima regolarità di funzionamento per un tempo lungo il più possibile.

Quali prodotti industriali, le resistenze e le impedenze sottostanno alle leggi gravose dell'*economia di costo*, del *minimo ingombro*; ma debbono soprattutto rispondere ai canoni della massima *regolarità* in funzionamento e della maggior *durata* senza subire apprezzabili modificazioni dei valori caratteristici e senza presentare troppo rapidamente fenomeni di invecchiamento o di distruzione.

Sono stati concretati metodi di prova e di collaudo assai rigorosi specie per le resistenze fisse, onde garantire una costanza della produzione e fornire componenti che rispondano in pieno allo scopo purchè il loro impiego si svolga entro carichi ammessi.

L'ufficio di una resistenza è quello di provocare una caduta di tensione in rapporto alla nota *Legge di Ohm*. Ciò è dovuto al fatto che ogni passaggio di corrente  $I$  in una resistenza  $R$  provoca una caduta di tensione di:

$$V = R.I$$

( $V$  in volt;  $R$  in ohm;  $I$  in ampere)

La *divisione* della tensione a mezzo di *potenziometri* costituisce un caso particolare di questa caduta di tensione e secondo regole più complesse dei circuiti in serie e derivati.

Quanto sopra, se si hanno resistenze prive di induttività, vale per l'applicazione di tensioni continue o di tensioni alternate, riguardando queste ultime specialmente le impedenze.

Sono d'ordinario definite *impedenze* delle induttanze che sono impiegate come resistenze induttive in circuiti sottoposti a tensioni alternate. A queste presentano una *impedenza* (o *resistenza totale*) che

deriva dalla *resistenza ohmica* in unione alla *reattanza* o *resistenza apparente* (V. cap. IV).

Si hanno dunque:

- resistenze fisse (con o senza prese intermedie);
- resistenze regolabili (reostati, potenziometri, ecc.);
- impedenze (di accoppiamento e di arresto).

## b) *Le resistenze fisse*

Si hanno due tipi di resistenze fisse:

- a) chimici ad agglomerati colloidali in pasta od in superficie;
- b) in filo di lega speciale in smalto oppure senza, normali o privi di autoinduzione.

Alcuni hanno il corpo con una incisione a spirale: ciò serve ad allungare il percorso della corrente e ad aumentare il valore ohmico (con un certo pregiudizio del carico).

In genere ciò è calcolato in modo che non ne soffra il potere dissipativo della resistenza. Delle seconde si fa uso per carichi un po' più forti e per i casi in cui interessi una maggiore precisione. L'esecuzione può essere un avvolgimento su supporto di porcellana e ricoperto di smalto protettivo; oppure una spirale su corda di amianto che a sua volta si avvolge su cilindri di caolino; infine in rocchetti con avvolgimento nei due sensi (andata e ritorno) per compensare gli effetti induttivi.

Per definire una resistenza non basta indicarne la *resistenza in ohm* o *valore ohmico*; occorre anche indicare la *potenza di dissipazione* e quindi il *carico*. E' opportuno indicare anche la tolleranza sul valore ohmico nominale.

Una resistenza  $R$  attraversata da una corrente elettrica  $I$  provoca una caduta di tensione  $R.I$  ed una perdita in watt

$$W = R.I^2 \text{ dove } I = \frac{V}{R}$$

Questa perdita in watt si trasforma in calore (1 Wh = 0,864 calorie).

Occorre che una determinata resistenza venga sottoposta a quel carico secondo cui la *perdita in watt* non la porti a temperature pericolose, o tali da cambiarne le caratteristiche o distruggerla.

La possibilità di sopportare un certo carico in watt, dipende dal *potere dissipativo* della resistenza (area di radiazione, distribuzione uniforme del calore, colore della superficie radiante, condizioni d'am-

biente, ecc.). In ogni modo le resistenze si denominano con il loro valore ohmico e con il carico in watt (0,5 — 1 — 2 watt che possono essere considerati massimi o normali a seconda di quanto è prescritto).

Il carico non è meno importante del valore ohmico perchè determina l'intensità limite alla quale si deve sottoporre ogni resistenza.

Le resistenze per alti carichi sono per lo più in filo, per carichi bassi, in grafite e relativi impasti depositati su appositi supporti in caolino o vetro speciale, oppure in agglomerati.

### ALCUNE NORME DI COLLAUDO ELETTRICO

Valgono per resistenze del tipo colloidale o metallizzato, a strati sottilissimi conduttori, o a masse semiconduttrici compresse, in bastoncini e simili.

All'esame deve essere sottoposta una percentuale delle resistenze.

*Il valore ohmico.* Su ciascuna resistenza deve essere indicato il valore ohmico e il carico in watt: è raccomandato di indicare anche la tolleranza sul valore ohmico nominale.

Il valore ohmico può essere contrassegnato a mezzo di stampigliatura oppure a mezzo del codice internazionale (R.M.A.) a colori. La misura del valore ohmico deve essere fatta preferibilmente con metodo del volt-ampermetro; la tensione applicata dovrebbe essere dell'ordine di quella corrispondente al carico nominale

$$V = \sqrt{RW}$$

Le misure di resistenza, eseguite con la corrente circolante in sensi opposti, non debbono differire di più del 0,5 %, e cioè debbono essere nei limiti di errore delle misure correnti: differenze maggiori denotano fenomeni anormali di elettrolisi i quali possono provocare la instabilità di caratteristiche nelle resistenze.

Le misure vengono eseguite in ambiente a temperatura 25° C e con umidità relativa del 50 %.

*La prova di stabilità.* Questa prova detta a carico normale viene eseguita applicando alla resistenza la tensione corrispondente al carico nominale ed eseguendo la misura del valore ohmico ogni 24 ore.

Alla fine di 500 ore questo valore non deve essere variato di oltre il 5 %.

*La dissipazione.* La dissipazione nel carico nominale deve avvenire senza che la temperatura della resistenza nel funzionamento a regime, superi quella dell'ambiente di oltre 50° C.

*Il sovraccarico.* Resistenze fino a 125000 ohm, sottoposte ad un sovraccarico del 100 % per non meno di 5 giorni, non debbono subire variazioni di oltre il 10 % sul valore ohmico iniziale. Questa variazione dà un indice della stabilità e della durata della resistenza.

Il valore ohmico misurato sulla stessa resistenza dopo 5 minuti di

applicazione di un carico metà del nominale, non deve differire di più del 10 % da quello misurato dopo 5 minuti di applicazione di un sovraccarico del 100 %.

La variazione del valore ohmico misurata in queste condizioni è un indice del coefficiente di tensione e del coefficiente di temperatura della resistenza in esame.

Le resistenze di valore ohmico superiore ai 125000 ohm, cui sia applicata una tensione continua di 500 V per 5 giorni consecutivi, non debbono dare luogo a variazioni del valore ohmico di più del 10 %.

La ragione della distinzione fra resistenze di valore ohmico inferiore a 125000 ohm da quelle di valore ohmico superiore è giustificata, nel campo delle prove di sovraccarico, dal non volere applicare tensioni troppo elevate ai capi delle resistenze.

D'altra parte nei ricevitori non superano di regola i 500 volt.

*La stabilità.* Il valore ohmico di una resistenza non deve subire in modo sensibile gli effetti delle varie condizioni di ambiente.

Resistenze mantenute in termostato per 5 giorni a 40° C e a 96 % di umidità relativa non debbono dare variazioni maggiori del 5 % per resistenze cariche e scariche.

*La rumorosità.* La rumorosità delle resistenze è prodotta dalle discontinuità del passaggio della corrente, dovute alla eterogeneità dello strato conduttore, da cattivi contatti alle estremità e da deficiente isolamento.

Questa rumorosità può venire facilmente messa in evidenza sottoponendo la resistenza al carico nominale (per resistenze di valore superiore a 500000 ohm la tensione applicata rimane di 500 volt) ed esaltando la componente variabile della corrente provocata dalla rumorosità della resistenza stessa, a mezzo di un opportuno amplificatore. Resistenze rumorose contribuiscono ad aumentare notevolmente il « fruscio di fondo » dei ricevitori il quale può essere molto accentuato negli apparecchi per altre cause.

La tensione per caricare la resistenza in prova al carico nominale viene data da una batteria di accumulatori.

L'amplificatore ha in entrata un trasformatore il cui primario ha due prese: quella in basso serve per i valori ohmici al di sotto di 20000 ohm, quella in alto per i valori superiori. L'amplificatore ha una caratteristica di frequenza lineare da 30 a 10000 periodi al secondo e con amplificazione totale di circa 10 mila.

All'uscita dell'amplificatore vi è un altoparlante il quale può essere a mezzo di un commutatore sostituito per misure quantitative con un voltmetro termoionico o un oscillografo.

*L'assenza di induttività.* Le resistenze debbono risultare praticamente prive di induttanza e capacità distribuite: il « fattore di frequenza » deve pure risultare praticamente nullo.

## LE CARATTERISTICHE MECCANICHE

I conduttori per il collegamento della resistenza al circuito debbono essere fissati in modo sicuro sia elettricamente che meccanicamente. I fili debbono essere stagnati a caldo o argentati.

La prova di scuotimento viene effettuata ponendo dieci resistenze in una cassetta metallica a cui sono impresse 30 oscillazioni al secondo nella direzione di una diagonale del fondo della cassetta; l'ampiezza di oscillazione è di circa 10 cm.

Una prova di scuotimento dura 2 minuti. Dalle resistenze da provare vengono preventivamente tolti l'eventuale involucro di protezione, come pure le eventuali estremità dei fili oppure fascette.

Le resistenze così provate non debbono subire variazioni nel valore ohmico di più dell'1 %.

## LE RESISTENZE A FILO, LACCATE E SMALTATE

Per carichi maggiori il radiotecnico ha a disposizione tutta la serie delle resistenze e partitori a filo laccati che possono raggiungere temperature di funzionamento a regime di 120° C.

Per carichi unitari anche maggiori e per servizi particolarmente gravi e delicati, come per esempio, le resistenze di griglia dei trasmettitori sono indicate le resistenze a filo smaltato le quali possono raggiungere temperature di funzionamento a regime di oltre 500° C.

Le dimensioni di queste resistenze sono molto maggiori delle usuali a cartucce; naturalmente il carico totale e la potenza di dissipazione aumentano notevolmente, sia per la maggiore superficie di raffreddamento, sia per la protezione alle ossidazioni data dalle lacche e dagli smalti.

In commercio si ha un cordoncino di resistenza costituito di un'anima in seta o in amianto chimicamente neutro (per carichi maggiori) su cui è avvolto con sottilissima spirale, un filo di resistenza.

Si hanno valori di resistenza che si misurano in ohm per metro di cordoncino. A titolo informativo, si distinguono:

— cordoncini con anima in seta per piccoli carichi con valori da 200 sino a 1000000  $\Omega$ /m;

— cordoncini con anima in amianto per medi carichi con valori da 2 sino a 15000  $\Omega$ /m;

— cordoncini per forti carichi con anima in amianto con valori da 25 a 1300  $\Omega$ /m con carichi normali da 800 a 170 mA.

Quest'ultimo tipo che si presta bene per applicazioni radioelettriche è anche indicato per apparecchi elettrotermici.

## APPUNTI SULLA SCELTA E L'IMPIEGO DELLE RESISTENZE FISSE

La spirale di adattamento del valore ohmico deve apparire su tutta la lunghezza della resistenza, poichè il carico grava principalmente sulla parte spiralizzata.

Una resistenza ad esempio atta a dissipare 1 W senza spirale, facilmente brucia se spiralizzata per metà della sua lunghezza, essendo buona parte del carico gravato sulla superficie spiralizzata, che in questo caso è molto ridotta.

La temperatura nei contatti laterali non deve superare quella della parte centrale; questo fenomeno è indizio di resistenze eccessive di contatto che conducono ad una rapida bruciatura sotto i contatti stessi.

La temperatura che una resistenza può raggiungere a regime dipende dall'uso (condizioni ambientali) e secondo le qualità della resistenza stessa.

In posizioni speciali, come ad esempio in vicinanza di condensatori a cartuccia, od altri elementi, può riscontrarsi la necessità di adoperare resistenze destinate a carichi più elevati dei normali per evitare sia pur piccole sopraelevazioni di temperatura; viceversa per i casi in cui non esistono condizioni speciali.

Alcune resistenze chimiche del commercio sopportano temperature sino a 120° C, sarebbe quindi inutile spreco di materiale non tollerare temperature più basse, quando come sopra detto, il posto dove è installata la resistenza, lo consenta.

La prova di stabilità può essere ridotta al minimo tempo possibile. Le buone resistenze chimiche, sono completamente stabilizzate dopo 50 ore, si può fare la seguente prova:

Controllo in partenza;

Controllo dopo 24, 48, 60, 70, 80, 100 ore.

Se si osserva che la variazione massima dopo le 48 ore va verso la stabilizzazione a 60, 70, 80 ore e dopo 100 ore è pari a quella subita ad 80, si può senz'altro concludere che il valore ultimo, che la resistenza raggiunge, è quello segnato dopo le 100 ore.

Se a cento ore si hanno ancora variazioni si può senz'altro scartare la resistenza.

Per la prova di umidità in certi casi possono richiedersi condizioni rigorose. Quando cioè le resistenze sono impiegate ad esempio su apparecchi per la Marina e per l'Aeronautica.

La prova di umidità deve essere fatta in vapore saturo a 100°.

Se una resistenza non diminuisce di valore dopo un'ora di esposizione ad una corrente di vapori d'acqua a 100° e quindi non ha assorbito umidità è seriamente provata.

Prove importanti sono quelle di esposizione agli agenti atmosferici ed ai gas nocivi come gli aggressivi chimici specialmente per resistenze destinate ad apparecchi del R. Esercito.

I gas più attivi per queste prove sono il cloro, l'acido solforico, l'acido solfidrico e volendo anche il gas di bromo.

Si costruiscono resistenze chimiche ottime sotto ogni rapporto e capaci di sostenere forti carichi fino a 100-150 W. Le temperature che queste resistenze possono sopportare sono 100-120 °C.

Nei radiocircuiti si hanno due tipi di carichi, quello a corrente alternata, ad intensità per lo più trascurabile, e quello a corrente continua (alimentazione, polarizzazione) ad intensità sensibile.

Non è fuor di luogo ricordare che il valore utile della dissipazione

(in  $W$ ) aumenta accoppiando delle resistenze; si controlli tuttavia che le correnti non siano mal distribuite.

Per i valori valgono le formule (legge di Ohm e derivate):

$$I = \frac{V}{R}$$

Resistenze in serie:

$$R_{tot} = R_1 + R_2 + R_3 \dots$$

il carico massimo ammissibile è quello della resistenza che ha il carico in mA più basso.

Resistenza in derivazione (v. Cap. XV).

Per due elementi il valore ohmico risultante si calcola:

$$R_{tot} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

In queste relazioni:

$I$  in ampere;  $R$  in ohm e  $V$  in volt. In radiotecnica è più facile misurare la corrente in mA (0,001 A).

In caso di resistenze uguali il carico si distribuisce equamente e il carico totale si moltiplica per il numero delle resistenze; ma va considerato con molta attenzione il caso delle resistenze di valore differente facendo il calcolo individuale o secondo la regola dei circuiti derivati. L'intensità (che è funzione del carico) è inversamente proporzionale alla resistenza, fermo restando il valore della tensione. Occorre una opportuna applicazione della legge di Ohm ai casi singoli poichè interessa che nessuna delle resistenze impiegate in un circuito sia sovraccaricata.

Il montaggio meccanico migliore è in relazione con la finitura delle resistenze con filo saldato elettricamente o morsetti. Si usano speciali supporti, oppure si effettua il montaggio volante. È in uso il metodo delle basette: una striscia in bakelite, occhiellata, porta tutte le resistenze ed i condensatori a cartuccia che possono essere montati vicini, rendendo assai razionale la realizzazione degli schemi.

### CODICE INTERNAZIONALE DELLE RESISTENZE

Il valore delle resistenze viene generalmente stampigliato sulla parte cilindrica o corpo. S'è visto però che nella sostituzione dopo un guasto, in seguito a naturale invecchiamento o bruciatura il più delle volte detto valore non si riesce a leggere.

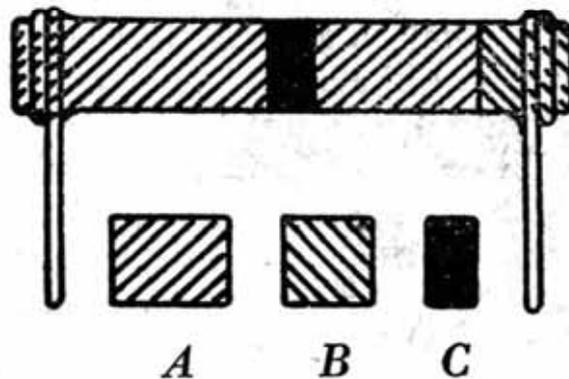
E' stato proposto un codice internazionale che serve alla rapida ed indiscutibile identificazione delle resistenze stesse.

La resistenza ha un valore fondamentale *A*, un estremo colorato in *B*, una striscia semplice o doppia *C* (spesso un punto o due punti). Trattasi di tre colori vivi e chiaramente identificabili.

Ecco il significato dei colori nell'ordine detto dalla figura.

### CODICE RMA PER RESISTENZE FISSE

A	e	B	C	
0 = nero			un segno	due segni
1 = bruno			bruno = 0	5
2 = rosso			rosso = 00	50
3 = arancio			arancio = 000	500
4 = giallo			giallo = 0000	5000
5 = verde			verde = 00000	50000
6 = bleu			bleu = 000 000	500 000
7 = viola				
8 = grigio				
9 = bianco				

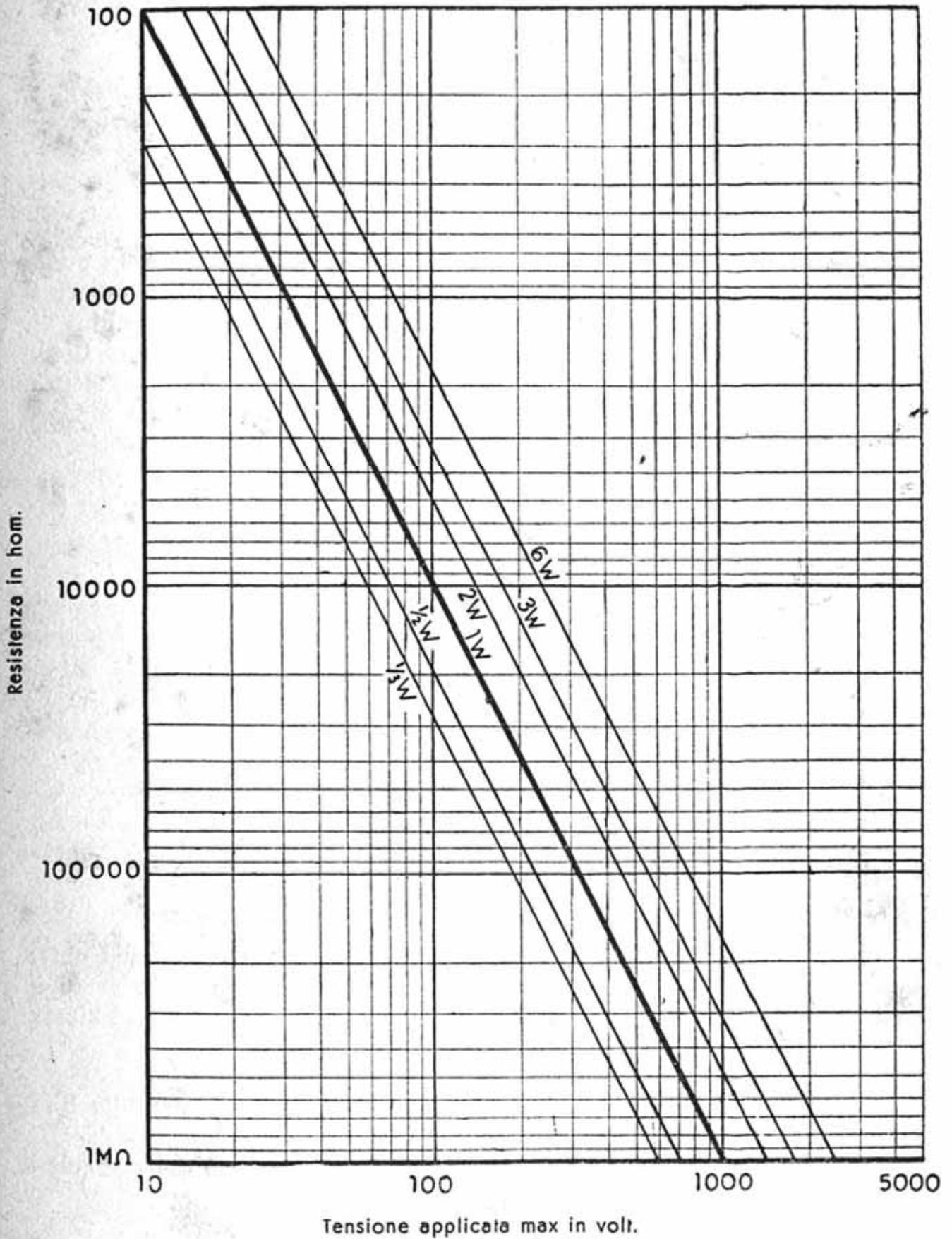


La distribuzione dei colori nelle resistenze fisse (Codice R.M.A.).

Questa colorazione segue evidentemente l'ordine dell'arcobaleno.

(Esempio: una resistenza che abbia un colore fondamentale bruno, un estremo nero e un segno arancio è di 10000 ohm. Un'altra resistenza con: A, bianco; B, nero; C, rosso, è di 9000 ohm, ecc.).

Quando C è nero, la resistenza ha un valore che si scrive con due cifre.

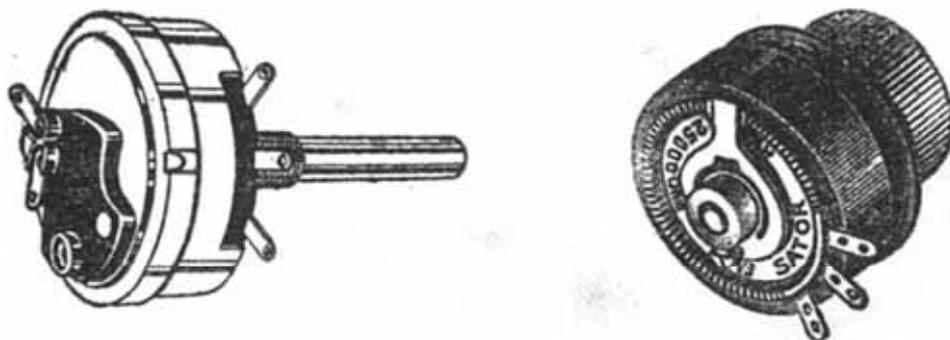


**Diagramma della massima tensione applicabile in volt sulle resistenze in rapporto al carico e al valore ohmico.**

### c) *Resistenze regolabili*

La differenza tra una resistenza fissa e una regolabile, da un punto di vista costruttivo è evidente. Quella regolabile deve comprendere il problema elettromeccanico della regolazione e quindi dei contatti.

Nella resistenza regolabile deve esserci un cursore opportunamente disposto e dimensionato, che esplora, in tutta la lunghezza, la resistenza. I contatti debbono essere tali, per sicurezza e per stabilità e per mancanza di usura, da non presentare alcuna preoccupazione, specie nei casi in cui è previsto un lungo esercizio. I contatti stessi debbono essere eseguiti accuratamente anche agli effetti della rumorosità che potrebbe derivare da imperfezioni dovuti alla rapida usura.



**Potenzimetri d'uso corrente per radioricevitori. Il primo è schermato ed è munito di commutatore a fine corsa.**

I cursori possono essere a slitta o ruotanti, attuati nel modo noto. Il tipo di resistenza variabile, o regolabile, più in uso nella radio è quello rotativo di forma familiare ai radiotecnici. Può esser richiesto l'accoppiamento coassiale di questi organi con:

- un altro reostato o potenziometro;
- un interruttore o un commutatore all'inizio oppure alla fine della corsa;
- un altro comando qualsiasi come p. es. nel caso della regolazione di tono e della selettività variabile (1);

---

(1) Com'è noto, sarebbe superfluo adottare una selettività più scarsa per avere una fedeltà di riproduzione migliore e nel contempo restringere la gamma della riproduzione con un dispositivo di regolazione del tono.

-- uno strumento di misura a manovra combinata come p. es. nel caso di reostati per la regolazione dell'accensione di apparecchi alimentati da batterie.

La differenza tra *reostati* e *potenziometri* dipende dalla differente inserzione nello schema dell'elemento variabile. Si hanno infatti due estremi ed un cursore. Quando gli estremi sono indipendenti dal cursore, si ha un *potenziometro*, quando il cursore è collegato a un estremo si ha un *reostato*; è dunque questione di impiego.

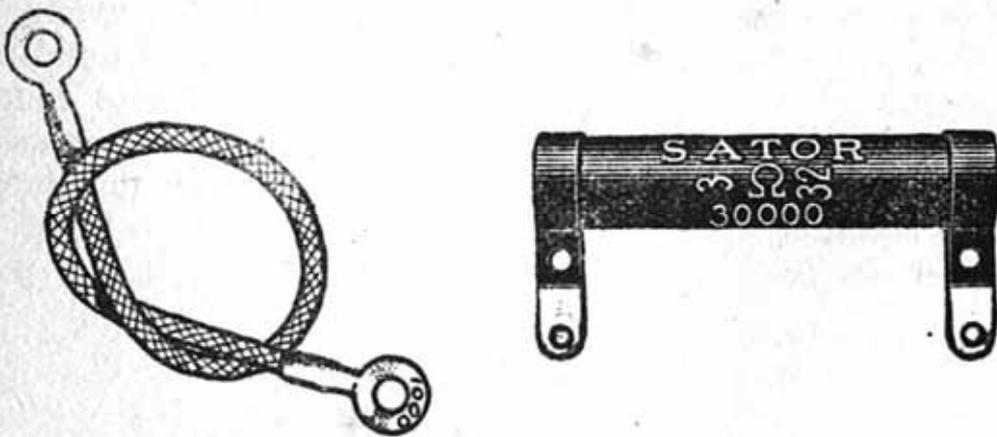
Quelli adoperati nella radio, sono ruotativi per evidente comodità di montaggio, e sono forniti, a un estremo di commutatore o interruttore.

Le resistenze regolabili hanno una *curva di variazione* caratteristica, consistente nell'incremento del valore ohmico, con lo spostamento radiale dell'asse di comando (in ascissa si scrive lo spostamento angolare, in ordinata si dispone il valore dello spostamento angolare dell'asse e quindi della manopola e in ordinata il valore della resistenza). E' preferito l'*andamento logaritmico* rovescio onde avere negli ultimi tratti della corsa una variazione più lenta che consente, in pratica, una regolazione più fine.

L'elemento di resistenza, che in genere non è a contatto diretto con il cursore, può essere in filo oppure semplicemente costituito di uno strato di grafite, depositato su di un supporto isolante adatto e facilmente intercambiabile.

Molte delle prove elettriche delle resistenze fisse sono applicabili ai potenziometri e ai reostati.

Nelle prove meccaniche intervengono i fattori contatto del cursore sulla resistenza e dell'asse sul supporto; occorre avere una completa valutazione di questi elementi; è da richiedere un'alta precisione costruttiva del resto ampiamente soddisfatta dall'industria italiana.



Resistenza a cordoncino e resistenza a « candela » per forti carichi.

## d) Impedenze

E' ovvio che il concetto di impedenza, in questo capitolo, viene richiamato in rapporto alla funzione specifica che hanno sovente le *induttanze* di sostituire utilmente le *resistenze elettriche*. Ciò può tornare vantaggioso allorchè in circuiti percorsi da correnti complesse, si desidera far transitare agevolmente la corrente continua e avere una certa opposizione alla corrente alternata, o pulsante o oscillante. Per l'intelligenza del fenomeno sfruttato, occorre richiamarsi al Cap. IV, sulle induttanze.

Una *impedenza*, infatti, ha un valore ohmico in cui giocano il coefficiente di autoinduzione che porta alla *reattanza* e la *resistenza ohmica*; la prima è la componente quadratica delle altre due.

Da un punto di vista costruttivo l'impedenza si compone di:

- un avvolgimento;
- un supporto;
- un circuito magnetico.

L'avvolgimento ha un numero di spire solitamente elevato, per lo più in filo isolato di resistenza per aumentare il valore finale dell'impedenza e appiattare la curva propria di risonanza.

L'avvolgimento è eseguito in modo da eliminare ogni capacità parassitaria atta a insidiare ogni efficacia dell'impedenza.

Il supporto è analogo a quello delle bobine di induttanza, di solito in isolante di ottima qualità.

Il circuito magnetico può essere in aria, in agglomerati di ferro e in ferro lamellato. Il primo, nella concezione, consente di ravvicinare l'impedenza alla resistenza. L'induttività, a parità di altre condizioni, è più scarsa, ma più costante; non influenzabile dalla corrente continua. Il secondo ha un'induttività più elevata, ma può presentare un coefficiente di autoinduzione relativo o differenziale — ove esista una importante componente continua che magnetizza il nucleo — troppo basso. Il terzo è addirittura destinato ad altre applicazioni delle quali si parla nel Capitolo VI.



Sono state recentemente introdotte sul mercato impedenze a numero di spire variabili (la variazione è ottenuta mediante cursore). Il loro impiego è limitato a usi speciali e di laboratorio.