

L'AMPLIFICAZIONE FINALE E LA RIPRODUZIONE SONORA

L'amplificazione di potenza.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DELLA VALVOLA FINALE. — Le valvole che precedono la finale provvedono all'amplificazione di tensione, la valvola finale invece provvede all'amplificazione di potenza.

Essendo le valvole amplificatrici dei dispositivi elettronici, esse funzionano senza inerzia, non assorbono energia dal loro circuito d'entrata, dove è sufficiente vi siano variazioni di tensione, come appunto sono i segnali che devono amplificare. L'altoparlante non è un dispositivo elettronico, è un dispositivo elettromeccanico provvisto di una certa inerzia, per vincere la quale è necessaria una certa potenza, ossia variazioni di tensione accompagnate da cospicue variazioni di corrente. Perciò mentre nelle valvole amplificatrici di tensione la corrente elettronica è debole, qualche milliampere o frazione di milliampere, nelle valvole finali essa è forte, qualche decina di milliampere.

Nel momento in cui la valvola finale non amplifica, ossia quando è in condizione di riposo, come avviene nelle pause della trasmissione, essa è egualmente percorsa da una corrente elettronica relativamente forte, appunto perchè i segnali che si presentano alla sua entrata devono determinare variazioni di questa corrente, necessaria per il funzionamento dell'altoparlante. In condizioni normali di funzionamento (con 250 V di placca e schermo, e carico di 5000 Ω) la valvola finale 6V6 GT assorbe, ad es., una corrente anodica di riposo di 45 milliampere. Tale corrente dipende dalla tensione negativa di griglia della valvola stessa, che in condizione di riposo è di $-12,5$ V. Se tale tensione negativa viene aumentata a -15 V, la corrente diminuisce, e da 45 mA scende a 30 mA; se invece la tensione negativa viene diminuita a -10 V, la corrente aumenta, e da 45 mA sale a 60 mA. In ciò consiste l'amplificazione della

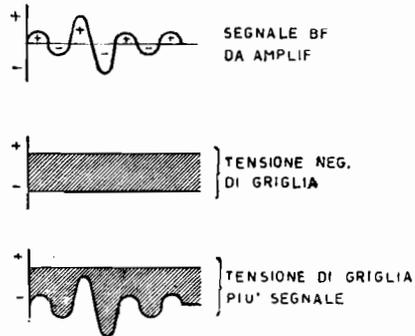


Fig. 5.1. - Il segnale da amplificare modifica la tensione negativa di griglia presente alla entrata della valvola.

valvola, poichè alle variazioni della corrente di placca corrispondono analoghe variazioni di tensione all'uscita della valvola, ed esse sono maggiori di quelle della tensione negativa di griglia che le hanno provocate.

La fig. 5.2 illustra il funzionamento di una valvola finale. I segnali in arrivo, da amplificare, sono presenti all'entrata della valvola, ai capi della sua resistenza di griglia. Essendo delle tensioni alternative, sono formati da semionde positive (A-C-E in figura) e da semionde negative (B-D-F). Le semionde positive si « incidono » nella

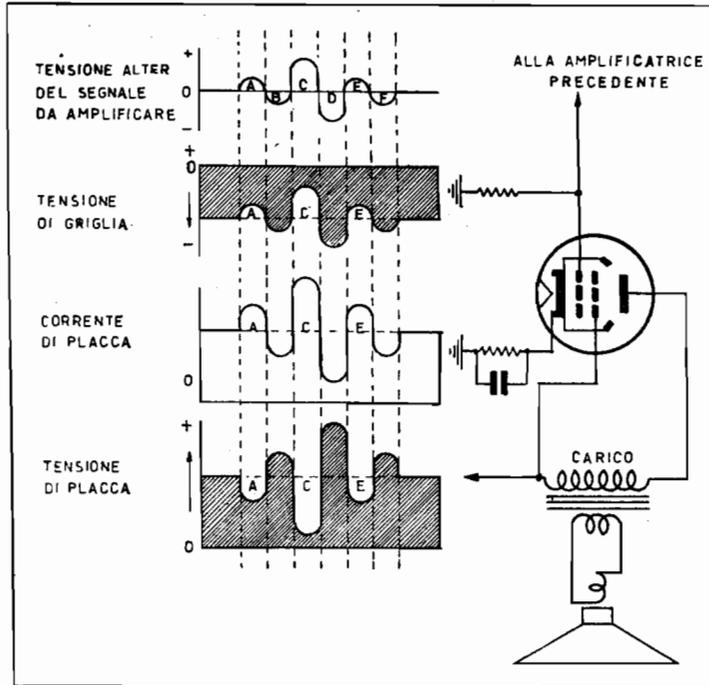


Fig. 5.2. - Le variazioni della tensione di griglia determinano analoghe variazioni, di ampiezza maggiore, nella tensione di placca. In ciò consiste l'amplificazione.

tensione negativa di griglia, ossia la neutralizzano in parte, la diminuiscono, e in tal modo aumentano la corrente di placca. Le semionde negative invece si « elevano » sopra la tensione negativa di griglia, la aumentano, e in tal modo diminuiscono la corrente di placca.

All'uscita della valvola è presente la resistenza di carico, detta anche impedenza di carico o semplicemente carico. Per la legge di Ohm, variazioni di corrente determinano corrispondenti variazioni di tensione ai capi di una resistenza o impedenza. Le variazioni della corrente di placca determinano analoghe variazioni della tensione di placca ai capi del carico, costituito dall'avvolgimento primario del trasformatore di uscita. Il rapporto tra le variazioni della tensione di placca e le variazioni della tensione di griglia, ossia, in altri termini, il rapporto tra l'ampiezza dei segnali all'uscita

e l'ampiezza dei segnali all'entrata, dipende dal coefficiente di amplificazione della valvola e costituisce il guadagno dello stadio amplificatore.

Il guadagno di stadi amplificatori ad AF o MF è generalmente elevato (da 100 a 180), poichè si tratta di amplificare segnali debolissimi, misurabili in microvolt; il guadagno degli stadi finali è invece basso (da 2 a 10) trattandosi di segnali già amplificati e quindi di notevole ampiezza, misurabili in volt.

LA TENSIONE NEGATIVA DI GRIGLIA. — La tensione negativa di griglia è detta anche *tensione di polarizzazione di griglia* o *polarizzazione di griglia* o *tensione base di griglia* o in altro modo equivalente. Essa deve essere sempre negativa poichè se fosse positiva, la griglia si sostituirebbe alla placca, e attirerebbe essa stessa gli elettroni, formando una corrente di griglia, ciò che non deve avvenire. Per questa ragione, l'ampiezza dei segnali da amplificare non può mai superare la tensione di griglia, le loro semionde positive non devono mai annullare completamente la tensione negativa di griglia e tanto meno rendere positiva la griglia stessa. Da ciò risulta che l'ampiezza dei segnali da amplificare è determinata dalla tensione negativa di griglia. Ad es., poichè la tensione negativa di griglia della finale 6V6 G è di $-12,5$ V in condizioni normali di lavoro, la massima ampiezza che possono avere i segnali da amplificare è di 12 V, mentre quella dei segnali che può amplificare la finale 6F6 G è di 16 V, in quanto la tensione negativa della 6F6 G è di $-16,5$ V.

La tensione negativa di griglia normale per ciascuna valvola è indicata dalle caratteristiche di funzionamento riportate nei capitoli 13° e 14°. Va tenuto presente che per una data valvola vi sono più tensioni negative di griglia, a seconda delle sue condizioni di lavoro. Così, ad es., la tensione negativa di griglia della finale 6V6 G è di $-12,5$ V solo se le tensioni di placca e schermo sono di 250 V, ma nei piccoli apparecchi tali tensioni sono di 100 V, nel qual caso la tensione di griglia deve essere di -6 V; in altri apparecchi queste tensioni sono di 180 V, ed allora la tensione di griglia deve essere di $-8,5$ V.

CURVA CARATTERISTICA GRIGLIA-PLACCA. — Il modo con cui la corrente di placca di una data valvola varia al variare della tensione negativa di griglia viene espresso con una curva, detta *curva caratteristica griglia-placca*, e di cui la fig. 5.3 presenta un esempio. A variazioni eguali, maggiori o minori, della tensione di griglia devono corrispondere analoghe variazioni della corrente di placca, ossia le semionde positive e quelle negative del segnale della stessa ampiezza devono determinare variazioni eguali nella corrente di placca. Affinchè ciò avvenga è necessario che la tensione negativa di griglia sia tale che, in condizione di riposo, la corrente di placca si trovi al centro del tratto rettilineo della curva caratteristica, come indica la figura.

In queste condizioni, le semionde positive producono variazioni di corrente che sono eguali a quelle prodotte dalle semionde negative della stessa ampiezza. Si ottengono all'uscita dei segnali che sono identici a quelli d'entrata, con la stessa forma, dai quali variano solo per la maggior ampiezza. Se la tensione di griglia fosse stata

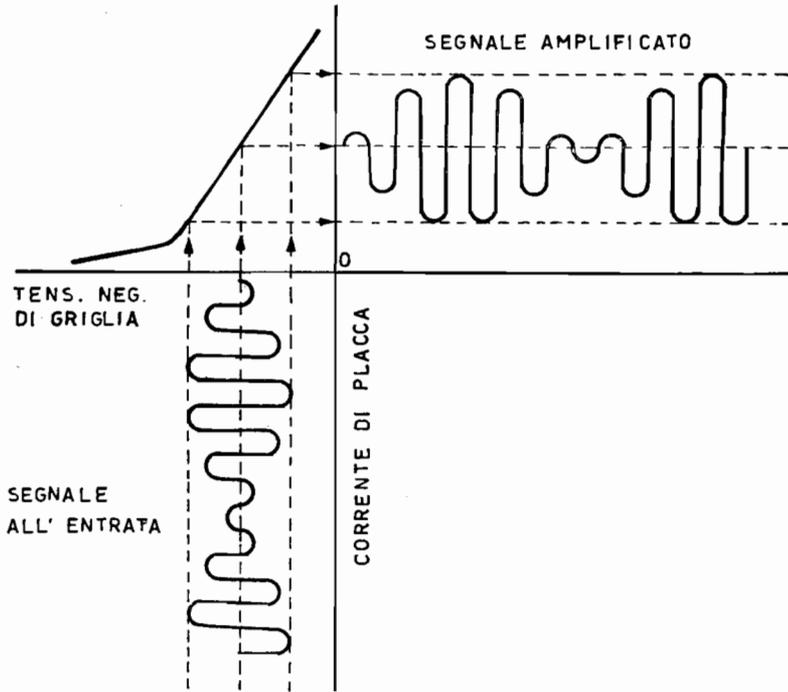


Fig. 5.3. - L'intensità della corrente elettronica dipende dalla tensione negativa di griglia. In assenza di segnale da amplificare, la tensione di griglia deve essere tale da far coincidere il valore della corrente elettronica con il centro del tratto rettilineo della curva tensione di griglia-corrente di placca. Diversamente l'amplificazione risulta distorta.

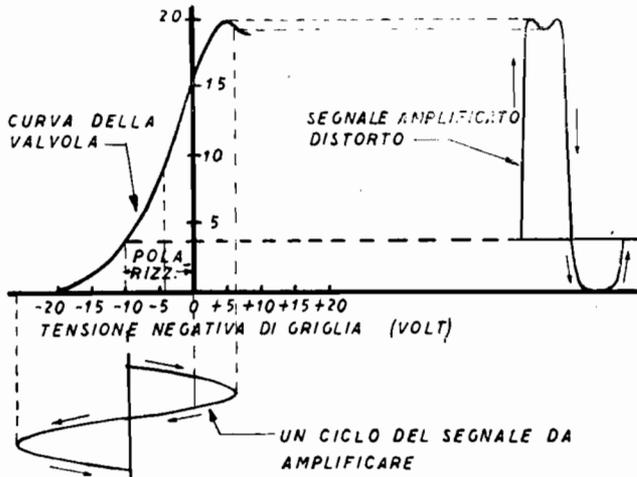


Fig. 5.4. - In questo esempio la tensione di griglia e l'ampiezza del segnale da amplificare sono eccessivi. Il segnale amplificato è irriconoscibile, data la distorsione introdotta.

maggiore o minore, e in condizione di riposo la corrente di placca non si fosse trovata al centro del tratto rettilineo della curva, ma spostata verso un ginocchio della curva, alto o basso, l'amplificazione delle semionde non sarebbe più stata eguale, ed i segnali amplificati non avrebbero avuto la stessa forma di quelli d'entrata, vi sarebbe stata *distorsione della forma d'onda*.

In fig. 5.4 è fatto l'esempio di valvola che funziona con tensione di griglia eccessiva, di -10 V al posto di quella necessaria di -5 V . In tal caso la corrente anodica di riposo non si trova al centro della curva caratteristica della valvola, ma verso il suo ginocchio inferiore. Per di più l'ampiezza del segnale è eccessiva, è di 12 V , supera molto la massima ammissibile, che è di $4,8\text{ V}$. Ne risulta una distorsione fortissima, tale che il segnale d'uscita ha forma completamente diversa da quella del segnale d'entrata.

La polarizzazione automatica di griglia

PRINCIPIO GENERALE. — La tensione negativa di griglia applicata alle valvole viene prelevata dalla tensione anodica, mediante una resistenza di caduta, che può venir inserita in due modi distinti, ambedue molto utilizzati in pratica.

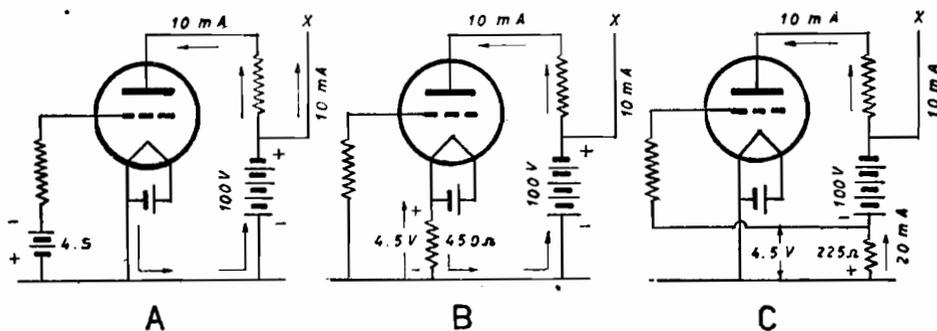


Fig. 5.5. - PRINCIPIO DELLA POLARIZZAZIONE DI GRIGLIA. In ciascuno di questi tre esempi, la stessa tensione negativa di griglia risulta applicata alla valvola.

In A) di fig. 5.5 è fatto l'esempio più semplice, quello di una valvola funzionante a pile, la cui tensione negativa di griglia è fornita da una batteria di pile di $4,5\text{ V}$, con il polo negativo collegato alla resistenza di griglia della valvola e con quello positivo collegato al telaio.

In B) della stessa figura è indicato come sia possibile aggiungere la batteria di pile da $4,5$ alla batteria anodica, sostituendola con una resistenza fissa, posta tra un capo del filamento della valvola e il telaio. Questa resistenza è percorsa dalla corrente anodica della valvola che è di 10 mA . Poichè la resistenza è di 450 ohm , si produce ai suoi capi una tensione in volt, che, per la legge di Ohm, è data dalla resistenza in Ohm moltiplicata per l'intensità di corrente in ampere, ossia che risulta essere di $450 \times 0,01 = 4,5\text{ V}$ come richiesto.

La tensione anodica della valvola è rimasta invariata, poichè essa è aumentata di 4,5 V per l'aggiunta della batteria di pile prima usata per la tensione di griglia, ma questi 4,5 V le sono stati tolti dalla resistenza in serie al catodo. Se, per es., la tensione della batteria anodica è di 100 V, quella di placca della valvola è di 95,5 V, dato che va misurata tra la placca e il filamento.

Nella resistenza la corrente fluisce dal filamento al telaio, quindi la tensione ai suoi capi è positiva dal lato del filamento e negativa dal lato del telaio. Sicchè collegando la resistenza di griglia al telaio, essa viene a trovarsi a $-4,5$ V rispetto al filamento, emettitore di elettroni, e rispetto al quale essa funziona.

In C) della stessa fig. 5.5 è indicato il secondo modo di utilizzare la resistenza fissa, inserendola tra il polo negativo della batteria anodica e il telaio. In tal modo essa è percorsa dall'intera corrente anodica dell'apparecchio, la quale nell'esempio è di 20 mA, ossia di 10 mA assorbiti dalla valvola finale e da altri 10 mA assorbiti dalle altre valvole, indicate con X. Il valore della resistenza è di 225 ohm, e poichè è percorsa da 20 mA ai suoi capi è presente una tensione di 4,5 V, come richiesto. La corrente fluisce dal telaio verso la batteria anodica (corrente di ritorno) perciò il lato negativo è quello collegato alla batteria, ed è a questo lato della resistenza che è collegata la resistenza di griglia, mentre il filamento è collegato al telaio. La griglia si trova anche in questo modo a $-4,5$ V rispetto al filamento.

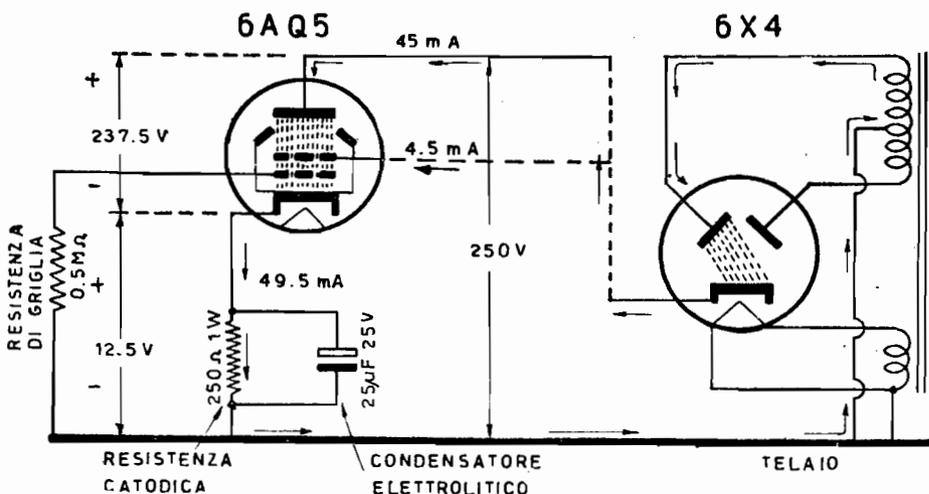


Fig. 5.6A. - POLARIZZAZIONE AUTOMATICA DELLA VALVOLA FINALE. La resistenza catodica determina la caduta di tensione necessaria, come in B) di fig. 5.5.

RESISTENZA DI CATODO. — In molti apparecchi, la tensione negativa di griglia delle varie valvole è ricavata da una resistenza fissa collegata tra il loro catodo e il telaio, secondo il principio indicato in B) di fig. 5.5. È detta resistenza di catodo o r. catodica, e va calcolata con la formula seguente:

$$\text{Resistenza catodica (in ohm)} = \frac{\text{Tensione negativa di griglia (in volt)} \times 100}{\text{Corrente catodica (in milliampere)}}$$

Poichè, come detto sopra, vi è un secondo sistema per ottenere la polarizzazione di griglia, quello con r. di catodo vien detto *polarizzazione automatica di griglia*. La fig. 5.6A mostra un esempio pratico. La valvola finale 6AQ5 richiede la tensione negativa di griglia di $-12,5$ V, fornita dalla resistenza di catodo di 250 ohm, visto che la corrente anodica di tale valvola è di 49,5 mA, in condizioni normali d'impiego, dei quali 45 mA per la corrente di placca e 4,5 mA per quella di schermo. Risulta infatti che il valore della resistenza deve essere di $(12,5 \times 1000) : 49,5 = 252$ ohm, ed in pratica 250 ohm. La *dissipazione* di questa resistenza è ottenuta moltiplicando la tensione in volt per la corrente in ampere, ed è di $12,5 \times 0,0495 = 0,62$ watt, ed in pratica 1 watt.

ESEMPI DI POLARIZZAZIONE AUTOMATICA DI GRIGLIA. — La finale EL6 richiede, ad es., -7 V e la sua corrente catodica è 80 mA; la resistenza catodica deve essere di $7000 : 80 = 87,5$ ohm, ossia 90 ohm. La finale 6K6 GT richiede invece -18 V e poichè la sua corrente catodica è di 37,5 mA, la resistenza necessaria è di $18000 : 37,5 = 480$ ohm. La resistenza catodica normale per la 6V6 G è di 250 ohm, però in pratica sono adoperati valori molto diversi, da 200 sino a 320 ohm; ciò dipende dalle diverse tensioni di placca e di schermo con le quali tale valvola vien fatta funzionare e quindi dalle diverse correnti catodiche, ma dipende anche dal fatto che nei piccoli apparecchi è necessario forzare l'amplificazione finale, riducendo la tensione negativa di griglia e quindi la resistenza catodica; nei grandi apparecchi può avvenire il contrario, vi può essere cioè eccesso di amplificazione di tensione, quindi segnali molto ampi all'entrata della finale ciò che richiede maggior tensione di griglia per evitare distorsioni. Valori sotto il normale si trovano nei piccoli apparecchi, sopra il normale nei grandi.

Se le valvole finali sono due, in parallelo o in controfase nella classe A, esse hanno i catodi riuniti, per cui vi è una sola resistenza catodica, il cui valore è la metà di quello normale, dato che la corrente catodica è doppia.

La resistenza catodica delle valvole rivelatrici, costituite da due diodi e da un triodo o pentodo, è di valore elevato, poichè la corrente catodica è molto bassa. La rivelatrice 6Q7 G richiede, ad es., -3 V, e dato che la sua corrente catodica è di 1,1 mA, ne risulta che la resistenza ha valore compreso tra 2500 e 3000 ohm. La tensione negativa risulta applicata solo alla griglia controllo, non ai diodi se questi sono collegati, tramite i loro circuiti, al catodo, come generalmente avviene, ed anche ad essi se sono collegati al telaio.

CONDENSATORE ELETTROLITICO DI CATODO. — La corrente catodica varia con il ritmo dei segnali presenti all'entrata; è una corrente fluttuante; la tensione presente ai suoi capi è anch'essa fluttuante, mentre invece la tensione negativa di griglia deve essere continua. A tale scopo si provvede a livellare la tensione ai capi della

resistenza catodica collegando in parallelo ad essa un condensatore elettrolitico di capacità elevata, da 10 a 50 μF . In fig. 5.6A esso è di 25 μF . La tensione di lavoro di questo condensatore dipende dall'ampiezza dei segnali presenti all'uscita della valvola. Per le valvole finali essa è, in media, di 25 volt; per le altre valvole può essere minore, 10 o 15 volt, data la minore ampiezza dei segnali alla loro uscita. Il condensatore ha polarità obbligata; il terminale positivo va collegato al catodo, quello negativo al telaio. In qualche apparecchio manca il condensatore elettrolitico al catodo della valvola finale, ciò per ottenere un particolare effetto di compensazione della distorsione da parte della valvola stessa. È un sistema di reazione *negativa*, della quale sarà detto in seguito. (Per le valvole convertitrici e amplif. MF basta un condensatore a carta da 0,05 a 0,1 μF).

La polarizzazione fissa di griglia.

PRINCIPIO. — Vi è un secondo modo di ottenere la tensione negativa di griglia prelevandola dalla tensione anodica, e ciò mediante una resistenza inserita nel circuito di ritorno della corrente anodica totale, ed il cui principio è indicato dalla figura 5.5 in C, mentre un esempio pratico è mostrato dalla fig. 5.6 B.

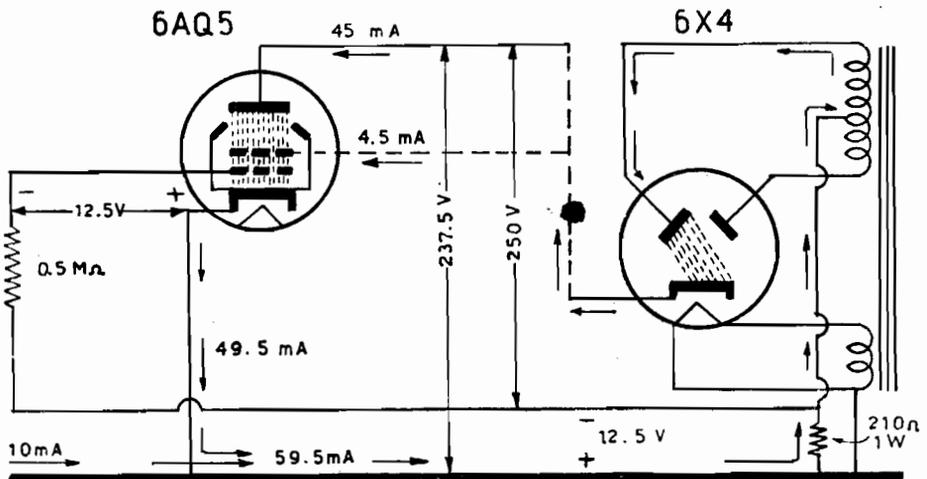


Fig. 5.6B. - POLARIZZAZIONE FISSA DELLA VALVOLA FINALE. La resistenza di caduta è percorsa dall'intera corrente di alimentazione anodica, come in C) di fig. 5.5.

Il catodo della valvola finale è collegato direttamente al telaio. Non vi è resistenza di catodo. La caduta di tensione è ottenuta mediante la resistenza di caduta presente tra il centro dell'avvolgimento secondario alta tensione del trasformatore di alimentazione e il telaio. La resistenza di griglia della valvola finale, anziché essere collegata al telaio come in fig. 5,6 A è invece collegata ad un capo della resistenza di caduta, come in fig. 5.6 B.

La resistenza di caduta è percorsa dalla corrente anodica totale dell'apparecchio,

che è di 70 mA, nell'esempio di fig. 5.6 B, dei quali 49,5 assorbiti dalla valvola finale, e altri 20,5 mA assorbiti dalle altre valvole. Il valore della resistenza di caduta è dato dalla formula:

$$\text{Resistenza di caduta (in } \Omega) = \frac{\text{Tensione negativa di griglia (in V)} \times 1000}{\text{Corrente anodica totale (in mA)}}$$

ossia è di $(12,5 \times 1000) : 70 = 168,5$ ohm, e in pratica 170 ohm. La dissipazione è data dalla tensione in V moltiplicata per l'intensità di corrente in A, ossia è di $12,5 \times 0,07 = 0,875$ W ossia 1 W.

In tal modo la resistenza di griglia, quindi la griglia, della valvola finale di fig. 5.6B si trova ad un potenziale di $-12,5$ V rispetto al catodo, il quale è collegato al telaio. Se anche la resistenza di griglia fosse collegata al telaio, nessuna differenza di potenziale esisterebbe tra questi due elettrodi.

È questo il metodo della *polarizzazione fissa di griglia*. Presenta alcuni vantaggi rispetto al metodo della polarizzazione automatica ed è molto diffuso.

ESEMPI DI POLARIZZAZIONE FISSA DI GRIGLIA. — In fig. 5.7, che si riferisce ad alcuni modelli della Voce del Padrone, la resistenza di caduta è costituita da due resistenze da 50 ohm ciascuna, e ciò allo scopo di ricavare da esse due tensioni ne-

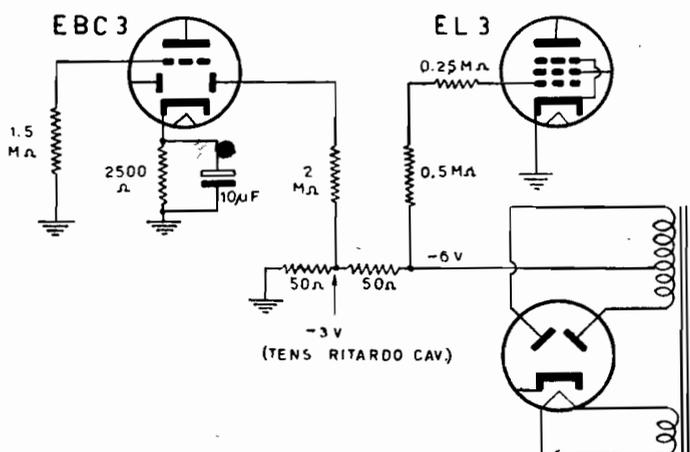


Fig. 5.7. - Per ottenere due diverse tensioni negative occorre dividere in due parti la resistenza di caduta della figura precedente.

gative, quella di -6 V da applicare alla griglia della valvola finale EL3 e quella di -3 V da usare per il ritardo del controllo automatico di volume, applicandola al diodo corrispondente. È questa la *tensione di ritardo CAV*, e serve, come detto avanti, ad impedire che l'amplificazione AF e MF venga ridotta anche per le deboli emittenti.

La corrente anodica complessiva è di 60 mA. Le due resistenze unite formano

100 ohm e si comportano come un'unica resistenza ai capi della quale è presente la tensione di 6 V. Dal centro delle due resistenze si preleva la tensione di — 3 V.

La fig. 5.8 illustra un esempio di due valvole a polarizzazione fissa di griglia. Ai capi della resistenza R1 è presente la tensione di 2,8 V, per la 6Q7 GT, mentre a

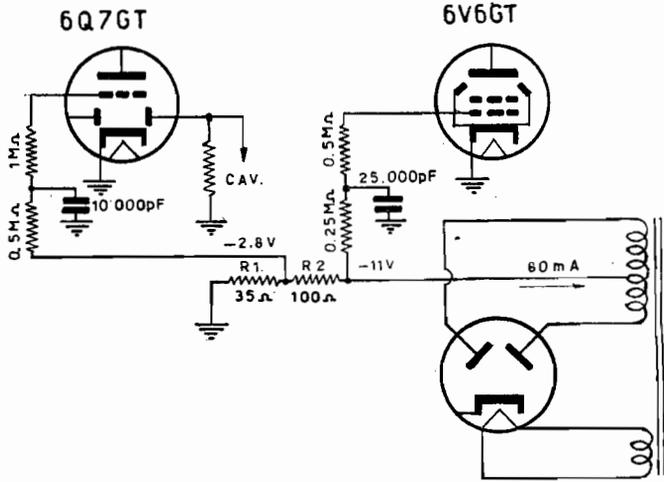


Fig. 5.8. - Esempio di valvole rivelatrice e finale a polarizzazione fissa di griglia.

quelli delle resistenze R1+R2 è presente la tensione di 11 V per la 6V6 GT. Poichè la corrente complessiva di alimentazione è di 80 mA, il valore di R1 è di $2,8 : 0,08 = 35$ ohm, mentre quello di R1 + R2 è di $11 : 0,08 = 135$ ohm, per cui R2 è di 100 ohm.

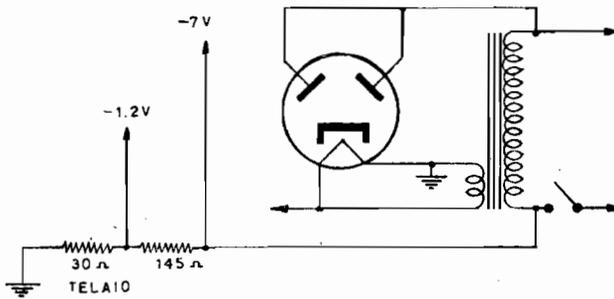


Fig. 5.9. - Come si ottengono le tensioni di polarizzazione quando il trasformatore è senza secondari alta tensione.

La fig. 5.9 illustra l'esempio di un piccolo apparecchio, con trasformatore di accensione senza secondario alta tensione. Le resistenze necessarie per le tensioni di — 1,2 V e di — 7 V sono poste tra un capo della rete-luce e il telaio. (Negli appa-

recchi con valvole a polarizzazione automatica, ossia con catodi provvisti di resistenza, un capo della rete-luce è collegato al telaio). La corrente totale è di 40 mA, per cui i valori delle due resistenze sono di 30 ohm ($1,2 : 0,04 = 30$) e di 145 ohm ($7 : 0,04 = 175$ e poi $175 - 30 = 145$ ohm).

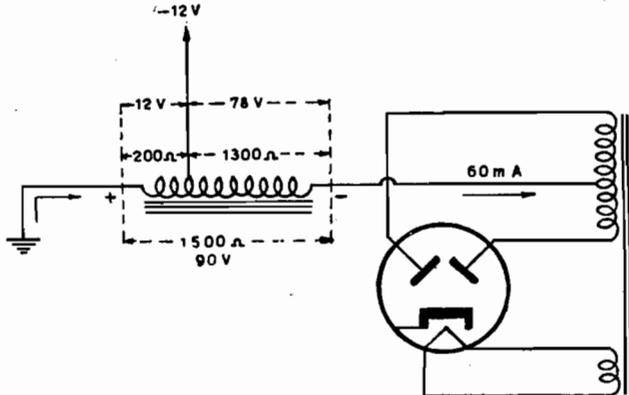


Fig. 5.10. - La tensione di polarizzazione per la valvola finale può essere prelevata da una presa della bobina di campo dell'altoparlante.

In alcuni apparecchi radio la bobina di campo dell'altoparlante è inserita nel lato negativo del circuito di alimentazione, come in fig. 5.10. In tal caso si può fare a meno della resistenza di caduta, e ottenere la tensione negativa per la valvola finale da una

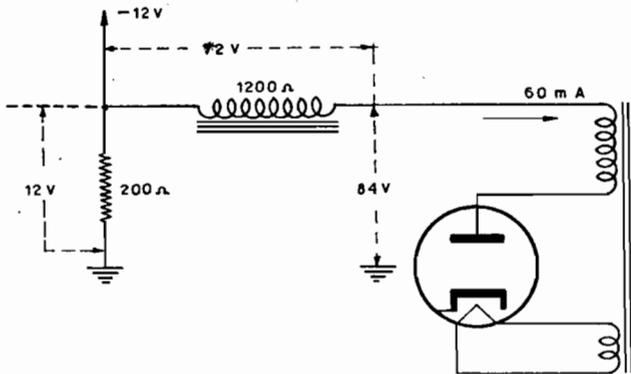


Fig. 5.11. - Se la bobina di campo è sprovvista di presa adatta, la tensione negativa può essere ricavata da una resistenza in serie.

presa della bobina stessa. Nell'esempio di fig. 5.10 la corrente totale è di 60 mA e la resistenza della bobina di campo è di 1500 ohm. La caduta di tensione ai capi della bobina di campo è di 90 V (ossia $1500 \times 0,06$). La tensione necessaria alla valvola finale è di -12 V, perciò la presa è fatta nel punto dell'avvolgimento corrispondente a 200 ohm (infatti $12 : 0,06 = 200$).

Qualora la bobina di campo non abbia la presa necessaria, la tensione negativa può venir ricavata da una resistenza posta in serie alla bobina stessa, come in fig. 5.11. La corrente totale è di 60 mA, e la tensione negativa per la valvola finale è di — 12 V. È necessaria una resistenza di 200 ohm. Se, come nell'esempio, la bobina di campo è di 1200 ohm, la caduta di tensione complessiva sarà di 84 V, dei quali 72 ai capi della bobina e 12 a quelli della resistenza.

DIVISORE DELLA TENSIONE DI POLARIZZAZIONE. — A volte viene usata una sola resistenza di polarizzazione pur essendo necessarie due tensioni di griglia; in questo caso viene adoperato un divisore di tensione. La fig. 5.12 indica un esempio. La resistenza di polarizzazione R1 è di 135 ohm essendo la corrente totale di 80 mA

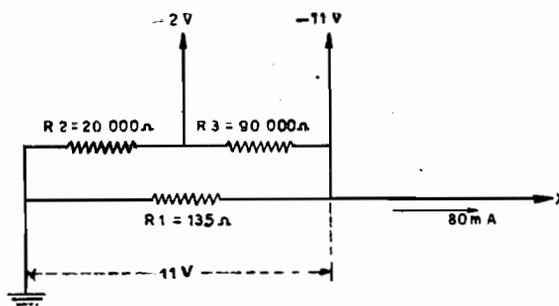


Fig. 5.12. - La tensione ai capi di R1 può essere divisa con altre due resistenze, R2 e R3.

e la tensione negativa maggiore di — 11 V (è il caso di fig. 5.8). Tale tensione viene divisa in due parti mediante le resistenze R2 e R3. Il valore di queste resistenze dipende dall'intensità di corrente che si tollera vada perduta, e che non può essere che molto bassa, per es. 0,1 mA. In questo caso basta moltiplicare per 10 000 la seconda tensione che si desidera ottenere, per es. — 2 V, per avere il valore di R2, che risulta di 20 000 ohm. L'altra resistenza, R3, risulterà di $9 \times 10\,000$, ossia 90 000 ohm, dove 9 è l'altra parte della tensione divisa (ossia $11 - 2$). La formula è la seguente:

$$\text{Resistenza minore (R2) del divisore in } \Omega = \frac{\text{Tensione minore in V} \times 1000}{\text{Corrente di perdita in mA}}$$

$$\text{Resistenza magg. (R3) del divisore in } \Omega = \frac{(\text{Tens. magg.} - \text{tens. min.}) \times 1000}{\text{Corrente di perdita in mA}}$$

Esempio: $R2 = (2 \times 1000) : 0,1 = 20\,000$ ohm; $R3 = [(11 - 2) \times 1000] : 0,1 = 90\,000$ ohm.

I controlli di volume e di tono.

IL CONTROLLO DI VOLUME E LA VARIAZIONE LOGARITMICA NORMALE. — La regolazione dell'intensità sonora viene effettuata con una resistenza variabile di valore elevato, in media di 0,5 megaohm, presente in serie nel circuito di rivelazione, e che costituisce in tutto o in parte il carico del diodo rivelatore. È detta *controllo o regolatore di volume sonoro* e brevemente *controllo di volume*. Ai suoi capi è presente la tensione a BF da trasferire all'entrata della valvola amplificatrice mediante il movimento di un cursore su una resistenza. Il controllo di volume è dunque un divisore di tensione regolabile.

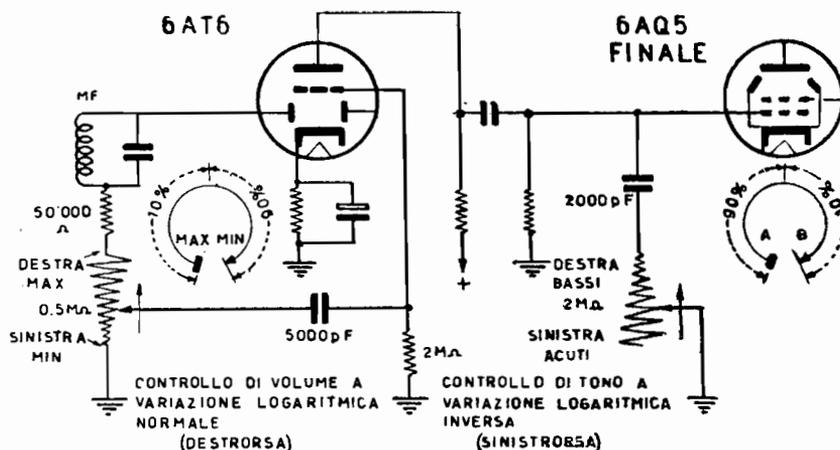


Fig. 5.13. - CONTROLLI DI VOLUME E DI TONO. Principio generale di applicazione.

La variazione della resistenza non è lineare rispetto alla percentuale della rotazione; se il suo valore è di $0,5\text{ M}\Omega$, a metà rotazione non è disinserita metà della resistenza, ossia $0,25\text{ M}\Omega$, ma soltanto una parte molto minore, del 10% , ossia $50\,000\text{ ohm}$. Nella prima metà della rotazione, la variazione di resistenza è lenta, nella seconda metà è rapida. Ciò avviene per il fatto che l'orecchio percepisce le variazioni d'intensità sonora non in proporzione lineare con l'energia sonora bensì in proporzione logaritmica, secondo la legge di Fechner. Se si vuole sentire un suono 20 volte più forte occorre aumentarne la potenza di 1000 volte, e per sentirlo 40 volte più forte occorre aumentarlo di 10.000 volte.

Se si adopera un controllo di volume a variazione lineare si ottiene un rapidissimo aumento di volume sonoro nella prima metà della rotazione e nessun aumento o quasi nell'altra metà. Perciò la variazione di resistenza è *logaritmica* o *esponenziale*. Se all'inizio della rotazione, che avviene nel senso delle lancette dell'orologio, da sinistra a destra, vi è la parte minore della resistenza, la variazione è *logaritmica normale* o *destrorsa* (right hand). Se invece avviene l'opposto, e la resistenza maggiore si trova all'inizio, e vi è perciò rapida variazione nella prima metà della rotazione, la varia-

zione è *logaritmica inversa* o *sinistrorsa* (left hand). La normale è usata per il controllo di volume, l'inversa per il controllo di tono, come indica la fig. 5.13.

In alcuni apparecchi la resistenza variabile si trova dopo il condensatore di accoppiamento e sostituisce la resistenza di griglia; in tal caso il suo valore è di 1 megaohm. Il conduttore dal cursore alla griglia della valvola è sotto cavetto metallico, saldato in uno o più punti al telaio, per evitare captazioni indesiderate.

IL CONTROLLO DI TONO. — Il controllo di tono ha lo scopo di variare l'attenuazione delle frequenze acustiche elevate a seconda delle necessità dell'audizione. È costituito da un condensatore fisso in serie ad una resistenza variabile. Il principio è basato sul fatto che la reattanza del condensatore è inversamente proporzionale alla frequenza, per cui esso offre un passaggio tanto più facile quanto più elevata è la frequenza. L'attenuazione delle frequenze elevate dipende dalla capacità del condensatore e dalla resistenza in serie ad esso.

La resistenza variabile è del tipo logaritmico inverso; ossia la variazione più forte della resistenza (90%) si verifica durante la prima metà della rotazione. Ciò è necessario per il fatto che l'orecchio è sensibilissimo ai suoni acuti e poco sensibile ai suoni bassi. A parità di volume sonoro, l'orecchio sente come fortissimo un suono acuto

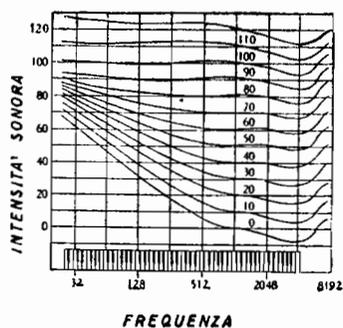


Fig. 5.14. - L'orecchio umano è molto più sensibile alle frequenze alte (suoni acuti), particolarmente a bassi livelli sonori.

eguale ad un suono basso che invece non sente per nulla o sente come debolissimo. Ciò è indicato dalle curve di fig. 5.14. Affinchè l'orecchio senta un suono di 64 c/s allo stesso livello di altro a 1000 c/s, occorre che effettivamente quello di 64 c/s sia assai più inteso. Se quello a 1000 c/s si trova a livello zero decibel, quello a 64 c/s si deve trovare a 46 decibel.

In fig. 5.13 il condensatore è di 2 000 pF e la resistenza variabile di 2 MΩ. Può venir collegato in diversi modi. Può essere presente nel circuito di placca della valvola finale, nel qual caso il condensatore ha generalmente la capacità di 20 mila pF mentre la resistenza è di 50 000 ohm. Esistono controlli senza resistenza variabile, con inseritore di resistenze fisse o di condensatori fissi. Sono detti *variatori di tono*.

La riproduzione delle voci e dei suoni.

L'ALTOPARLANTE. — È detto *altoparlante* il trasduttore che consente di ottenere voci e suoni dalla corrente elettrica presente nel secondario del trasformatore d'uscita dell'apparecchio radio. È costituito da due parti essenziali: una fissa e una mobile. La parte fissa consiste in un *magnete permanente* — o *elettromagnete* — un polo del quale si trova circondato dall'altro polo, in modo che — come indica la fig. 5.15 —

l'espansione polare, detta *traferro*, risulta anulare e sede di un intenso campo magnetico. La parte mobile è formata da un cono *diffusore*, molto leggero, di carta speciale, alla sommità del quale è fissata una bobina anch'essa molto leggera (pesa la metà del cono, e in media 5 grammi). La bobina è posta nel traferro ed è libera di muoversi

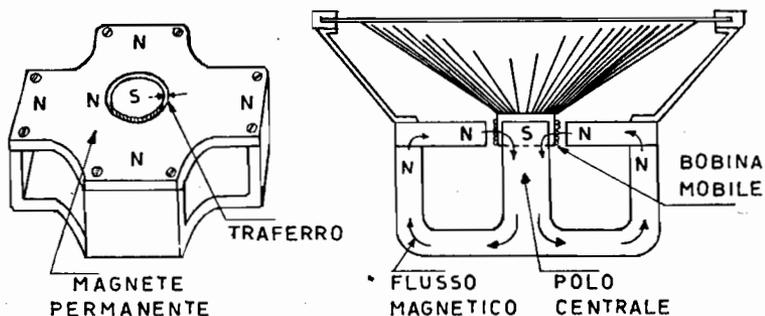


Fig. 5.15. - PRINCIPIO DELL'ALTOPARLANTE. A sinistra, il magnete; a destra, il cono e la bobina mobile.

coassialmente; il suo movimento è dovuto alla reazione elettrodinamica tra il campo magnetico e la corrente che la percorre. Il movimento è proporzionale all'intensità della corrente, e per le note basse può giungere a 6 mm. Al movimento della bobina corrisponde il movimento del cono e quindi la propagazione di onde sonore per trasformazione dell'energia meccanica in energia acustica. Lo spazio tra i due poli, il traferro, è quanto più piccolo possibile, e la bobina mobile è tenuta esattamente equidistante dai due poli, in modo da potersi muovere senza sfregarli, mediante appositi sostegni elastici, detti *centratori*. L'orlo esterno del cono è fissato mediante un anello alla sommità del *cestello* metallico. La resistenza c.c della bobina mobile è di alcuni ohm. Il diametro del cono va da 5 cm per gli apparecchi portatili a 30 cm per i radiofonografi.

BOBINA DI CAMPO E POTENZA D'ECCITAZIONE.

— Gli altoparlanti ad elettromagnete sono provvisti di un grosso avvolgimento, disposto intorno al polo centrale, e percorso dalla corrente raddrizzata d'intensità sufficiente per produrre il campo magnetico ossia per eccitare l'altoparlante. È questa la *bobina di campo* o *bobina di eccitazione*. Negli apparecchi radio essa provvede anche a livellare la corrente raddrizzata e sostituisce l'*impedenza di filtro*.

Affinchè il campo magnetico prodotto sia sufficiente, la bobina di campo deve

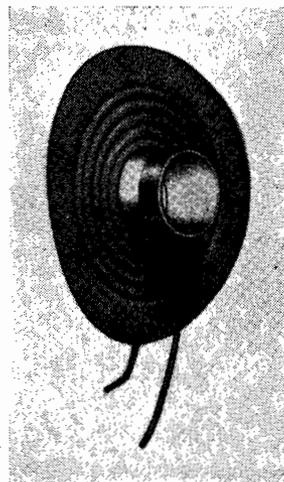


Fig. 5.16. - Bobina mobile con centratore elastico.

dissipare una certa potenza, detta *potenza d'eccitazione*, che va da 3 a 5 watt nei piccoli altoparlanti, da 5 a 7 W nei medi e da 7 a 12 W nei grandi. È data da:

Potenza d'eccitazione (in W) = Caduta di tensione (in V) \times Corrente (in A).

Se, ad es., la caduta di tensione ai capi della bobina di campo è di 100 V e se la corrente che la percorre è di 65 mA, la potenza dissipata è di 6,5 W. La bobina di campo deve presentare una data resistenza, proporzionata alla caduta di tensione che deve provocare ai suoi capi. Nell'esempio fatto la sua resistenza deve essere di $100 : 0,065 = 1500$ ohm. Sono questi gli *ohm-eccitazione*.

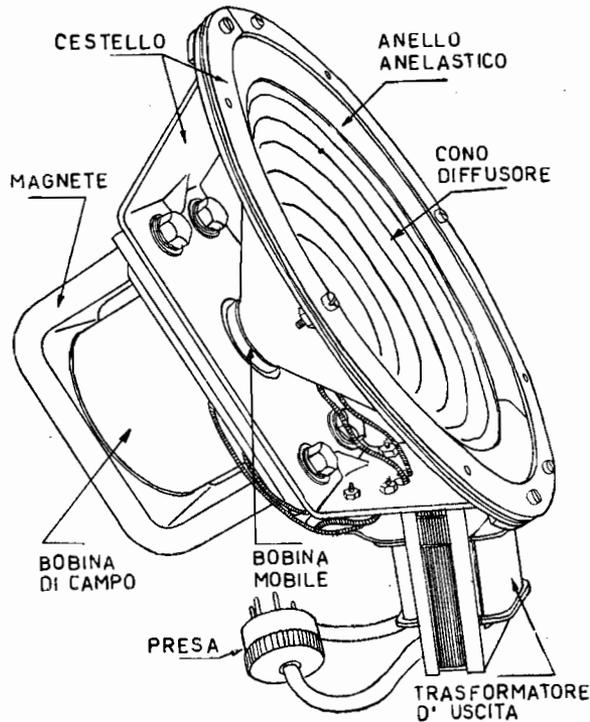


Fig. 5.17. - L'ALTOPARLANTE E LE PARTI CHE LO COMPONGONO.

BOBINA ANTIRONZIO. — È presente, in serie alla bobina mobile, una bobina simile alla mobile, ma fissa ed avvolta in senso opposto, in quei altoparlanti ad elettromagnete in cui vi è pericolo di induzione della bobina di campo sulla bobina mobile, con conseguente ronzio. La bobina antironzio ha lo scopo di neutralizzare almeno in parte la tensione pulsante indotta nella bobina mobile. Non esiste negli altoparlanti a magnete permanente.

IL TRASFORMATORE D'USCITA. — È necessario che la bobina mobile dell'altoparlante sia percorsa da una corrente elettrica di una certa intensità, affinché ad essa

corrispondano movimenti del cono atti a diffondere onde sonore di sufficiente ampiezza. A tale scopo viene adoperato un trasformatore d'uscita a rapporto discendente, in modo che la corrente nel secondario sia maggiore di quella nel primario. È detto *trasformatore d'uscita*. Il rapporto del trasformatore varia a seconda della valvola finale e a seconda dell'impedenza della bobina mobile, ed è compreso tra 20 a 1 e 40 a 1.

Il suo avvolgimento primario consiste di numerose spire, quante sono necessarie per formare il carico richiesto all'uscita della valvola finale. Il rapporto tra le spire primarie e le spire secondarie viene stabilito con la formula seguente:

$$\text{Rapporto trasf. d'uscita} = \sqrt{\frac{\text{Carico valvola finale}}{\text{Impedenza bobina mobile}}}$$

Esempio: la valvola finale miniatura 6AQ5 deve venir accoppiata con un altoparlante la cui bobina mobile ha l'impedenza di 6 ohm. Il carico della 6AQ5 deve essere di 5 400 ohm, con date tensioni di lavoro, perciò il rapporto del trasformatore d'uscita dovrà essere di:

$$\sqrt{\frac{5400}{6}} = \sqrt{900} = 30 \text{ ossia } 30 \text{ a } 1.$$

Se il carico di 5400 ohm è ottenuto con un avvolgimento primario di 3000 spire, le spire dell'avvolgimento secondario dovranno essere di $3000 : 30 = 100$ spire. Se la valvola finale fosse stata la 50L6 GT, che richiede un carico di 2000 ohm, e se l'impedenza della bobina mobile fosse stata di 3,5 ohm, sarebbe stato necessario un trasformatore con rapporto di 24 a 1. Da ciò risulta che il trasformatore d'uscita deve essere adatto alla valvola finale e alla bobina mobile dell'altoparlante. Vi sono valvole con carichi eguali, per le quali è adatto uno stesso trasformatore d'uscita con un dato altoparlante.

RESISTENZA DI CARICO DELLE PRINCIPALI VALVOLE FINALI					
Valvola	Carico	Valvola	Carico	Valvola	Carico
6K6 G	9000 Ω	6PZ8 G	6000 Ω	EL6	3500 Ω
6F6 G	7000 Ω	6AQ5	5500 Ω	WE 14	3500 Ω
EBL1	7000 Ω	6V6 G	5000 Ω	6L6 G	2500 Ω
EL3	7000 Ω			35L6 GT	2500 Ω
WE 15	7000 Ω			50L6 GT	2000 Ω

SISTEMAZIONE DELL'ALTOPARLANTE - SCHERMO ACUSTICO. — Negli apparecchi radio, l'altoparlante è fissato sulla parte frontale della custodia, aperta posteriormente, che si comporta da schermo acustico (baffle). Tale schermo è necessario per

il fatto che le onde sonore che si propagano posteriormente sono in opposizione di fase rispetto quelle presenti davanti al cono, per cui va impedita la riflessione delle onde retrostanti, per evitare la cancellazione dei suoni bassi. Affinchè la separazione sia sufficiente, è necessario che lo schermo sia sufficientemente ampio, come avviene nei grandi radiofonografi. Negli apparecchi normali esso è modesto, con conseguente annullamento dei suoni bassi per opposizione di fase.

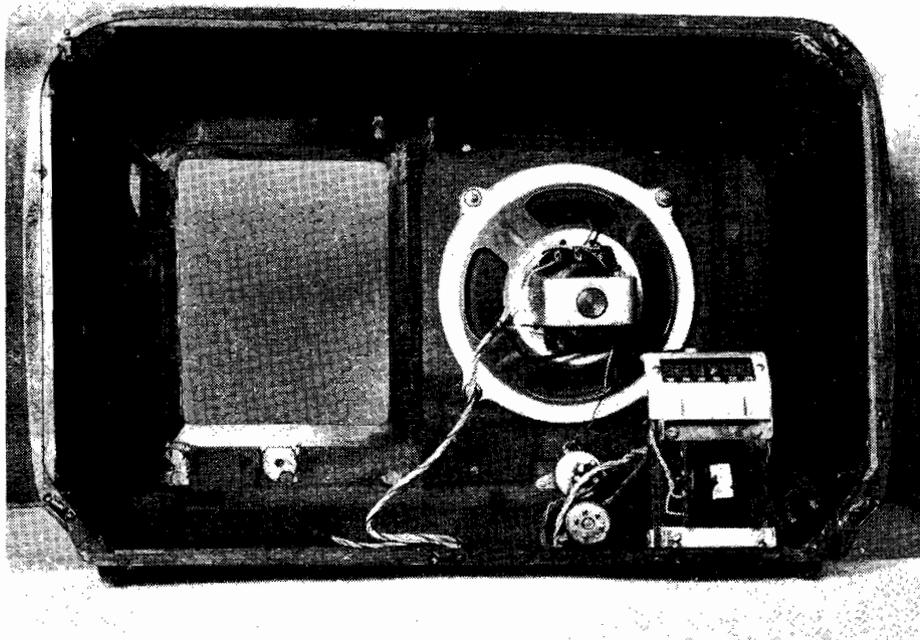


Fig. 5.18. - Sistemazione dell'altoparlante nel mobile; dietro di esso, il trasformatore d'alimentazione.

Data l'apertura posteriore, la custodia si comporta come una canna d'organo; ha una propria frequenza di risonanza, che dipende dal volume d'aria, e che è generalmente compreso tra 100 e 200 cicli. I suoni a questa frequenza vengono fortemente esaltati, ciò che costituisce un inconveniente grave, dato l'effetto di cupo rimbombo che accompagna le voci maschili ed i suoni d'orchestra. Inoltre vi è distorsione causata da insufficiente frenaggio del cono da parte della massa d'aria retrostante. È necessario che le dimensioni del mobile siano proporzionate al diametro dell'altoparlante; se, ad esempio, il diametro è di 22 cm, l'altezza del mobile-schermo dovrebbe essere di 55 cm, la larghezza di 40 cm, la profondità superiore 23 cm e quella inferiore 30 cm.

PRINCIPIO DELLA INVERSIONE DI FASE ACUSTICA. — L'efficienza dell'altoparlante diminuisce rapidamente alle frequenze basse, per la poca aderenza del cono

bass reflex. All'apertura l'impedenza è bassa, dietro il cono dell'altoparlante è alta, data la differenza del quarto d'onda. La forma del percorso non ha importanza, importa la sua lunghezza. Le pareti interne devono essere ricoperte da uno strato assorbente. Le dimensioni sono indicate in fig. 5.19. Il labirinto acustico ha il vantaggio di essere meno ingombrante del bass reflex. Ambedue hanno gli stessi vantaggi, quello di evitare il rimbombo alla frequenza di risonanza dell'altoparlante e quello di migliorare la riproduzione delle frequenze basse.

Distorsione e reazione negativa.

PRINCIPIO E DEFINIZIONE. — L'amplificazione con una sola valvola finale comporta una certa *distorsione* proporzionata alla potenza d'uscita. La distorsione consiste nella alternazione del segnale ed è indicata in percentuale. Distorsioni del 5 % sono normali, del 10 % sono intollerabili. La fig. 5.20 mostra come varia la distorsione (D) al variare della potenza d'uscita (P), la quale a sua volta varia con l'ampiezza del segnale (V_i) presente all'entrata della valvola finale, espresso in volt efficaci. L'esempio si riferisce alla finale 6V6 G, in condizioni normali di lavoro, ossia con 250 V di placca e schermo, — 12,5 V di griglia e con una resistenza di carico di 5000 ohm.

Dalla curva di fig. 5,20 risulta che se l'ampiezza del segnale all'entrata, determinata dalla posizione del controllo di volume, è di 3,5 V, la PU è di 1 watt e la D è del 2 %; mentre il segnale è di 6 V la PU è di 2,2 watt e la D è del 4 %; infine se il segnale è di 8 V la PU è di 4 watt e la D dell'8 %. Ne risulta che per limitare la distorsione è necessario utilizzare solo metà della potenza della valvola finale. Per ovviare a questo grave inconveniente il sistema migliore è quello di adoperare due valvole finali, in controfase, come detto in seguito, oppure ricorrere all'espedito della reazione negativa.

Il principio della reazione negativa consiste nel far retrocedere dal circuito di placca a quello di griglia una parte del segnale amplificato e distorto, approfittando del fatto che esso è in opposizione di fase rispetto al segnale d'entrata, come illustrato dalla fig. 5.2. In tal modo il segnale d'entrata viene esso pure distorto, ma la distorsione è in opposizione a quella che introduce la valvola per effetto dell'ampli-

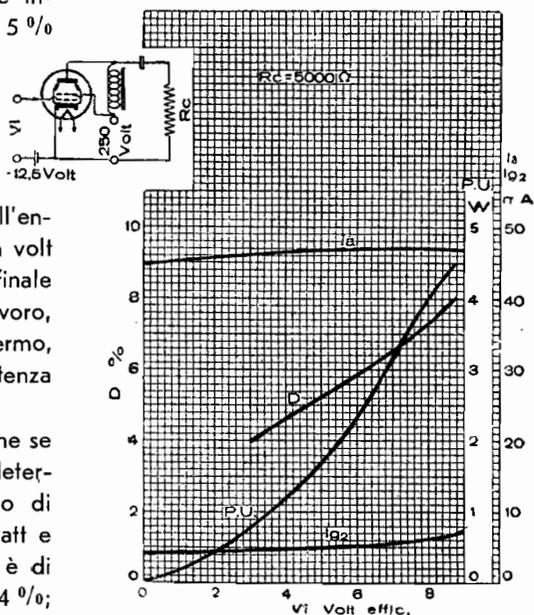


Fig. 5.20. - Come varia la distorsione sonora (D) con il variare della potenza d'uscita (PU).

ficazione, con conseguente parziale compensazione. La valvola finale continua a distorcere anche con la reazione negativa, però tale distorsione risulta più o meno neutralizzata.

Quasi tutti gli apparecchi normali possiedono la reazione negativa; non è presente nei piccoli poichè diminuisce la resa, come non lo è nei grandi, dato che sono provvisti di due valvole finali in controfase. La reazione negativa (RN) è detta anche reazione inversa (dall'inglese *inverse feedback*) oppure reazione a bassa frequenza (dal francese *réaction a basse fréquence*) o anche contoreazione (dal tedesco *gegenkopplung*).

ESEMPI DI REAZIONE NEGATIVA. — Esistono diversi metodi per far retrocedere una parte del segnale amplificato e distorto; uno dei più semplici e più diffusi è quello di fig. 5.21 in cui la placca della valvola finale è collegata alla placca della valvola precedente con una resistenza di 2 megaohm. Non è collegata alla griglia della stessa

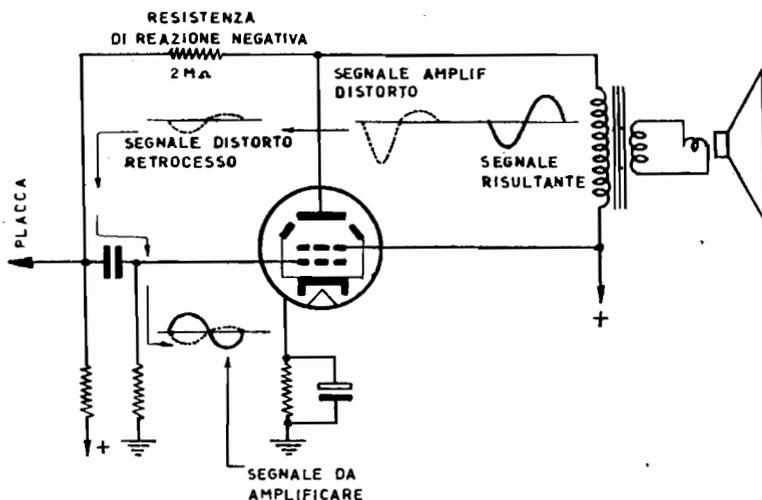


Fig. 5.21. - PRINCIPIO DELLA REAZIONE NEGATIVA. Parte del segnale amplificato e distorto (punteggiato) viene retrocesso all'entrata e modifica la forma d'onda del segnale da amplificare, in modo da neutralizzare la distorsione da parte della valvola.

valvola finale, poichè trasferirebbe ad essa la tensione positiva di placca. Il segnale retrocesso supera facilmente il condensatore di accoppiamento, data la sua elevata capacità, e si presenta all'ingresso della valvola dove si sovrappone al segnale da amplificare. Maggiore è l'ampiezza del segnale retrocesso maggiore risulta l'effetto di reazione negativa, ma maggiore risulta anche la riduzione dell'ampiezza del segnale da amplificare con conseguente minore potenza d'uscita. Questo inconveniente potrebbe venir trascurato se la diminuzione di potenza fosse uniforme per tutte le frequenze acustiche, ma invece la riduzione di potenza è forte per le frequenze basse e debole o nulla per quelle alte, con conseguente minore potenza e tono stridente della riproduzione.

Per evitare questo inconveniente sono stati ideati diversi sistemi di reazione negativa con correzione, per lo più consistenti in condensatori posti in parallelo ed in serie, atti ad evitare la presenza di certe frequenze nel segnale retrocesso. È per questa ragione che i circuiti di RN appaiono piuttosto complessi, e molto diversi da un modello all'altro di apparecchio. A volte la resistenza è divisa in due parti, una fissa e una variabile; quest'ultima consente la regolazione della reazione negativa e viene usata come se fosse un controllo di tono.

Va notato che anche il trasformatore d'uscita introduce una certa distorsione, per compensare la quale può riuscire utile far retrocedere il segnale amplificato dalla

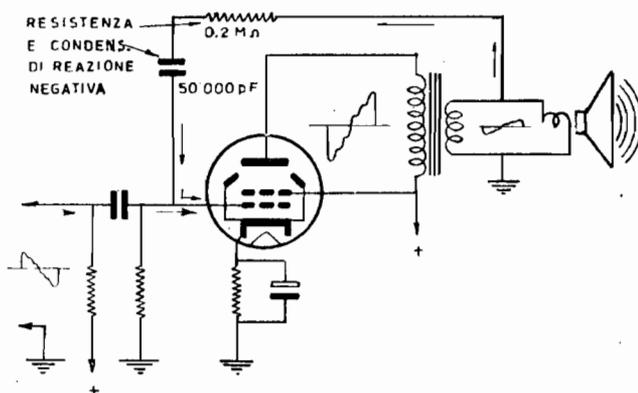


Fig. 5.22. - REAZIONE NEGATIVA. La retrocezione avviene dal secondario del trasformatore d'uscita, in modo da compensare anche la distorsione che esso introduce.

bobina mobile dell'altoparlante anziché dalla placca della valvola, come mostra la fig. 5.22 che si riferisce all'apparecchio Nicoletta Imca. Di numerosi altri sistemi di RN, nonché del calcolo della RN, sarà detto nel capitolo nono.

L'amplificazione finale con due valvole.

PRINCIPIO DELL'AMPLIFICAZIONE IN CONTROFASE. — Tutti gli apparecchi radio ad elevata resa d'uscita funzionano con due valvole finali in controfase; la disposizione in controfase è di grande importanza per gli apparecchi radio ed è indispensabile per tutti gli amplificatori BF (impianti di diffusione sonora) nonché per quelli AF (emittenti radio).

Il principio-base consiste nel presentare all'entrata di due valvole finali lo stesso segnale da amplificare, sfasato però di 180 gradi, ossia in opposizione di fase o in controfase. Per ottenere questo risultato si colloca all'entrata delle due valvole un inversore di fase; basta per es. adoperare un trasformatore BF con il secondario provvisto di presa al centro, e con doppio numero di spire, come nel caso del trasformatore di alimentazione per valvola raddrizzatrice a due placche. In figura 5.23 vi è

un trasformatore con secondario provvisto di presa centrale, e poichè nelle due metà del secondario la corrente ha senso opposto, ai due estremi del secondario vi è lo stesso segnale, in opposizione di fase. Un trasformatore con il secondario provvisto di una presa al centro è un inversore di fase.

Con due valvole finali in controfase si ottiene un'amplificazione *simmetrica* detta anche *bilanciata*. Se non vi è alcun segnale, esse hanno la stessa tensione negativa di griglia (per es. — 12 V) ed in ciascuna di esse è presente la stessa intensità di corrente (per es. 30 mA). Anche il trasformatore d'uscita è provvisto di primario con presa

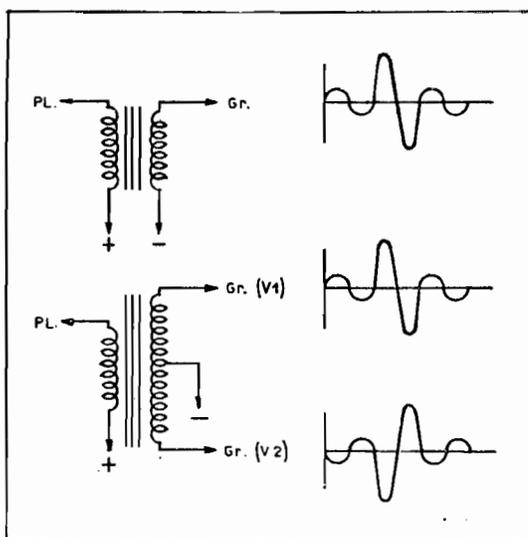


Fig. 5.23. - AMPLIFICAZIONE IN CONTROFASE. Il secondario con presa al centro determina l'inversione di fase necessaria per l'amplificazione finale con due valvole in controfase.

centrale; ciascuna metà del primario è percorsa dalla stessa intensità di corrente in assenza di segnale, ossia in condizioni di riposo. In tal caso nel secondario nel trasformatore d'uscita non è presente alcuna corrente, poichè le due correnti presenti nel primario sono eguali e di direzione opposta, ed essendo tali non possono indurre alcuna corrente nel secondario. Se si verifica una qualsiasi variazione nell'intensità delle due correnti, essa non determina alcuna corrente nel secondario, poichè si tratta sempre di variazioni di correnti eguali e opposte.

Questo fatto è di basilare importanza. Se, per es., la corrente di alimentazione non è bene livellata e la corrente fluttua, poichè le fluttuazioni sono eguali ed opposte esse non determinano alcuna corrente nel secondario e l'altoparlante non riproduce il forte ronzio che riprodurrebbe se vi fosse una valvola sola. Con una valvola sola e un solo secondario vi sarebbe una sola corrente, quindi qualsiasi variazione nell'intensità di questa corrente determinerebbe una corrispondente corrente nel secon-

dario del trasformatore e quindi un suono dall'altoparlante. Sicchè con la disposizione in controfase non è necessario che la corrente di alimentazione sia bene livellata, con conseguente risparmio nel dimensionamento del filtro livellatore. Lo stesso vale per distorsioni provocate dalle due valvole; esse provocano variazioni di correnti eguali e contrarie, che si annullano, con conseguente amplificazione senza distorsione entro limiti molto vasti, cosa questa impossibile con una valvola sola, le cui distorsioni non vengono annullate.

Poichè con valvole in controfase le distorsioni sono bilanciate, esse possono venir caricate molto più di quanto non lo possa essere una valvola sola, possono funzionare

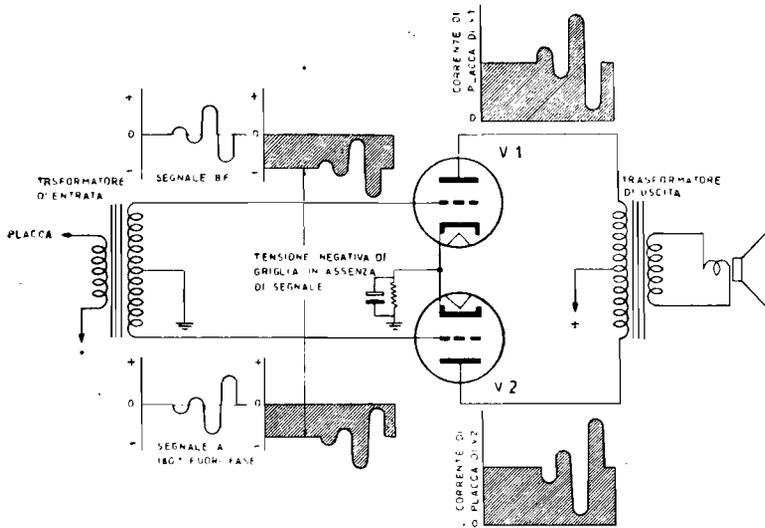


Fig. 5.24. - AMPLIFICAZIONE IN CONTROFASE. Chiarimento del principio generale.

anche nella zona a cui corrisponderebbe una forte distorsione se fosse usata una sola valvola. Mentre una sola 6L6 G può dare 6,5 watt d'uscita, due 6L6 G in controfase, nelle stesse condizioni, possono dare 14,5 watt. Se le due 6L6 G venissero collegate in parallelo, con le placche unite e con le griglie unite, esse si comporterebbero come una valvola sola, per cui oltre una certa limitata potenza d'uscita la distorsione diventerebbe intollerabile.

Una finale sola è simile ad un uomo che cammini soltanto su una gamba sola, sulle cui spalle si può collocare un peso modesto; due finali in controfase sono simili ad un uomo che cammini con due gambe, e che perciò può portare un carico molto maggiore senza distorsione, ossia senza eccessivi sbandamenti dalla posizione verticale. Due valvole in parallelo sono simili ad un camminatore che tenendo le gambe unite, deve procedere saltando, come se avesse una gamba sola. Il fatto essenziale non è che le valvole finali siano due, ma è che esse funzionino in controfase, come le gambe del camminatore, che mentre una va avanti l'altra rimane indietro, rispetto al centro (presa centrale) del suo corpo.

Se alle griglie controllo di due valvole in controfase è presente il segnale da amplificare e se il segnale non è stato invertito di fase, ossia se le due semionde positive si presentano insieme, seguite dalle semionde negative pure insieme, non si ottiene nessun risultato; l'altoparlante rimane muto, dato che le correnti di placca prodotte sono eguali e di senso opposto. Se invece si è provveduto all'inversione di fase del segnale allora alla griglia di una delle valvole è presente la semionda positiva del segnale stesso, mentre all'altra è presente la semionda negativa. In una delle valvole la corrente di placca diminuisce, nell'altra aumenta, e poichè sono in senso opposto determinano una corrispondente corrente nel secondario del trasformatore d'uscita e quindi una semionda sonora. Se le placche delle due valvole in controfase vengono collegate al primario senza presa centrale del trasformatore d'uscita, ossia se vengono collegate alla stessa entrata del primario, non si ottiene nessuna corrente al secondario e nessun suono, dato che le correnti hanno lo stesso senso, ed una è tanto aumentata quanto l'altra è diminuita, con il risultato che la corrente complessiva non varia.

La maggiore resa d'uscita fornita da due valvole finali in controfase non dipende tanto dal fatto che le valvole sono due, quanto da quello che all'entrata di ciascuna di esse è possibile presentare un segnale BF di maggiore ampiezza, senza che perciò intervenga distorsione. La massima ampiezza del segnale BF è di 9,9 V se si tratta di una 6L6 G sola (con 250 V placca e schermo e per una resa di 6,5 W); mentre è di 22,5 V se vi sono due 6L6 G in controfase (stesse tensioni e resa di 14,5 W). Sicchè se ad un apparecchio a 5 valvole si sostituisce la finale con due finali in controfase non si ottiene una maggiore resa d'uscita, bensì si ottiene una resa meno distorta a pieno volume. Per ottenere una resa maggiore è necessario elevare l'ampiezza del segnale BF, ossia è necessario amplificarlo prima di applicarlo alle due finali in controfase.

CLASSI DI AMPLIFICAZIONE IN CONTROFASE - CLASSE A. — Al sistema di amplificazione in controfase accennato si possono apportare alcune varianti, ciascuna delle quali costituisce una diversa classe di amplificazione. Quella accennata è l'amplificazione di classe A_1 . Poichè la distorsione da parte delle due valvole in controfase risulta annullata o per lo meno molto ridotta, si può ottenere una resa di uscita ancora più grande elevando la tensione di placca e di schermo e quindi elevando anche la tensione negativa di griglia, in modo da poter presentare all'ingresso delle valvole segnali di ampiezza ancora maggiore. Si possono verificare due casi, quello in cui il segnale BF non superi la tensione negativa di griglia, ed è questa la classe AB_1 , e quello in cui il segnale BF superi, entro certi limiti, la tensione negativa di griglia, determinando una corrente di griglia, ed è questa la classe AB_2 .

Con due valvole 6L6 G in controfase, in classe A_1 , alle tensioni di placca e di schermo di 250 V, la tensione negativa di griglia è di — 16 V, l'ampiezza del segnale è di 22,5 V eff. e la resa d'uscita è di 14,5 watt, come detto. Aumentando la tensione di placca a 360 V e quella di schermo a 270 V, la tensione di griglia può salire a — 22,5 V e l'ampiezza del segnale BF a 31,8 V, con la resa d'uscita di 26,5 W

(classe AB_1). Con queste tensioni, l'ampiezza del segnale potrebbe essere maggiore tanto da rendere positiva la griglia, potrebbe essere di 51 V, nel qual caso la resa d'uscita sarebbe di 47 W (classe AB_2). Poichè a tensione positiva di griglia corrisponde una corrente di griglia, si determina una perdita nel circuito d'entrata e quindi lo stadio precedente (pilota) deve essere in grado di fornire una potenza maggiore. Nelle due classi precedenti è sufficiente una variazione di tensione; nella classe AB_2 vi è anche variazione di corrente. Nelle due prime classi lo stadio finale è preceduto da un normale *amplificatore di tensione BF*, nella classe AB_2 lo stadio finale è preceduto da un *amplificatore di potenza*, provvisto di un trasformatore a rapporto discendente. Inoltre, date le grandi variazioni nella corrente anodica che si verificano nella classe AB_2 è necessario che l'alimentatore abbia buona regolazione, diversamente alle variazioni della corrente anodica corrispondono variazioni nella tensione d'uscita dell'alimentatore ciò che determina distorsione. Per ottenere una sufficiente regola-

zione viene usata l'entrata a impedenza al posto della solita entrata a capacità del filtro livellatore, e una adatta valvola raddrizzatrice a vapori di mercurio.

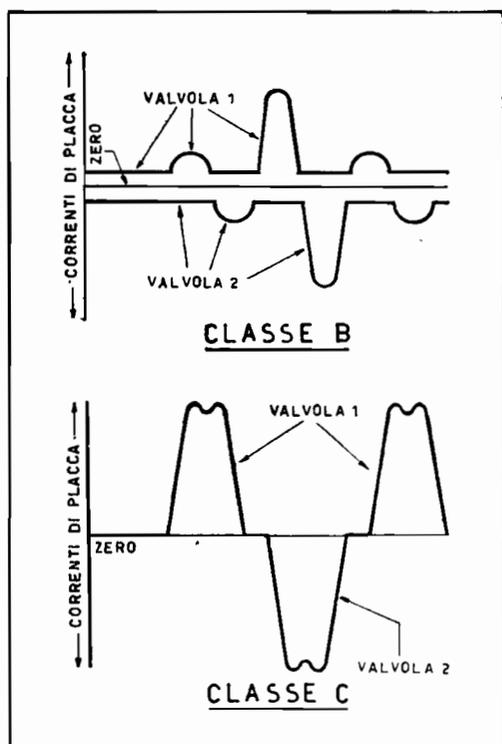


Fig. 5.25. - AMPLIFICAZIONE IN CONTROFASE. Principio dell'amplificazione in classe B e in classe C.

CLASSE B. — Due valvole finali in controfase nella consueta classe A, assorbono una notevole corrente anodica quando sono in condizione di riposo, ossia in assenza di segnali. Due valvole 6L6 G con 250 V di placca e di schermo, collegate in controfase in modo normale, assorbono 120 mA in condizione di riposo, e 140 mA a segnale massimo. Ciascuna valvola assorbe 60 mA, in assenza di segnale. L'assorbimento complessivo sarebbe di 60 mA anzichè di 120 mA se fosse possibile far funzionare una sola valvola per volta, ciò che appunto si ottiene con la disposizione in classe B, la quale è completamente diversa dalla classe A accennata più sopra. Il funzionamento è simile a quello della rad-

drizzatrice a due placche, nella quale i diodi funzionano uno per volta. Per la classe B si adoperano valvole speciali, a due triodi, dei quali vien fatto funzionare uno per volta. La 6N7 G è un doppio triodo adatto per la classe B.

Affinchè funzioni un solo triodo per volta, queste valvole sono a tensione negativa zero, ed a tale tensione zero la corrente di placca è modesta. Solo la semionda positiva del segnale fa funzionare la valvola, o per lo meno la semionda negativa ha poca importanza. Ne consegue che i due triodi funzionano uno per volta, quello a cui è applicata la semionda positiva, come nelle raddrizzatrici a due diodi. Con valvole diverse, la disposizione in classe B si ottiene applicando una tensione negativa di griglia tale da ridurre a zero o al minimo la corrente anodica, in genere però si adoperano valvole apposite, come appunto la 6N7 G, la 6A6, la 19, la 46, la 49, la 52, la 53, la 59, la 79 e la 89.

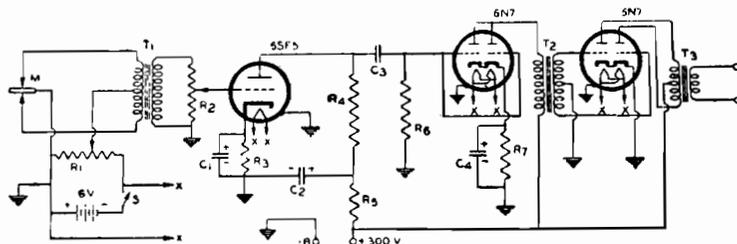


Fig. 5.26. - SCHEMA DI AMPLIFICATORE PORTATILE CON FINALE A DOPPIO TRIODO, IN CLASSE B, POTENZA 10 W. Valori: C1 8 μ F 25 V - C2 4 μ F 25 V - C3 25.000 pF - C4 25 μ F 25 V - R1 potenziometro a filo da 500 ohm - R2 potenziometro da 0,5 megaohm - R3 1300 ohm 0,5 watt - R4 0,1 megaohm 0,5 watt - R5 50.000 ohm 0,5 watt - R6 0,1 megaohm 0,5 watt - R7 900 ohm 0,5 watt - M microfono a doppio bottone.

Con una 6N7 B e 300 V di placca, l'ampiezza del segnale tra griglia e griglia può essere di 58 V, la corrente anodica massima è di 70 mA e la resa d'uscita è di 10 watt.

Come già detto per la classe AB₂, il trasformatore d'entrata della 6N7 G deve essere a rapporto discendente, in quanto la 6N7 G non richiede soltanto variazioni di tensione alla sua entrata ma anche notevoli variazioni di corrente. Essa viene generalmente preceduta da un'altra 6N7 G con le placche e le griglie riunite, in modo da funzionare come un triodo solo amplificatore BF di potenza, fig. 5.26.

CLASSE C. — È possibile portare più avanti il concetto che è alla base dell'amplificazione in classe B e dare alle griglie controllo delle due valvole in controfase una tensione negativa così alta da ridurre addirittura a zero la corrente anodica in assenza di segnale. Anche in questo caso le valvole funzionano una sola per volta, anzi ciascuna di esse funziona solo per una parte della semionda positiva del segnale. Il sistema non è adatto per amplificazioni BF, ma solo per segnali telegrafici e per correnti non modulate, nonché per moltiplicatori di frequenza.

Sistemi di inversione di fase.

PRINCIPIO DEL TRIODO INVERTITORE DI FASE. — Oltre che con il trasformatore provvisto di secondario con presa al centro, l'inversione di fase necessaria per l'amplificazione finale in controfase può essere ottenuta approfittando della proprietà di tutte le valvole elettroniche amplificatrici di invertire la fase dei segnali amplificati.

vrebbe bastare collegare l'entrata di V1 con l'entrata dell'altra valvola finale, V4, ma questo non è possibile poichè il segnale all'entrata di V1 non è ancora amplificato.

Una parte del segnale amplificato presente all'entrata di V3 viene prelevato e applicato all'entrata del secondo triodo amplificatore, V2. In tal modo i segnali presenti all'entrata dei due triodi, V1 e V2 sono eguali e di fase opposta. L'uscita di V2 è quindi collegata all'entrata di V4. In tal modo anche all'entrata di V3 e di V4, le due valvole finali, sono presenti segnali eguali ma in opposizione di fase, come necessario.

La difficoltà consiste nel prelevare dal circuito di entrata di V3 una parte del segnale amplificato che sia eguale a quello presente all'entrata di V1; ossia occorre

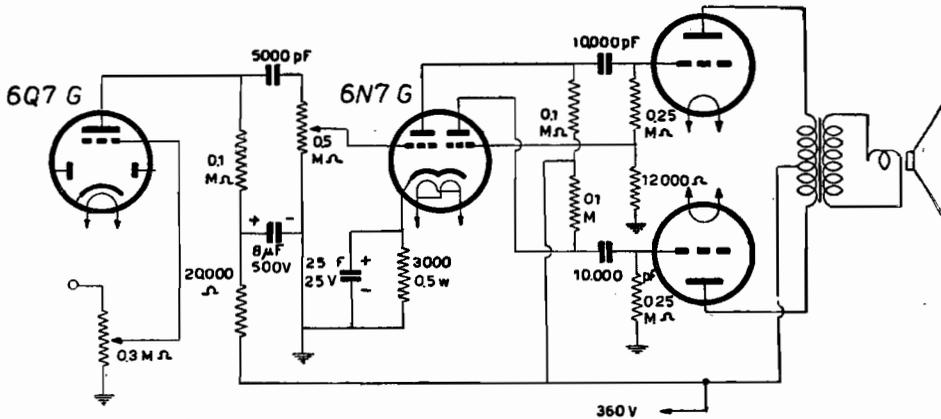


Fig. 5.28A. - Esempio di valvole finali (2A3) in controfase precedute da doppio triodo amplificatore e invertitore di fase. La resistenza di 12.000 ohm è la R5 della figura precedente. (V. anche la fig. 5.32).

fare molta attenzione che i due segnali, all'entrata di V1 e di V2, siano di ampiezza eguale. Diversamente anche all'entrata di V3 e di V4 vi saranno segnali di ampiezza diversa, ciò che renderà impossibile l'amplificazione simmetrica, con introduzione di distorsione per presenza della terza armonica.

Affinchè le tensioni E_a ed E_b , presenti all'entrata delle due valvole finali, siano eguali, è necessario sia accuratamente scelto il valore di R5. Tale valore deve corrispondere a quello di R4 diviso per il guadagno di tensione del triodo V2, e quindi il guadagno di questo triodo che deve essere noto. Se, per es., tale guadagno di tensione (amplificazione) di V2 fosse di 20,8 volte, e se il valore di R4 fosse di 0,25 megohm, come è normale, il valore di R5 dovrebbe essere di $250\,000 : 20,8 = 12\,000$ ohm circa.

Un esempio pratico di stadio finale con due valvole in controfase precedute da un doppio triodo per l'amplificazione di tensione BF e inversione di fase, è quello di fig. 5.28A. Altri esempi pratici simili si possono osservare negli schemi, in fondo al volume.

ESEMPIO DI INVERSIONE DI FREQUENZA E DI FINALI IN CONTROFASE. —

La fig. 5.28B riporta lo schema completo di un apparecchio a sei valvole, due delle quali finali in controfase. Si tratta di due EBL1 provviste anche dei due diodi, per cui una di esse (quella in alto, nello schema) provvede anche alla rivelazione e alla tensione CAV. La tensione BF rivelata è presente ai capi della resistenza variabile di 1 megaohm (sotto la terza ECH4, nello schema), e da essa viene trasferita alla griglia del triodo della prima ECH4, il cui eptodo amplifica i segnali radio prima della conversione di frequenza, alla quale provvede la seconda ECH4. Dalla placca del triodo della prima ECH4 la tensione BF amplificata viene presentata all'entrata di una delle due finali (quella in alto, nello schema). Una parte di tale tensione viene utilizzata per l'inversione di fase, alla quale provvede il triodo della terza ECH4. A tale scopo le due resistenze di griglia delle valvole finali hanno valore diverso, una è di 0,23 megaohm e l'altra di 0,25 megaohm. Dalla placca di questo triodo la tensione BF passa all'entrata della seconda valvola finale (quella in basso, nello schema). I circuiti sono complessi poichè tutte le valvole, comprese le due finali, sono a polarizzazione fissa di griglia; inoltre poichè in serie alle griglie delle finali vi è una resistenza di 1000 ohm (1k Ω) erroneamente segnata 1 megaohm nello schema. Infine la complessità è data dai compensatori acustici e dallo stesso circuito di polarizzazione fissa, in cui le resistenze di caduta sono due, una di 110 e l'altra di 80 ohm, che però si comportano come se fossero una sola, dato che sono in parallelo,ciò che non può sfuggire al lettore. Comunque, questo è uno degli schemi più complessi.

PRINCIPIO DELL'IMITATORE DI CATODO. — L'inversione di fase del segnale da amplificare si può ottenere anche con una sola valvola, con il sistema detto *imitatore*

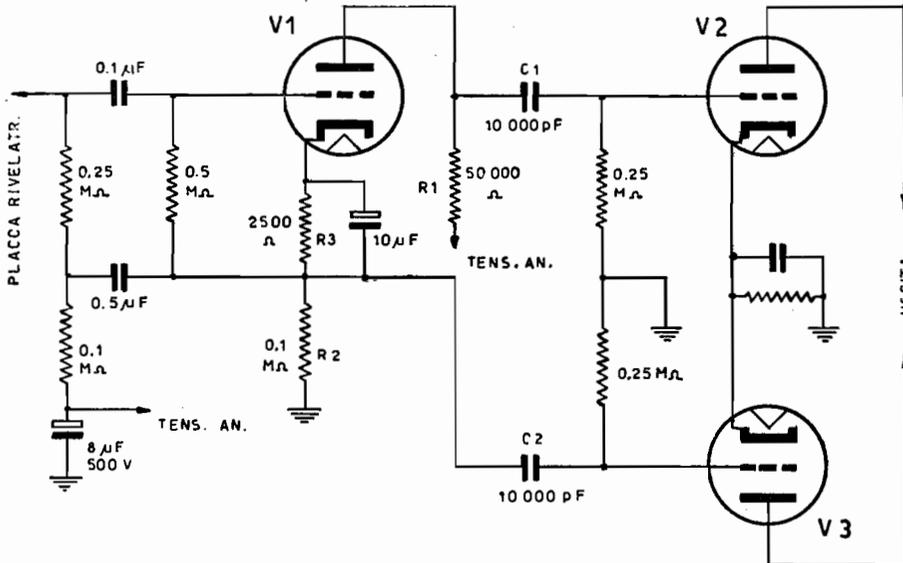


Fig. 5.29. - Sistema di inversione di fase ad imitatore di catodo.

di catodo. Si basa sul fatto che nei triodi la corrente di catodo è eguale a quella di placca; ciò non avviene nei tetodi e nei pentodi poichè data la presenza della griglia schermo la corrente di catodo è maggiore di quella di placca. Poichè le due correnti, di catodo e di placca, sono eguali ed opposte, una delle due valvole finali può venir collegata alla placca, nel solito modo, e l'altra può venir collegata al catodo. Questo sarebbe possibile se le due resistenze, quella di placca e quella di catodo, fossero eguali, ed invece quella di placca ha un valore elevato mentre quella di catodo ha valore basso, quello necessario per la tensione negativa di griglia. Il principio consiste nel collegare una seconda resistenza R2 in serie a quella di catodo R3, in modo da equilibrare il circuito, come indica la fig. 5.29.

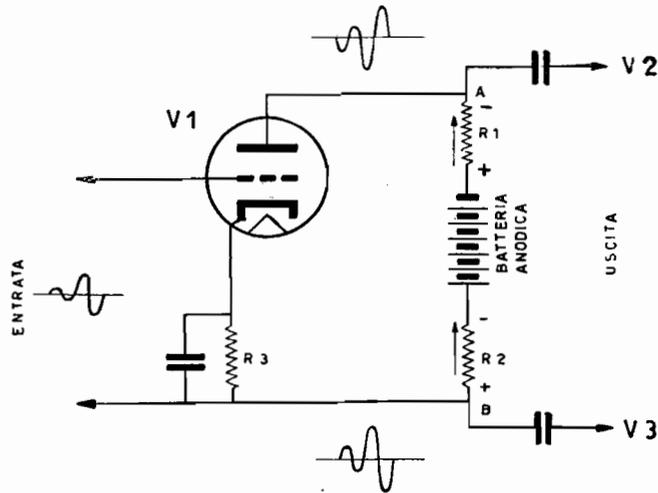


Fig. 5.30. - Principio teorico dell'imitatore di catodo.

Per poter meglio intendere il principio dell'imitatore di catodo, si supponga che la tensione anodica sia fornita da una batteria di pile a secco, come in fig. 5.30. R1 è la solita resistenza di placca, R2 è la nuova resistenza, inserita nel lato negativo dell'alimentatore anodico, R3 è la solita resistenza di catodo. La tensione anodica risulta divisa in due parti, quindi la tensione di placca risulta la metà di quella normale. La resistenza R1 è percorsa dalla corrente nel senso indicato dalla freccia e la tensione prodotta ai suoi capi ha polarità opposta a quella che si produce ai capi di R2. Nei punti A e B sono presenti segnali amplificati della stessa ampiezza e di polarità invertita, come occorre per l'amplificazione in controfase da parte delle due valvole finali V2 e V3.

Le due resistenze R1 e R2 non possono essere eguali, in quanto è presente la resistenza R3, inoltre la resistenza R3 non può venir collegata da un lato al catodo e dall'altro al telaio, come è chiaro. Il telaio è collegato al terminale negativo dell'alimentatore anodico. Una disposizione pratica è quella riportata dalla fig. 5.29. Il sistema ad imitatore di catodo è più semplice dell'altro con doppio d'odo, ma è più

critico; il valore di R_2 va stabilito con prove pratiche. Poichè i doppi triodi sono molto diffusi, il sistema ad imitatore di catodo, con un solo triodo, è impiegato meno frequentemente. (Un esempio particolare è quello del ricevitore professionale Marconi mod. 1183 del quale v. schema).

L'amplificazione finale a due canali e gli altoparlanti bifonici.

AMPLIFICAZIONE AD ALTA FEDELTA'. — L'intensità sonora dei suoni bassi è di gran lunga maggiore di quella dei suoni alti, per cui l'ampiezza dei segnali a frequenze basse è molto maggiore di quella dei segnali a frequenze alte, pur determinando la stessa sensazione d'intensità sonora. Ne consegue che solo i grandi appa-

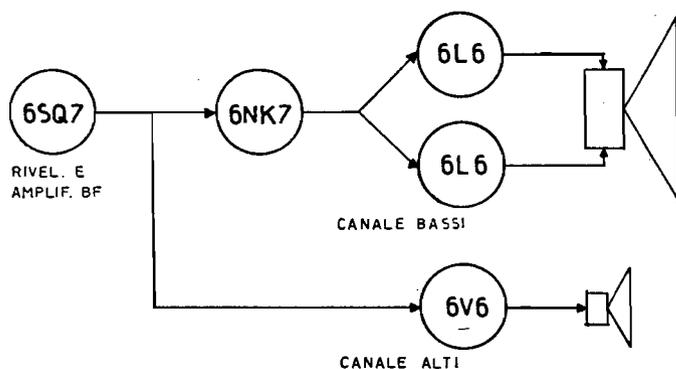


Fig. 5.31. - Principio dell'amplificazione finale a due canali.

recchi, con due valvole finali, possono amplificare convenientemente i suoni bassi, in modo da consentire il volume sonoro necessario per dare la sensazione della naturalezza. Gli apparecchi con una sola valvola finale non possono amplificare a sufficienza i suoni bassi, che risultano perciò attenuati. Infatti, più piccolo è l'apparecchio più stridente è la sua voce. (È ciò che avviene anche per le canne d'organo; quella del DO dopo la controttava è alta 9,6 metri e richiede un gran volume d'aria, mentre quella degli acuti è di appena 7,5 cm e ad essa basta un tenue soffio).

L'amplificazione contemporanea di grandi ampiezze a frequenza bassa e di piccole ampiezze a frequenza alta determina un inconveniente. Si verifica un fenomeno di modulazione, una particolare conversione di frequenza con generazione di frequenze elevate estranee, non musicali e assai sgradevoli. Ciò avviene particolarmente quando sono presenti segnali bassi di grande ampiezza, che costringono la valvola a lavorare nel tratto non lineare della sua caratteristica, con conseguente rettificazione delle nuove frequenze. Poichè queste frequenze estranee sono elevate, esse vanno eliminate, ma in tal modo vengono eliminate anche frequenze alte che avrebbero dovuto venir riprodotte, con conseguente insufficiente fedeltà di riproduzione. È questa la *distorsione d'intermodulazione*.

Inoltre, per la riproduzione di intense onde sonore di notevole lunghezza, corrispondenti ai suoni bassi, sono necessari altoparlanti con cono di grande diametro, il quale però presenta un'inerzia elevata alle frequenze più alte, con conseguente nuova attenuazione di tali frequenze, e tono cupo della riproduzione.

Per evitare questo inconveniente, negli apparecchi radio ad alta fedeltà, generalmente radiofonografi, e nei migliori amplificatori, le valvole finali sono tre, due in controfase per l'amplificazione delle frequenze basse, alla cui uscita è collegato un altoparlante con cono di grande diametro, ed una valvola finale separata, provvista di reazione negativa, adatta per le frequenze alte e perciò collegata ad un piccolo altoparlante. La riproduzione ad alta fedeltà dei suoni non è possibile in altro modo.

L'AMPLIFICAZIONE FINALE A DUE CANALI. — Un esempio di recente amplificatore a due canali, adatto per riproduzioni sonore ad elevata fedeltà, e che prati-

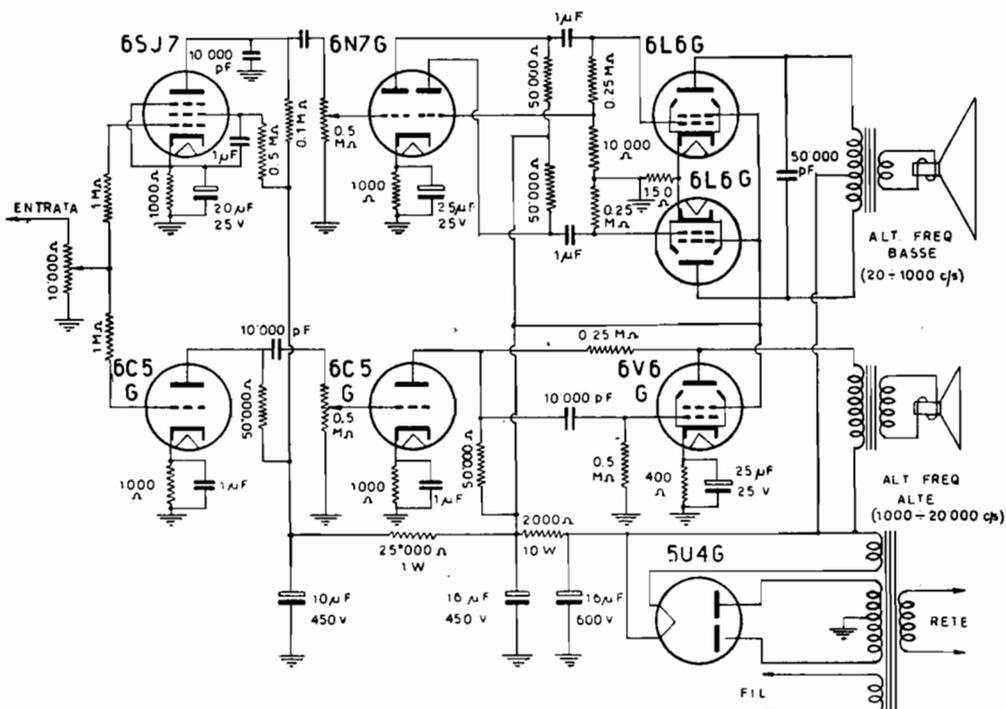


Fig. 5.32. - SCHEMA DI MODERNO AMPLIFICATORE A DUE CANALI. È adatto per impianto ad alta fedeltà di riproduzione sonora. In alto, le quattro valvole del canale bassi. Al centro, le tre valvole del canale alti. In basso, l'alimentatore anodico.

camente costituisce quanto di meglio sia possibile realizzare in questo campo al momento attuale, è illustrato schematicamente dalla fig. 5.32. Il canale bassi comprende due valvole finali 6L6 G in controfase, precedute dal solito doppio triodo

6N7 G pilota e inversore di fase, preceduto a sua volta dalla valvola 6SJ7 G preamplificatrice di tensione. I componenti sono calcolati in modo da consentire il passaggio con la minima attenuazione di frequenze molto basse, da 20 cicli a 100 cicli. Il canale alti comprende tre valvole, la finale 6V6 G, l'amplificatrice di tensione 6C5 G, triodo, e la preamplificatrice di tensione pure 6C5 G. La finale 6V6 G funziona con reazione negativa a percentuale elevata, ciò che è possibile per l'elevata amplificazione di tensione. La resistenza di reazione negativa è di appena 0,25 megaohm. I componenti sono calcolati in modo da consentire il passaggio di frequenze da 1000 a 20 000 cicli. Ciascun canale termina con il proprio altoparlante, di dimensioni adeguate, oppure con un altoparlante a magnete permanente doppio, coassiale.

L'alimentazione prevede l'uso di altoparlanti a magnete permanente, per cui i filtri livellatori sono del tipo a resistenza-capacità. Le placche delle tre valvole finali sono collegate all'entrata del primo filtro, ossia direttamente al filamento della raddrizzatrice. Le due valvole amplificatrici di tensione (6N7 G e 6C5 G) hanno le placche collegate dopo il primo filtro, così pure sono collegate le griglie schermo delle tre valvole finali. Le placche delle due preamplificatrici (6SJ7 G e 6C6 G) sono collegate all'uscita del secondo filtro. La polarizzazione delle varie griglie controllo è automatica per tutte le valvole.

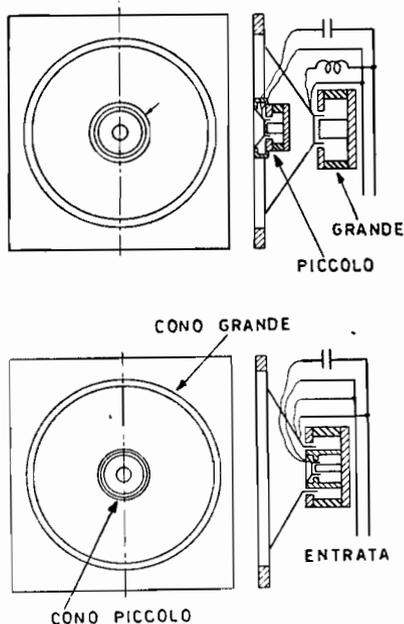


Fig. 5.33. - ALTOPARLANTI MULTIPLI. In alto, principio dell'altoparlante coassiale; in basso, principio dell'altoparlante bifonico.

ALTOPARLANTI MULTIPLI. — Per la riproduzione uniforme di una vasta gamma di frequenze acustiche non è possibile adoperare un solo altoparlante, poichè se è di grande diametro diffonde in preferenza suoni bassi, se di piccolo diametro diffonde suoni alti. Quando sono necessarie riproduzioni sonore di alta fedeltà si adoperano

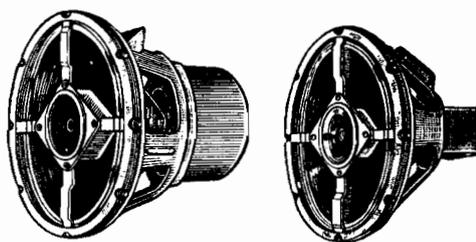


Fig. 5.34. - ALTOPARLANTI MULTIPLI. A sinistra, altoparlante coassiale di tipo elettromagnetico; a destra, lo stesso a magnete permanente.

due altoparlanti, uno di grande cono (30 cm) e un altro di piccolo cono (5 cm). I due altoparlanti vanno fissati allo stesso schermo acustico, a distanza che va cercata speri-

mentalmente a seconda dell'ambiente, e che in media è di 30 cm. Per la interferenza delle onde sonore provenienti dalle due unità si verifica una attenuazione piuttosto forte dei suoni a mezza lunghezza d'onda rispetto la distanza tra i due altoparlanti, e alcuni multipli di essa. Se la distanza è di 30 cm, l'attenuazione si verifica per onde di 60 cm, ossia di circa 560 cicli e certi multipli di questa frequenza.

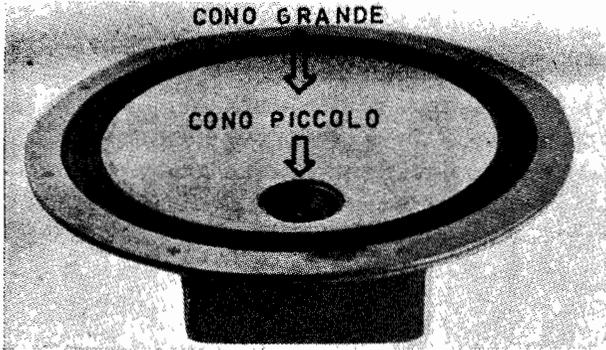


Fig. 5.35. - ALTOPARLANTE MULTIPLO. Aspetto di altoparlante bifonico. L'altoparlante piccolo si trova dentro la bobina mobile dell'altoparlante grande, come indica la fig. 5.33, in basso.

Recentemente sono stati realizzati, e sono ora molto diffusi negli Stati Uniti, gli altoparlanti multipli consistenti in due unità, una per le frequenze basse e l'altra per le alte. Sono di due tipi, i multipli coassiali ed i multipli bicono.

I coassiali hanno i due coni sullo stesso piano, i biconi hanno invece le bobine mobili sullo stesso piano. La fig. 5.33 indica il principio di altoparlante multiplo coas-

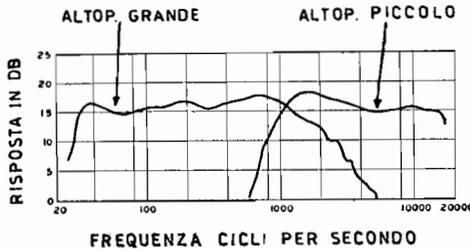


Fig. 5.36. - Curve di risposta delle due unità dell'altoparlante bifonico di fig. 5.35.

siale. L'unità minore (tweeter) è sostenuta al centro del cono dell'unità maggiore; i diametri del cono sono i soliti, di 5 e di 30 cm. La fig. 5.34 mostra due altoparlanti multipli coassiali molto diffusi, uno ad elettromagnete e l'altro a magnete permanente. L'unità minore è sempre a magnete permanente.

Gli altoparlanti multipli bicono sono più costosi ma consentono una più uniforme riproduzione sonora. Il principio è quello di fig. 5.33 dalla quale si vede che le espan-

sioni polari sono due, concentriche. L'orlo esterno del cono piccolo corrisponde all'inizio del cono grande, in modo che la diffusione delle onde sonore sia uniforme, senza che uno dei coni ostacoli la diffusione da parte dell'altro cono. Le bobine mobili sono in parallelo, come avviene anche per il multiplo coassiale; quella maggiore oppone un'impedenza sufficiente per respingere le frequenze più alte; in serie alla bobina mobile vi è un condensatore di piccola capacità, la cui reattanza impedisce il passaggio alle frequenze basse. Oltre a questo condensatore fisso, non vi è altro discriminatore di frequenza.

Il cono grande dei multipli bicono diffonde frequenze da 30 sino a 1000 c/s, come mostra la curva di risposta di fig. 5.36, e quello piccolo frequenze da 1000 a 15 000 c/s. Altoparlanti multipli dei due tipi sono presenti nei ricevitori FM, ad alta fedeltà di riproduzione, dei quali sarà detto nel cap. 10°.