

LO STADIO FINALE DELL'APPARECCHIO RADIO

Lo stadio finale provvede ad amplificare il segnale audio ed a fornirgli la potenza necessaria per far funzionare l'altoparlante.

L'altoparlante è un dispositivo elettromeccanico; non può funzionare con sola tensione; richiede anche una certa corrente, di intensità relativamente elevata. È per questa ragione che l'ultima valvola dell'apparecchio radio è una *valvola di potenza*, un *pentodo di potenza*.

Poichè la valvola finale di potenza richiede una tensione positiva elevata, per poter funzionare (di 135 volt nei piccoli apparecchi, di 180 nei medi, e di 240 volt nei grandi), mentre l'altoparlante invece richiede una corrente elevata, è necessario che tra la valvola e l'altoparlante vi sia un componente adatto, capace di ridurre la tensione e di elevare la corrente. Questo componente è il *trasformatore d'uscita*. Di esso, e dell'altoparlante, è stato detto verso la fine del capitolo terzo.

Esempio di stadio finale.

La fig. 9.1 riporta lo schema dello stadio finale e dell'alimentatore di un apparecchio radio ad amplificazione di ampiezza e di frequenza, da 3 watt d'uscita.

LO STADIO DI PREAMPLIFICAZIONE AUDIO. — La valvola finale, per poter funzionare, deve poter ricevere un segnale audio di ampiezza adeguata, ossia di tensione tale da poter modulare l'intensa corrente elettronica che la percorre. Il segnale audio ottenuto dalla rivelazione, non è sufficiente per far funzionare la valvola finale; deve venir amplificato. A tale amplificazione provvede, come detto nel capitolo terzo, il triodo contenuto nella valvola rivelatrice, insieme ai tre diodi rivelatori.

Nella figura, la valvola che provvede alla rivelazione e alla preamplificazione audio è una EABC80. Molti esempi simili sono stati descritti nel capitolo quinto.

Nella figura, in alto a sinistra vi è la valvola EF85, amplificatrice di media frequenza. Ad essa segue l'ultimo trasformatore di media frequenza, formato da due parti, una per la media frequenza a modulazione di ampiezza (in alto), a 467 kilocicli, e l'altra a modulazione di frequenza (in basso), a 10,7 megacicli.

In basso, a sinistra, è indicata la valvola indicatrice di sintonia, una EM80; sopra di essa vi è la *presa fono*, e il *commutatore AM/FM audio*, indicato con una

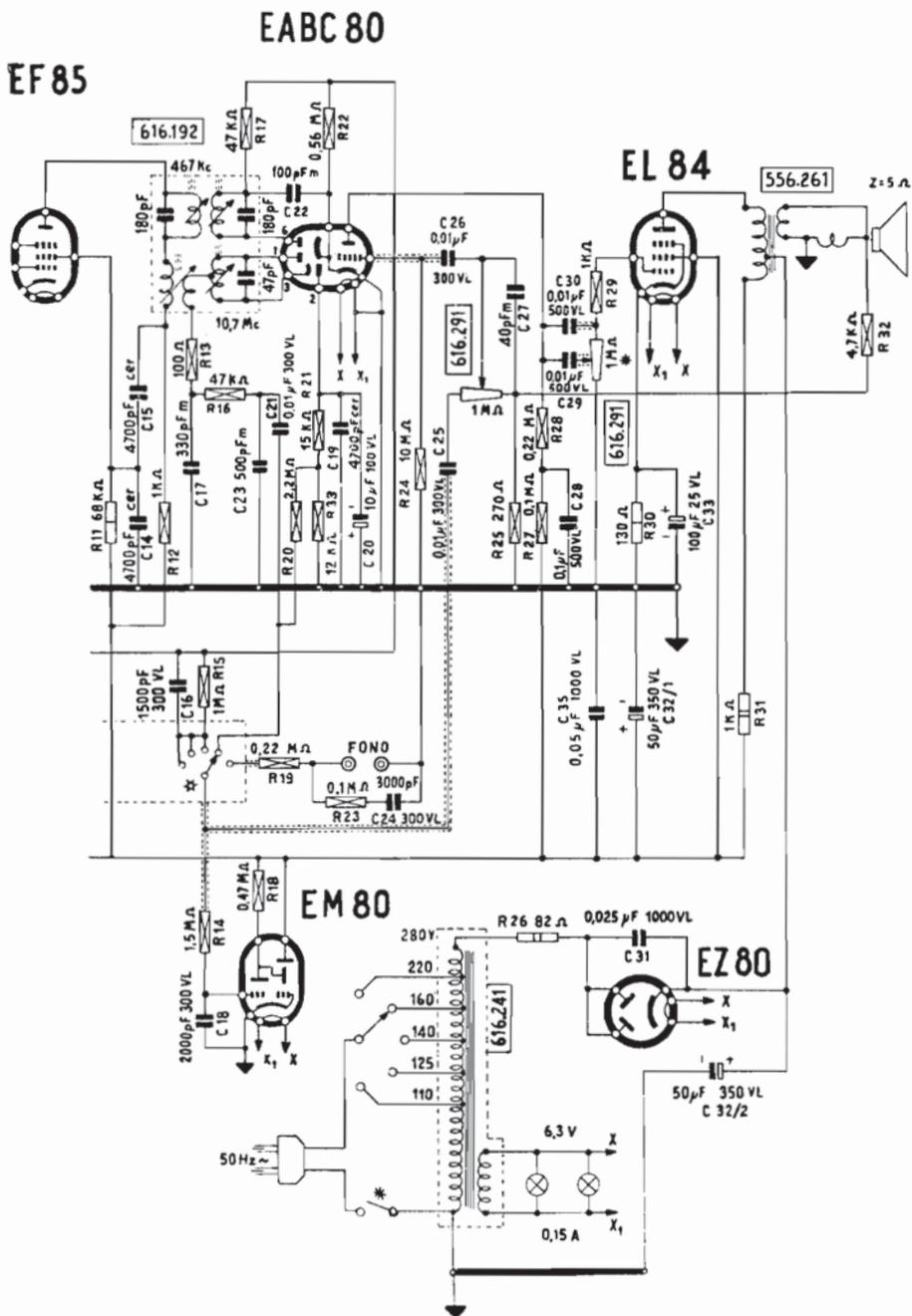


Fig. 9.1. - Esempio di stadio finale di apparecchio a modulazione di ampiezza e di frequenza, con valvola finale EL84.

stelletta. Il commutatore è a quattro posizioni: onde medie, onde corte, onde cortissime e modulazione di frequenza. Le posizioni onde medie, corte e cortissime sono collegate insieme; sono tre perchè sono altrettante nelle altre parti dell'apparecchio.

Il segnale audio si divide in due parti, una va alla indicatrice di sintonia, e l'altra va al *controllo di volume*, da 1 megohm, tramite il condensatore C25, di 10 mila picofarad. I collegamenti sono in *cavetto schermato*, per evitare captazione di disturbi.

Prelevato dal controllo di volume, il segnale audio giunge alla griglia del triodo preamplificatore, mediante il condensatore C26, anch'esso di 10 mila pF. Va notato che il controllo di volume va a massa tramite una resistenza fissa R25 di 270 ohm, resistenza d'iniezione, appartenente al *circuito di controreazione audio*, del quale è stato detto nella seconda parte del capitolo ottavo.

LO STADIO FINALE DI POTENZA. — Amplificato dal triodo della EABC80, il segnale audio giunge alla prima griglia della valvola finale di potenza, una EL84, ciò tramite il condensatore C30 e la resistenza R29.

All'entrata di questa valvola c'è il *controllo di tono*, formato dalla resistenza variabile da 1 megohm, indicata con una stelletta, e dal condensatore fisso C29, da 10 mila pF. Le sottostanti resistenze R27 e R28, appartengono al circuito di placca del triodo della EABC80.

La valvola finale funziona con una adeguata tensione negativa applicata alla sua prima griglia; ciò è ottenuto con la resistenza R30 di 130 ohm 1 watt, inserita nel circuito di catodo, in parallelo con il condensatore C33 di 100 microfarad 25 volt lavoro.

Nel suo circuito di placca vi è il primario del trasformatore d'uscita. La tensione anodica massima prelevata dal catodo della valvola rettificatrice EZ80, è applicata ad una presa del primario, il quale in tal modo provvede anche alla livellazione della tensione alternata. La tensione anodica della finale è di 285 volt.

Una resistenza R31, di 1000 ohm 2 watt, provvede alla successiva livellazione della tensione, insieme con il condensatore elettrolitico C32/1 di 50 microfarad, 350 volt lavoro.

La resa d'uscita dello stadio finale è di 3 watt.

Valvole finali in controfase.

La resa d'uscita dell'apparecchio radio può venir aumentata, utilizzando due valvole finali al posto di una sola; le due valvole possono venir accoppiate *in parallelo* oppure in *controfase* (push-pull). Le finali in parallelo hanno gli elettrodi direttamente collegati, griglia con griglia, placca con placca, ecc.; le due valvole funzionano come una valvola sola, con corrente anodica doppia. Se, ad es., con una sola 6V6 è possibile ottenere 4,5 watt di resa, con 8% di distorsione, con due 6V6 in parallelo si ottengono 9 watt sempre con 8% di distorsione; con due 6V6 colle-

gate in controfase si otterrebbero invece 10 watt con 5% di distorsione, maggiore potenza e minore distorsione.

La fig. 9.2 indica due valvole finali in controfase; le loro griglie sono collegate agli estremi dell'avvolgimento secondario, provvisto di presa al centro, del *trasformatore intervalvolare*, con il quale il segnale presente nel circuito di placca della valvola amplificatrice di tensione viene trasferito all'entrata delle due finali. Con tale trasformatore, a ciascuna semionda del segnale da amplificare corrispondono due semionde, quella positiva e quella negativa, poichè a ciascuna metà del secondario è presente lo stesso segnale, ma di polarità opposta.

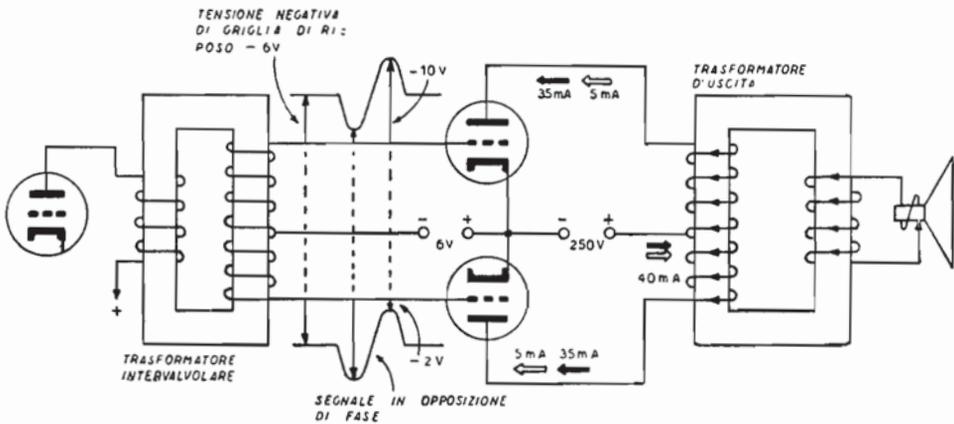


Fig. 9.2. - Principio di funzionamento di due valvole finali in controfase.

Nell'esempio di figura, la tensione negativa di griglia delle due finali è di -6 volt; il segnale in arrivo fa aumentare tale tensione a -10 volt alla griglia della valvola in alto, e nello stesso tempo fa scendere la tensione di griglia a -2 volt alla valvola in basso. La successiva semionda del segnale farà scendere a -2 volt la tensione di griglia della valvola in alto, e salire a -10 volt quella della valvola in basso.

La corrente di placca aumenta in una delle due valvole tanto quanto diminuisce nell'altra valvola, come i piatti di una bilancia, dei quali uno sale tanto quanto l'altro scende. In figura, alla tensione di griglia di riposo di -6 volt corrisponde in ciascuna valvola la corrente di placca di 20 milliamper; quando essa aumenta di 15 mA in una delle valvole, diminuisce di altrettanto nell'altra valvola. Il trasformatore d'uscita è provvisto di due avvolgimenti primari in serie; in assenza di segnale, quando ciascuna delle due valvole è percorsa da 20 mA, i due primari sono percorsi da correnti di eguale intensità ma di senso opposto, per cui non vi è flusso magnetico nel nucleo di ferro, in quanto l'effetto di due correnti eguali ed opposte è nullo. Non vi è nessuna corrente nel secondario.

Non appena è presente un segnale e la corrente aumenta in una valvola e diminuisce nell'altra, vi è flusso magnetico e vi è corrente nel secondario.

Se le variazioni della tensione di griglia delle due valvole fossero in fase, se cioè aumentassero e diminuissero insieme, le due correnti aumenterebbero e diminuirebbero insieme, si avrebbero due correnti eguali e di senso opposto, quindi nessuna corrente nel secondario; l'altoparlante rimarrebbe muto. Se la tensione anodica di alimentazione non è ben livellata, e la corrente anodica fluttua, l'altoparlante non riproduce ronzio, poichè le fluttuazioni di corrente sono sempre eguali ed opposte; non è necessario livellare accuratamente la corrente di alimentazione anodica.

Poichè in assenza di segnale, il nucleo di ferro non è percorso da flusso, vi è minor pericolo di saturazione e di attenuazione delle frequenze basse. La distorsione armonica viene annullata, quindi è possibile far lavorare le valvole anche nel tratto

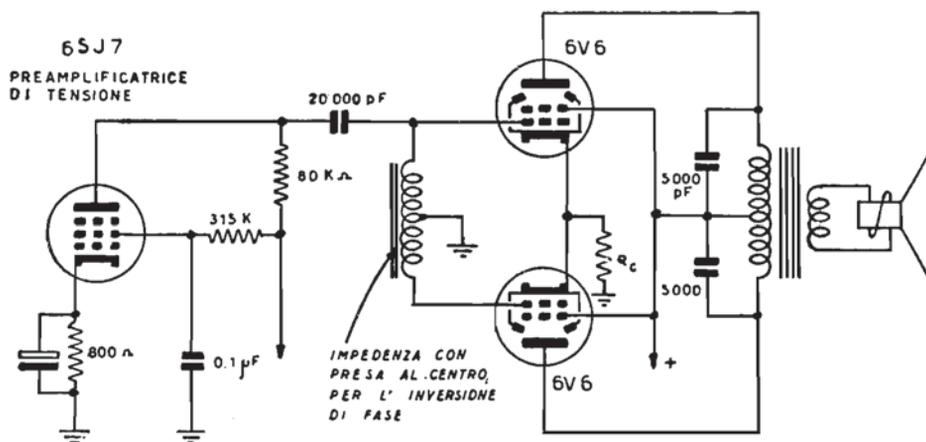


Fig. 9.3. - Stadio finale a valvole in controfase collegate con impedenza provvista di presa al centro.

non-lineare della caratteristica, aumentando la tensione negativa di griglia di riposo, ad es. da $-12,5$ volt come necessario per una 6V6 finale funzionante a 250 volt di placca e di schermo, a -15 volt come necessario per due 6V6 finali in controfase, funzionanti alla stessa tensione di placca e di schermo; aumentando la tensione di griglia è possibile aumentare l'ampiezza del segnale all'entrata e così ottenere una maggior resa d'uscita.

Al posto del trasformatore intervalvolare viene spesso utilizzata un'impedenza con presa al centro, come nell'esempio di fig. 9.3. È necessario che l'impedenza sia bene schermata onde evitare la captazione di ronzio, dato che esso verrebbe presentato in opposizione di fase alle due finali e amplificato.

L'inversione di fase.

PRINCIPIO GENERALE. — Nella maggior parte degli apparecchi con due valvole finali, l'inversione di fase è ottenuta con una valvola a due triodi, la quale provvede anche alla seconda amplificazione di tensione del segnale. È generalmente usata una valvola di tipo americano 12AT7, oppure una di tipo europeo ECC85.

Dalla valvola rivelatrice, il segnale da amplificare giunge all'entrata di uno solo dei due triodi, viene amplificato e trasferito all'entrata di una sola delle due valvole finali. Dalla resistenza di griglia di tale valvola finale viene prelevata una piccola parte del segnale, e trasferita all'entrata dell'altro triodo, il quale la amplifica e la fa quindi pervenire all'entrata dell'altra valvola finale.

In tal modo ad ambedue i triodi giunge lo stesso segnale, ma mentre ad uno di essi giunge la semionda positiva del segnale, all'altro giunge la semionda negativa. Ciò avviene per il fatto che il segnale amplificato è in opposizione di fase rispetto al segnale da amplificare.

Poichè il segnale amplificato, presente ai capi della resistenza di griglia della valvola finale, è in opposizione di fase rispetto al segnale all'entrata del triodo che lo ha amplificato, si provvede a prelevarne una piccola parte ed a trasferirla all'altro triodo, tenendo conto che l'ampiezza del segnale prelevato deve essere la stessa del segnale da amplificare presente all'entrata del primo triodo, in modo che il segnale amplificato presente all'entrata delle finali sia della stessa ampiezza.

ESEMPI PRATICI. — La fig. 9.4 illustra un esempio tipico, nel quale l'inversione di fase è ottenuta con i due triodi di una 6SL7. Parte del segnale amplificato viene

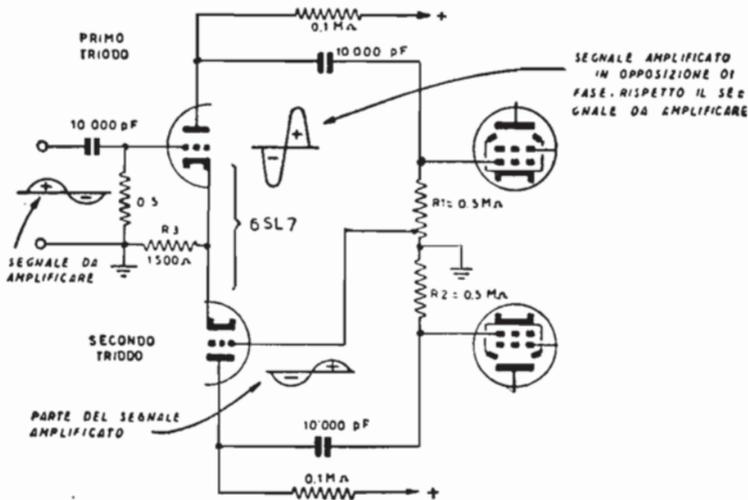


Fig. 9.4. - Principio dell'inversione di fase con doppio triodo; alla griglia controllo del triodo segnato in basso giunge una parte del segnale presente ai capi della resistenza di griglia della valvola finale segnata in alto.

prelevato dalla presa della resistenza R1, di 0,5 megaohm. Il valore della presa va calcolato in base al guadagno dello stadio, che può venir determinato, oppure ricavato da tabelle. Da esse risulta che il guadagno di un triodo della 6SL7, con resistenza di placca di 0,1 megaohm e con resistenza di griglia della valvola finale di 0,5 megaohm, è di 37, qualora la tensione anodica sia di 180 volt. Al secondo triodo occorre trasferire la 37ma parte del segnale presente alla entrata della valvola finale, per cui la presa deve essere di $500\,000 : 37 = 13\,513$ ohm. La resistenza di griglia R1 deve essere formata da una resistenza di 486 487 ohm e l'altra di 13 513 ohm.

Se al posto di una 6SL7 viene usata una europea ECC85, la resistenza R1 conviene sia formata da una resistenza di 0,7 megaohm in serie con altra di 27 300 ohm; R2 pure di 0,7 megaohm ed R3 di 1000 ohm.

Poichè è difficile ottenere la perfetta divisione di tensione del segnale, data

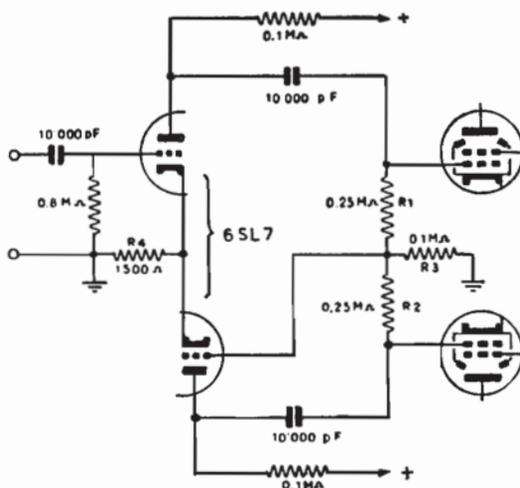


Fig. 9.5. - Principio di circuito ad inversione di fase di tipo autobilanciato.

la difficoltà di avere a disposizione resistenze del valore esattamente richiesto, questo circuito invertitore di fase è poco usato. Il *circuito auto-bilanciato* di fig. 9.5 è preferito, poichè non richiede alcuna resistenza di valore preciso, ed utilizza la reazione inversa. In questo caso le resistenze R1 ed R2 sono di eguale valore, nell'esempio di 0,25 megaohm, mentre R3 può essere di 0,1 megaohm o altro valore, essendo possibile sperimentare più valori. Sono in uso pratico resistenze di valore tra 10 000 e 300 000 ohm.

Con valvola ECC85 al posto della 6SL7 i valori più opportuni sono i seguenti: R1 = 0,41 megaohm, R2 = 0,47 megaohm, R3 = 0,22 megaohm, R4 = 1100 ohm.

Inversione di fase a circuito catodina.

Il *circuito catodina* è illustrato dalla fig. 9.6. In questo circuito, il segnale amplificato dal primo triodo, quello in alto, viene trasferito per accoppiamento diretto alla griglia dell'altro triodo, quello in basso. Il segnale amplificato viene prelevato dal catodo e dalla placca del secondo triodo. Il segnale prelevato dal catodo è in opposizione di fase rispetto a quello prelevato dalla placca, per il fatto che la resistenza di placca, la resistenza interna della valvola, e la resistenza di catodo formano un divisore di tensione, ed il segnale viene prelevato dal lato basso della resistenza di

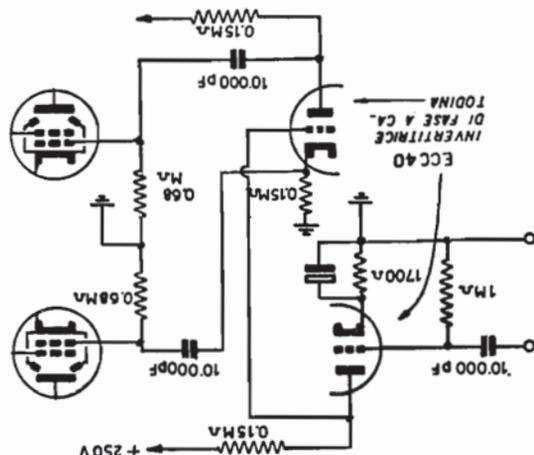


Fig. 9.6. - Principio del circuito inversore di fase a catodina. La placca del triodo segnato in alto è direttamente collegata alla griglia del triodo segnato in basso. Le due finali sono collegate rispettivamente al catodo ed alla placca del triodo sottostante.

placca e dal lato alto della resistenza di catodo. L'accoppiamento diretto griglia-placca è possibile grazie al valore assai alto della resistenza di catodo, di 150 000 ohm nell'esempio. In tal modo il catodo del triodo in basso si trova a tensione positiva maggiore della placca del triodo in alto, quindi pur essendo la griglia positiva, essa è a tensione negativa rispetto al proprio catodo.

CATODINA CON TRIODO SEPARATO. — L'inversione di fase è realizzabile anche con un solo triodo, usato a tale scopo, utilizzando il circuito catodina. La figura 9.7 illustra un esempio pratico di stadio finale con due 6L6 finali precedute da un pentodo 6SJ7 usato quale triodo inversore di fase. Va notato che la resistenza di catodo è formata da due resistenze, una (R1) di 835 ohm, valore adatto per ottenere la tensione negativa di griglia, e l'altra (R2) di 24 000 ohm, tale cioè da essere circa eguale alla resistenza di placca (R3) di 25 000 ohm. La resistenza di griglia è collegata tra R1 e R2, come necessario. La caduta di tensione ai capi della resistenza di

catodo ($R_1 + R_2$) è eguale a quella ai capi della resistenza di placca. Il segnale presente all'entrata della valvola, ai capi della resistenza di griglia si trasferisce senza amplificazione, ma invertito di fase all'uscita della valvola, ai capi della resistenza di placca, e risulta pure ai capi della resistenza di catodo, in fase con quello ai capi della resistenza di griglia, e perciò in opposizione di fase rispetto quello presente nel circuito di placca.

Lo svantaggio di questo circuito è quello di non consentire alcuna amplifi-

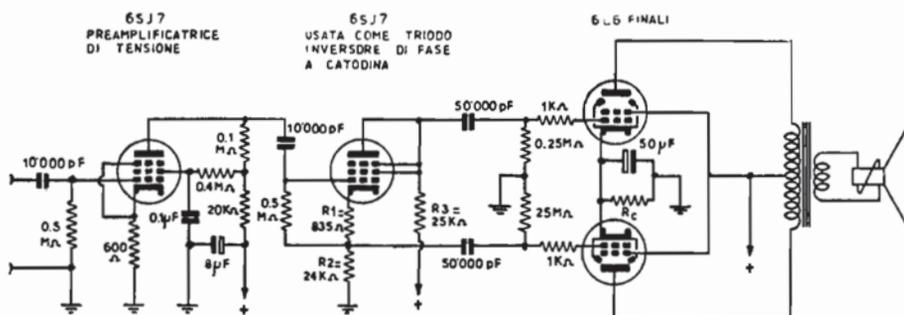


Fig. 9.7. - Esempio di stadio finale in controfase preceduto da preamplificatore ad alto guadagno, adatto per radiofonografi a tre velocità.

cazione, per cui è necessario far precedere la valvola invertitrice di fase da una valvola preamplificatrice, che nell'esempio è una 6SJ7. È per questa ragione che è opportuno l'uso di una valvola a doppio triodo anche per il circuito catodina, poichè un triodo può provvedere all'amplificazione di tensione e l'altro all'inversione di fase, come appunto in fig. 9.6.

Esempio di stadio finale in controfase.

La fig. 9.8 riporta lo schema di uno stadio finale per apparecchio radio di media potenza, con resa sonora di 4 watt. Esso funziona con due valvole EL91, collegate in push pull (controfase), in classe AB. Con una sola EL91 si ottengono 1,4 watt, con tensione anodica di 250 volt; con due EL91, in controfase, si ottengono, come detto, 4 watt. Oltre alla maggior potenza, si ottiene una minor distorsione; con una EL91, la resa d'uscita di 1,4 watt è accompagnata da distorsione cospicua, del 10 per cento; con due EL91, la resa d'uscita di 4 watt è ottenuta con distorsione di 3,2 per cento.

La EL91 è un pentodo d'uscita, benchè nello schema siano indicate due griglie sole; la terza è collegata internamente al catodo.

I due catodi sono collegati insieme; la tensione di polarizzazione è ottenuta con una sola resistenza di 600 ohm.

Le due valvole finali sono precedute da uno dei due triodi di una ECC81 o di

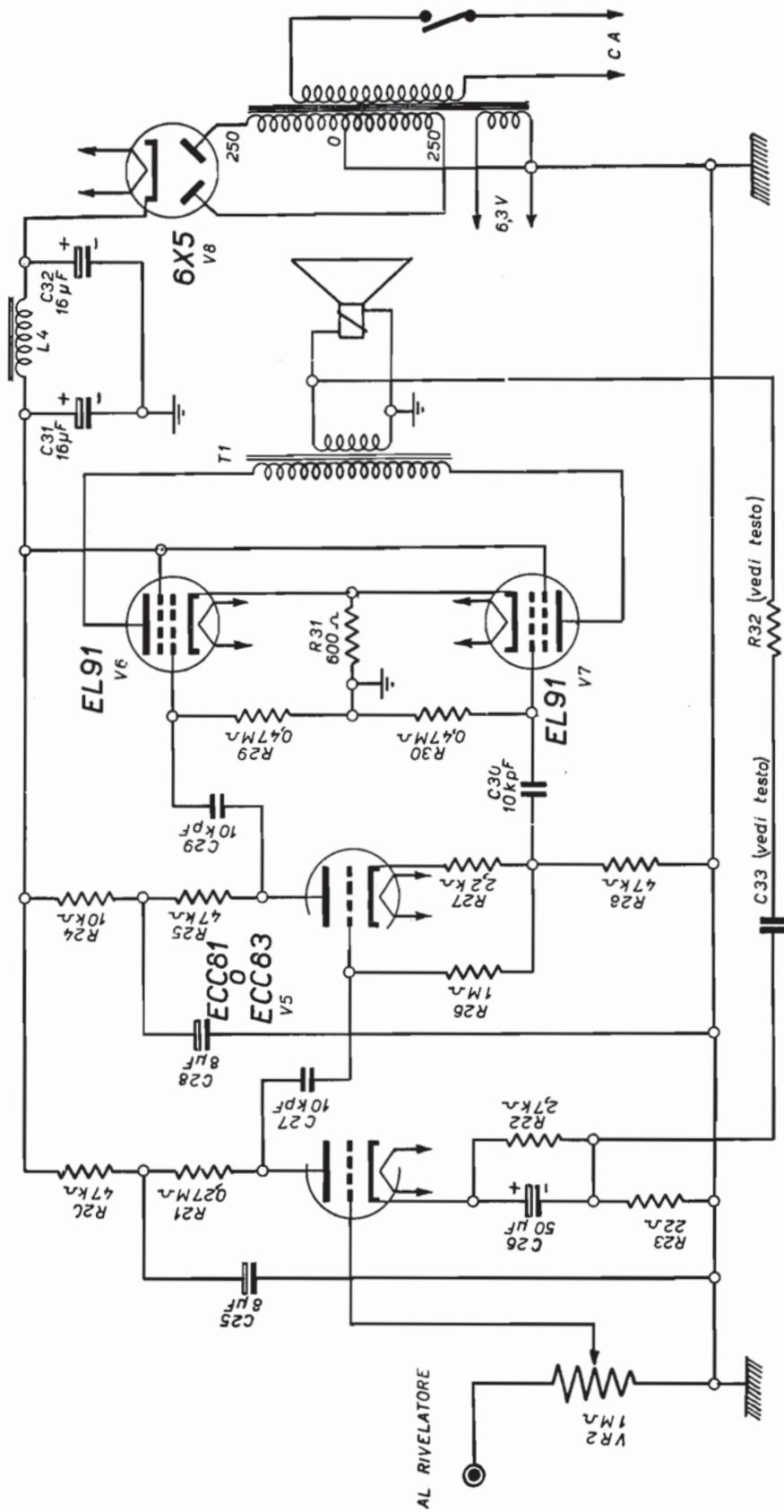


Fig. 9.8 - Stadio finale con due valvole in controfase, precedute da un doppio triodo, adatto per uscita di 8 watt.

una ECC83. Esso provvede alla inversione di fase del segnale audio applicato ad una delle finali, quella indicata in basso. Tale segnale è prelevato da una presa nel circuito di catodo, formato dalle due resistenze R27 e R28.

L'altro triodo provvede alla seconda preamplificazione del segnale audio, la prima essendo stata ottenuta dal triodo presente nella valvola rivelatrice.

L'amplificatore audio è provvisto di controeazione negativa, il circuito della quale consiste della resistenza R23 di 22 ohm, inserita nel circuito di catodo del primo triodo, dal condensatore C33 e dalla resistenza R32, quest'ultima collegata all'uscita del trasformatore dell'altoparlante. In tal modo una piccola parte del segnale audio viene trasferito dall'uscita all'entrata dell'amplificatore, invertito di fase, e consente di ottenere la diminuzione della distorsione totale, come detto in fine del capitolo 8°.

La resistenza R32 è la *limitatrice*, il condensatore C33 è il *discriminatore di frequenza*. I valori normali per questi due componenti sono: 5000 ohm per la resistenza e 0,1 microfarad per il condensatore; tali valori possono venir notevolmente modificati, a seconda della qualità della riproduzione sonora, e anche a seconda dell'acustica dell'ambiente in cui deve funzionare l'apparecchio. Dal valore del condensatore dipende l'attenuazione delle frequenze basse, da quello della resistenza l'attenuazione delle frequenze acustiche medie e alte. Con un valore minore di C33 si ottiene un apparente rinforzo dei toni bassi, i quali non risultano attenuati. Tale rinforzo è però ottenuto a scapito della buona qualità di riproduzione di tali toni bassi. Occorre quindi cercare un compromesso, variando sperimentalmente il valore dei due componenti.

Esempio di schema di apparecchio radio di produzione tedesca

Uno schema di apparecchio di produzione tedesca (Grundig mod PK58) è riportato dalla fig. 9.9. È un apparecchio per la ricezione della gamma delle onde medie; funziona con cinque valvole, due delle quali sono poste in controfase, nello stadio finale, per assicurare una maggiore fedeltà di riproduzione sonora e una resa di uscita di 4 watt.

VALVOLA A DOPPIO TRIODO. — La terza valvola è un doppio triodo ECC83. È disegnata come se si trattasse di due valvole, con i due lati tratteggiati. Disegnando la valvola in due parti, è possibile rendere più chiaro lo schema. La prima metà di questa valvola, ossia il primo triodo, provvede all'implicazione BF, ossia amplifica il segnale rivelato e prelevato dal controllo di volume R15, il cui cursore è collegato, tramite il condensatore fisso C28, alla griglia del primo triodo.

VALVOLA INVERTITRICE DI FASE. — Il secondo triodo provvede ad una successiva amplificazione del segnale BF, nonchè a invertirne la fase di metà di esso, per presentarla alla valvola finale disegnata capovolta. In seguito sarà ampiamente descritta la funzione di questa valvola, la quale consente di adoperare due valvole finali al posto di una sola.

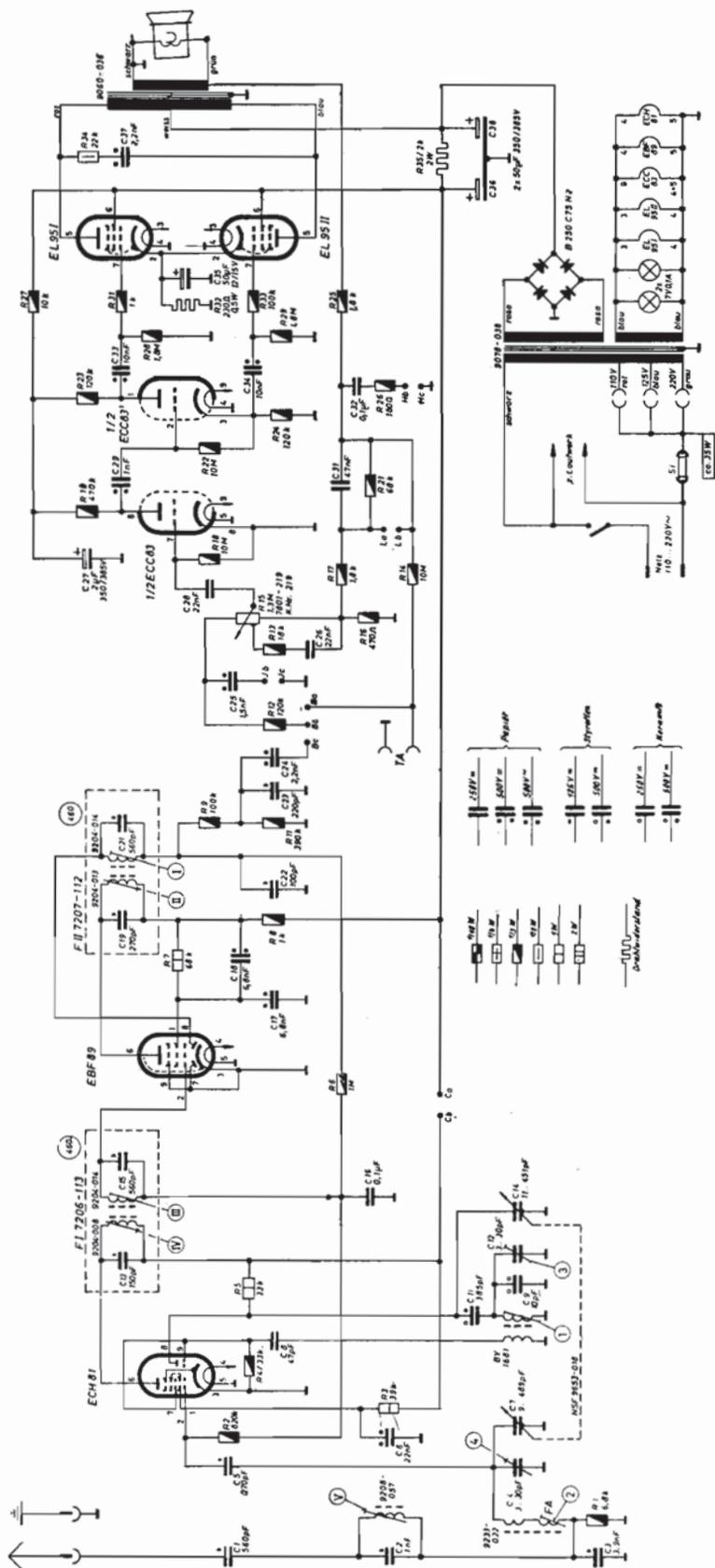


Fig. 9.9. - Esempio di schema di apparecchio radio di produzione tedesca (Grundig mod. P.K58). L'apparecchio è provvisto di due valvole finali in contropase e di tre registri di tono. È adatto per la gamma delle onde medie.

Un condensatore di accoppiamento trasferisce il segnale BF dalla placca di questo secondo triodo, alla griglia controllo del pentodo EL95 primo; un secondo condensatore di accoppiamento trasferisce il segnale BF dal catodo dello stesso triodo alla griglia controllo del pentodo EL95 secondo.

LE FUNZIONI DELLA EBF89. — La EBF89 è formata da un pentodo MF e da due diodi; essa provvede all'amplificazione a media frequenza e alla rivelazione. La rivelazione è effettuata con uno dei diodi, quello corrispondente al piedino 8. L'altro diodo non è utilizzato, ed è perciò collegato, insieme alla griglia di soppressione, al catodo della valvola.

I CIRCUITI D'ENTRATA E DI CONVERSIONE. — Alla conversione di frequenza provvede una valvola ECH 81, formata da un pentodo e da un triodo. La prima griglia del pentodo è collegata al circuito accordato d'entrata, il quale è formato dal condensatore variabile C7, e dalla relativa bobina in parallelo. Il compensatore 4 e il nucleo ferromagnetico 2 consentono la messa a punto del circuito. La bobina d'antenna è indicata con una V. Le prese di antenna e di terra sono indicate in alto a destra.

La griglia del triodo della ECH81 è collegata alla bobina BV, accoppiata al circuito accordato d'oscillatore. Esso è formato dall'altra sezione del condensatore variabile, dalla bobina di accordo, da un compensatore e da due condensatori fissi.

La capacità del variabile d'entrata (C7) va da 9 a 489 picofarad; quella del variabile d'oscillatore (C14), va da 11 a 451 picofarad.

APPARECCHI RADIO AD ALTA FEDELITÀ

Caratteristiche principali.

L'apparecchio radio è ad alta fedeltà quando consente audizioni perfette, molto vicine alle naturali; quando, cioè, conferisce agli ascoltatori il « senso della presenza ». Differisce dai comuni apparecchi a 5 valvole, a modulazione di ampiezza e di frequenza, dei quali è stato detto nel capitolo sesto, per la migliore amplificazione del segnale audio, e per la migliore riproduzione delle voci e dei suoni. Non differisce dai comuni apparecchi per la parte radio, ma solo per la parte audio. La parte radio è molto migliore in apparecchi particolari, i cosiddetti apparecchi professionali, dei quali sarà detto nel capitolo tredicesimo.

Il termine *alta fedeltà* (Hi-Fi) equivale a quello di *alta qualità*. Apparecchi di questo tipo sono generalmente di potenza elevata, ma non per consentire riproduzioni sonore ad alto volume, ma per poter utilizzare solo una parte della potenza disponibile, in modo da limitare al massimo la distorsione. Grandi potenze sonore si ottengono con *complessi radio-audio* di tipo completamente diverso; essi sono costituiti da un *sintonizzatore radio*, eguale alla parte radio degli apparecchi AM/FM comuni, e di un *amplificatore audio* di potenza adeguata, ad es. 10, 15 o 20 watt.

Gli apparecchi di alta classe si possono distinguere in due gruppi: quelli con una valvola finale, e quelli con due valvole finali in controfase. Anche con una sola valvola finale è, infatti, possibile ottenere ottime riproduzioni delle voci e dei suoni, riducendo a circa la metà la potenza disponibile, quella di 3 watt. Gli apparecchi a due finali in controfase sono però i tipici complessi di alta classe, generalmente uniti con il giradischi, e perciò *radiofonografi Hi-Fi*.

Con due valvole in controfase, come detto nel cap. 9°, si ottiene una potenza sonora elevata, in media 8 watt, con bassissima percentuale di distorsione. Sono adatti per sale di dimensioni notevoli; per comuni stanze di soggiorno sono più opportuni radiofonografi ad una sola valvola finale, con resa d'uscita di 3 watt, ridotta a 1,5 watt.

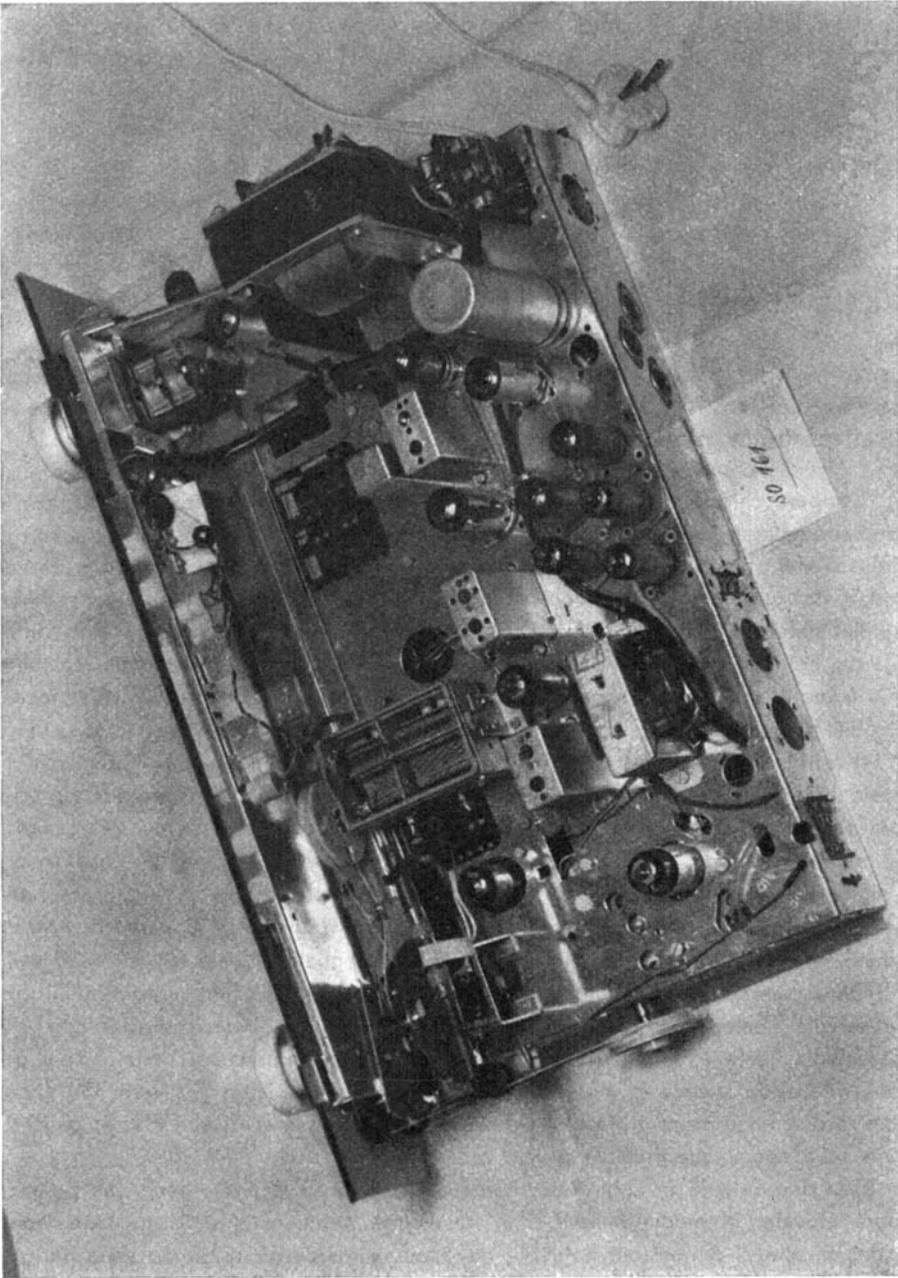


Fig. 10.1 - Aspetto del telaio di apparecchio radio di alta classe (Grundig).

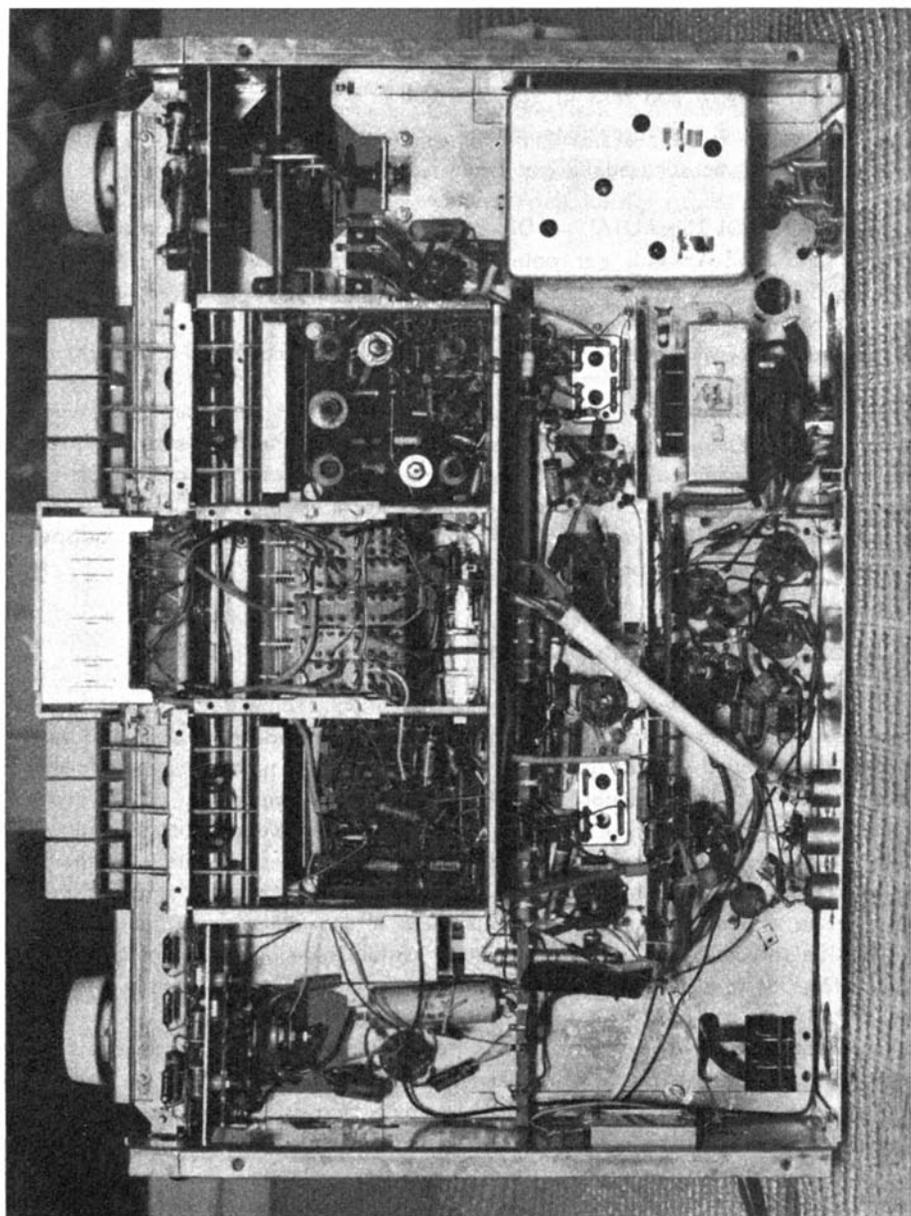


Fig. 10.2 - Componenti e collegamenti sotto il telaio, di cui la figura precedente.

Tutti gli apparecchi di alta classe dispongono di:

- a) due controlli di tonalità;
- b) due o più altoparlanti;
- c) alimentatore con resa di 260/300 volt;
- d) circuito di controreazione audio;
- e) custodia acustica adatta per i toni bassi.

CONTROLLI DI TONALITA'. — Di essi è stato detto nel capitolo ottavo. I due controlli sono indispensabili per poter adeguare l'amplificazione delle varie frequenze audio al genere di riproduzione sonora e alle caratteristiche acustiche dell'ambiente. Uno di essi provvede al controllo dei toni alti, l'altro a quello dei toni bassi. Possono essere sostituiti con registri di tonalità con comando a tastiera.

ALTOPARLANTI. — Sono indispensabili due altoparlanti, uno per le frequenze audio medie e basse, di grande diametro, ed un altro per le frequenze audio elevate, di piccolo diametro; sono contenuti entro apposita cassa armonica, sistemata nella custodia dell'apparecchio. Con essi è possibile la riproduzione sonora a larga banda, ossia la riproduzione di una vastissima banda di frequenze audio, indispensabile soprattutto per la riproduzione di musica orchestrale.

Stadio finale con due altoparlanti.

L'alta classe richiede un minimo di due altoparlanti, come detto. Generalmente uno di essi è *magnetodinamico*, a grande cono, per la riproduzione dei suoni bassi; l'altro è *elettrostatico*, per la riproduzione dei suoni alti. I piccoli magnetodinamici hanno un suono cartaceo, e non sono mai utilizzati negli apparecchi di alta classe; sono diffusissimi nei portatili a transistor. Dell'*altoparlante elettrostatico* è detto più avanti; esso si presta molto bene per la riproduzione delle frequenze elevate.

Un esempio di stadio finale ad una sola valvola, con resa d'uscita di 3 watt, provvisto di due altoparlanti, uno magnetodinamico e uno elettrostatico, è quello di fig. 10.3. La valvola finale è doppia, essendo costituita da un triodo in funzione di *amplificatore di tensione del segnale audio*, e da un pentodo *amplificatore di potenza*.

Il trasformatore d'uscita è provvisto di due secondari, uno per l'altoparlante magnetodinamico, e l'altro per il *primo circuito di controreazione*. Esso fa capo alla resistenza variabile del controllo di volume, tramite la *resistenza d'iniezione* da 150 ohm, attraverso la quale il controllo è collegato a massa.

La resistenza variabile è provvista di due prese, a ciascuna delle quali fa capo un *filtro per il rinforzo dei toni bassi*, costituito da una resistenza fissa e da un condensatore in serie, come detto nel capitolo ottavo (figg. 8.12 e 8.13).

Un *secondo circuito di controreazione audio* è collegato all'altro secondario del trasformatore d'uscita. Esso comprende il *controllo dei toni bassi*, e consiste di

una resistenza fissa di 180 chiloohm, in serie con una variabile di 2 megaohm. Il controllo dei toni alti è a parte, essendo costituito da una resistenza variabile di 1 megaohm, collegata tra la griglia controllo del pentodo finale e la massa, e da un condensatore di 3,3 mila pF.

L'alimentatore è a trasformatore di classe. Il rettificatore è a selenio, con quattro elementi a ponte. La tensione anodica massima, presente ai capi del primo condensatore di livellamento, è di 280 volt; la valvola finale funziona quindi con una tensione

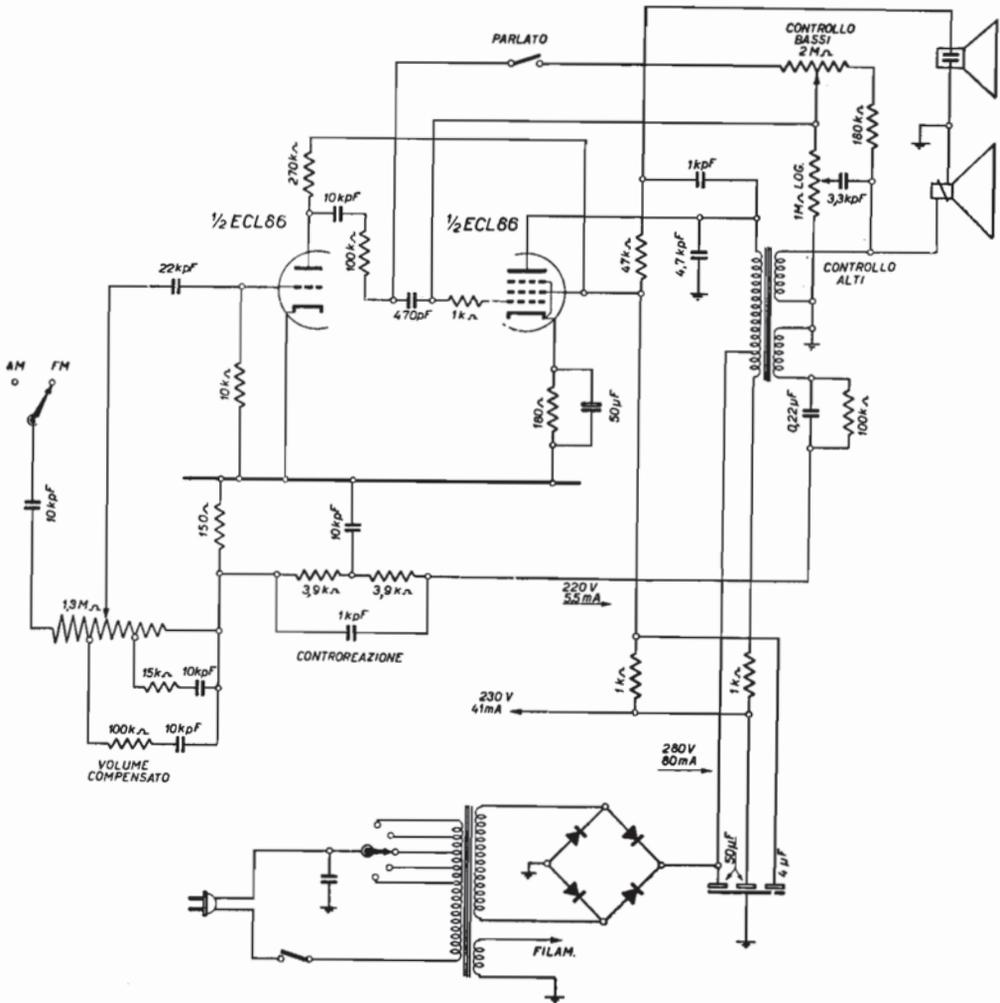


Fig. 10.3. - Stadio finale con due altoparlanti, uno magnetodinamico e uno elettrostatico.

di 275 volt. La massima tensione anodica livellata, disponibile per le altre valvole, è di 230 volt.

L'apparecchio consente la resa d'uscita di 3 watt con distorsione molto ridotta. È prodotto dalla Graetz (Face Standard).

Gli apparecchi con tre o più altoparlanti consentono una particolare forma di riproduzione sonora HI-FI, quella con effetti realistici, per cui vengono detti apparecchi a 3D, a tre dimensioni.

Gli effetti realistici sono ottenuti con determinata posizione degli altoparlanti, in modo che i suoni molto elevati vengano proiettati frontalmente, mentre tutti gli altri vengano diffusi lateralmente, con un certo angolo rispetto all'ascoltatore e alle pareti dell'ambiente. Le pareti hanno in tal caso una notevole importanza poiché viene ad esse affidata la riflessione dei suoni, in modo da dare all'ascoltatore la sensazione che essi provengano anche dai lati, oltre che frontalmente. La sensa-

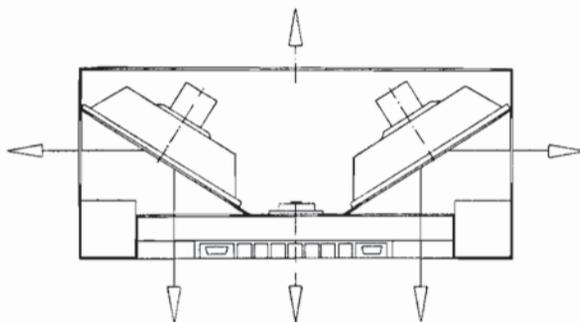


Fig. 10.4. - Tipica disposizione di tre altoparlanti in apparecchio AM/FM a sopramobile.

zione realistica è poco accentuata, in genere, ma è però tale da consentire audizioni alquanto fedeli.

La fig. 10.4 illustra la posizione di tre altoparlanti in apparecchi AM/FM di tipo HI-FI con effetti realistici (3D). Due di essi sono magnetodinamici di ampio diametro, in grado di riprodurre bene anche le frequenze musicali più basse; essi sono disposti ad angolo per ottenere la riproduzione frontale e laterale. Il leggero ritardo con cui giungono all'ascoltatore le onde sonore diffuse lateralmente, e riflesse dalle pareti, dà una certa « pastosità », ossia un certo riverbero, alle riproduzioni musicali. Al centro si trova un piccolo altoparlante elettrostatico, atto a riprodurre solo le frequenze molto elevate, in modo da completare le riproduzioni musicali delle frequenze armoniche più elevate, non riproducibili da parte dei due grossi magnetodinamici, e che perciò andrebbero perdute. Sono queste frequenze armoniche elevate a dare naturalezza ai suoni riprodotti.

La fig. 10.5 illustra la disposizione di cinque altoparlanti in apparecchi AM/FM-HI/FI-3D. Gli altoparlanti magnetodinamici sono in tal caso quattro, due a grande e

due a piccolo diametro; il quinto è un altoparlante elettrostatico. La diffusione sonora da parte dei due altoparlanti di piccolo diametro è soltanto laterale, con il solo scopo di ottenere gli effetti realistici.

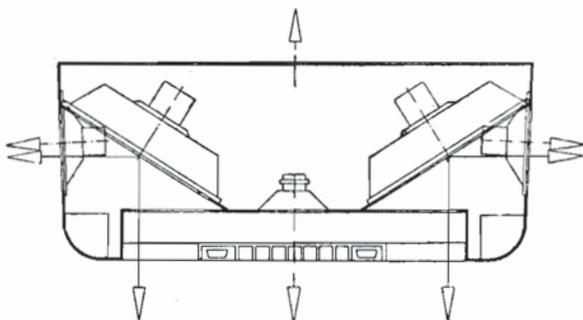


Fig. 10.5. - Tipica disposizione di cinque altoparlanti in apparecchio AM/FM a sopramobile.

L'ALTOPARLANTE ELETTROSTATICO.

È usato per la riproduzione sonora di frequenze musicali oltre i 7 000 c/s, ed è adatto solo per la riproduzione di programmi FM. Il principio di funzionamento è molto semplice: consiste di un condensatore a due sole lamine, una fissa e una mobile, affacciate a breve distanza. Alle due lamine, ossia alle due armature del condensatore, è applicata una tensione di polarizzazione, da 200 a 300 volt. Per effetto di tale tensione continua, le due armature si respingono, per cui quella mobile si trova spostata, sotto pressione, rispetto quella fissa. Non appena alla tensione di polarizzazione si aggiunge la tensione a bassa frequenza del segnale audio, la posizione della lamina mobile varia, poichè varia, in più o in meno, la forza di repulsione. Ne risulta che la lamina mobile vibra meccanicamente in presenza del segnale audio.

L'altoparlante elettrostatico, detto anche *altoparlante a condensatore*, era in uso nei primissimi tempi della radiotecnica, intorno al 1920; venne abbandonato poichè riproduceva bene soltanto frequenze molto elevate, dando luogo a audizioni assai stridenti e moleste. La fig. 10.6 illustra il principio dell'altoparlante elettrostatico. Con A è indicata l'armatura mobile, costituita da un sottilissimo foglio di materiale dielettrico, con elevate qualità elastiche, sopra la superficie esterna del quale è depositato un film metallico, generalmente di oro. Con B e C è indicato il supporto circolare, e con D la pesante armatura metallica posteriore.

La tensione di polarizzazione è necessaria anche per evitare che la lamina mobile abbia a vibrare due volte per ciascun ciclo, anzichè una volta sola, come necessario. Se al condensatore viene applicata la tensione a bassa frequenza senza la tensione continua di polarizzazione, ad ogni semionda del segnale la membrana vibra due volte, va prima in un senso e poi in senso opposto; a ciascun'onda so-

nora vengono a corrispondere quattro spostamenti della membrana anzichè due. L'inconveniente del *doubling* viene ovviato con la tensione di polarizzazione. L'efficienza dell'altoparlante dipende dal valore della tensione di polarizzazione e dalla

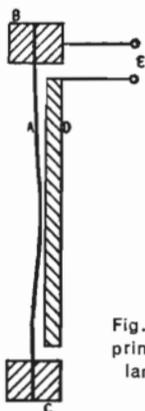


Fig. 10.6. - Schema di principio dell'altoparlante elettrostatico.



Fig. 10.7. - Aspetto esterno di altoparlante elettrostatico.

distanza tra le due armature; la tensione deve essere alta oppure le due armature molto vicine.

In media, l'altoparlante elettrostatico è di 10 centimetri di diametro, fig. 10.7; può essere di due soli centimetri di spessore.

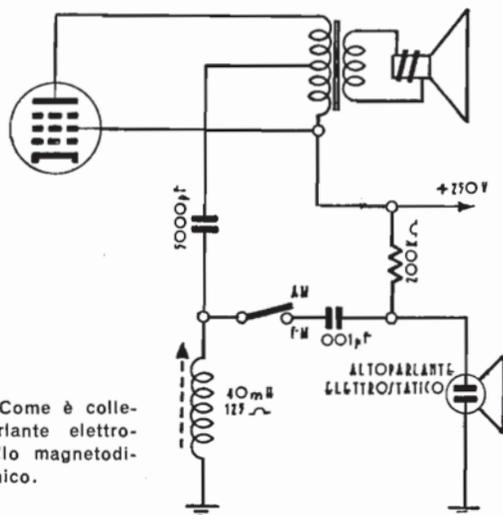


Fig. 10.8. - Come è collegato l'altoparlante elettrostatico a quello magnetodinamico.

La fig. 10.8 indica un esempio di collegamento di altoparlante elettrostatico allo stadio finale di un apparecchio AM/FM. L'altoparlante è collegato tra il circuito a massima tensione anodica, nell'esempio di 250 V, e la massa, tramite una resistenza di 200 mila ohm. La caduta di tensione ai capi di tale resistenza è trascura-

bile. La tensione audio è prelevata da una presa dell'avvolgimento primario, tramite un condensatore di 5 000 pF. Questo condensatore, più la bobina d'impedenza da 40 millihenry, formano un filtro acustico. La più bassa frequenza da eliminare può venir variata regolando la posizione del nucleo dell'impedenza; in genere tale frequenza è compresa tra 7 000 e 8 000 cicli/secondo. In queste condizioni, l'altoparlante risulta in grado di riprodurre quasi linearmente frequenze sino a 20 mila cicli/secondo.

I registri di tonalità con comando a tastiera.

Gli apparecchi AM/FM da 3 watt, di alta classe, e tutti quelli di potenza superiore, sono provvisti di registri di tonalità, comandabili con tastiera. In alcuni apparecchi vi sono due soli tasti, per due sole tonalità: alti e bassi. In altri apparecchi i tasti di tonalità sono tre: parola, musica e bassi; in altri ancora sono 4, 5 o 6.

Tutti questi vari registri di tonalità sono ottenuti con variazione dei valori dei componenti il circuito di controreazione audio. Come si è visto, basta variare il valore dei condensatori che provvedono alla discriminazione delle frequenze basse, o quello delle resistenze che provvedono all'attenuazione delle frequenze alte, per variare ampiamente la curva di risposta dell'apparecchio.

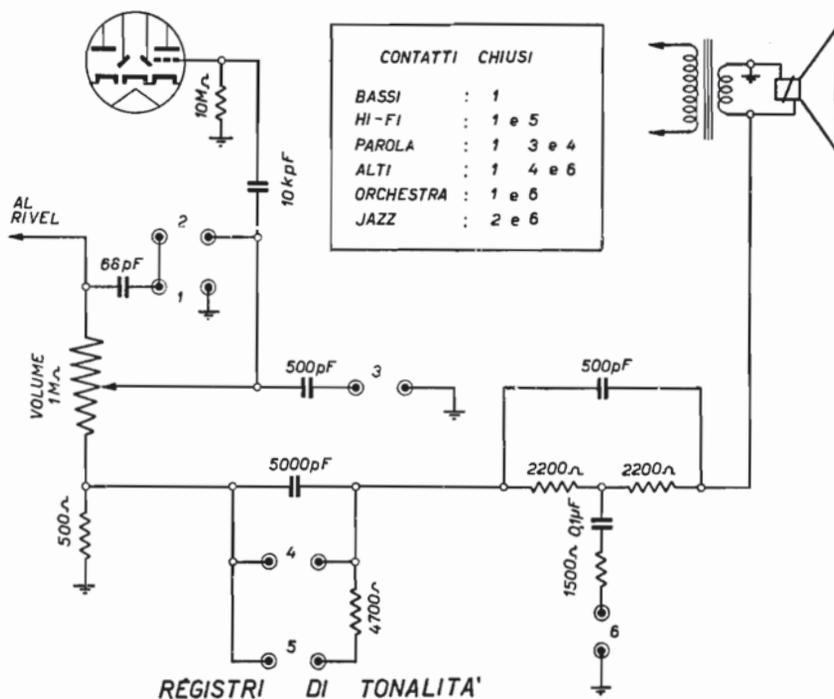


Fig. 10.9 - Registro di tonalità a sei tasti.

La fig. 10.9 illustra un esempio pratico di registro di tonalità a sei posizioni, le seguenti:

- a) toni bassi fortemente accentuati;
- b) tutte le frequenze normalmente riprodotte (Hi-Fi);
- c) accentuazione delle frequenze relative al parlato;
- d) toni alti fortemente accentuati;
- e) accentuazione delle frequenze musicali d'orchestra;
- f) accentuazione delle frequenze musicali di jazz.

Tutte queste sei posizioni si ottengono in modo abbastanza semplice, con cinque resistenze e quattro condensatori; la complicazione maggiore è quella dei sei tasti, ma la loro presenza aumenta notevolmente il valore commerciale dell'apparecchio.

Come si può notare dalla figura, il contatto 1 è sempre chiuso, fatta eccezione per lo jazz. Un condensatore di 68 pF lascia andare a massa le frequenze acustiche più alte, utili soltanto per la riproduzione di musica jazz.

La posizione « toni bassi » è ottenuta con tutti i contatti aperti, ad eccezione dell'1. In questa posizione, tutte le frequenze audio vengono attenuate, ad eccezione di quelle basse, le quali risultano in tal modo preminenti. Nella posizione « alta fedeltà » (Hi-Fi), oltre il contatto 1, è chiuso anche il 5, mentre sono lasciati aperti tutti gli altri. Nella posizione « parola » è data esaltazione alle frequenze centrali, in modo che la voce risulti « messa a fuoco » in modo particolare; ciò è ottenuto con la chiusura dei contatti 1, 3 e 4.

Nella posizione « alti » sono chiusi i contatti 1, 4 e 6; in tal modo le frequenze audio elevate vengono eliminate dal circuito di controreazione, e non subiscono perciò alcuna attenuazione, mentre vengono attenuate le frequenze centrali e basse.

Nella posizione « orchestra » sono chiusi i soli contatti 1 e 6, e nella posizione « jazz » sono chiusi i contatti 2 e 6. In tale posizione, risulta aperto il contatto 1, per cui tutte le frequenze elevate passano direttamente alla griglia del triodo, senza dover passare per il controllo di volume. A qualsiasi livello sonoro esse risultano in tal modo presenti.

L'esempio si riferisce ad un apparecchio prodotto dalla Radio Allocchio Bacchini; lo schema complessivo dell'apparecchio è riportato dalla tavola VII.

Esempio di sezione audio di apparecchio di alta classe.

Come detto all'inizio, gli apparecchi di alta classe si distinguono dagli apparecchi comuni per l'accuratezza e la complessità della loro sezione audio. La fig. 10.10 illustra un esempio di sezione audio di *apparecchio ad alto Hi-Fi*.

Mentre negli apparecchi AM/FM comuni è usata una valvola a tre diodi e un triodo per la rivelazione AM/FM e la preamplificazione audio, in questo esempio le tre funzioni sono affidate a tre valvole. La *rivelazione a modulazione d'ampiezza*

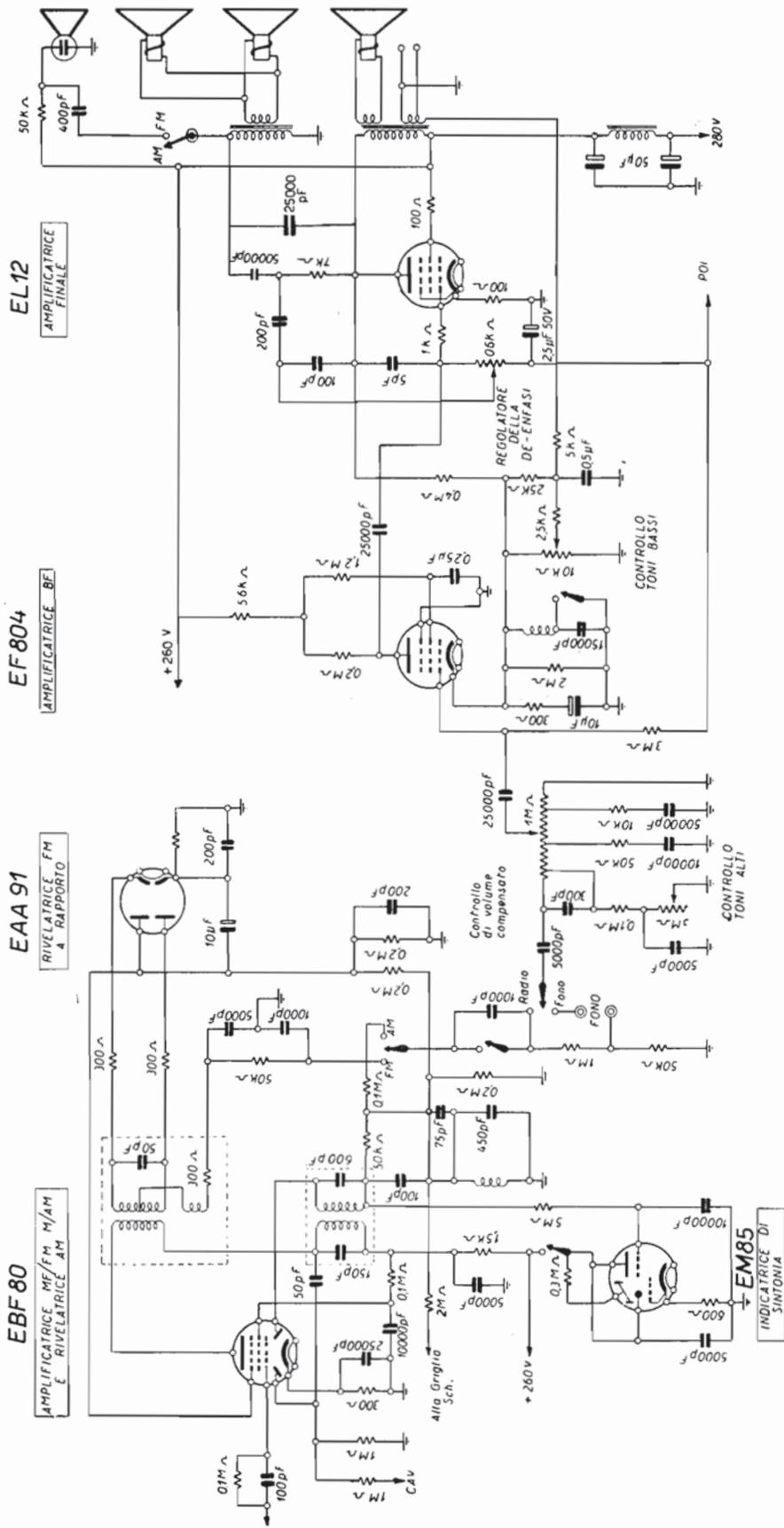


Fig. 10.10. - Schema degli stadi di rivelazione ed amplificazione ad audiofrequenza, di apparecchio AM/FM del tipo 3D.

(onde medie, corte e cortissime) è ottenuta con uno dei due diodi della valvola amplificatrice a media frequenza EBF80.

La rivelazione a modulazione di frequenza (onde ultracorte) è ottenuta con una valvola a parte, a due diodi, una EAA91.

CONTROLLO DI VOLUME CON FILTRI PASSA-ALTO. — Il controllo di volume consiste di una resistenza variabile di 1 megaohm, con tre prese; è un controllo di volume fisiologico compensato. La prima presa fa capo al regolatore dei toni alti, seguono i due filtri passa-alto per il rinforzo delle note basse, a bassi livelli sonori. Come è noto, riducendo il volume sonoro si determina una perdita delle note basse, a meno che non si provveda alla loro compensazione, come appunto nell'esempio. I due filtri sono formati da due resistenze, ciascuna con un condensatore fisso in serie. I valori sono determinati dall'effetto richiesto.

QUATTRO ALTOPARLANTI. — La riproduzione sonora è ottenuta con quattro altoparlanti, benchè la valvola finale sia una sola, con 3 watt d'uscita, ciò per ottenere una diffusione sonora amalgamata, con la presenza delle varie frequenze acu-

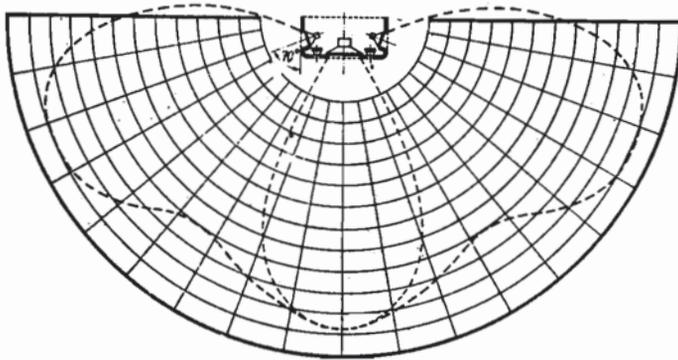


Fig. 10.11. - Diagramma polare della diffusione sonora da apparecchio a quattro altoparlanti.

stiche entro un'ampia zona, di fronte all'apparecchio. Con un solo altoparlante, le frequenze audio sono bene percettibili solo di fronte all'apparecchio; ai lati mancano le frequenze elevate, proiettate a fascio, dalla parte centrale del cono. Con quattro altoparlanti è possibile ottenere una diffusione più razionale, secondo il diagramma polare di fig. 10.11.

Dei quattro altoparlanti, tre sono magnetodinamici di forma ellittica; uno di 36 per 22 cm, gli altri due di 17,5 per 12,5 cm. Il quarto altoparlante è elettrostatico, adatto per frequenze molto elevate, con disco di 11 cm di diametro. Esso viene inserito solo per la riproduzione dei programmi FM; è staccato quando l'apparecchio si trova in posizione AM, poichè non riuscirebbe a riprodurre se non fruscii. Data la sua elevata impedenza, fa a meno del trasformatore d'uscita.

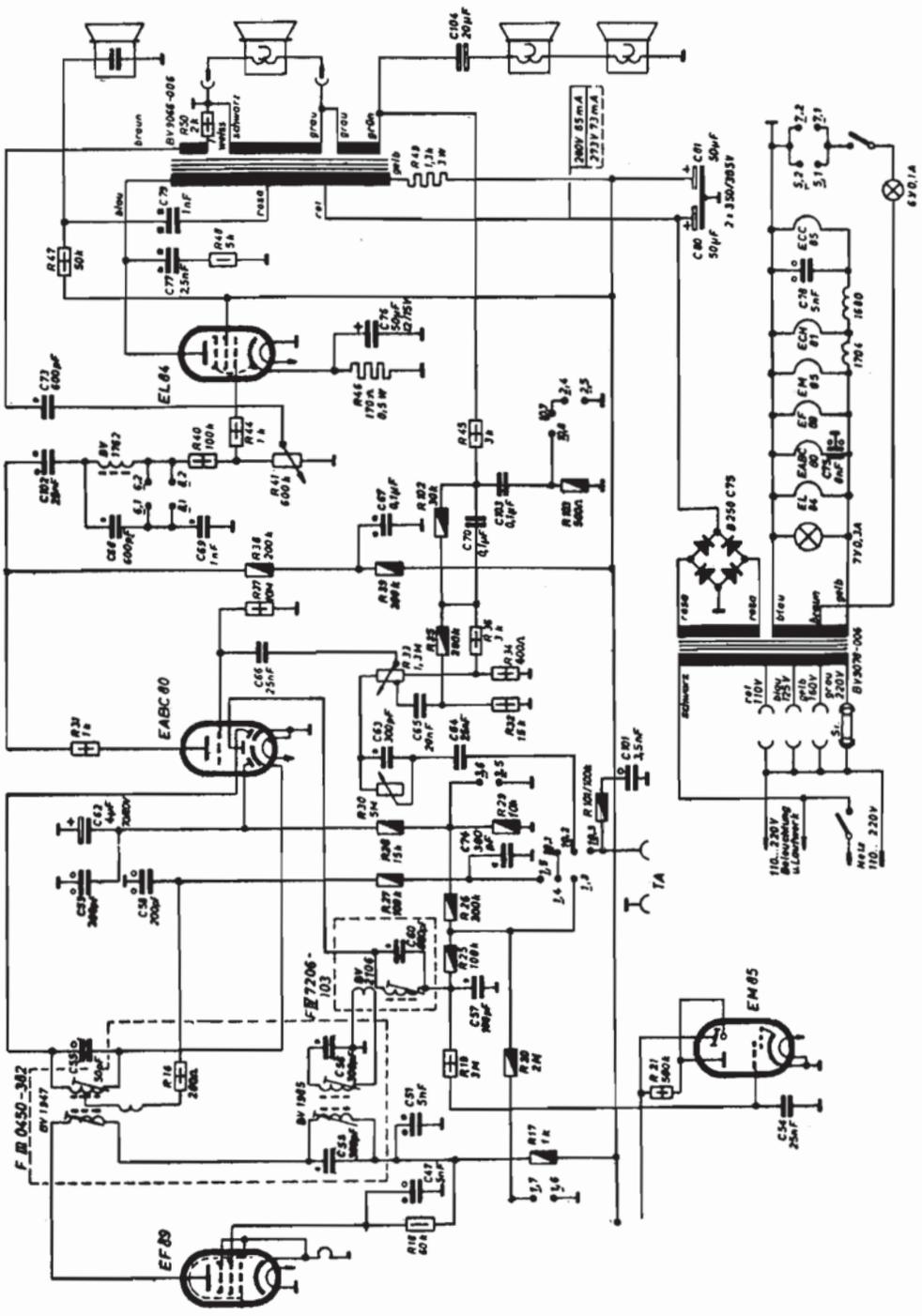


Fig. 10.12. - Particolare degli stadi di rivelazione, amplificazione BF e finale con quattro altoparlanti, di apparecchio AM/FM del tipo 3D, di produzione tedesca (Grundig).

CIRCUITI DI CONTROREAZIONE E DI REGOLAZIONE DI DE-ENFASI. — L'apparecchio è provvisto di due trasformatori d'uscita, ciò che consente l'utilizzazione di due diversi circuiti di controreazione audio. Uno di essi è collegato ad un secondario del primo trasformatore d'uscita (quello in basso, in figura), nonché al circuito di catodo della valvola preamplificatrice audio, un pentodo EF804. In tale circuito vi è il regolatore dei toni bassi, in quanto la controreazione si presta particolarmente bene a tale scopo.

Il secondo circuito di controreazione si trova tra la placca e la griglia della valvola finale, e consente la regolazione della de-enfasi.

Secondo esempio di stadio finale di apparecchio AM/FM, con quattro altoparlanti.

La fig. 10.12 riporta un particolare di uno schema di apparecchio AM/FM di produzione commerciale tedesca (Grundig); si riferisce allo stadio di rivelazione AM/FM e allo stadio finale con quattro altoparlanti. Di questi, tre sono magnetodinamici, e uno elettrostatico. Uno dei magnetodinamici è a grande diametro, ed è posto frontalmente; gli altri due magnetodinamici sono di diametro minore e sono posti ad angolo rispetto al maggiore, per ottenere una migliore diffusione spaziale del suono e qualche effetto stereofonico, per riverbero dalle pareti dell'ambiente. I due magnetodinamici minori sono in serie, e risultano collegati al secondario del trasformatore d'uscita tramite un condensatore C104 di 20 microfarad.

Il condensatore elettrostatico è posto frontalmente, insieme con il magnetodinamico maggiore, sopra di esso, poichè le frequenze acustiche elevate si propagano entro una zona ristretta. È collegato ad una presa dell'avvolgimento primario del trasformatore d'uscita, tramite un condensatore C79 di 1 nanofarad, ossia di 10 mila picofarad. La tensione positiva di polarizzazione è applicata all'elettrostatico tramite una resistenza fissa R47 di 50 mila ohm, collegata alla massima tensione anodica. Il valore di R47 è trascurabile, data l'elevatissima resistenza (reattanza capacitativa) dell'elettrostatico, per cui tutta la tensione anodica è praticamente ai suoi capi. R47 impedisce che il segnale audio vada a massa.

Da un apposito avvolgimento secondario, una piccola tensione audio viene retrocessa, tramite il condensatore C73 di 600 pF alla resistenza variabile del controllo di volume, R41 di 600 mila ohm, all'entrata della valvola finale EL84. È in tal modo compensata, con la reazione inversa, una parte notevole della distorsione BF. Della reazione inversa è detto nel capitolo undicesimo.

Apparecchio AM/FM con amplificatore audio stereofonico.

Alcuni apparecchi radio di alta classe sono provvisti di amplificatore audio stereofonico, allo scopo di consentire la riproduzione sonora da dischi o da nastri magnetici, di tipo stereofonico.

Un esempio di apparecchio di questo tipo è quello di cui la tavola VI riporta lo schema. Si tratta di un ricevitore di produzione tedesca, della Grunding. La sezione radio non presenta variazioni di rilievo. La ricezione è possibile in FM nonché in AM sulle onde lunghe da 145 a 350 kc/s (filodiffusione), sulle onde medie da 510 a 1620 kc/s, e sulle onde corte da 5,9 a 16 Mc/s.

Lo stadio convertitore FM, con una ECC85, è indicato in alto, a sinistra, nello schema. In basso sono disegnati i circuiti accordati d'entrata e d'oscillatore per le onde lunghe, medie e corte. I numeri entro un cerchietto indicano i componenti da regolare all'atto della taratura. Essi sono:

- 1) Onde medie, a 560 kc/s (1) e (2),
- 2) Onde medie, a 1450 kc/s (3) e (4),
- 3) Onde lunghe, a 160 kc/s (5) e (6),
- 4) Onde corte, a 8 Mc/s (7) e (8).

La rivelazione è ottenuta con i tre diodi di una EABC80. Nello schema i tre diodi sono indicati a parte. Tra le due metà della EABC80 è indicata una metà del doppio triodo ECC83. Sono questi due triodi che provvedono all'amplificazione iniziale del segnale audio. Alle loro entrate vi è il controllo di bilanciamento costituito dalle due resistenze variabili R18 e R19 monocomandate. Sono di 10 megaohm ciascuna. Segue il controllo per i toni alti (H) e quindi il controllo di volume fisiologico, formato dalle due resistenze R21 e R25, anch'esse monocomandate, poste all'entrata dei due triodi.

L'amplificatore audio risulta formato da due amplificatori distinti, uno per il canale destro (Rechter Kanal) e l'altro per il canale sinistro (Linker Kanal). Il canale sinistro funziona da solo in posizione « Radio »; in posizione « Stereo » funziona anche il canale destro. In posizione « Radio » risulta inserito anche il triodo della EABC80.

Lo stadio finale comprende due finali di potenza EL95, con i catodi riuniti, nonché i tre trasformatori d'uscita. In posizione « Radio » funzionano due di essi; in posizione « Stereo » risulta inserito anche il terzo. Il trasformatore al centro è provvisto di un avvolgimento secondario per il circuito di controreazione.