

I CONTROLLI DI VOLUME E DI TONALITÀ DELL'APPARECCHIO RADIO

Il controllo di volume.

La regolazione del volume sonoro dell'apparecchio radio avviene mediante una resistenza variabile presente nel circuito di rivelazione, detta comunemente *controllo di volume*. È a variazione logaritmica per il fatto che la sensibilità dell'orecchio diminuisce rapidamente con l'aumentare dell'intensità sonora; è sensibilissimo ai suoni deboli, e poco sensibile ai suoni forti; in tal modo risulta protetto dai danni che diversamente gli potrebbero essere arrecati dalle grandi intensità sonore.

LIVELLO SONORO E POTENZA SONORA. — Occorre far attenzione a non confondere la *sensazione sonora* con l'*intensità sonora*; la sensazione si riferisce all'ascoltatore, ossia ai suoni così come vengono intesi; l'intensità sonora si riferisce invece alla sorgente sonora, ossia ai suoni come sono in realtà. Al termine sensazione sonora equivale quello di *livello sonoro*; al termine intensità sonora equivale quello di *potenza sonora*. Uno è il fenomeno fisiologico della percezione dei suoni da parte dell'orecchio, l'altro è il fenomeno fisico della produzione dei suoni. Se ci si riferisce a tensioni o correnti ad audiofrequenza presenti nell'apparecchio, allora è l'intensità sonora che conta; se invece ci si riferisce all'audizione dei suoni riprodotti, allora è il livello sonoro che conta.

IL DECIBEL. — La scala delle sensazioni sonore, o dei livelli sonori, può essere paragonata alla scala termometrica. Come vi è una temperatura a zero gradi in cui l'acqua si congela, vi è un'altra a 100 gradi in cui l'acqua bolle, così vi è un livello sonoro a zero gradi, corrispondente a suoni debolissimi, appena percettibili, e vi è un livello sonoro a 100 gradi, in cui i suoni sono fortissimi. L'unità di misura teorica è il *bel*, l'unità di misura pratica è il decimo di bel, ossia il *decibel*, abbr. dB.

Il ticchettio di un orologio da polso posto a qualche metro di distanza, inteso nel silenzio notturno di una stanza, può essere a zero *decibel*. Esistono suoni più deboli ancora, non percettibili dall'orecchio; sono suoni sotto lo zero decibel. Esistono pure suoni estremamente forti, sopra i 100 decibel; l'orecchio sente suoni sino a

I CONTROLLI DI VOLUME E DI TONALITÀ DELL'APPARECCHIO RADIO

127 decibel, a quel punto ha inizio il dolore. Suoni più forti ancora si sentono soltanto come dolore.

Se l'intensità di un suono appena percettibile, a zero decibel viene aumentata di 10 volte, il suono non viene inteso dieci volte più forte, viene inteso solo leggermente più forte, ma rimane un suono debolissimo. Così rinforzato viene a trovarsi a 1 bel della scala, ossia a 10 decibel, come risulta dalla fig. 8.1, nella quale sono confron-

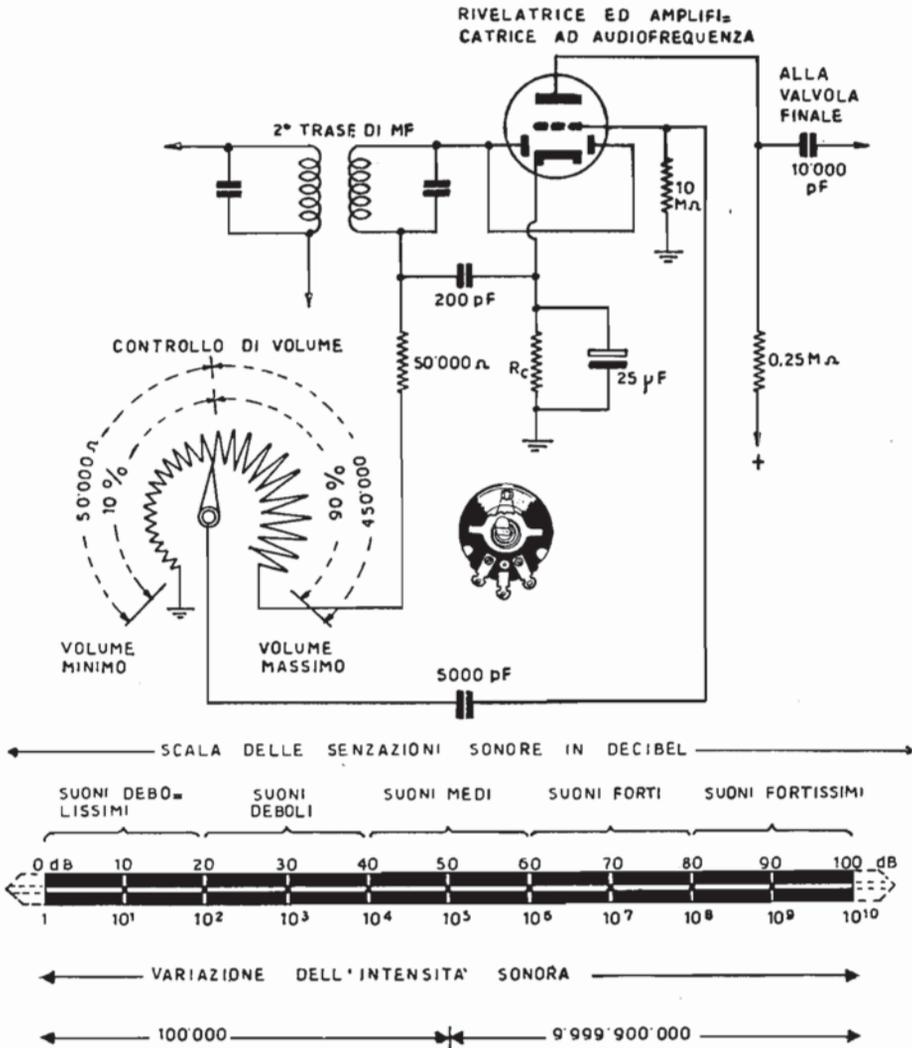


Fig. 8.1. - Principio del controllo di volume. È ottenuto con una resistenza variabile a variazione logaritmico, affinché le variazioni d'intensità sonora corrispondano a quelle della sensazione auditiva.

tate le due scale, quella delle sensazioni e dei livelli sonori in decibel e quella dell'intensità sonora.

Se l'intensità di un suono a zero decibel viene aumentata di 100 volte anziché di 10, il suono rimane ancora tra i debolissimi ed i deboli, a 2 bel, ossia a 20 decibel della scala. Ad un aumento dell'intensità di 1000 volte corrisponde la sensazione di 3 bel, ossia di 30 decibel; a quella di 10 000 volte corrisponde la sensazione di 4 bel, ossia di 40 decibel, e così di seguito. Ad un aumento dell'intensità sonora di 1 milione di volte corrisponde la sensazione, il livello sonoro di 6 bel, ossia di 60 decibel.

Si noti che invece di scrivere 10, 100, 1000, 10 000, 100 000, 1 000 000, ecc. si può scrivere 10^1 , 10^2 , 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 e così di seguito. Gli esponenti 1, 2, 3, 4, 5, 6 ecc. corrispondono ai bel della sensazione sonora, del livello sonoro. Ciò per il fatto che 1, 2, 3, 4, 5, 6 ecc. sono rispettivamente i logaritmi decimali di 10, 100, 1000, 10 000, 100 000, 1 000 000 ecc.

Affinchè un livello sonoro possa passare da 0 decibel a 100 decibel, occorre che l'intensità del suono venga aumentata di 10 miliardi di volte, visto che 100 decibel corrispondono a 10 bel, e dato che 10 è il logaritmo di 10 000 000 000.

DINAMICA DELL'APPARECCHIO RADIO. — Con il controllo di volume al minimo, l'apparecchio radio produce nell'ambiente in cui si trova un livello sonoro minimo, che può essere ad es. di 30 decibel. Tale livello minimo non può scendere sotto un certo valore, dato il rumore di fondo dell'apparecchio, il quale risulta molto alto rispetto al ticchettio di un orologio da polso, se inteso nel silenzio notturno.

Con il controllo di volume al massimo, l'apparecchio produce nell'ambiente un elevato livello sonoro, il quale dipende dalla potenza dell'apparecchio e dalla cubatura dell'ambiente; può essere, ad es., di 65 decibel. La differenza tra i due livelli sonori è detta *dinamica dell'apparecchio radio*; nell'esempio fatto è di $65 - 30 = 35$ decibel. Se l'apparecchio anziché venir fatto funzionare in una stanza molto silenziosa, vien fatto funzionare in una sala da ballo molto grande e molto affollata, il livello minimo potrà essere intorno ai 50 decibel; data la rumorosità dell'ambiente un livello più basso non sarebbe inteso. In tal caso la dinamicità scende a $65 - 50 = 15$ decibel.

Il controllo di tono.

Il controllo di tono consente di adeguare la tonalità della riproduzione sonora alle esigenze dell'ascoltatore, al genere della riproduzione (parlato, musica, cori) e ad attenuare i disturbi che generalmente accompagnano la ricezione delle emittenti lontane. Il tipo comune di controllo di tono consiste semplicemente di una resistenza variabile, a variazione logaritmica, in serie con un condensatore fisso (v. fig. 10.1 in basso) è disposto in modo che a mano a mano che la resistenza viene esclusa, le frequenze alte del segnale vengano attenuate, e non risultino riprodotte dall'altoparlante se non in minima parte. Viene inserito nel circuito di placca della valvola rivelatrice-amplificatrice di tensione, ed in tal caso vien detto *di placca*, oppure nel circuito di griglia della valvola finale, ed allora vien detto *di griglia*.

Il controllo di tono si basa sul fatto che la resistenza opposta dal condensatore alle audiofrequenze varia al variare della frequenza. Tale resistenza vien detta *reattanza capacitativa*; l'unità di misura è l'ohm. La reattanza capacitativa è di basilare

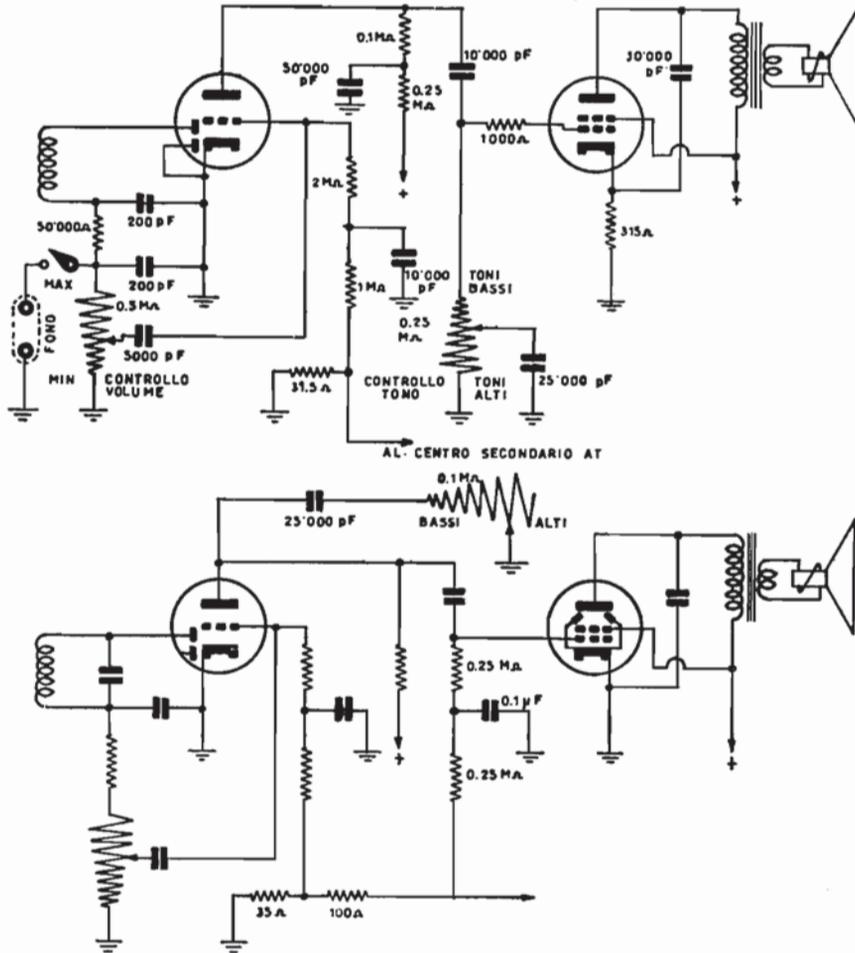


Fig. 8.2. - Esempi di controllo di tono.

importanza per l'accoppiamento delle valvole, per i filtri di frequenza, per i controlli di tono, per la compensazione di tonalità e per i controlli di responso con o senza reazione inversa.

REATTANZA CAPACITATIVA. — L'intensità della corrente alternativa che percorre una capacità, aumenta con l'aumentare della sua frequenza e con l'aumentare della capacità. In presenza di correnti alternative (a radiofrequenza, a videofrequenza, ad

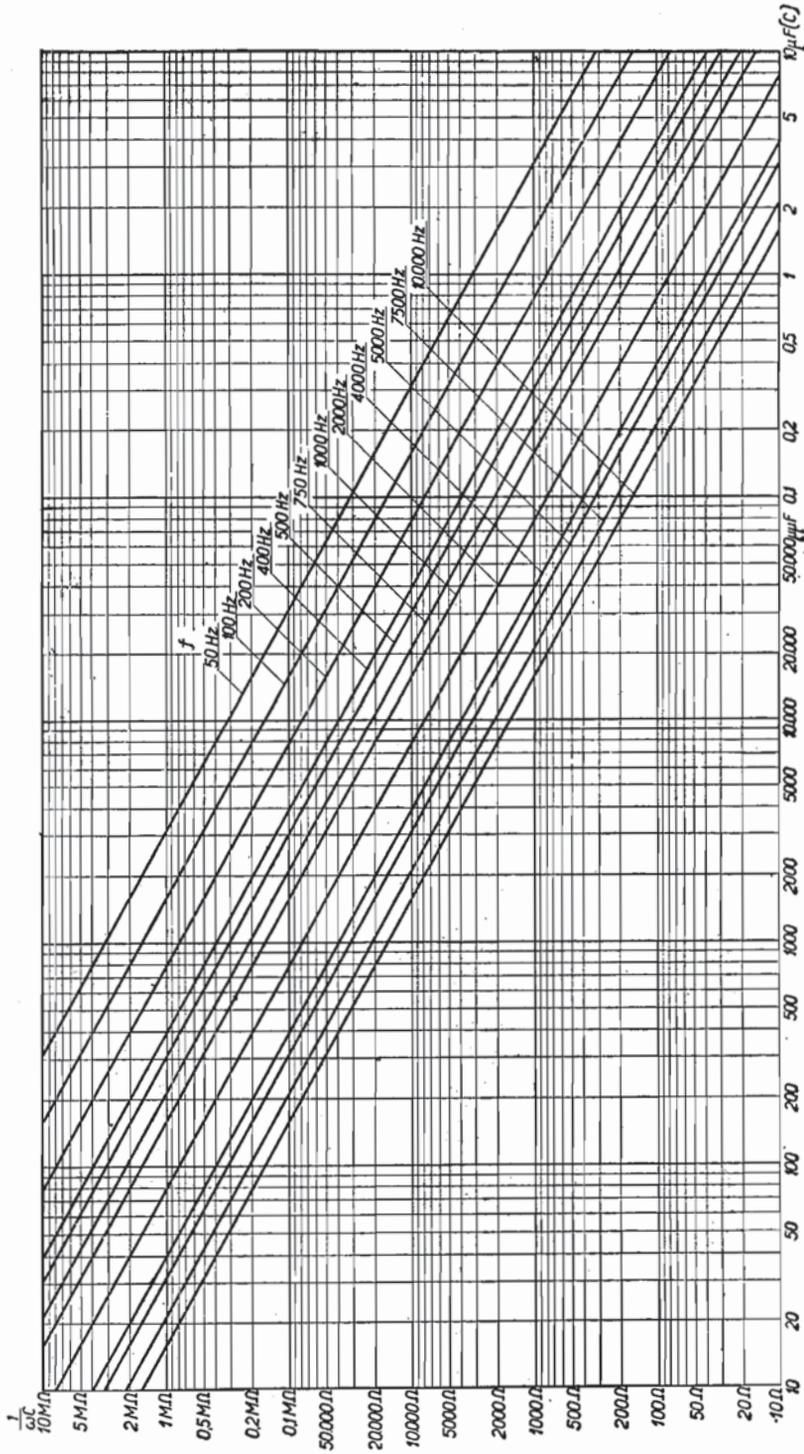


Fig. 8.3. - Questo nomogramma consente di conoscere rapidamente la reattanza capacitativa in ohm o in megaohm dei condensatori da 10 pF a 10 μF , alle varie frequenze da 50 cicli (Hz) a 10 000 cicli.

audiofrequenza, ecc.) il condensatore si comporta come una resistenza il cui valore dipende dalla frequenza di tali tensioni; più alta è la frequenza, più bassa è la resistenza che il condensatore oppone. Correnti a radiofrequenza, di milioni di cicli al secondo, passano attraverso i condensatori di capacità elevata, di qualche microfarad, come se fossero in corto circuito, senza incontrare alcuna resistenza, o tanto piccola da poter essere trascurata. Le correnti a frequenza molto bassa incontrano invece resistenze elevate, ed anche elevatissime se la capacità è piccola; così, ad es. il condensatore di 1000 pF oppone la resistenza di 3 184 713 ohm alla frequenza di 50 cicli al secondo.

La reattanza capacitativa risulta dalla formula seguente:

$$\text{Reattanza capacitativa in ohm} = \frac{1\,000\,000}{2\pi \times \text{frequenza in cicli} \times \text{Capacità in microfarad}}$$

Se, ad es., la frequenza è di 100 cicli, e la capacità di 25 000 picofarad, ossia di 0,025 microfarad, la reattanza risulta di:

$$\text{Reattanza capacitativa} = 1\,000\,000 : (6,28 \times 100 \times 0,025) = 64\,100 \text{ ohm.}$$

Alla frequenza di 50 cicli, il condensatore oppone il doppio della reattanza indicata, ossia 128 200 ohm, mentre alla frequenza di 1000 cicli, oppone la decima parte, cioè 6 410 ohm. Il nomogramma di fig. 8.3 consente di conoscere rapidamente la reattanza capacitativa corrispondente alle principali capacità e frequenze. Si supponga di voler conoscere quale sia la reattanza del condensatore di 10 000 pF alla frequenza di 5 000 cicli; si cerca anzitutto la retta corrispondente a 5 000 cicli (indicata nel nomogramma con 5 000 Hz) quindi in basso la capacità di 10 000 pF; tirando una linea orizzontale si trova che la reattanza è circa di 3 000 ohm. Per gli usi pratici non è necessaria una maggior precisione. La reattanza esatta è di 3 185 ohm.

Se la capacità viene moltiplicata per un dato numero, e la frequenza viene divisa per quello stesso numero, o viceversa, la reattanza rimane invariata. Così, è di 3 185 ohm per la capacità di 10 000 pF alla frequenza di 5 000 cicli, ma è anche di 3 185 ohm per la capacità di 1 000 pF alla frequenza di 50 000 cicli, e per la capacità di 100 pF alla frequenza di 500 000 cicli; e nello stesso modo è sempre di 3 185 ohm per la capacità di 50 pF alla frequenza di 1 milione di cicli, di 500 pF alla frequenza di 100 000 cicli, di 5 000 pF alla frequenza di 10 000 cicli, di 50 000 pF alla frequenza di 1 000 cicli, di 500 000 pF alla frequenza di 100 cicli, e così di seguito.

PRINCIPIO DEL CONTROLLO DI TONO. — La fig. 8.4 illustra in A un esempio di controllo di tono nel circuito di placca di valvola rivelatrice-amplificatrice di tensione.

Il valore della resistenza variabile non può essere troppo basso, poichè il carico esterno della valvola risulterebbe insufficiente per ottenere un'adeguata amplificazione del segnale, e non può neppure essere troppo alto, poichè allora non si otterrebbe più una efficiente regolazione dell'attenuazione delle frequenze alte. In ogni caso, il controllo di tono costituisce una perdita, per cui non può venir applicato a piccoli

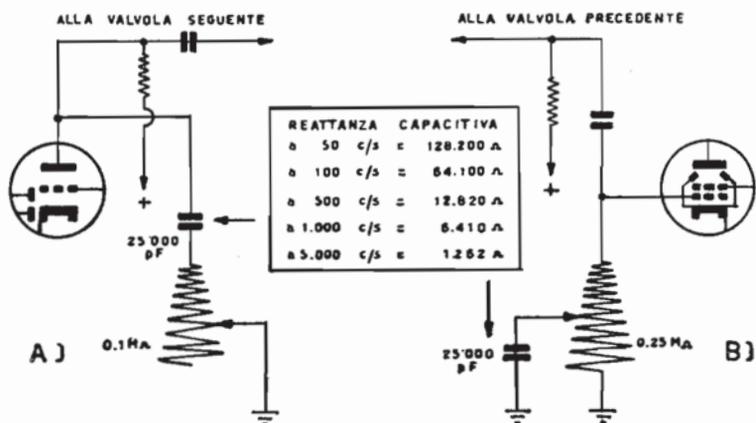


Fig. 8.4. - A) Controllo di tono nel circuito di piaça; B) Controllo di tono nel circuito di griglia.

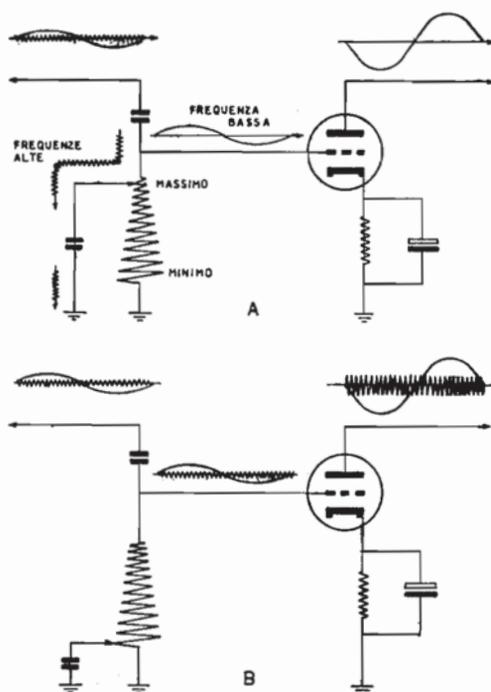


Fig. 8.5. - Azione del controllo di tono nel circuito di griglia.

apparecchi senza trasformatore, ma solo in apparecchi in cui l'amplificazione totale consente una riduzione senza eccessiva perdita della resa d'uscita.

Il valore del condensatore dipende dall'entità di attenuazione che si desidera ottenere; il valore di 5 000 pF è il minimo, quello di 50 000 pF è il massimo; valori normali sono quelli di 15 000, 20 000 e 25 000 picofarad. Maggiore è la capacità, maggiore è anche la perdita d'amplificazione del segnale. Va tenuto conto che al condensatore è applicata la tensione di placca, per cui può andare in cortocircuito se non è sufficientemente isolato.

La fig. 8.4 illustra in B un controllo di tono nel circuito di griglia della valvola finale. In questo caso la resistenza variabile è utilizzata quale resistenza di placca, ma la perdita di amplificazione del segnale si verifica ugualmente, poichè considerando il cursore al centro della corsa, i 9 decimi della resistenza totale sono in parallelo con la reattanza del condensatore, la quale è bassissima per le frequenze elevate del segnale, come si può notare dalla tabellina, e non è alta neppure per le frequenze alte del segnale, essendo di 128 200 ohm per la frequenza più bassa, quella di 50 cicli, confrontata con la resistenza di griglia, di 0,25 megaohm. Risulta che la capacità di 25 000 pF è alta, e che conviene utilizzare una capacità minore, da 5 000 a 10 000 pF, onde evitare un'eccessiva perdita di potenza.

Il controllo di tono può essere costituito dalla solita resistenza variabile in serie con il condensatore, posto in parallelo alla resistenza di griglia, ma l'inconveniente citato rimane lo stesso, poichè nella posizione di massimo, con la resistenza esclusa, la griglia della valvola è direttamente collegata a massa dal condensatore, la cui reattanza è bassissima alle frequenze alte del segnale.

Sia per questo inconveniente, sia per il fatto che il controllo di tono non fa altro che attenuare le frequenze alte, senza determinare alcun rinforzo delle frequenze basse, esso è ormai in disuso.

I controlli all'estremo alto ed all'estremo basso della gamma.

Affinchè la riproduzione delle voci e dei suoni possa risultare naturale, è necessario che l'amplificazione delle varie frequenze sia uniforme da un estremo all'altro della gamma. L'apparecchio radio non può amplificare con tale uniformità tutte le frequenze, amplifica uniformemente solo la parte centrale della gamma per una estensione che dipende dalla sua classe; migliore è l'apparecchio più estesa è la parte centrale della gamma che esso può amplificare uniformemente.

I comuni controlli di tono ai quali è stato accennato, non fanno altro che sopprimere una parte delle frequenze del segnale, quelle alte o quelle basse, peggiorando ancora di più la già modesta curva di fedeltà dell'apparecchio. Altrimenti occorre aumentare notevolmente l'amplificazione ad audiofrequenza, con l'aggiunta di altra valvola amplificatrice di tensione, ciò che è possibile solo con apparecchi di alta classe ed in genere in tutti o quasi i radiofonografi, specie in quelli provvisti di due valvole finali in controfase.

In tal caso, data l'amplificazione di tensione esuberante, si può ridurre l'amplifi-

cazione al centro della gamma e lasciare inalterata quella ai due estremi. Il risultato è che i due estremi della gamma « emergono », formano due gobbe, e la riproduzione sonora risulta più naturale. Non è sempre opportuno amplificare molto i toni estremi, quelli molto alti e quelli molto bassi, ma è invece sempre opportuno adeguare la loro amplificazione alle caratteristiche di funzionamento dell'apparecchio ed alle condizioni acustiche dell'ambiente in cui esso si trova.

Per questa ragione, gli apparecchi che si basano su questo principio sono prov-

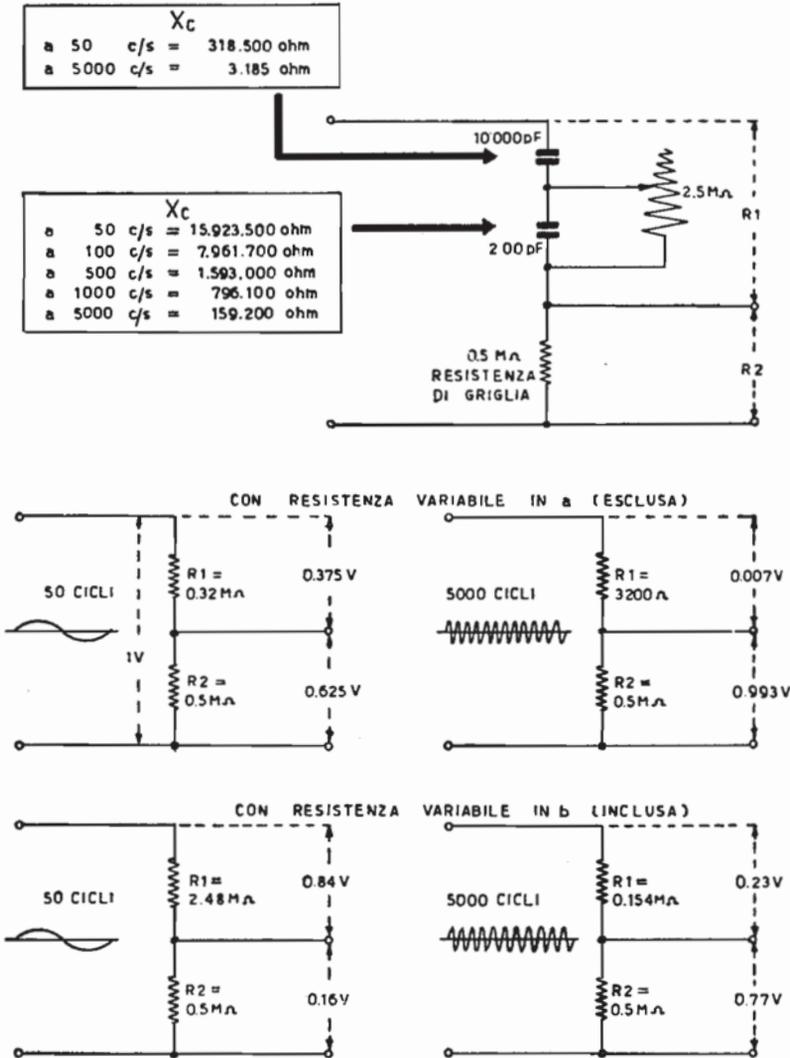


Fig. 8.6. - Principio di funzionamento del regolatore dei toni alti.

visti di due regolatori, uno per la regolazione dell'amplificazione all'estremo basso, e l'altro per quella all'estremo alto, in modo da poter adeguare la riproduzione dei toni estremi alle necessità dell'apparecchio e dell'ambiente. Mentre i controlli di tono precedentemente descritti possono soltanto diminuire l'amplificazione, delle frequenze alte o basse del segnale, i due regolatori di tono all'estremo alto ed a quello basso della gamma provvedono effettivamente a regolare il rinforzo dell'amplificazione ai due estremi. Uno di essi vien detto *regolatore dei toni alti*, oppure *controllo di re-*

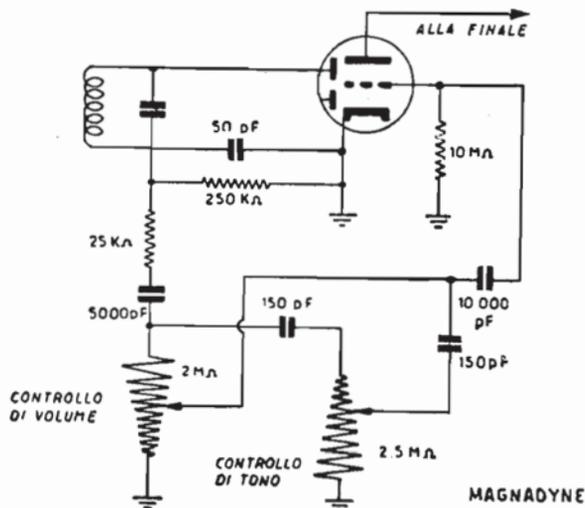


Fig. 8.7. - Controlli di volume e di tono usati in alcuni modelli Magnadyne.

sponso all'estremo alto, e l'altro vien detto *regolatore dei toni bassi* oppure *controllo di responso all'estremo basso*.

Il principio generale è il seguente: poichè l'amplificazione dello stadio dipende dal valore della resistenza di placca e da quello della resistenza di griglia della valvola seguente, come già detto all'inizio di questo capitolo, occorre fare in modo che in presenza di frequenze molto alte e di frequenze molto basse, il valore di una o dell'altra resistenza subisca un notevole aumento. Mentre le frequenze nel tratto centrale della gamma vengono amplificate relativamente poco, quelle ai due estremi vengono amplificate di più, in modo da compensare l'attenuazione causata dall'accoppiamento a resistenza-capacità e da altri fattori.

I due controlli, quello all'estremo alto e quello all'estremo basso, vengono generalmente inseriti tra la prima e la seconda valvola amplificatrice di tensione, ossia tra la rivelatrice-amplificatrice e l'amplificatrice-invertitrice di fase, generalmente costituita da un doppio triodo.

IL CONTROLLO ALL'ESTREMO ALTO. — Mentre la reattanza dei condensatori aumenta con il diminuire della frequenza, la reattanza delle bobine, detta *reattanza*

induttiva (X_L) aumenta con l'aumentare della frequenza. È molto alta alle frequenze alte, e molto bassa alle frequenze basse. Basta inserire un'induttanza con nucleo di ferro nel circuito di placca della valvola amplificatrice, affinché il carico anodico esterno della valvola non sia più costante, ma vari al variare della frequenza del segnale.

La fig. 8.8 illustra un controllo all'estremo alto, ossia un regolatore dei toni alti, presente nel circuito di placca della valvola rivelatrice-amplificatrice. L'induttanza L è posta in serie ad un condensatore in modo da formare un circuito risonante a frequenza elevata; in parallelo è presente la resistenza variabile necessaria per il con-

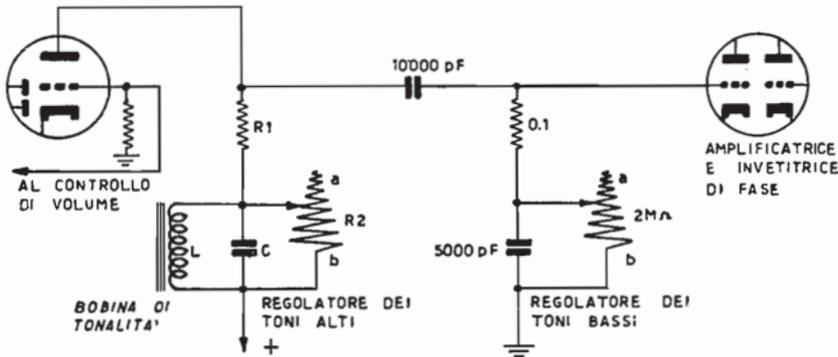


Fig. 8.8. - Esempio di due controlli di tonalità, uno per ciascun estremo della gamma.

trolo. Quando la resistenza è completamente esclusa, ed il suo cursore si trova nel punto b), il circuito di rinforzo dei toni alti risulta escluso, essendo in cortocircuito. Con la resistenza variabile completamente inserita, ossia con il suo cursore nel punto a), l'efficienza del rinforzo è massima, ed è limitata dal valore della resistenza variabile. La frequenza di risonanza del circuito LC dipende dal tipo di apparecchio, dalle sue caratteristiche, è minore nei radiofonografi per soli dischi a 78,26 giri ed è invece maggiore per quelli adatti anche per dischi a 33,3 giri, data la più estesa gamma dell'incisione fonografica. Alla frequenza di risonanza, ed alle frequenze prossime ad essa, la resistenza che il circuito oppone alle audiofrequenze è notevole, e si aggiunge a quella della resistenza di placca R_1 , il cui valore è generalmente basso, da 50 000 a 10 000 ohm. Il valore di R_2 è tale da essere di alcune volte maggiore della resistenza alla risonanza del circuito LC. Il valore di L e di C va trovato sperimentalmente o calcolato. L'induttanza deve essere accuratamente schermata.

IL CONTROLLO ALL'ESTREMO BASSO. — Il circuito di rinforzo dei toni bassi è posto in serie alla resistenza di griglia, come indica la fig. 8.8. È formato da una capacità fissa, ad es. di 5 000 pF, e da una resistenza variabile in parallelo, ad es. di 2 megaohm.

La reattanza del condensatore di 5 000 pF è di circa 640 000 ohm a 50 cicli,

di 320 000 ohm a 100 cicli, di 64 000 ohm a 500 cicli, di 32 000 ohm a 1 000 cicli e, infine, di 6 400 ohm a 5 000 cicli. Senza resistenza variabile in serie al condensatore, la resistenza di griglia passerebbe a 100 000 + 6 400 ohm in presenza di frequenza molto alta, di 5 000 cicli, a 100 000 + 640 000 ohm, in presenza di frequenza molto bassa, a 50 cicli. Questa variazione del valore della resistenza di griglia è eccessiva; la resistenza variabile consente di limitare la variazione entro i seguenti due valori estremi:

$$\begin{aligned} \text{a) resistenza di griglia a 50 cicli: } & \frac{0,64 \times 2}{0,64 + 2} + 0,1 = 0,47 \text{ megaohm} \\ \text{b) resistenza di griglia a 5 000 cicli: } & \frac{0,0064 \times 2}{0,0064 + 2} + 0,1 = 0,1047 \text{ megaohm.} \end{aligned}$$

La resistenza variabile si comporta come un effettivo controllo di responso dei toni bassi, poichè determina la massima variazione dell'amplificazione dello stadio in corrispondenza dei toni bassi.

Il controllo all'estremo basso indicato risulta molto efficiente e di pratica applicazione anche in ricevitori modesti, oltre a riuscire utilissimo negli apparecchi di classe e nei radiofonografi. Va però tenuto presente che negli apparecchi attuali è molto diffusa l'applicazione della reazione inversa, la quale consente di ottenere in altro modo i due controlli all'estremo basso e all'estremo alto della gamma, oltre che di ridurre il ronzio e la distorsione.

Controllo di volume fisiologico.

A livelli sonori molto alti, l'orecchio percepisce tutti i suoni circa allo stesso modo; a livelli molto bassi, invece, l'orecchio percepisce soltanto i suoni della gamma centrale, da 800 a 2 000 cicli; tutte le note basse e parte delle note alte risultano inaudibili. È per questa ragione che regolando il livello sonoro verso il minimo, l'audizione risulta impoverita, poichè si sentono soltanto le note centrali. Le frequenze corrispondenti alle note basse e a quelle molto alte sono normalmente riprodotte dall'apparecchio, ma l'orecchio non le percepisce.

Affinchè le note basse possano venir intese anche a livelli sonori bassi, viene usato un particolare controllo di volume, detto *fisiologico*. Esso ha una doppia azione: riduce normalmente il livello delle frequenze centrali e delle alte, e riduce molto meno il livello delle note basse, le quali risultano in tal modo rinforzate rispetto a quelle centrali.

Ciò si ottiene con una presa ad un certo punto della resistenza variabile, come indica la fig. 8.9; tale presa è collegata a massa mediante un condensatore posto in serie ad una resistenza. Controlli di volume di questo tipo sono molto diffusi negli apparecchi di recente costruzione, compresi anche gli apparecchietti senza trasformatore di alimentazione, per i quali sono anzi più necessari, dato che è in questi

apparecchiati che la riproduzione sonora risulta particolarmente stridente nelle posizioni a basso ed a minimo volume. Controlli di volume di questo tipo sono anche detti a compensazione di tono.

PRINCIPIO DELLA COMPOSIZIONE DI TONO. — La fig. 8.9 illustra un esempio di controllo di volume fisiologico con compensazione di tono; la presa alla resistenza variabile è fatta ad un terzo o meno della resistenza dal lato massa.

Quando il cursore si trova in tale posizione, la compensazione è effettiva, poichè

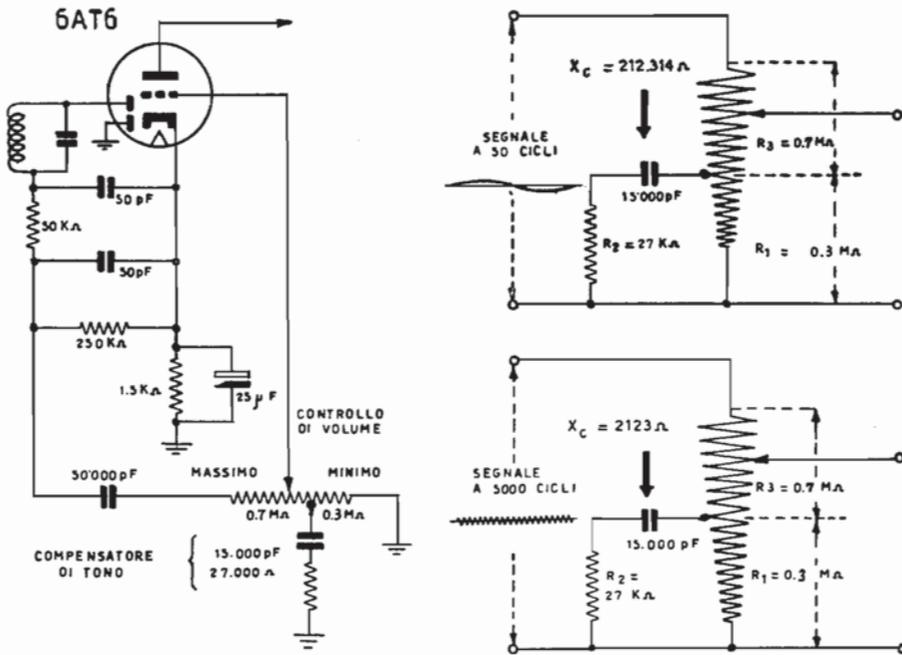


Fig. 8.9. - Principio del controllo di volume con compensazione di tonalità.

le alte frequenze del segnale preferiscono andare a massa tramite il condensatore anzichè venir trasferite alla griglia della valvola seguente. A destra della stessa figura è illustrato perchè ciò avviene.

Se, come nell'es. di fig. 8.9, il valore della resistenza variabile è di 1 megaohm, e se la presa è fatta a 0,3 megaohm dal lato massa, in presenza di frequenza a 50 cicli, la resistenza di 0,3 megaohm si trova in parallelo la reattanza del condensatore di 212 314 ohm, più il valore della resistenza R2. In presenza di frequenza alta, ad es. di 5 000 cicli, la resistenza di 0,3 megaohm del controllo di volume risulta in parallelo con la reattanza di 2 123 ohm, più la resistenza R2. La resistenza R2 ha lo scopo di appiattire l'attenuazione prodotta dal condensatore, in modo da ren-

I CONTROLLI DI VOLUME E DI TONALITÀ DELL'APPARECCHIO RADIO

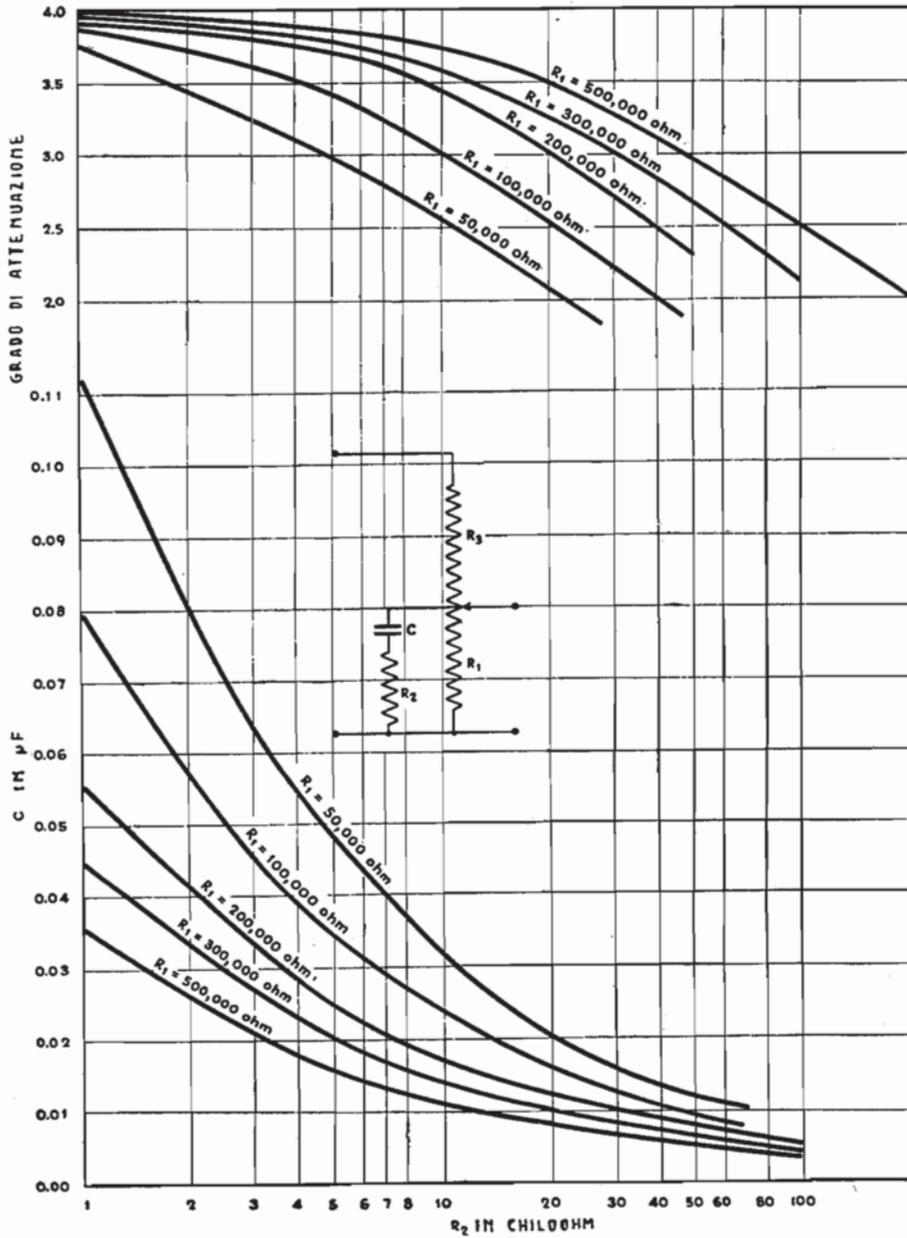


Fig. 8.10. - Nomogramma per la rapida ricerca dei valori del compensatore di tonalità (V. testo).

derla più uniforme. Il valore di R_2 è generalmente compreso tra 1 000 e 100 000 ohm, a seconda della necessità.

La posizione della presa fissa dipende dal tipo di apparecchio; in genere negli apparecchi piccoli è alta, negli apparecchi grandi è bassa. Più alta è la presa, più alto è il livello sonoro dal quale ha inizio la compensazione, ossia la soppressione delle frequenze alte, per cui il livello sonoro dal quale ha inizio la compensazione è dato dal rapporto tra le due resistenze R_3 e R_4 . Nell'esempio di fig. 8.9, R_3 è di 0,7 megaohm, ed R_4 è di 0,3 megaohm; il rapporto è in tal caso di $0,7 : 0,3 = 2,3$.

Il punto della gamma di frequenze da cui ha inizio la compensazione dipende invece dal valore del condensatore C ; valori da 5 000 a 50 000 pF sono normali. Tanto il valore del condensatore C , quanto quello della resistenza R_2 del rapporto tra R_3 ed R_4 possono venir calcolati con apposite formule oppure trovati con l'uso del nomogramma di fig. 8.10 o per via sperimentale.

DETERMINAZIONE DEI VALORI DEL COMPENSATORE DI TONO. — Per indicare l'entità dell'attenuazione, i progettisti di apparecchi radio sono soliti a riferirsi a due frequenze, una a 400 cicli e l'altra a 100 cicli. L'entità dell'attenuazione è indicata con il rapporto tra la tensione della frequenza a 400 cicli e la tensione della frequenza a 100 cicli. Se il rapporto è 1, non vi è attenuazione; se il rapporto è 2, la frequenza a 100 cicli risulta metà di quella di 400 cicli, e così di seguito. I rapporti non scendono generalmente sotto 2 e non giungono a 4.

Stabilito il rapporto di attenuazione, gli altri valori risultano dal nomogramma di fig. 8.10. Si supponga che il rapporto di attenuazione desiderato sia 3, e che il valore della resistenza variabile tra la presa e massa sia di 0,2 megaohm. In tal caso si sceglie quella tra le cinque curve in alto che corrisponde ad $R_1 = 200\,000$ ohm, quindi il punto di tale curva corrispondente al rapporto 3 tirando una riga orizzontale. Da questo punto si scende verticalmente in basso sino a raggiungere la sottostante curva $R_1 = 200\,000$ ohm. Scendendo ancora verticalmente in basso si trova che R_2 dovrà essere di 20 000 ohm; tirando una riga orizzontale si trova che C dovrà essere di 20 000 picofarad.

Controlli di tonalità per apparecchi di alta classe.

Tutti gli apparecchi a 7 o 8 valvole, di alta classe, sono provvisti di due controlli di tonalità, uno per i toni alti e l'altro per i toni bassi. Il principio è di attenuare fortemente il segnale audio alle frequenze centrali, soltanto quello, in modo da poter variare in più o in meno il segnale audio alle frequenze basse e alle frequenze alte.

Ne risulta un inconveniente. Riducendo fortemente il segnale audio alle frequenze centrali, la riproduzione sonora diminuisce altrettanto fortemente. Per compensare tale diminuzione della resa d'uscita, si provvede con uno stadio d'amplificazione audio in più, ossia con una valvola ad audiofrequenza in più. I due controlli non possono venir utilizzati per apparecchi a 5 valvole, poichè la loro resa sonora risulterebbe insufficiente.

È necessario che l'apparecchio abbia almeno 7 valvole, se vi è una sola finale, ed almeno 8 valvole se lo stadio finale è in controfase, con due valvole.

La fig. 8.11 illustra un esempio pratico di controlli passivi di tonalità. Il controllo dei toni alti (a sinistra) consiste di una resistenza variabile da 1 megaohm, posta tra due condensatori fissi, C1 di 33 pF e C2 di 680 pF. Alle frequenze basse,

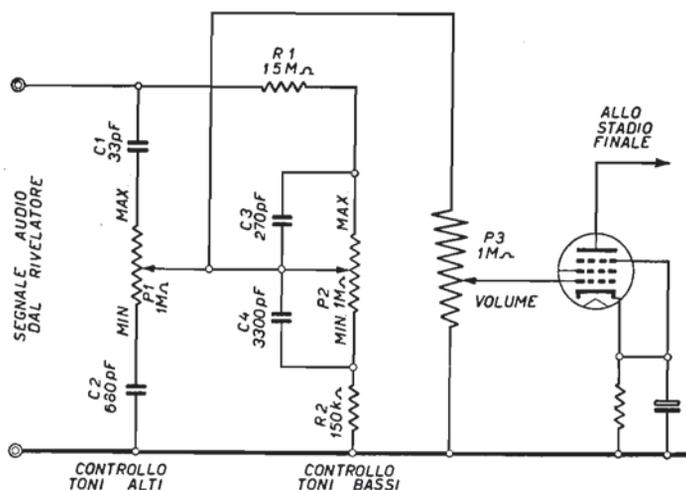


Fig. 8.11 - Controlli positivi di tonalità.

il controllo non è efficiente, poichè la reattanza dei due condensatori è molto maggiore della resistenza variabile. Essa si trova tra due resistenze molto elevate, e quindi la tensione audio ai suoi capi è molto piccola.

In presenza di frequenze elevate, invece, le reattanze dei due condensatori sono piccole; la resistenza variabile si trova tra due resistenze di basso valore; il segnale audio è quasi tutto presente ai suoi capi, per cui il controllo risulta efficiente. Con il cursore spostato verso C1 si ottiene il massimo di toni alti, la loro *esaltazione*. Con il cursore spostato verso C2 si ottiene l'opposto, ossia la massima *attenuazione*.

Il controllo dei toni bassi funziona sullo stesso principio. In presenza di frequenze alte, la reattanza dei condensatori C3 e C4 è minima; il segnale audio passa attraverso di essi e va ai capi del controllo di volume. È come se la resistenza variabile di valore elevato, 1 megaohm, si trovasse in parallelo con due resistenze di basso valore. La sua efficienza è nulla o quasi.

In presenza di frequenze basse, la reattanza di C3 e di C4 è elevata; la resistenza variabile si comporta come se si trovasse in parallelo con due resistenze di valore molto maggiore; risulta quindi efficiente. Con il cursore spostato verso C3 si ottiene il massimo passaggio di frequenze basse; con il cursore spostato C4 si ottiene attenuazione.

Le due resistenze fisse R1 e R2, ai due lati della variabile, hanno il compito di limitare l'azione del controllo dei toni bassi.

Quando i due controlli sono a metà corsa, essi non hanno alcun effetto sulle frequenze del segnale audio; è come se non esistessero.

Principio e caratteristiche della reazione inversa.

Un tempo, sino a pochi anni or sono, non era possibile costruire apparecchi radio di tipo normale, a cinque valvole, in grado di fornire buone riproduzioni sonore anche alla massima resa d'uscita, poichè interveniva inevitabilmente una notevole distorsione. A basso volume sonoro le riproduzioni risultavano buone, ma non appena il volume veniva elevato, voci e suoni risultavano più o meno distorti, tanto da causare nell'ascoltatore la cosiddetta fatica aurale. Questo grave inconveniente è stato in gran parte eliminato con l'introduzione della reazione *inversa*, detta anche *reazione negativa* o *controreazione*.

Attualmente non si costruiscono più apparecchi di una certa classe sprovvisti di reazione inversa, tanto più che essa non richiede se non qualche condensatore fisso e qualche resistenza, per cui i risultati compensano di gran lunga il lieve aumento di costo dell'apparecchio. Fanno eccezione soltanto gli apparecchi di piccole dimensioni, senza trasformatore, e quelli che funzionano con tensione anodica molto bassa, per i quali la reazione inversa non è adatta.

La *riduzione della distorsione armonica* deriva dalla applicazione della reazione inversa; consente di ottenere maggiore potenza senza sorpassare un certo limite di distorsione. Ad esempio, la resa d'uscita di 3 watt con 5% di distorsione di un dato apparecchio, può venir portata a 5 watt con la stessa distorsione del 5%, mediante l'applicazione della reazione inversa. Senza di essa, l'aumento della resa d'uscita da 3 a 5 watt determinerebbe una distorsione tale da rendere l'audizione intollerabile. A 3 watt, la distorsione risulta minore, per es. dell'1%.

È noto che con due valvole finali in controfase la distorsione risulta notevolmente minore, come detto nel capitolo nono. La reazione inversa è applicata anche in tutti gli apparecchi con due finali in controfase, poichè anche in essi determina una notevole riduzione della distorsione. Ad es., con una sola 6L6 finale a 250 V di placca e di schermo la distorsione è, senza reazione inversa, del 10%; questa fortissima distorsione viene ridotta al 2% con due 6L6 finali, sempre senza reazione inversa; con l'applicazione della reazione inversa si riduce la distorsione del 10% al 0.5%, e la distorsione dal 2% allo 0,1%, in corrispondenza alla massima resa d'uscita. Con distorsioni così basse, la riproduzione sonora è tale da dare all'ascoltatore il senso di presenza.

RETROCESSIONE DEL SEGNALE IN OPPOSIZIONE DI FASE. — Il segnale amplificato presente nel circuito di placca della valvola finale è in *opposizione di fase* rispetto al segnale da amplificare, presente nel circuito di griglia della stessa valvola. Ciò significa che alle semionde positive del segnale da amplificare corrispondono

semionde negative del segnale amplificato; se in un dato istante il segnale è positivo nel circuito di placca, è negativo nel circuito di griglia, e viceversa; ad ogni cresta negativa corrisponde una cresta positiva. Il segnale è fuori fase di 180 gradi.

Il principio della reazione inversa consiste nel far retrocedere una piccola parte del segnale presente nel circuito di placca, in modo da ripresentarlo nel circuito di griglia. Con l'applicazione della reazione inversa, la valvola finale continua a distorcere quasi come senza di essa, però il segnale all'entrata risulta distorto in modo tale

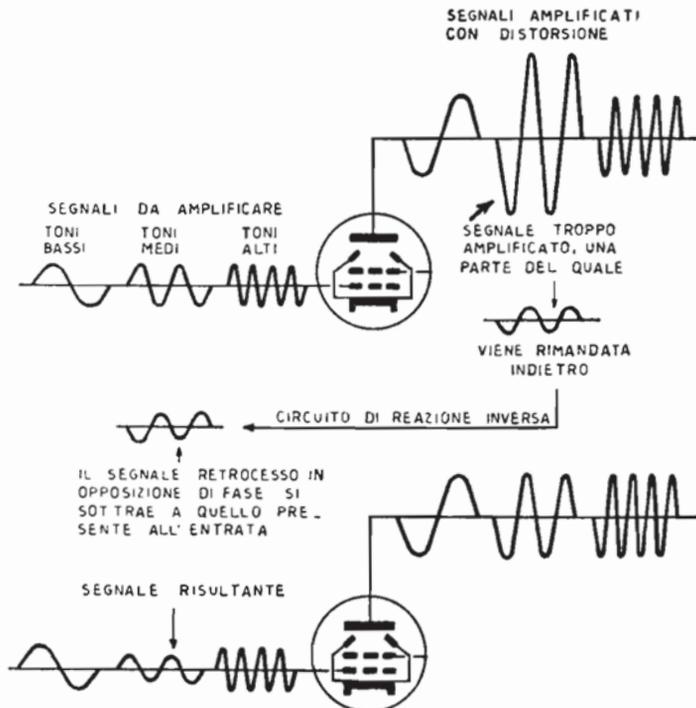


Fig. 8.12. - Principio della reazione inversa.

da compensare la distorsione che la valvola introduce durante l'amplificazione. Se la valvola distorce il segnale in modo da formare una « gobba », questa « gobba » capovolta diventa una « gola »; la « gola » presente nel segnale d'entrata compensa la « gobba » che diversamente la valvola determinerebbe nel segnale, il quale in tal modo viene amplificato senza distorsione.

L'applicazione della reazione inversa allo stadio finale non ha per effetto di far funzionare la valvola finale senza distorsione, nonostante la reazione inversa il segnale viene amplificato con distorsione. La reazione inversa ha lo scopo di distorcere il segnale presente all'entrata della valvola finale, in modo da compensare la distorsione da parte della valvola. Essendo il segnale d'entrata distorto in senso op-

posto a quello che provoca in esso l'amplificazione da parte della valvola, ne risulta che il segnale d'uscita appare amplificato senza distorsione.

Se il segnale giunge all'entrata della valvola finale già distorto per effetto dell'amplificazione precedente, tale distorsione non viene annullata dalla reazione inversa, la quale annulla sino ad un certo punto solo la distorsione della valvola finale, a meno che il segnale non venga retrocesso all'entrata, non della valvola finale, ma della valvola amplificatrice di tensione, ossia dall'uscita all'entrata dell'intero amplificatore ad audiofrequenza, il quale è costituito da due valvole negli apparecchi di tipo comune. In alcuni apparecchi è applicata la reazione inversa alla sola finale, in altri apparecchi è applicata ad ambedue le valvole.

RIDUZIONE DELLA RESA D'USCITA. — La reazione inversa presenta l'inconveniente di diminuire l'ampiezza del segnale presente all'entrata della valvola alla quale è applicata, ciò che determina la diminuzione della resa d'uscita dell'apparecchio. Ciò avviene per il fatto che il segnale retrocesso annulla una parte del segnale presente all'entrata. Se, ad es., all'entrata della valvola il segnale ad audiofrequenza da amplificare è di 8 volt, e se il segnale retrocesso all'entrata della valvola è di 2 volt essendo il segnale retrocesso di polarità inversa, esso si sottrae al segnale d'entrata, la cui ampiezza non è più di 8 volt ma è di $8 - 2 = 6$ volt. Se senza reazione inversa la resa d'uscita dell'apparecchio era, ad es., di 4 watt, con l'applicazione della reazione inversa diviene di circa 3 watt.

ESEMPIO DI REAZIONE INVERSA. — Il mezzo più semplice per ottenere la retrocessione di parte del segnale dalla placca alla griglia della valvola finale consiste nel collegare con una resistenza la placca con la griglia, come indica la fig. 8.13. È necessario anche un condensatore di capacità elevata allo scopo di separare la tensione di placca da quella di griglia.

Il valore della resistenza dipende dalla *percentuale di reazione inversa* che s'intende applicare. Maggiore è tale percentuale, più forte è la riduzione di distorsione, maggiore è anche la riduzione della resa d'uscita, ossia del guadagno dello stadio. La percentuale di reazione inversa varia a seconda delle caratteristiche dell'apparecchio al quale è applicata. Se l'amplificazione complessiva è modesta, la percentuale di reazione inversa deve essere essa pure modesta, onde evitare un'eccessiva riduzione della resa d'uscita; se, ad es. la resa d'uscita è di 4 watt senza reazione inversa, con la reazione inversa la resa può scendere a 3 watt, ma non deve scendere ad 1 watt.

Ne risulta che la reazione inversa è bassa negli apparecchi economici, funzionanti con basse tensioni anodiche, nei quali l'amplificazione di tensione ad audiofrequenza è poco superiore a quella indispensabile, mentre può essere alta in apparecchi di alto costo, funzionanti con elevate tensioni anodiche e con una valvola amplificatrice in più. Buone riproduzioni sonore, con minima distorsione armonica, tra 0,5 e 0,1% si possono ottenere solo con elevate percentuali di reazione inversa, ossia con forti riduzioni del guadagno degli stadi d'amplificazione.

Nell'esempio di fig. 8.13, il valore della resistenza di reazione inversa dipende, una volta stabilita la percentuale, dal valore di tre resistenze in parallelo; esse sono: la resistenza di griglia all'entrata della finale, la resistenza di placca e la resistenza interna della valvola precedente, ossia l'amplificatrice di tensione.

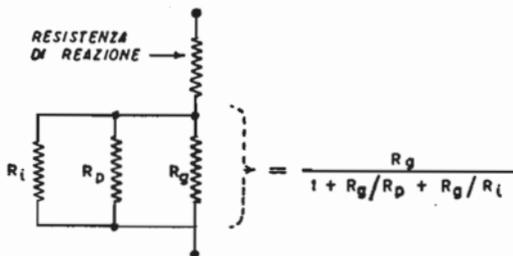
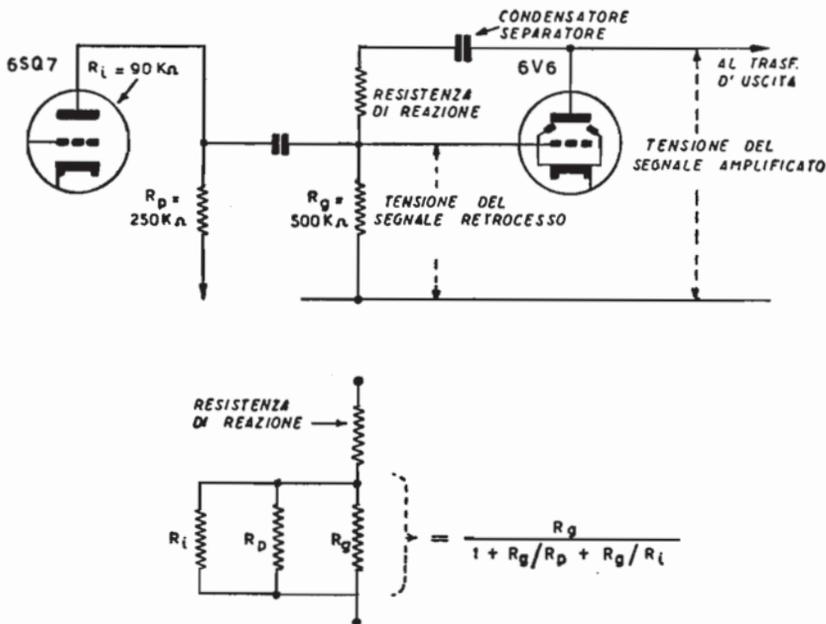


Fig. 8.13. - Un condensatore e una resistenza consentono di trasferire parte del segnale amplificato dalla placca alla griglia.

Nell'esempio di fig. 8.13, il valore di ciascuna delle tre resistenze in parallelo è di 500 chiloohm per quella di griglia, di 250 chiloohm per quella di placca, e di 90 chiloohm per la resistenza interna della valvola 6SQ7. Il valore complessivo di queste tre resistenze è dato da:

$$\frac{\text{Resistenza di griglia}}{1 + (\text{Resistenza di griglia} : \text{Resistenza di placca}) + (\text{Resistenza di griglia} : \text{Resistenza interna della 6SQ7})} = \frac{500}{1 + (500 : 250) + (500 : 90)} = 58,48 \text{ chiloohm} = 58\,480 \text{ ohm.}$$

La resistenza di reazione inversa è in serie con le tre resistenze in parallelo, di 58 500 ohm.

Si può calcolare facilmente quale valore debba avere la resistenza di reazione inversa, per una data percentuale, tenendo conto che tale resistenza si trova in serie con le tre resistenze in parallelo, come indica la fig. 8.13, per cui forma con esse un divisore di tensione.

Supponendo che la percentuale di reazione inversa debba essere del 10%, il valore della resistenza necessaria è:

$$(58\,500 \times 10) - 58\,500 = 585\,000 - 58\,500 = 526\,500 \text{ ohm}$$

in pratica 0,5 megaohm.

Se al posto della valvola 6SQ7 dell'esempio fatto, vi fosse stata la valvola EBC3, la cui resistenza interna è di 15 000 ohm, e se la resistenza di placca fosse stata di 200 000 ohm e quella di griglia di 470 000 ohm, il valore delle tre resistenze in serie sarebbe stato di 13 840 ohm. In tal caso per ottenere la percentuale di reazione inversa del 10%, il valore della resistenza necessaria sarebbe stato di

$$(13\,840 \times 10) - 13\,840 = 138\,400 - 13\,840 = 124\,560 \text{ ohm}$$

in pratica 120 000 ohm. Ciò dimostra che il valore della resistenza di reazione inversa varia molto con la valvola precedente la finale e con i valori delle resistenze di placca e di griglia.

Invece del termine *percentuale di reazione inversa* si può adoperare quello di *fattore di reazione inversa*, equivalente, indicato con decimali. Se, ad es., la percentuale è del 10%, il fattore è 0,1. Per i calcoli va sempre usato il fattore di reazione inversa.

La *riduzione della distorsione armonica* conseguente all'applicazione della reazione inversa, è data dalla formula:

$$\begin{aligned} \text{Riduzione della distorsione} &= \frac{\text{Guadagno dello stadio con reazione Inversa}}{\text{Guadagno dello stadio senza reazione Inversa}} \times \\ &= \text{Distorsione senza reazione Inversa} \times \end{aligned}$$

Se, ad es., il guadagno dello stadio fosse stato di 10 prima dell'applicazione della reazione inversa, e fosse disceso a 5 dopo tale applicazione, e se senza la reazione inversa la distorsione armonica fosse stata del 9%, con la reazione inversa essa sarebbe scesa a $9 \times (5 : 10) = 9 \times 0,5 = 4,5\%$. Ossia la riduzione della distorsione è proporzionale alla riduzione di guadagno. La completa eliminazione della distorsione è impossibile perchè per ottenerla occorrerebbe ridurre a zero il guadagno dello stadio. Ciò si verificherebbe quando la tensione del segnale retrocesso fosse eguale a quella del segnale presente all'entrata della valvola, il quale risulterebbe in tal modo annullato, con la conseguenza che l'apparecchio resterebbe muto.

Reazione inversa limitata ai soli toni alti.

Di basilare importanza è il fatto che la tensione inversa riduce l'amplificazione di tensione, ossia il guadagno, dello stadio amplificatore a cui è applicata, in quanto riduce l'ampiezza del segnale da amplificare presente all'entrata dello stadio stesso. Approfittando dell'elevata reattanza di piccole capacità, è possibile far retrocedere soltanto frequenze corrispondenti a toni alti, ed ottenere così una migliore amplificazione di tali frequenze.

La fig. 8.14 illustra un controllo di tono basato su questo principio. La resistenza di griglia è costituita da un potenziometro di 0,5 megaohm; il segnale viene retrocesso dalla placca della finale alla sua griglia tramite un condensatore di 100 pF, la cui reattanza è di 1,6 megaohm a 1000 cicli e di 0,32 megaohm a 5 000 cicli. Non è necessaria alcuna resistenza limitatrice, in quanto è lo stesso condensatore che provvede a limitare l'ampiezza del segnale retrocesso. Più alta è la frequenza più bassa è la reattanza, quindi più ampio è il segnale e più forte la riduzione dell'amplificazione

Alle frequenze basse non avviene alcuna retrocessione del segnale; a 100 cicli

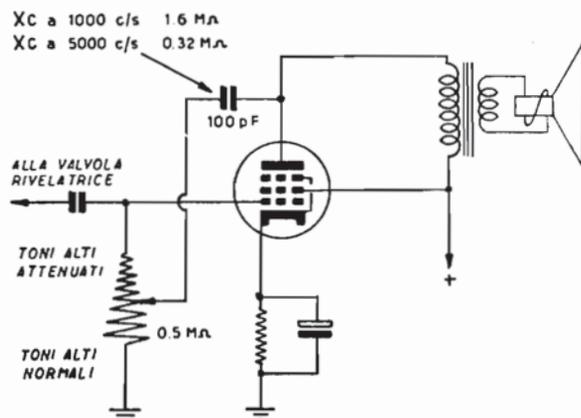


Fig. 8.14. - Esempio di controllo di tono basato sul principio della reazione inversa tra placca e griglia della stessa valvola.

la reattanza è di 16 megaohm ed a 500 cicli è di 3,2 megaohm. La reazione inversa è in tal modo limitata solo alle frequenze alte del segnale; ne risulta un controllo di tono che attenua i toni alti. La posizione del cursore della resistenza variabile stabilisce l'entità della riduzione d'amplificazione. Il vantaggio di questo controllo di tono rispetto a quelli descritti nel capitolo decimo consiste nella minore distorsione del segnale a frequenze alte, per effetto della reazione inversa.

Miglioramento della curva di risposta dell'apparecchio.

Con la reazione inversa è stato possibile migliorare alquanto la riproduzione sonora degli apparecchi radio di media e di alta classe, ciò non solo per la minore distorsione, ma anche per la migliore amplificazione di una estesa gamma di frequenze. Ne risultò la possibilità di riprodurre frequenze molto basse e frequenze molto alte, con maggior naturalezza e colore delle riproduzioni, specie di quelle musicali. I toni bassi costituiscono uno dei pregi maggiori dell'apparecchio; in genere, più alta è la sua classe, più bassi sono i toni che esso riproduce bene. I toni alti

sono altrettanto importanti; le armoniche superiori costituiscono la ricchezza dei suoni prodotti dai diversi strumenti; sono esse che consentono di distinguere la nota musicale di un violino da quella di una cornetta.

La fig. 8.23 indica la curva di fedeltà, detta anche curva di risposta o di responso di un apparecchio radio a cinque valvole. Da essa risulta che solo una parte delle varie frequenze viene amplificata uniformemente, quella al centro, mentre le frequenze basse e quelle alte risultano attenuate tanto più quanto la frequenza è lontana dalla parte centrale. Prima della reazione inversa si cercava di « puntellare » i due estremi della gamma, in modo da evitare un'attenuazione troppo rapida, ma ciò risultava poco efficace negli apparecchi di medio costo. Con la reazione inversa è stato possibile ricorrere ad un espediente di grande importanza, quello di applicare la reazione inversa solo alla parte centrale della gamma delle audiofrequenze, in modo da diminuire l'ampiezza di tali frequenze. In tal modo il guadagno dell'amplificatore venne ridotto al centro della gamma, mentre venne lasciato inalterato o quasi ai due estremi. Ne risultò una curva di risposta molto migliore, con il tratto centrale assai più lungo, ossia ne risultò una riproduzione sonora più fedele e colorita.

ESEMPIO DI FIG. 8.15. — La fig. 8.15 indica un circuito a reazione inversa limitata al solo tratto centrale della gamma, o quasi solo ad esso; solo le frequenze di tale tratto centrale vengono retrocesse, mentre per le frequenze alte e per quelle

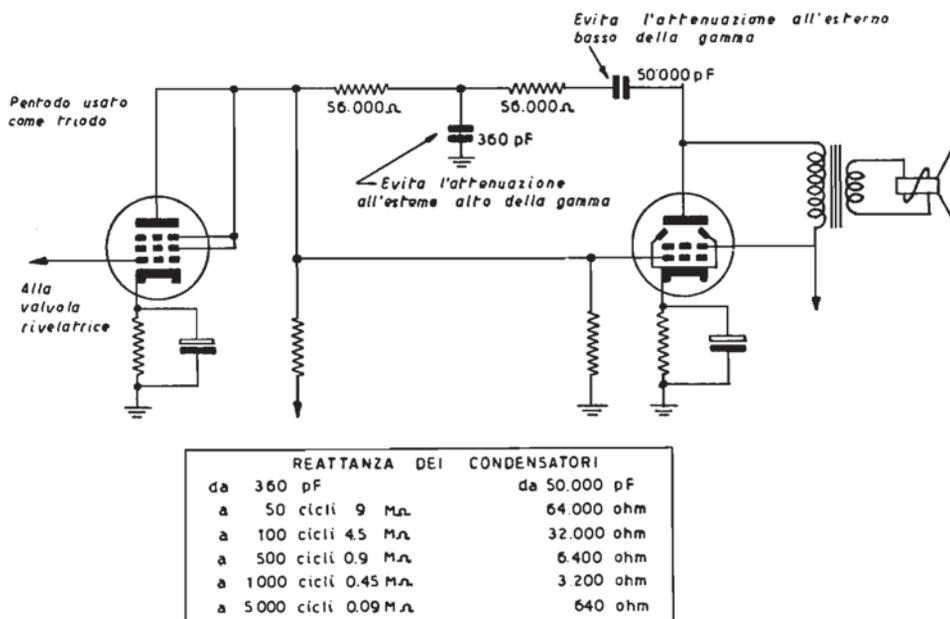


Fig. 8.15. - Tipico esempio di circuito di reazione inversa per la retrocessione delle sole frequenze centrali della gamma, in modo da attenuarle a vantaggio delle frequenze estreme, con conseguente miglioramento della curva di risposta.

basse del segnale, il circuito a reazione inversa si comporta come se non esistesse. Ciò è ottenuto grazie a due condensatori, uno da 50 000 pF in serie — con il quale viene evitata la retrocessione delle frequenze basse, e quindi la loro attenuazione —, ed uno da 360 pF in parallelo — il quale evita la retrocessione e l'attenuazione delle frequenze alte del segnale.

In presenza di frequenze basse, il condensatore di 50 000 pF oppone una reattanza notevole, la quale si aggiunge alle due resistenze di 56 000 ohm ciascuna, quindi limita al minimo la retrocessione del segnale. A frequenze basse, il condensatore di 360 pF è praticamente inesistente, data l'elevatissima reattanza.

In presenza di frequenze elevate la reattanza del condensatore di 50 000 pF è bassissima, tanto da poter considerare inesistente questo condensatore; il condensatore di 360 pF presenta invece una via di fuga a tali frequenze, per cui non giungono all'entrata della valvola, e non vi è per esse reazione inversa.

Infine, in presenza di frequenze del tratto centrale della gamma, il condensatore di 50 000 pF non oppone notevole reattanza, lascia via libera, mentre quello di 360 pF ne oppone abbastanza per impedire la loro fuga a massa. Queste frequenze vengono in tal modo retrocesse molto più di quelle estreme, e quindi meno amplificate, con il risultato che la parte centrale della curva si abbassa molto, mentre si abbassano di poco i due estremi. S'intende che questo circuito è applicabile solo se vi sia notevole amplificazione di tensione, ossia solo in apparecchi con alte tensioni anodiche e particolarmente in quelli provvisti di una valvola amplificatrice in più, tra la rivelatrice e la finale.

Va notato che i valori delle resistenze e dei condensatori del circuito di reazione inversa di fig. 8.15 non sono obbligatori, poichè essi determinano la particolare curva di risposta dell'apparecchio, la quale deve necessariamente essere adeguata alle condizioni di funzionamento dell'apparecchio. Il circuito indicato può venir utilizzato ad es. per fornire di reazione inversa un apparecchio che ne sia privo, ma in tal caso i valori devono venir cercati sperimentalmente. In alcuni apparecchi è possibile accentuare molto i toni bassi mentre in altri no, poichè in tal modo si rinforza il ronzio o la frequenza di risonanza dell'altoparlante; in alcuni apparecchi è possibile elevare molto le frequenze alte del segnale, mentre in altri occorre attenuarle, per non dare risalto al fruscio, ai rumori di fondo, ecc. Infine, la tonalità dipende dai gusti dell'ascoltatore, per cui nei ricevitori di alta classe vi sono due controlli, uno per modificare a piacere la curva di risposta all'estremo basso della gamma, e l'altro per modificarla all'estremo opposto.

ESEMPIO DI FIG. 8.16. — Il circuito di reazione inversa di fig. 8.16 è provvisto di una resistenza variabile con la quale è possibile regolare l'attenuazione dei toni alti. Il condensatore di 150 pF è praticamente inesistente per le frequenze medie e basse del segnale, le quali vengono trasferite al circuito d'entrata della valvola finale tramite la resistenza di 2 megaohm ed il condensatore di accoppiamento di 50 000 pF. Le frequenze alte del segnale vengono invece retrocesse tramite il condensatore di 150 pF, più o meno a seconda della posizione del cursore della resistenza varia-

bile, e quindi è anche massima l'attenuazione; l'opposto avviene con la resistenza completamente inserita. La resistenza variabile va a massa tramite un condensatore di 1000 pF, il circuito resistenza variabile e condensatore di 1000 pF determina il rinforzo dei toni bassi, dato che alle frequenze basse la reattanza del condensatore è elevata; essa si somma alla resistenza ed eleva il valore della resistenza di griglia, elevando il guadagno dello stadio.

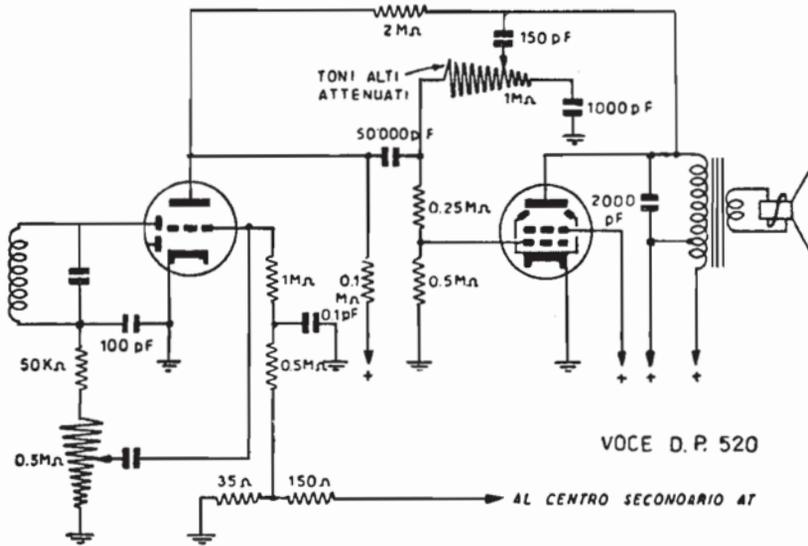


Fig. 8.16. - Circuito a reazione inversa con controllo dell'attenuazione delle frequenze elevate del segnale.

Reazione inversa dalla bobina mobile dell'altoparlante.

Affinchè la riproduzione sonora sia quanto più fedele possibile, è necessario che la reazione inversa venga applicata all'intero amplificatore ad audiofrequenza dell'apparecchio radio, ossia è necessario che il segnale amplificato presente ai capi della bobina mobile dell'altoparlante venga in piccola parte trasferito all'entrata dell'amplificatore. Solo così è possibile compensare la distorsione introdotta nel segnale anche dal trasformatore d'uscita e dalla valvola amplificatrice di tensione, oltre che della valvola finale.

Con tale retrocessione del segnale dall'uscita all'entrata dell'amplificatore si determina una più forte riduzione di guadagno, in quanto la riduzione non è limitata al solo guadagno dello stadio finale, ma è estesa anche al guadagno dello stadio amplificatore di tensione. Nonostante questa maggiore riduzione di guadagno, la reazione inversa viene applicata dall'entrata all'uscita dell'amplificatore ad audiofrequenza anche nei normali apparecchi a cinque valvole, ciò grazie all'alto coefficiente

d'amplificazione delle moderne valvole ed all'impiego di tensione anodica elevata, di 235 o di 250 volt.

Nei radiofonografi con due valvole finali in controfase, precedute da due amplificatrici di tensione, — amplificatrice e rivelatrice la prima, amplificatrice ed invertitrice di fase la seconda —, la reazione inversa non viene mai applicata dall'uscita all'entrata dell'amplificatore, per una ragione che sarà chiarita in seguito; viene invece applicata dalla bobina mobile dell'altoparlante all'entrata della seconda valvola amplificatrice, quella che precede lo stadio finale.

Il fatto che il segnale presente all'uscita dell'amplificatore ad audiofrequenza è fortemente amplificato, rispetto quello all'entrata, non ha importanza, perchè il trasformatore d'uscita ne riduce la tensione da 15 a 30 volte, a seconda della impedenza della bobina mobile.

ESEMPIO DI FIG. 8.17. — Questa figura riporta un esempio di retrocessione del segnale dal secondario del trasformatore d'uscita al circuito di catodo della valvola amplificatrice di tensione, che come al solito è anche rivelatrice. La retrocessione del

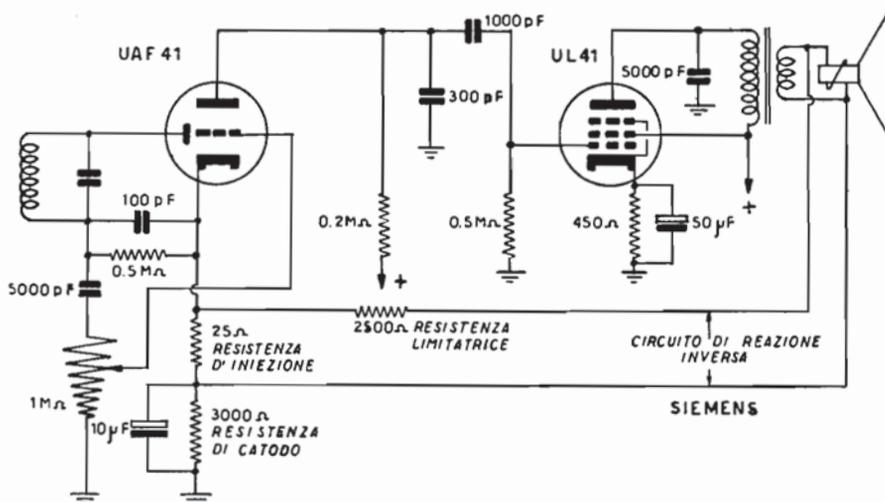


Fig. 8.17. - Il segnale viene retrocesso dalla bobina mobile dell'altoparlante al catodo della valvola amplificatrice di tensione, in modo da compensare la distorsione dell'intero amplificatore ad audiofrequenza dell'apparecchio.

segnale amplificato avviene tramite due resistenze, una di 2500 ohm e l'altra di 25 ohm, formanti un divisore di tensione posto ai capi del secondario del trasformatore d'uscita, ossia ai capi della bobina mobile. Una è la resistenza limitatrice, l'altra — quella di 25 ohm — è la resistenza d'iniezione. La tensione del segnale retrocesso dipende dalla proporzione tra le due resistenze, e viene determinato con la nota regola del divisore di tensione. Nell'esempio, la tensione retrocessa è una centesima parte di quella presente ai capi del secondario del trasformatore d'uscita.

In questo esempio non viene fatta alcuna discriminazione tra le varie audiofrequenze; tutte vengono trasferite dall'uscita all'entrata dell'amplificatore, ciò per il fatto che la percentuale della reazione inversa è bassa. La resistenza limitatrice potrebbe essere variabile, di valore un po' più alto di quello indicato, per es. di 3 000 ohm; in tal modo riuscirebbe possibile regolare l'entità della reazione inversa e quindi il guadagno dell'amplificatore ad audiofrequenza, e, ciò che più importa, la percentuale della distorsione. In pratica un simile controllo non si presta bene se non in apparecchi autocostruiti, usati da dilettanti, non essendo il comune radioascoltatore in grado di usarlo correttamente, data la facile confusione con il controllo di volume.

Non è necessario che la resistenza di iniezione si trovi tra il catodo della valvola e la resistenza di catodo, come in figura, potrebbe trovarsi anche fra la resistenza di catodo e massa. In alcuni apparecchi essa viene posta tra il catodo e massa per poter evitare uno dei due collegamenti con il secondario del trasformatore di uscita, un capo del quale viene messo a massa.

ESEMPIO DI FIG. 8.18. — La reazione inversa può venir applicata direttamente al circuito di griglia della valvola amplificatrice di tensione, come nell'esempio di fig. 8.18, nella quale la resistenza d'iniezione è di 250 ohm ed è inserita tra il controllo di volume e la massa. Un capo del secondario del trasformatore d'uscita è perciò collegato a massa. Il risultato non varia, la retrocessione del segnale avviene nello stesso modo come se la resistenza d'iniezione fosse inserita nel circuito catodico della valvola.

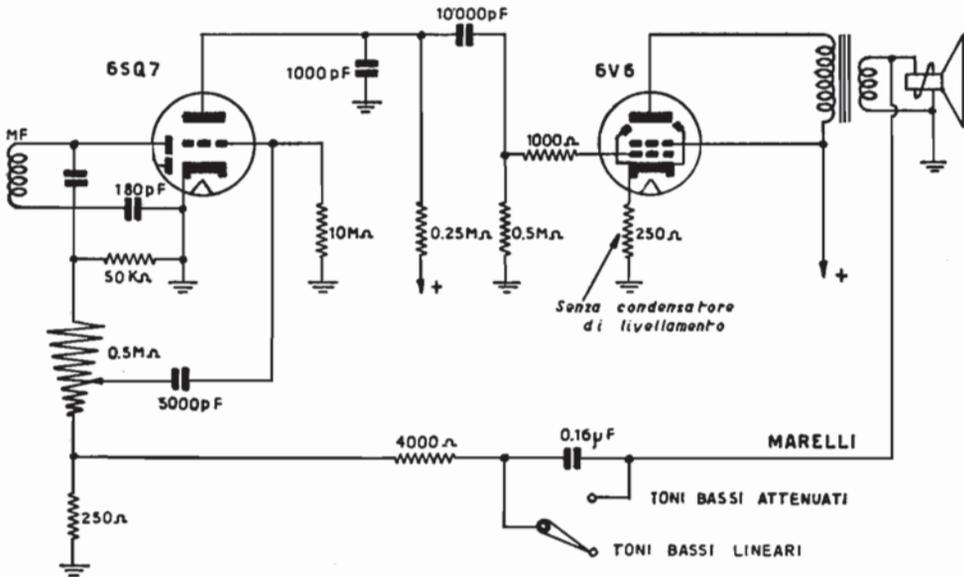


Fig. 8.18. - In questo esempio, il segnale retrocesso dalla bobina mobile è applicato al circuito d'entrata della valvola amplificatrice di tensione. Il risultato è simile a quello di fig. 8.17.

Mentre nell'esempio precedente il fattore di reazione inversa era molto basso, di circa 0,01 in questo esempio esso è meno basso, è di 0,059 visto che, in base della regola del divisore di tensione, $250 : (250 + 4\ 000) = 0,059$. Essendo meno basso il fattore di reazione inversa, l'attenuazione all'estremo basso della gamma risulta più forte, i toni bassi risultano troppo attenuati per la ricezione normale. È per questa ragione che in serie alla resistenza limitatrice di 4 000 ohm vi è un condensatore di 0,16 microfarad. Esso non esiste per le frequenze alte del segnale, poichè la sua reattanza è di appena 200 ohm alla frequenza di 5 000 cicli; ha un effetto modesto alle frequenze del tratto centrale della gamma, essendo la sua reattanza di circa 1 000 ohm alla frequenza di 1 000 cicli. Alle frequenze basse, invece, la reattanza del condensatore è elevata, è di circa 10 000 ohm alla frequenza di 100 cicli; essa si somma al valore della resistenza limitatrice, riducendo al minimo il segnale retrocesso e quindi la riduzione d'amplificazione dei toni bassi. Il commutatore di tono consente di inserire o di cortocircuitare il condensatore, ed in tal modo di attenuare o no le frequenze basse del segnale. I toni alti sono sempre attenuati, i toni medi sono parzialmente attenuati, ed i toni bassi sono o non sono attenuati a seconda della posizione del commutatore.

ESEMPIO DI FIG. 8.19. — Nell'esempio di fig. 8.19 la valvola rivelatrice-amplificatrice di tensione EBC 3 è provvista di resistenza d'iniezione collegata tra il suo catodo e la massa; a prima vista essa può venir scambiata per la solita resistenza di catodo, per la polarizzazione negativa, la quale è invece ottenuta con una resistenza di caduta, di 42 ohm, posta tra la presa centrale del secondario AT e la massa.

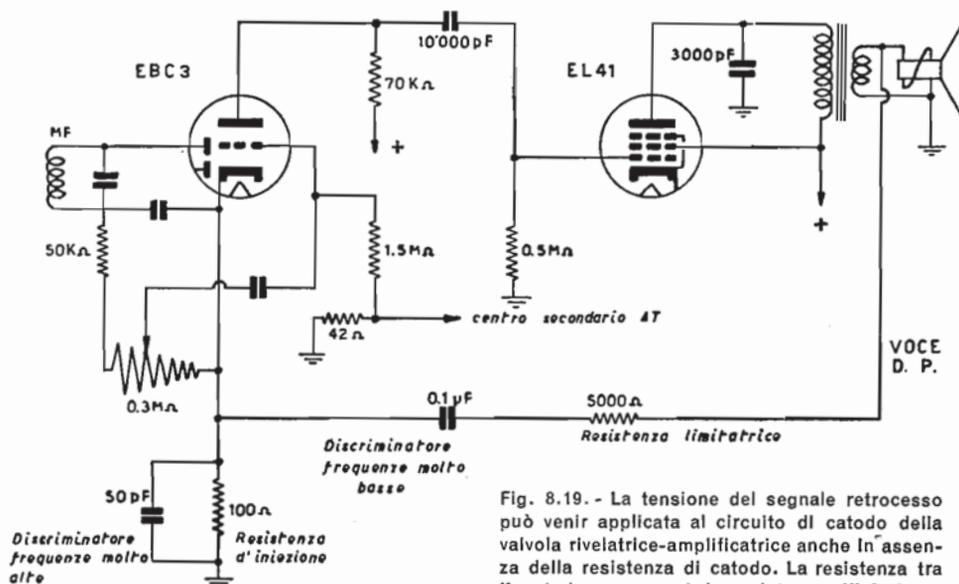


Fig. 8.19. - La tensione del segnale retrocesso può venir applicata al circuito di catodo della valvola rivelatrice-amplificatrice anche in assenza della resistenza di catodo. La resistenza tra il catodo e massa è la resistenza d'iniezione.

La resistenza di iniezione è di 100 ohm, si comporta anche come resistenza di catodo, ma solo in modo trascurabile, dato che tale resistenza dovrebbe essere di 5 000 ohm. Si trova in serie con la resistenza limitatrice di 5 000 ohm, per cui il fattore di reazione inversa è un po' inferiore a 0,02, quindi basso.

I due condensatori presenti nel circuito di reazione inversa consentono di limitare l'effetto di reazione al solo tratto centrale della gamma di frequenze, in modo da non diminuire il guadagno in corrispondenza ai due estremi. Come già accennato, la curva di fedeltà dell'apparecchio risulta migliore, poichè il tratto centrale è più esteso, non essendo ridotto il guadagno ai due estremi.

I due condensatori agiscono in tal modo da discriminare le frequenze; quello da 0,1 microfarad è il *discriminatore delle frequenze basse*; esso riduce la retrocessione di tali frequenze e quindi la loro attenuazione, poichè la sua alta reattanza a tali frequenze si somma al valore della resistenza limitatrice. Quello da 50 pF in parallelo alla resistenza d'iniezione, è il *discriminatore delle frequenze alte*; consente il loro passaggio a massa, evitando che tali frequenze possano diminuire il segnale all'entrata. Variando i valori dei due condensatori si può variare la forma della curva di fedeltà ai due estremi. Diminuendo il valore del condensatore in serie alla resistenza limitatrice si aumenta l'estensione dell'estremo basso non attenuato, ossia si accentuano i toni bassi; aumentando il valore del condensatore in parallelo alla resistenza d'iniezione si aumenta l'estensione non attenuata all'altro estremo, ossia si accentuano i toni alti.

L'inconveniente dell'instabilità.

La reazione inversa può dar luogo ad un grave inconveniente, quello della instabilità dell'apparecchio radio, il quale può entrare improvvisamente in oscillazione ed emettere il ben noto fischio prolungato, eliminabile solo con la momentanea interruzione del suo funzionamento. L'instabilità si produce solo quando la reazione inversa non è correttamente applicata, e non sono state prese le necessarie precauzioni. È dovuta allo spostamento di fase del segnale retrocesso rispetto al segnale al quale è applicato. I due segnali, quello amplificato e parzialmente retrocesso, e quello all'entrata, dovrebbero essere sempre in perfetta opposizione di fase, esattamente a 180° fuori fase, ciò che in pratica non si verifica mai.

Leggeri spostamenti di fase sono inevitabili e non hanno alcun effetto dannoso; non così invece i forti spostamenti di fase, poichè allora una parte del segnale retrocesso è in fase con quello al quale viene applicato, con il risultato che la reazione non è più inversa, ma è reazione positiva, come avviene negli oscillatori, per cui l'amplificatore entra in oscillazione.

Il pericolo di instabilità è tanto maggiore quanto più alto è il fattore di reazione inversa, e quanto più lontana è la retrocessione. Ad es., far retrocedere il segnale dalla placca alla griglia della stessa valvola non è cosa che possa preoccupare; poichè in tal caso la quasi perfetta opposizione di fase è certa; è invece preoccupante far retrocedere il segnale dal secondario del trasformatore d'uscita all'entrata della prima

valvola amplificatrice di tensione, quando essa sia seguita da una seconda e quindi dallo stadio finale, poichè in tal caso è molto facile che vi sia spostamento di fase e che l'apparecchio entri in oscillazione.

Quando lo stadio finale è preceduto da due stadi di amplificazione di tensione è più opportuno utilizzare due distinti circuiti di reazione inversa, ad es. uno tra il secondario del trasformatore d'uscita e l'entrata dello stadio finale, ed un altro tra l'uscita del secondo stadio d'amplificazione e l'entrata del primo. In apparecchi radio di alta classe, e specialmente nei radiofonografi, nei quali l'amplificazione per stadio è bassa, per cui gli stadi d'amplificazione di tensione sono due, il sistema dei due distinti circuiti di reazione inversa è spesso applicato.

Anche la retrocessione tra due soli stadi presenta pericolo di instabilità per effetto di spostamento di fase, ma poichè tale spostamento si verifica particolarmente ai due estremi della gamma, e specialmente in corrispondenza delle frequenze alte, esso non preoccupa, visto che queste frequenze non vengono retrocesse se non minimamente, essendo necessario evitare che vengano attenuate. Vi è però il pericolo che lo stadio finale oscilli per proprio conto, a frequenza molto alta, inaudibile; data l'alta frequenza è senza dubbio spostato di fase, quindi se può retrocedere determina l'oscillazione, che si verifica a frequenza audibile. È per questa ragione che a volte l'entrata dello stadio finale è collegata a massa con un condensatore di piccola capacità, sufficiente ad eliminare l'eventuale presenza di alte frequenze.

In genere, per evitare il pericolo dell'instabilità a causa della reazione inversa è necessario utilizzare capacità elevate per il disaccoppiamento dei circuiti di schermo e di catodo, e bassi valori della resistenza di placca. Se vi è trasformatore intervalvolare è necessario evitare che il circuito di reazione inversa lo comprenda, poichè può dar luogo a spostamento di fase non correggibile.

Il controllo della reazione inversa.

Rendendo variabili i componenti il circuito di reazione inversa, è possibile ottenere due distinti risultati: a) variare la zona di frequenze retrocesse, ossia quella a cui è applicata la reazione inversa, che può essere quella centrale, o quella ad uno o all'altro estremo della gamma, o ad ambedue gli estremi, o alla parte centrale e uno o l'altro degli estremi; b) variare il fattore di reazione inversa, ossia l'ampiezza del segnale retrocesso, variando in tal modo il guadagno di una o dell'altra delle tre zone della gamma delle audiodi frequenze.

Date queste possibilità, è evidente che la curva di risposta dell'apparecchio radio può venir modificata a piacere, accentuando i toni alti e i toni bassi, oppure solo quelli alti o solo quelli bassi od anche i soli toni intermedi. Si può in tal modo adeguare la curva di risposta alle caratteristiche di funzionamento dell'apparecchio, alle condizioni acustiche dell'ambiente in cui vien fatto funzionare, al programma ed ai gusti dell'ascoltatore.

È per questa ragione che i circuiti di reazione inversa regolabile hanno acquistato tanta importanza negli apparecchi di recente progettazione, ed è per questa

stessa ragione che tali circuiti sono tanto diversi gli uni dagli altri, alcuni molto semplici, altri estremamente complessi, come si può constatare osservando gli schemi raccolti in fondo al volume.

ESEMPIO DI FIG. 8.20. — In questo esempio la reazione inversa è resa regolabile mediante la sostituzione di tre condensatori tramite il commutatore di tonalità, a

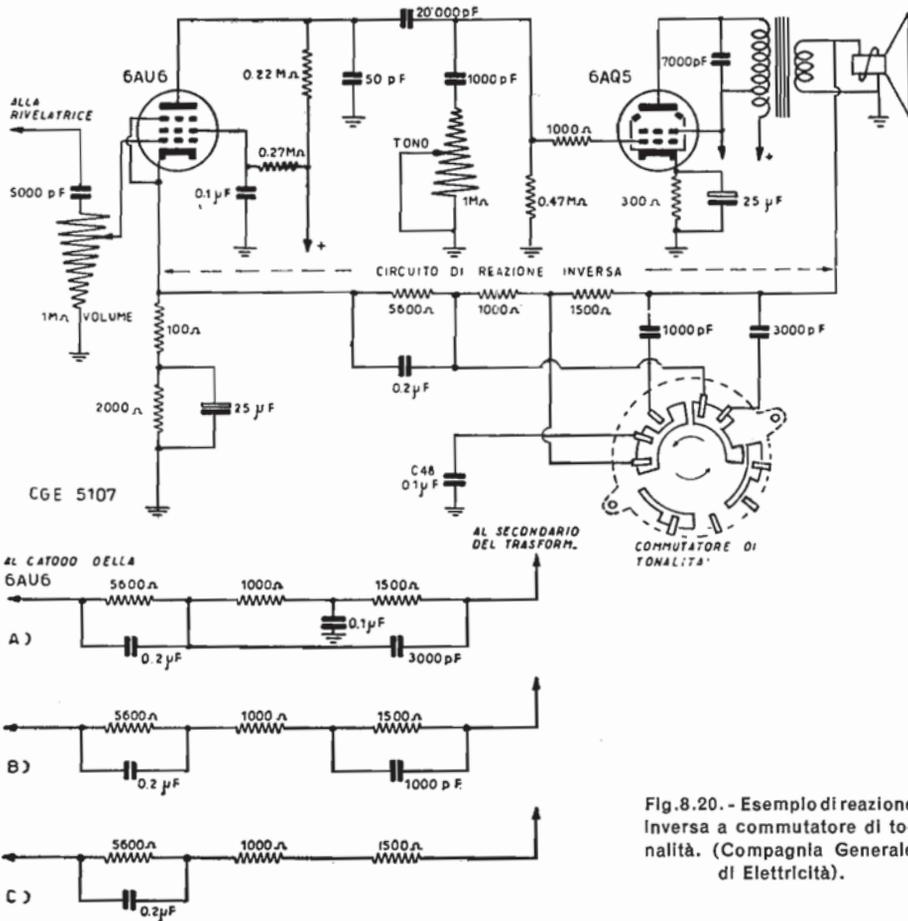


Fig. 8.20. - Esempio di reazione Inversa a commutatore di tonalità. (Compagnia Generale di Elettricità).

tre posizioni. La resistenza d'iniezione è di 100 ohm, in serie con la resistenza di catodo. Le resistenze limitatrici sono tre, in serie, una di 5600, l'altra di 1000 e la terza di 1500 ohm. Nella posizione del commutatore indicata in figura, è inserito il pickup, perciò la disposizione del circuito è tale da evitare la retrocessione di tutte le frequenze, escluse quelle molto alte corrispondenti al fruscio della puntina. È questo il circuito A) tracciato sotto lo schema. Come si può notare, è inserito un condensatore di 0,1 μF che lascia andare a massa tutte le frequenze, escluse solo quelle

molto basse; alla frequenza di 50 cicli la reattanza di $0,1 \mu\text{F}$ è di 30 000 ohm, per cui le frequenze molto basse preferiscono il passaggio al catodo, tramite le resistenze di 1000 e di 5 600 ohm. Le frequenze molto alte possono giungere al catodo tramite il condensatore di 3 000 pF ed il condensatore di 0,2 microfarad, la cui reattanza è tanto bassa da essere trascurabile. A 5 000 cicli è di 160 ohm. Risultano attenuate solo le frequenze estreme, le molto basse, onde evitare rimbombi, e le molto alte, per evitare di far sentire il fruscio.

Nella posizione B) di figura, la reazione inversa è forte per i toni alti, media per quelli centrali e bassa per i toni bassi, per cui quest'ultimi risultano accentuati, emergendo sopra gli altri. La reattanza del condensatore di 0,2 microfarad è di 16 000 ohm a 50 cicli; essa è in parallelo alla resistenza di 5 600 ohm, il valore complessivo reattanza-resistenza a 50 cicli è perciò di $(5\,600 \times 160) : (5\,600 + 160) = 4\,150$ ohm. La resistenza limitatrice è formata da questo valore più quello delle altre due resistenze, ossia è di $4\,150 + 1\,000 + 1\,500 = 6\,650$ ohm. A 50 cicli, il divisore di tensione è dunque costituito da 100 ohm (resistenza d'iniezione) e 6 650 ohm (resistenza limitatrice). Il fattore di reazione inversa è basso.

A 5 000 cicli invece la reattanza del condensatore di 0,2 microfarad è di 160 ohm, per cui il valore reattanza-resistenza scende a 155 ohm, al quale va aggiunta la resistenza di 1000 e quella di 1500 ohm; la resistenza limitatrice risulta di 2 655 ohm. Il fattore di reazione inversa è alto. Alle frequenze centrali, il fattore di reazione inversa risulta medio.

Il condensatore di 1000 pF consente la retrocessione di segnali a frequenza molto alta. La posizione C) è eguale a quella B) senza tale condensatore di 1000 pF.

ESEMPIO DI FIG. 8.21. — Come nell'esempio precedente, anche in questo la resistenza limitatrice risulta automaticamente variabile al variare della frequenza; in più questa variazione automatica è regolabile mediante una resistenza variabile da 30 000 ohm. Come indicato nella figura, la reattanza del condensatore di 0,25 microfarad è di 130 000 ohm a 50 cicli, di 6 200 ohm a 1000 cicli e di 1 300 ohm a 5 000 cicli. Il condensatore è in parallelo alla resistenza limitatrice di 5 000 ohm, per cui gli effettivi valori della resistenza limitatrice sono i seguenti:

- a) a 50 cicli = $(5\,000 \times 130\,000) : (5\,000 + 130\,000) = 4\,815$ ohm
- b) a 1000 cicli = $(5\,000 \times 6\,200) : (5\,000 + 6\,200) = 2\,767$ ohm
- c) a 5000 cicli = $(5\,000 \times 1\,300) : (5\,000 + 1\,300) = 1\,055$ ohm.

Ne risulta che quando il cursore della resistenza variabile è in posizione a), ossia quando la resistenza è completamente esclusa, a 50 cicli il fattore di reazione inversa è basso, essendo la resistenza d'iniezione di 100 ohm e quella limitatrice di 4 815 ohm, per cui ai toni bassi l'attenuazione è bassa. A 1000 cicli, il fattore di reazione inversa è medio, e l'attenuazione è anche media; mentre a 5 000 cicli, il fattore di reazione inversa è alto, quindi è alta anche l'attenuazione. Nella posizione a) predominano i toni bassi.

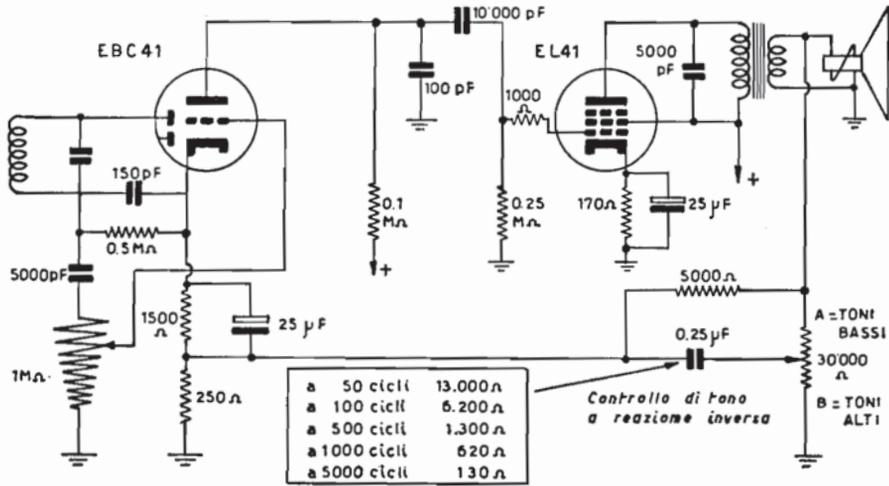


Fig. 8.21. - L'effetto di reazione Inversa viene regolato mediante una resistenza variabile di 30 000 ohm (Allocchio Bacchini).

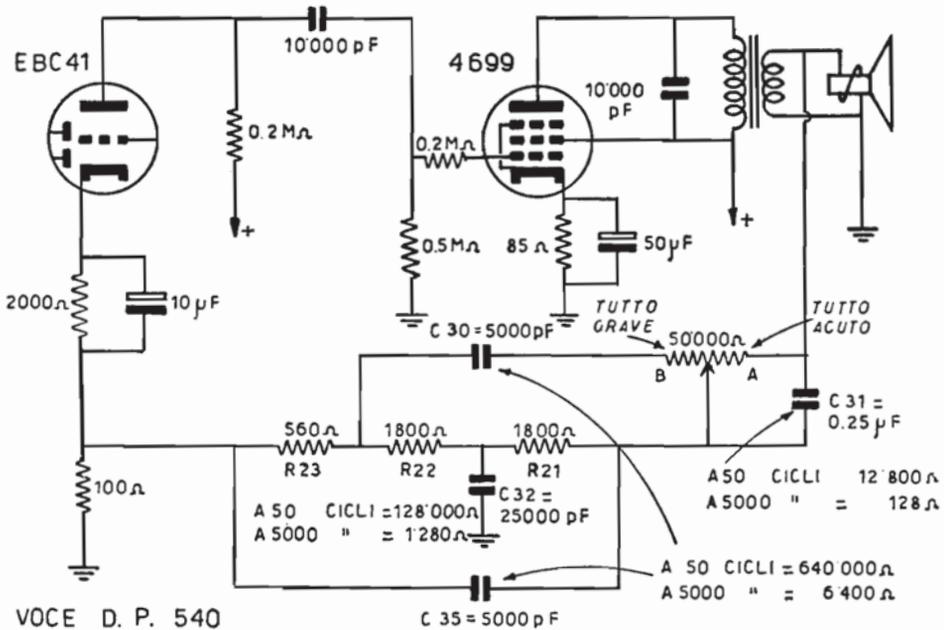


Fig. 8.22. - Esempio di circuito a reazione Inversa con controllo manuale. Dal valori delle resistenze e dei condensatori dipende fortemente l'andamento della curva di risposta dell'apparecchio.

Quando il cursore della resistenza variabile è posto in posizione b), ossia quando la resistenza variabile è tutta inserita, un capo del condensatore è a massa, quindi in parallelo alla resistenza d'iniezione di 250 ohm. Tutte le frequenze alte, ed anche quelle medie del segnale, trovano facile passaggio a massa tramite il condensatore,

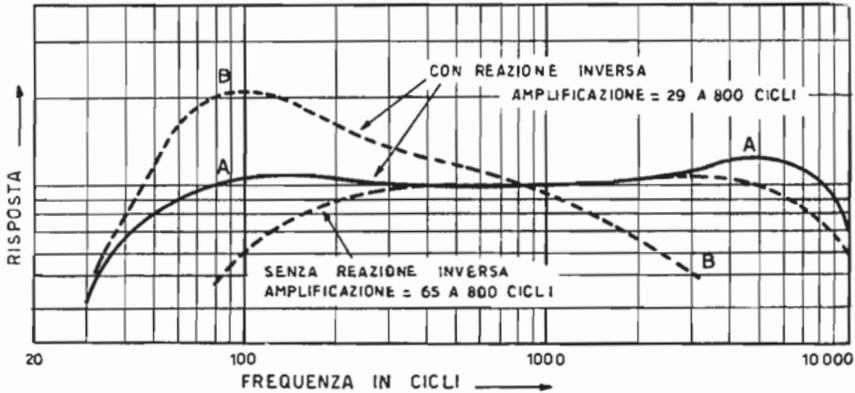


Fig. 8.23. - Curve di risposta corrispondenti all'apparecchio con il circuito di reazione inversa di fig. 8.22. Le curve A e B sono state ottenute con la reazione inversa, nelle rispettive posizioni del cursore indicate dalla fig. 8.22. La terza curva è stata ottenuta senza reazione inversa. Le tre curve sono state riunite solo per consentire il facile confronto; in realtà le due curve A e B dovrebbero venir segnate molto sotto la terza curva, data la forte perdita di guadagno dell'amplificatore ad audiofrequenza, il quale da 65 scende a 29 per effetto della reazione inversa.

quindi la reazione inversa non esiste per esse, ma solo per le frequenze basse del segnale, le quali sole vengono attenuate, all'opposto di quanto avveniva nella posizione a). Sicchè nella posizione a) prevalgono i toni bassi, nella posizione b) prevalgono i toni alti.

Reazione inversa e commutatore di tonalità.

Un esempio di circuito a reazione inversa provvisto di controllo manuale, regolabile, con due commutatori, uno di gamma e l'altro di tonalità, è quello di fig. 8.24. Il segnale amplificato viene parzialmente retrocesso dal secondario del trasformatore d'uscita al circuito di catodo di uno dei due triodi della invertitrice di fase 6SL7.

Gli elementi sensibili alla frequenza sono due soli, due condensatori di 0,5 microfarad, uno in serie alla resistenza d'iniezione di 200 ohm, e l'altro in parallelo ad essa, come più chiaramente risulta dallo schema di fig. 8.25, nel quale è riportato il solo circuito di reazione inversa. Per quanto le due figure siano molto diverse, pure i due circuiti sono gli stessi.

Il commutatore di gamma ha una sezione riservata alla commutazione radio AM-radio FM-fono. Esso agisce anche sul circuito di reazione inversa, come si può notare nelle due figure. In ambedue, il commutatore di gamma è in posizione - radio AM.

il primo triodo della 6SL7. I condensatori di accoppiamento sono due, in serie, uno di 20 000 pF e l'altro di 2 000 pF. Nelle due figure il commutatore di tonalità è in posizione toni bassi, ed il condensatore di 2 000 pF è perciò cortocircuitato in modo da consentire il facile passaggio alla 6SL7 delle frequenze basse.

I due commutatori sono indipendenti, per cui a ciascuna posizione del commutatore di gamma corrisponde o l'una o l'altra delle due posizioni del commutatore di tonalità.

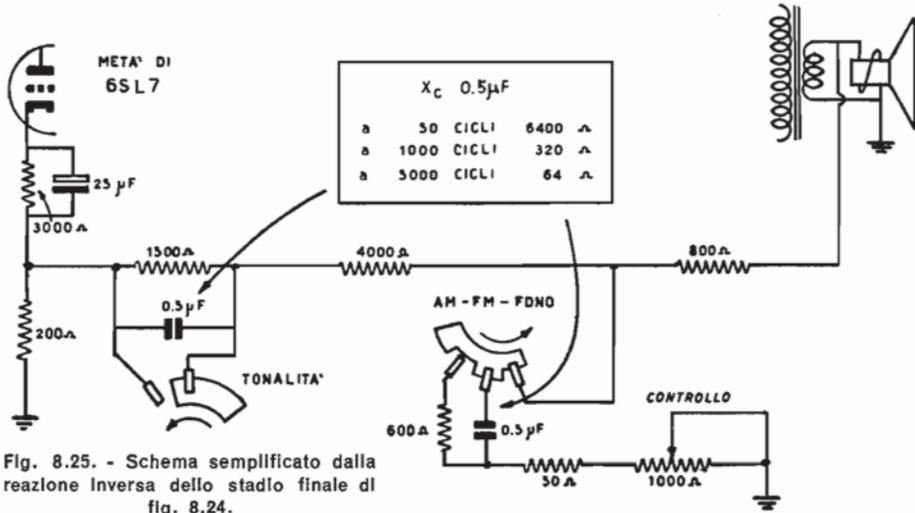


Fig. 8.25. - Schema semplificato dalla reazione Inversa dello stadio finale di fig. 8.24.

La reattanza capacitativa di ciascun condensatore di 0,5 microfarad è di 6 400 ohm a 50 cicli, di 320 ohm a 1 000 cicli e di 64 ohm a 5 000 cicli. Quando il commutatore di tonalità è nella posizione indicata in figura, in presenza di segnale a 50 cicli, la resistenza di 1 500 ohm risulta in parallelo con la reattanza di 6 400 ohm, mentre in presenza di segnale a 5 000 cicli, essa risulta in parallelo con la reattanza di 64 ohm. Dalla solita formula risulta che nel primo caso la resistenza complessiva è di 1 240 ohm, e nel secondo è di 12,4 ohm. Essa si somma alle due resistenze limitatrici, una di 400 e l'altra di 800 ohm. In questa posizione del commutatore di tonalità, le frequenze basse vengono poco retrocesse al circuito di catodo, quindi poco attenuate, per cui risultano ampiamente presenti all'uscita, all'opposto di quanto avviene per le frequenze alte.

Nell'altra posizione del commutatore di tonalità, condensatore e resistenza sono in cortocircuito, per cui la retrocessione del segnale è limitata solo dalle due resistenze di 4 000 e di 800 ohm. Tutte le frequenze risultano attenuate linearmente.

Il controllo manuale di reazione inversa può trovarsi in circuito sensibile o no alla frequenza del segnale, a seconda se in serie ad esso si trova il condensatore di 0,5 microfarad (posizione AM e fonò) oppure la resistenza di 600 ohm (posizione FM). Nel primo caso controlla la soppressione dei toni alti, nel secondo caso agisce linearmente su tutte le frequenze.