CAPITOLO QUARTO

LA COMMUTAZIONE DI GAMMA E LA MODULAZIONE DI FREQUENZA

1. - LA COMMUTAZIONE DI GAMMA

SINTONIA E CONDENSATORE VARIABILE. — Il *comando di sintonia* dell'apparecchio radio consente il passaggio da una emittente all'altra, mediante la rotazione del *condensatore variabile*. Quando la capacità del condensatore variabile è massima, ossia quando le sue lamine mobili sono completamente immerse tra quelle fisse, è in ricezione l'onda più lunga della gamma, ossia la frequenza più bassa, per es., l'onda di 600 metri pari a 500 chilocicli. Quando invece la capacità del variabile è minima, e le sue lamine mobili sono ruotate completamente all'esterno, è in ricezione l'onda più corta della gamma, ossia la frequenza più alta, per es., l'onda di 187,5 metri pari a 1 600 chilocicli. La frequenza più bassa vien detta *frequenza minima* (ad esempio 500 kc), mentre la più alta vien detta *frequenza massima* (ad es. 1 600 kc).

Ciascuna gamma di ricezione ha una data *estensione* corrispondente alla differenza tra la frequenza massima e quella minima (per es. 1 600 — 500 = 1 100 chilocicli, che è l'estensione della gamma onde medie). Ciascuna gamma ha pure un dato *rapporto di frequenza* corrispondente al rapporto tra la frequenza massima e la minima (ad es. 1 600 : 500 = 3,2; ossia il rapporto di frequenza della gamma onde medie è di 3,2).

Nei piccoli apparecchi a reazione vi è un solo condensatore variabile; negli apparecchi di un tempo, a risonanza o neutrodina, vi erano tre condensatori variabili, ed anche quattro o cinque. Nei ricevitori attuali, essendo *supereterodine*, vi sono due soli condensatori variabili, riuniti insieme e costituenti il *condensatore variabile doppio*, detto anche *condensatore variabile a due sezioni*. Ciascun variabile è collegato alla propria bobina d'induttanza e forma con essa un *circuito accordato*, del quale è già stato detto.

La rotazione del condensatore variabile consente di passare da un estremo all'altro di ciascuna gamma d'onda. Il passaggio da una gamma all'altra è ottenuto con il *commutatore di gamma*, detto anche *cambio d'onda*, che provvede alla sostituzione delle bobine.

CAPACITÀ MASSIMA E CAPACITÀ MINIMA. — L'estensione di ciascuna gamma dipende dalla variazione di capacità, la quale è data dalla differenza tra la capacità massima e quella minima del condensatore variabile. Se la capacità massima è, ad esempio di 365 pF, come in fig. 4.1, e la minima è di 11 pF, la variazione di capacità è di 365 — 11 = 354 pF.

Maggiore è la capacità massima del variabile, più estesa è la gamma di ricezione. Con condensatore di capacità molto grande, per es. 1000 pF, si otterrebbe una grande

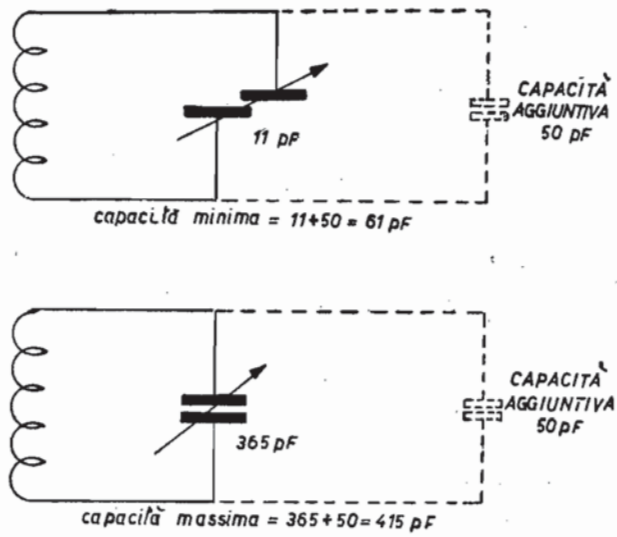


Fig. 4.1. - La variazione di capacità è data dalla differenza tra la capacità massima e la capacità minima del circuito accordato.

estensione di gamma, ma ciò non conviene, poichè più grande è l'estensione di gamma, più piccolo è lo spazio corrispondente sulla scala di sintonia a ciascuna emittente. Se si raddoppia l'estensione di gamma, si riduce a metà il trattino in cui si trova ciascuna emittente, e si aumenta la difficoltà di sintonia. In teoria è possibile adoperare un variabile di capacità tale da ricevere tutte le gamme d'onda senza sostituire le bobine, e passare dalle cortissime alle onde lunghe con una sola rotazione del variabile, ma in tal caso il trattino di ciascuna emittente sarebbe così piccolo da rendere impossibile la ricerca delle emittenti.

L'onda più corta ricevibile in una data gamma, per es., quella delle onde corte, dipende dall'induttanza della bobina, dalla capacità minima del variabile e dalla somma delle capacità fisse degli altri componenti il circuito (collegamenti, compensatori, cavetti schermati, contatti portavalvole, contatti commutatore, ecc.), detta *capacità aggiuntiva*, che in media è di 50 pF. La capacità minima del circuito accor-

dato è dunque la somma della capacità minima del variabile e della capacità aggiuntiva, per es. 11 pF più 50 pF ossia 61 pF. Questa capacità minima del circuito accordato vien detta *capacità residua* o *capacità zero*.

Capacità residua o zero = Capacità minima del variabile + Capacità aggiuntiva.

Variazione di capacità = Capacità massima del variabile — Capacità minima del variabile.

Capacità totale del circuito = Variazione di capacità + Capacità residua.

In base alla capacità residua si calcola l'induttanza che deve avere la bobina, poi in base a tale induttanza, si calcola quale debba essere la capacità massima del condensatore variabile. Poichè l'induttanza della bobina, e quindi la capacità massima del condensatore variabile, dipendono dalla capacità residua, si cerca di ridurre al minimo tale capacità. È costituita, come detto, dalla capacità minima del variabile, che non si può ridurre sotto un certo valore — nei variabili normali va da 10 a 15 pF — ed è pure costituita dalla capacità aggiuntiva, per cui si cerca di ridurre al minimo i collegamenti, di tenerli lontani dal telaio, di ridurre al minimo i contatti dei portavalvole e del commutatore, ecc. L'induttanza della bobine per le onde medie è, in media, di 200 microhenry.

GAMMA ONDE MEDIE DIVISA. — La capacità massima del variabile va da 450 a 530 pF a seconda degli apparecchi, ma in molti apparecchi moderni essa è di appena 120 o 140 pF. Al posto del solito condensatore variabile è adoperato un altro molto più piccolo, e ciò per il fatto che la *gamma onde medie è divisa in due parti.* Negli apparecchi normali, con gamma onde medie intera, basta una rotazione del variabile per passare da 187,5 a 600 metri; in quelli a gamma onde medie divisa occorrono due rotazioni del variabile e uno scatto in più del commutatore di gamma. Si ottiene in tal modo una riduzione d'ingombro del variabile e una più facile sintonia, poichè ad ogni emittente corrisponde sulla scala uno spazio doppio. Al posto di una bobina vi sono però due bobine, come in *B* di fig. 4.2.

La gamma complessiva da 500 a 1600 kc, estesa 1100 kc, viene generalmente divisa così:

Onde medie	1	da 500 a 900 kc	400 kc di estensione
Onde medie	2	da 900 a 1600 kc	700 kc di estensione

Non è possibile dividere la gamma esattamente a metà, poichè a parità di variazione di capacità, l'estensione di gamma aumenta con l'aumentare della frequenza. Se, ad es., la capacità massima del variabile è di 140 pF e la minima di 10 pF, la variazione di capacità è di 140 — 10 = 130 pF.

Essendo:

Rapporto di capacità = Variazione di capacità : Capacità residua

e supponendo che la capacità residua sia di 58 pF, come spesso avviene, risulta:

Rapporto di capacità = 130 : 58 = 2,24.

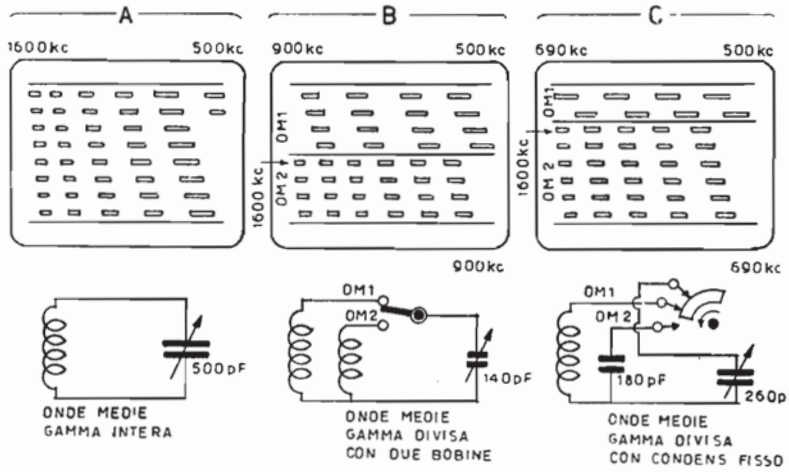


Fig. 4.2. - Nei ricevitori attuali la gamma onde medie è intera, come in A, oppure divisa, come in B e C. La capacità del condensatore variabile è diversa nei tre casi.

Conosciuto il rapporto di capacità, si trova facilmente il rapporto di frequenza con la formula:

$$\text{Rapporto di frequenza} = \sqrt{1 + \text{Rapporto di capacità}}$$

sicchè nell'esempio fatto esso è il seguente:

$$\text{Rapporto di frequenza} = \sqrt{1 + 2{,}24} = \sqrt{3{,}24} = 1{,}8.$$

Poichè la gamma onde medie ha inizio a 500 kc, risulta che la prima metà di tale gamma avrà fine a:

Frequenza massima = Frequenza minima × Rapporto di frequenza

ossia: 500 kc × 1,8 = 900 kc. La seconda metà della gamma avrà inizio a 900 kc e fine a 900 kc × 1,8 = 1 600 chilocicli circa.

Se fosse stato usato un condensatore variabile di maggiore capacità, per es. 184 pF, la variazione di capacità sarebbe stata di 184 — 10 = 174 pF, e il rapporto di capacità sarebbe stato di 174 : 58 = 3. Al rapporto di capacità 3 corrisponde il rapporto di frequenza di $\sqrt{1 + 3} = \sqrt{4} = 2$. Dato che la prima metà della

gamma OM ha inizio a 500 kc, essa avrebbe avuto fine a 500 × 2 = 1000 kc, e la seconda sarebbe andata da 1000 kc a 1000 × 2 = 2000 kc, ma poichè la gamma OM finisce a 1600 kc, una parte della scala parlante sarebbe rimasta vuota.

Con la stessa facilità si può calcolare la capacità del variabile, qualora si voglia dividere in tre parti la gamma OM. Il rapporto di frequenza dovrebbe essere di 1,5 visto che 500 kc × 1,5 = 750 kc e che 750 kc × 1,5 = 1125 kc e quindi che 1125 × × 1,5 = 1680 kc circa.

Affinchè il rapporto di frequenza sia di 1,5 quello di capacità dovrebbe essere quello risultante dalla formula:

$$\text{Rapporto di capacità} = \text{Rapporto di frequenza}^2 - 1$$

ossia $1{,}5^2 - 1 = 1{,}25$.

Supposta la residua eguale a quella dell'esempio precedente, cioè 58 pF, la variazione di capacità necessaria risulterebbe di 58 × 1,25 = 72,5 pF. Sarebbe dunque necessario un condensatore variabile di appena 80 pF di capacità massima con la corrispondente capacità minima di 7,5 pF (80 pF — 7,5 pF = 72,5 pF come richiesto). Poichè con la gamma OM intera è necessario un variabile di 480 pF (o meglio di 2 × 480 pF, dato che le sezioni sono due), dividendo la gamma OM in tre parti basterebbe un variabile di capacità sei volte minore, ossia di 2 × 80 pF.

SEMIGAMMA ONDE MEDIE SPOSTATA. — In alcuni apparecchi a gamma onde medie divisa, il passaggio da una semigamma all'altra si ottiene senza la sostituzione della bobina, con la semplice aggiunta di un condensatore fisso — detto c. *di spostamento* oppure c *di fondo* — in parallelo al condensatore variabile. La bobina è una sola. La semigamma senza condensatore di spostamento è detta *principale*, mentre quella con il condensatore fisso vien detta *spostata*, ed è circa la quinta parte della principale. La divisione della gamma OM non è perciò regolare; circa quattro quinti della gamma si trovano nella semigamma principale, un quinto in quella spostata.

Per rendersi conto di ciò basta riferirsi all'esempio precedente, nel quale per passare alla semigamma OM1, da 900 a 500 kc, occorreva sostituire la bobina con altra di maggior numero di spire. Il condensatore variabile era di 140 pF e la capacità residua di 58 pF. Invece di sostituire la bobina si sarebbe potuto aggiungere un condensatore fisso di capacità adeguata, per es. di 200 pF, il quale si sarebbe aggiunto alla capacità residua, che da 58 pF sarebbe passata a 258 pF. Con tale condensatore aggiunto, il rapporto di capacità e quello di frequenza sarebbero stati i seguenti:

$$\text{Rapporto di capacità} = 130 : 258 = 0{,}5$$

$$\text{Rapporto di frequenza} = \sqrt{1 + 0{,}5} = \sqrt{1{,}5} = 1{,}22.$$

L'aggiunta del condensatore fisso di spostamento non avrebbe fatto andare la semigamma da 900 kc a 500 kc, come desiderato, ma soltanto da 900 a 900 : 1,22 =

= 737 kc. Non sarebbe stato possibile nè aumentare nè diminuire la capacità del condensatore di spostamento, poichè esso avrebbe dovuto avere l'esatta capacità necessaria per far iniziare la semigamma spostata da 900 kc.

Per poter adoperare il condensatore di spostamento al posto di una delle bobine è necessario aumentare la capacità del variabile. Con due bobine basta una capacità compresa tra 120 e 140 pF, a seconda della capacità aggiuntiva; con una sola bobina e con il condensatore di spostamento è necessario che il variabile sia di 260 pF, in media. Con esso si esplora la semigamma principale da 1600 a 690 kc, e con l'aggiunta del condensatore di spostamento, di 180 pF in media, l'altro tratto della gamma, da 690 a 500 kc.

Si può riassumere come segue:

GAMMA ONDE MEDIA INTERA, da 1600 kc a 500 kc, con una bobina e una rotazione del condensatore variabile di 500 pF, per ciascuno dei due circuiti accordati, d'entrata e d'oscillatore (*A* in fig. 4.2).

GAMMA ONDE MEDIE DIVISA, da 1600 kc a 900 kc (OM2) e da 900 kc a 500 kc (OM1), con due bobine e due rotazioni del condensatore variabile di circa 140 pF, per ciascuno dei due circuiti accordati (*B* in fig. 4.2).

GAMMA ONDE MEDIE DIVISA E SPOSTATA, da 1600 kc a 690 kc (semigamma principale OM2) e da 690 kc a 500 kc (semigamma spostata OM1), con una bobina, un condensatore fisso e due rotazioni del condensatore variabile di circa 260 pF, per ciascuno dei due circuiti accordati (C in fig. 4.2).

Suddivisione della gamma onde corte.

IL CONDENSATORE VARIABILE PER LA GAMMA ONDE CORTE. — Nella gamma onde medie, con una rotazione del condensatore variabile, per es. di 480 pF, si passa da un estremo all'altro della gamma, da 500 a 1600 kc; nella gamma onde corte invece con la rotazione dello stesso cond. var. si passa da 6 200 kc a 19 200 kc, e si copre un'estensione assai più vasta di frequenze. Questo è un fatto di basilare importanza.

Ciò avviene perchè al condensatore variabile di 480 pF corrisponde il rapporto di frequenze di 3,2, come già accennato; sicchè mentre si passa da 500 kc a 500 × × 3,2 = 1600 kc con una sola rotazione del variabile, così si passa da 6 200 a 6 200 × 3,2 = 19 840 kc; ma mentre l'estensione da 500 a 1600 kc è di 1100 kc, quella da 6 200 a 19 840 è 12 volte maggiore, e perciò il trattino delle emittenti onde corte sulla scala parlante è 12 volte più piccolo delle emittenti ad onde medie. Ne consegue una maggiore difficoltà nella ricerca delle emittenti onde corte.

Questo inconveniente si può ovviare in un modo solo: riducendo la capacità del cond. var. e aumentando quindi il numero delle gamme onde corte. La capacità del cond. var. si può ridurre in tre modi diversi, tutti e tre ampiamente diffusi in pratica, da cui la diversità esistente tra gli apparecchi radio.

RIDUZIONE DI CAPACITÀ CON DIVISIONE DELLO STATORE. — Per la gamma onde corte è possibile adoperare solo una parte della capacità del condensatore variabile approfittando del fatto che le sue lamine fisse (statore) sono riunite e fissate ad una basetta isolante di sostegno. Basta dividere il gruppo delle lamine fisse in due parti, come in fig. 4.3 nella quale un gruppo (*sezione maggiore del variabile*) comprende 10 lamine fisse, e l'altro 2 sole lamine fisse (*sezione minore*). La capacità per lamina è, in media, di 40 pF; per le onde medie si adoperano i due gruppi riuniti, 480 pF; per le onde corte si adopera il gruppo minore, di 80 pF. Ciò nel caso che le gamme OC siano 4, se le gamme OC sono 2 allora la sezione minore è di 4 lamine e 160 pF.

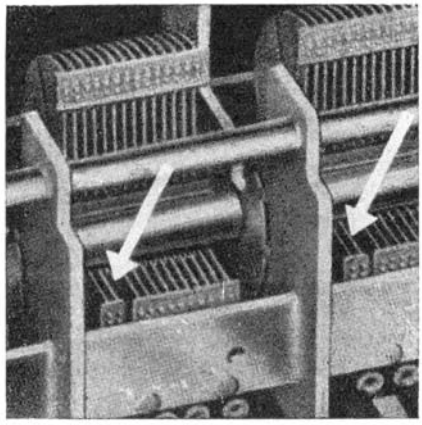


Fig. 4.3 - Se la gamma onde medie è intera, la capacità del condensatore variabile risulta eccessiva nelle gamme onde corte e cortissime. Per queste gamme viene perciò utilizzata una piccola parte del condensatore, indicata dalle frecce.

La sezione maggiore del variabile è collegata alla bobina onde medie, come in fig. 4.4; quella minore è collegata all'entrata della valvola. Nella posizione del commutatore in figura, è inserita la gamma onde corte; con un altro scatto del com-

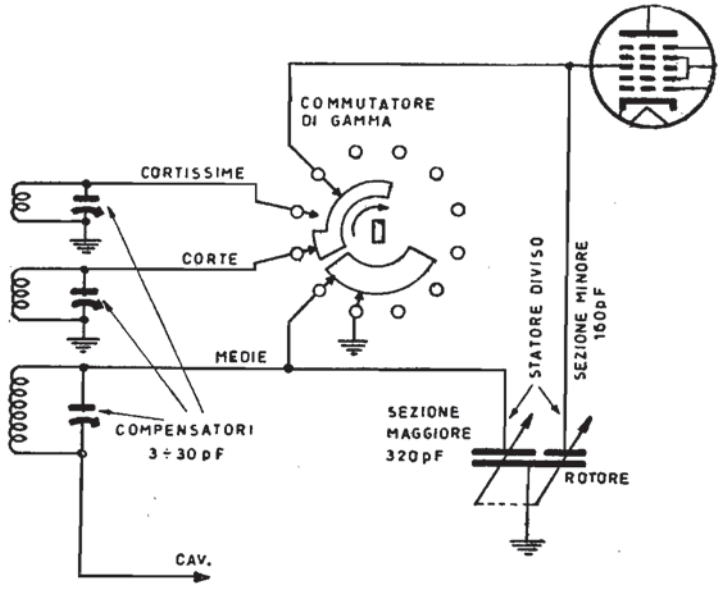
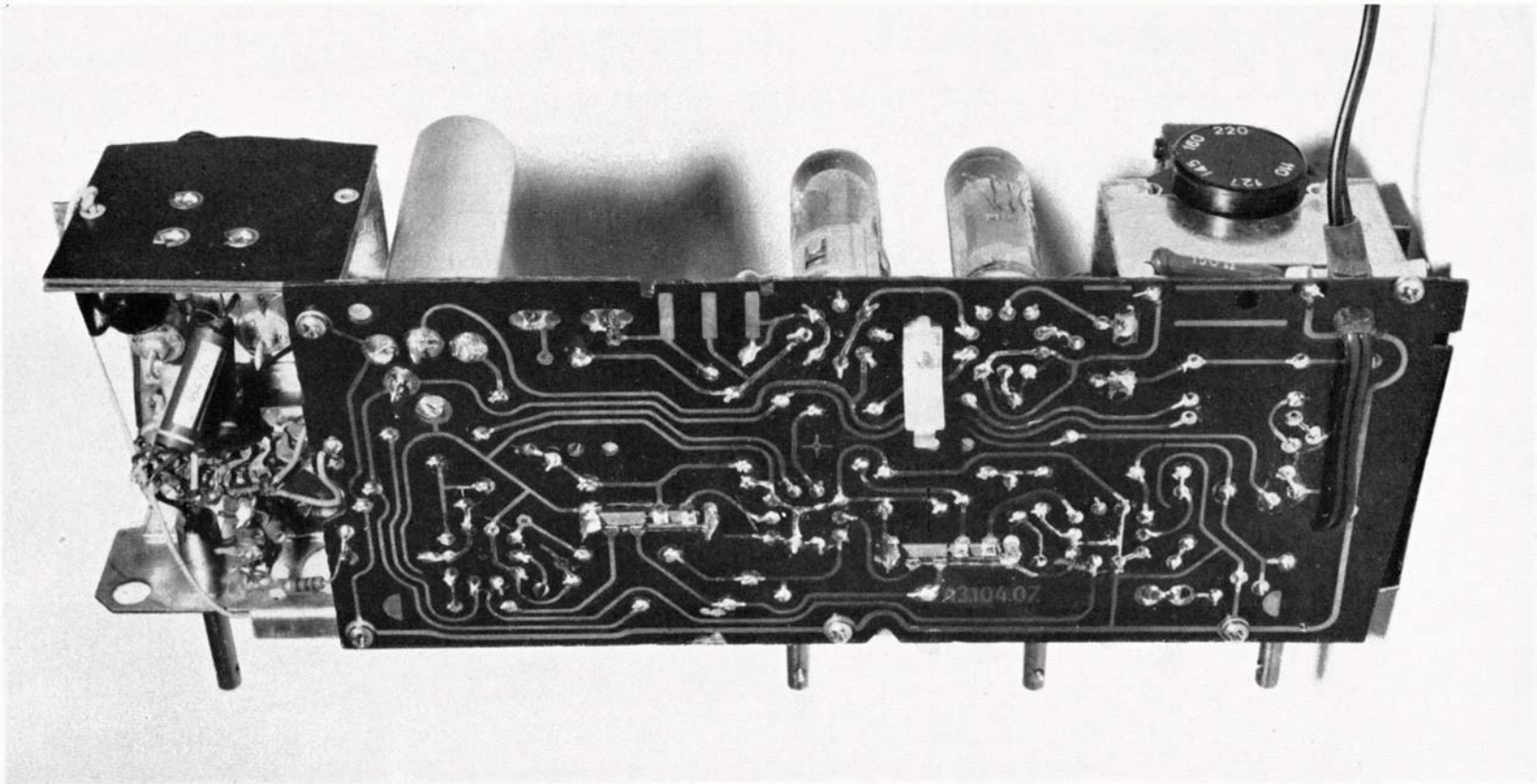
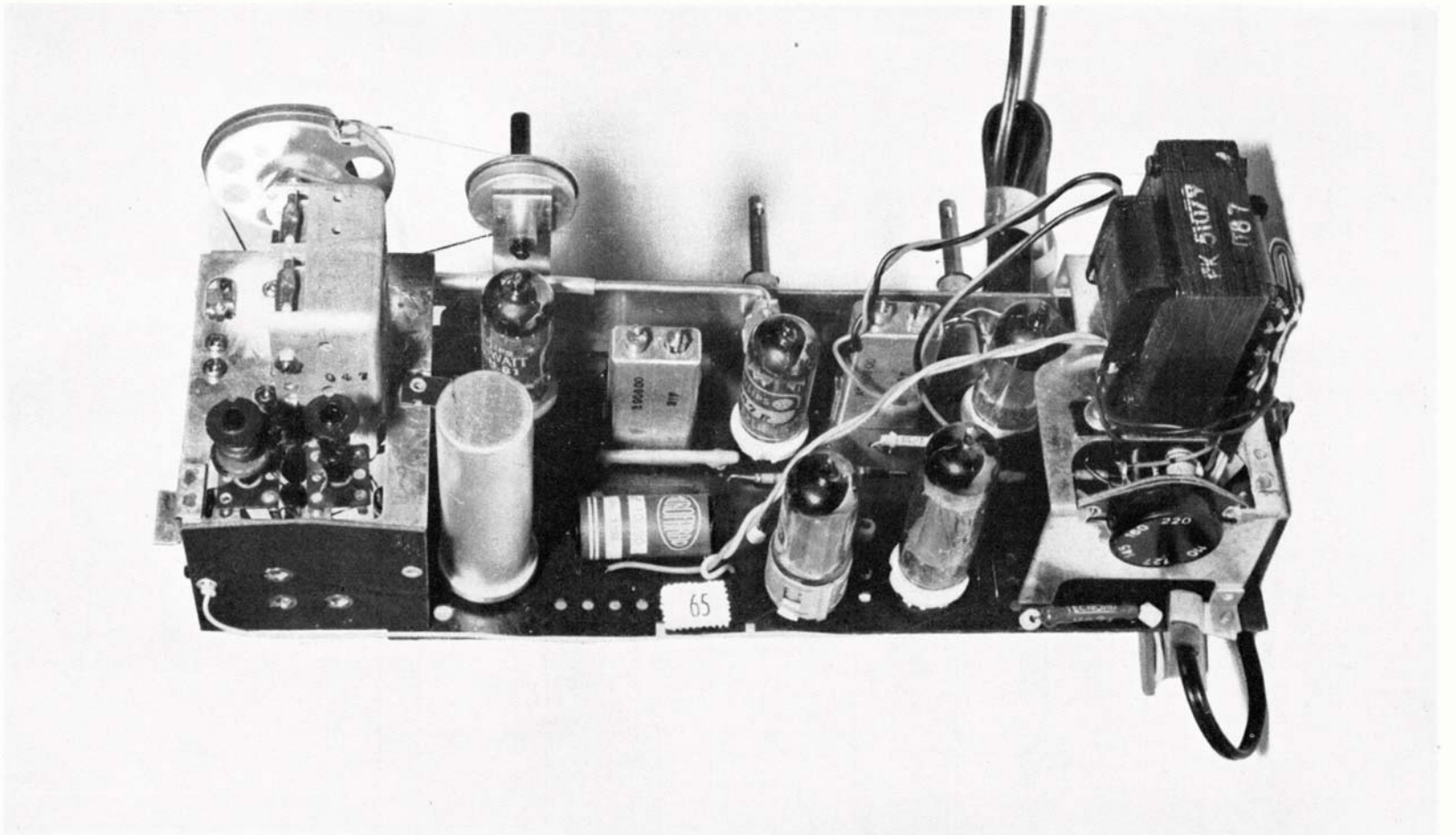


Fig. 4.4. - La capacità minore del variabile è sempre collegata alla valvola, la capacità maggiore è sempre collegata alla bobina onde medie.



Tav. I. - Telaio di apparecchio radio a circuiti stampati, visto di sotto. Supereterodina a modulazione d'ampiezza, con una gamma onde medie, da 517 a 1630 kc/s, e una gamma onde corte, da 5,58 a 18,8 Mc/s. (Philips mod. B1 170 A serie ANIE).



Tav. II. - Apparecchio a circuiti stampati di cui la tav. I, visto sopra il telaio. Valvole: UCH81 convertitrice, UF89 amplificatrice a media frequenza, UBC81 rivelatrice e amplificatrice BF, UL84 amplificatrice finale e UY41 raddrizzatrice.

mutatore nel senso della freccia verrebbe inserita la gamma onde cortissime; con uno scatto in senso opposto verrebbe inserita la gamma onde medie. In figura è indicato che il commutatore provvede a cortocircuitare e mettere a terra la bobina o le bobine non inserite, a frequenza minore.

La fig. 4.5 illustra uno stadio di conversione del tipo ad una gamma onde medie e quattro gamme onde corte. Il condensatore variabile è del solito tipo a due sezioni, una

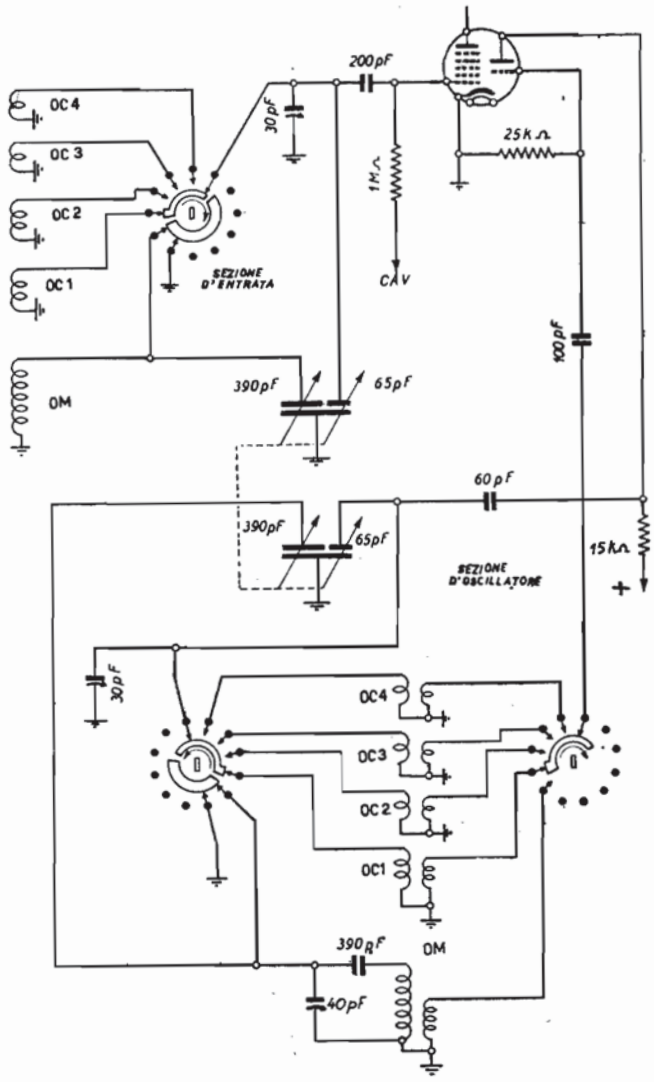


Fig. 4.5. - Esempio di commutazione di gamma ad onde medie intere e quattro bande onde corte. Il commutatore è in posizione OC1.

per il circuito di entrata e l'altra per il circuito d'oscillatore. Ciascuna sezione ha lo statore suddiviso in due parti, una di 390 pF e l'altra di 65 picofarad. Le bobine sono cinque, una per ciascuna gamma di ricezione; un commutatore rotante inserisce una bobina per volta. Quando l'apparecchio è in ricezione onde medie il commutatore è in posizione OM, in tal caso le due parti di ciascuna sezione del condensatore variabile sono riunite; la capacità massima risulta di 390 + 65 = 455 pF, e ciascuna sezione si trova in parallelo alla propria bobina. Durante la ricezione di ciascuna delle quattro gamme ad onde corte, è inserita solo la parte più piccola di ciascuna sezione del condensatore variabile, ossia quella di 65 pF.

I circuiti di entrata e di oscillatore sono simili e vengono commutati nello stesso modo; l'unica differenza consiste nel minor numero di spire delle bobine.

In figura il commutatore è in posizione OC1.

RIDUZIONE DELLA VARIAZIONE DI CAPACITÀ CON CONDENSATORE FISSO. — È possibile ridurre la capacità del condensatore variabile anche senza dividere lo statore in due parti come nelle figure 4.3 e 4.4, e ciò con un condensatore fisso in serie, approfittando del fatto che la capacità complessiva di due condensatori in serie è minore del più piccolo di essi. In fig. 4.6 il condensatore variabile è di 490 pF, e quando il commutatore è nelle posizioni onde corte o onde cortissime, esso si trova in serie con un condensatore fisso di 280 pF, detto *condensatore riduttore*.

Mentre senza il condensatore riduttore la variazione di capacità va da 11 a 490 pF, con il riduttore in serie essa va da 10 a 179 pF circa, infatti (490 × 280) : (490 × × 280) = 179 circa. La variazione di capacità da 10 a 179 è bene adatta per le due gamme onde corte e cortissime. Questo metodo è usato in molti apparecchi, ma par-

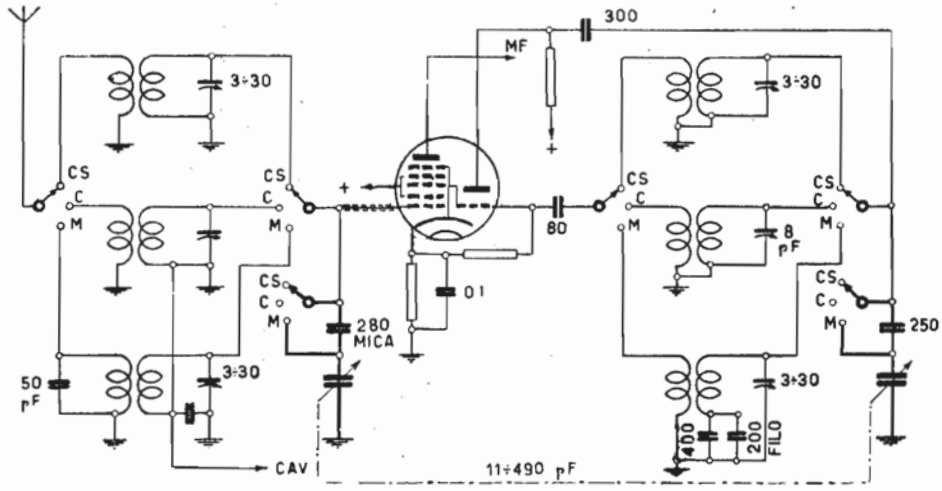


Fig. 4.6. - Invece di dividere la capacità del variabile si può ridurne la capacità con un condensatore fisso in serie.

ticolarmente nei ricevitori Philips, Marelli e CGE. Se le gamme onde corte e cortissime fossero state quattro anzichè due, la capacità del riduttore avrebbe dovuto essere di circa 100 pF, in modo da ottenere una più forte riduzione di capacità del condensatore variabile.

DIVISIONE DELLE GAMME ONDE MEDIE E ONDE CORTE. — Gli apparecchi con gamma onde medie divisa in due parti possiedono un condensatore variabile di piccola capacità, in media di 140 pF invece di 480 pF, ciò che costituisce un importante vantaggio, poichè elimina il problema della riduzione di capacità del variabile, essendo questa capacità proprio quella adatta per le gamme onde corte. È per questa ragione, oltre quella del minor costo e del minor ingombro del condensatore variabile, che gli apparecchi con la gamma onde medie divisa si sono tanto diffusi in questi ultimi anni. Sono di questo tipo molti modelli Magnadyne, Marelli, CGE, Philips, Phonola, ecc.

Nell'esempio di fig. 4.7 le gamme sono cinque, due medie, due corte e una cortissima. Il variabile di 140 pF si presta benissimo alla esplorazione delle due gamme onde medie e delle due gamme onde corte, dato che il suo rapporto di capacità è di 2,24 — come detto avanti — al quale corrisponde il rapporto di frequenza di 1,8, come necessario. Per la quinta gamma invece questo rapporto di frequenza è troppo

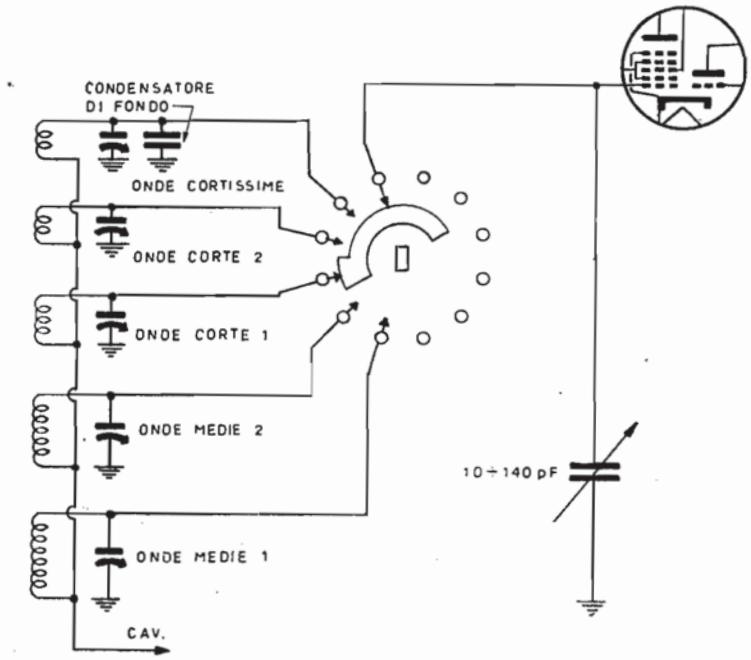


Fig. 4.7. - In questo caso la gamma onde medie è divisa, e la capacità del variabile è molto ridotta, per cui risulta bene adatta anche per le gamme onde corte e cortissime.

grande; essa va da 16 a 12 metri ossia da 18 750 a 25 000 chilocicli, perciò il rapporto di frequenza necessario è di 25 000 : 18 750 = 1,33 circa. Occorre una minore variazione di capacità, la quale si può ottenere in due modi: *a*) con condensatore fisso in serie al variabile, *b*) con condensatore fisso in parallelo al variabile. Quest'ultimo sistema è quello che generalmente viene impiegato per cui si constata che proprio la gamma ad onda più corta è provvista di condensatore fisso di capacità elevata in parallelo alla sua bobina. È detto *condensatore di fondo*, e non fa altro che aumentare la capacità residua del circuito, in modo da diminuire il rapporto di capacità e quindi quello di frequenza, nel modo già detto.

In fig. 4.7 è indicato un *compensatore di accordo* per ciascuna gamma d'onda; in pratica però le due gamme a frequenza più alta, onde corte 2 e cortissime, sono senza compensatore, in quanto la taratura è pressochè inutile.

COMMUTAZIONE DI GAMMA CON BOBINE IN SERIE. — Un altro esempio simile al precedente, con gamma onde medie divisa e due gamme onde corte, è quello di fig. 4.8. Le quattro bobine sono poste in serie, come recentemente è stato ripreso nella tecnica degli apparecchi radio, ciò che consente un minor numero di spire per le varie bobine, dato che nella posizione OM1 sono inserite tutte e quattro le bobine,

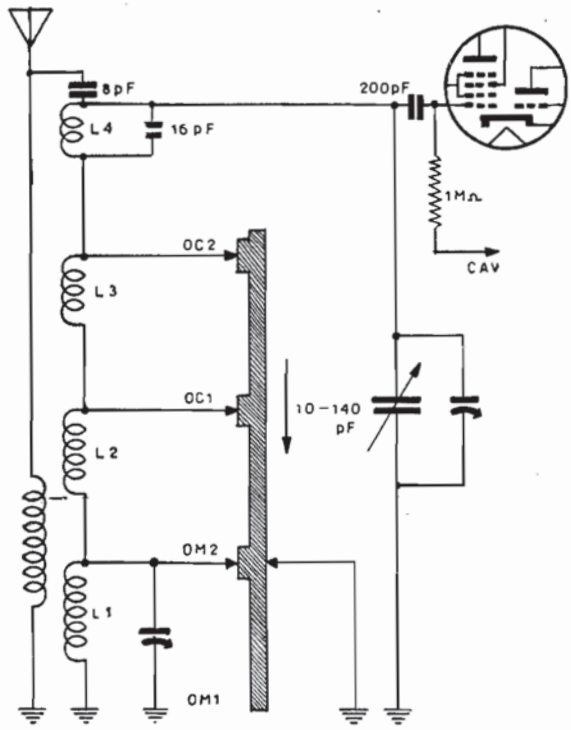


Fig. 4.8. - Onde medie e corte con varie bobine in serie.

nella posizione OM2 sono inserite tre bobine, ecc. Un altro vantaggio consiste nella facile esclusione delle bobine non inserite, conseguenza dello stesso inserimento delle bobine. Infine non è necessaria una bobina d'antenna per ciascuna gamma d'onda, basta una sola bobina d'antenna, più un condensatore di piccola capacità (8 pF, costituito da una spira) per le gamme OC1 e OC2.

Onde corte a bande allargate.

PRINCIPIO. — Gli apparecchi con poche gamme onde corte, una o due, hanno spesso la possibilità di allargare qualche tratto di tali gamme su tutta la scala parlante, in modo da facilitare la sintonia di un dato gruppo di emittenti. Se, ad es., vi è una sola gamma onde corte, da 50 a 20 metri, è opportuno allargare il tratto di gamma che va da 25 a 30 metri, in modo che questo tratto occupi tutta la scala parlante. L'apparecchio è in tal caso a due gamme d'onda, medie e corte, e una *banda allargata* detta anche *banda espansa* o *banda dilatata*.

Si giunge a questo importante risultato in modo semplicissimo, collegando in parallelo al condensatore variabile un condensatore fisso di capacità adatta, in genere da 100 a 140 pF. Il principio è quello stesso dello spostamento di gamma. Il condensatore di spostamento (di cui il principio in fig. 4.2-C) è di capacità maggiore, da 180 a 240 pF, che è quella necessaria per far iniziare la gamma spostata alla fine della gamma principale. Mentre il condensatore di spostamento fa iniziare la nuova gamma *fuori* dalla principale, quello di espansione fa iniziare la nuova gamma *dentro* la gamma principale, e perciò è di capacità minore.

Come si è visto, la gamma ottenuta con il condensatore fisso in parallelo al variabile è circa la quinta parte di quella principale, sicchè con questo condensatore fisso si ottiene la possibilità di allargare un quinto della gamma su tutta la scala parlante, aumentando di cinque volte l'ampiezza del trattino di ciascuna emittente. Con un certo numero di *condensatori espansori* di capacità diversa, da inserire uno per volta in parallelo al variabile, si possono ottenere altrettante bande di ricezione, per es. 5 o 6, e rendere inutili le gamme onde corte, come appunto avviene in qualche apparecchio di costruzione recente.

APPARECCHIO AD UNA BANDA ALLARGATA. — Come detto all'inizio, il sistema dell'allargamento di banda è particolarmente utile quando vi è una sola gamma onde corte, di cui la fig. 4.9 indica il circuito d'entrata. Il condensatore variabile è di 490 pF, perciò è necessario un condensatore in serie, di 264 pF, per la riduzione della capacità nella gamma onde corte. Questo condensatore il cui principio è già stato illustrato (v. fig. 4.6), è sempre in serie al variabile, e viene cortocircuitato quando il commutatore si trova nella posizione onde medie. La banda allargata da 25 a 30 m risulta dall'aggiunta in parallelo al variabile di un secondo condensatore fisso, l'espansore, di 240 pF.

Il condensatore fisso di 100 pF, presente all'entrata della valvola, ha lo scopo di consentire l'applicazione della tensione CAV mediante la resistenza di 0,8 megaohm.

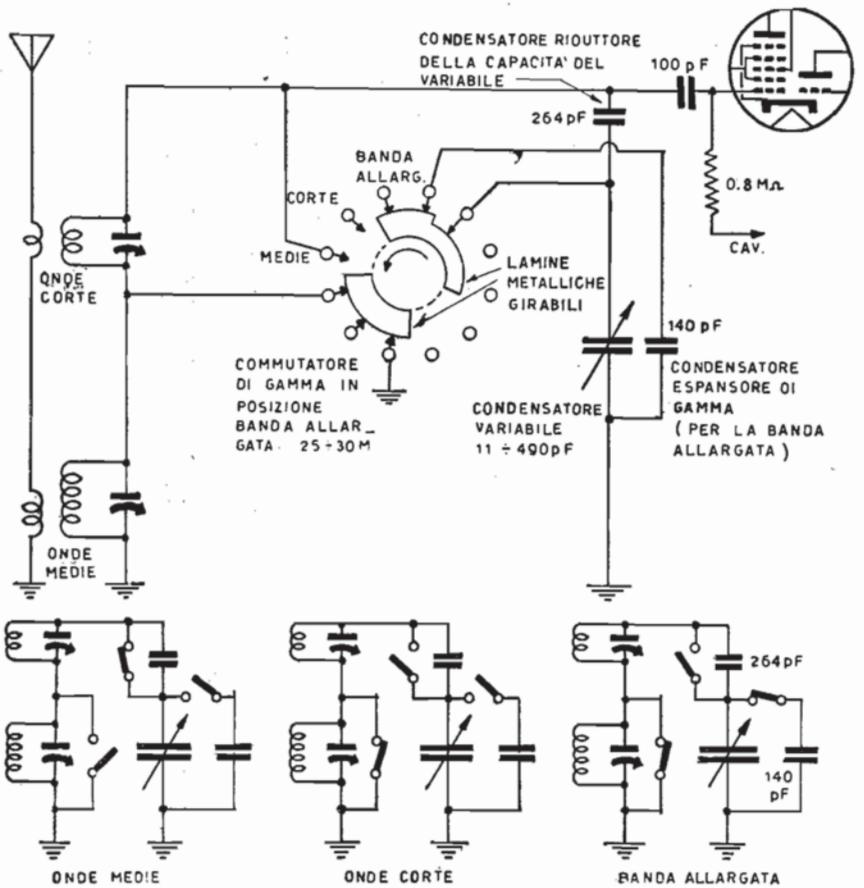


Fig. 4.9. - Circuiti d'entrata di un piccolo ricevitore Philips. Per la gamma onde corte la capacità del variabile è ridotta con un condensatore in serie; per ottenere la banda allargata viene inserito un secondo condensatore fisso in parallelo.

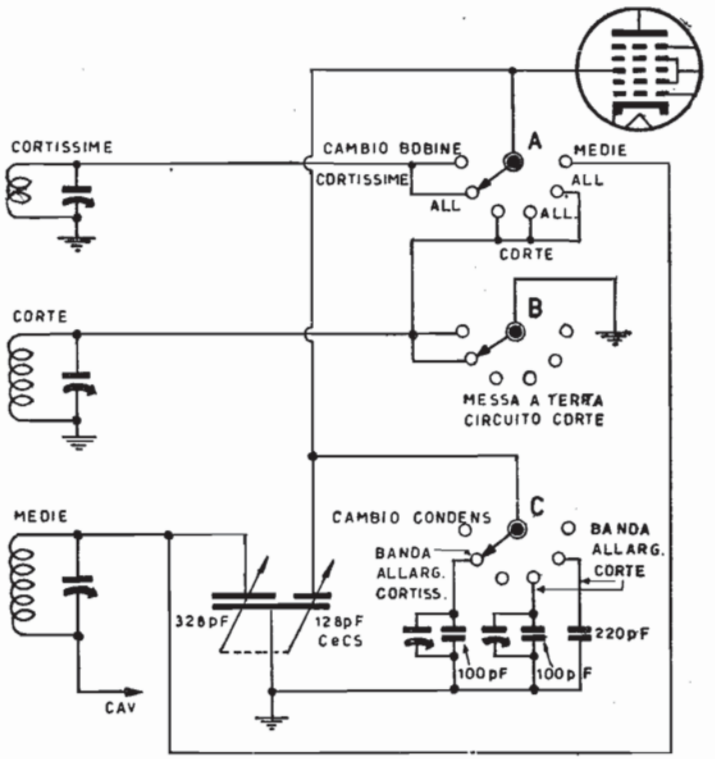


Fig. 4.10. - Negli apparecchi recenti le molte gamme di ricezione sono state sostituite da molte bande allargate, ottenute con la semplice aggiunta di condensatori fissi di varia capacità in parallelo al condensatore variabile. In questo esempio le gamme sono tre, e altrettante sono le bande allargate.

APPARECCHIO A TRE BANDE ALLARGATE. — La fig. 4.10 illustra i circuiti d'entrata di un apparecchio a tre gamme d'onda e a tre bande allargate. Il cambio-gamma è a tre sezioni ed a sei posizioni, le seguenti nel senso delle lancette dell'orologio: gamma medie, prima banda corte, seconda banda corte, gamma corte, banda cortissime, gamma cortissime.

Il condensatore variabile ha lo statore diviso quindi non è necessario il condensatore riduttore dell'esempio precedente (fig. 4.9). Le tre bande allargate sono ottenute nel solito modo, con l'aggiunta di un condensatore di fondo in parallelo al condensatore variabile.

La sezione A del cambio-gamma (in alto) serve per l'inserzione delle tre bobine; la sezione B (al centro) serve soltanto per la messa a terra del circuito accordato onde corte quando è inserito il circuito onde cortissime, allo scopo di evitare il fenomeno di assorbimento; la sezione C (in basso) ha lo scopo di inserire le capacità relative alle tre bande allargate.

ESEMPIO DI COMMUTAZIONE DI UNA GAMMA ONDE MEDIE ED OTTO BANDE ONDE CORTE.

Un esempio di commutazione di gamma con numerose bobine e senza condensatori riduttori o di fondo, è quella di cui la fig. 4.11 riporta lo schema. Il condensatore variabile è a due sezioni con statore suddiviso; la capacità maggiore è di 315 pF mentre quella minore è di 50 picofarad. L'intera capacità di 365 pF è utilizzata per esplorare la gamma OM, da 182 a 578 metri. La capacità minore è utilizzata per esplorare le otto bande OC, a ciascuna delle quali corrisponde una bobina, ad eccezione della banda onde medio-corte per la quale è utilizzata la bobina della banda dei 75 m e la capacità maggiore del condensatore variabile.

Il settore *S1* del commutatore consente di inserire le varie bobine del circuito di entrata, mentre il settore *S3* consente di inserire la capacità del variabile.

Le bobine OC sono sprovviste dell'avvolgimento primario il quale è sostituito da un partitore capacitativo formato da due condensatori di 100 pF ciascuno, ciò che consente di evitare un altro settore del commutatore.

La commutazione del circuito d'oscillatore avviene in modo simile a quello descritto con la variante di un condensatore di 130 pF in serie alla sezione di capacità maggiore del condensatore variabile, per la messa in passo della scala parlante nella gamma OMC.

Esempio di commutazione con condensatore di fondo.

La fig. 4.12 riporta lo schema di uno stadio di entrata e di conversione con condensatore variabile a settore suddiviso e con le varie bande ottenute con l'aggiunta di un condensatore di fondo.

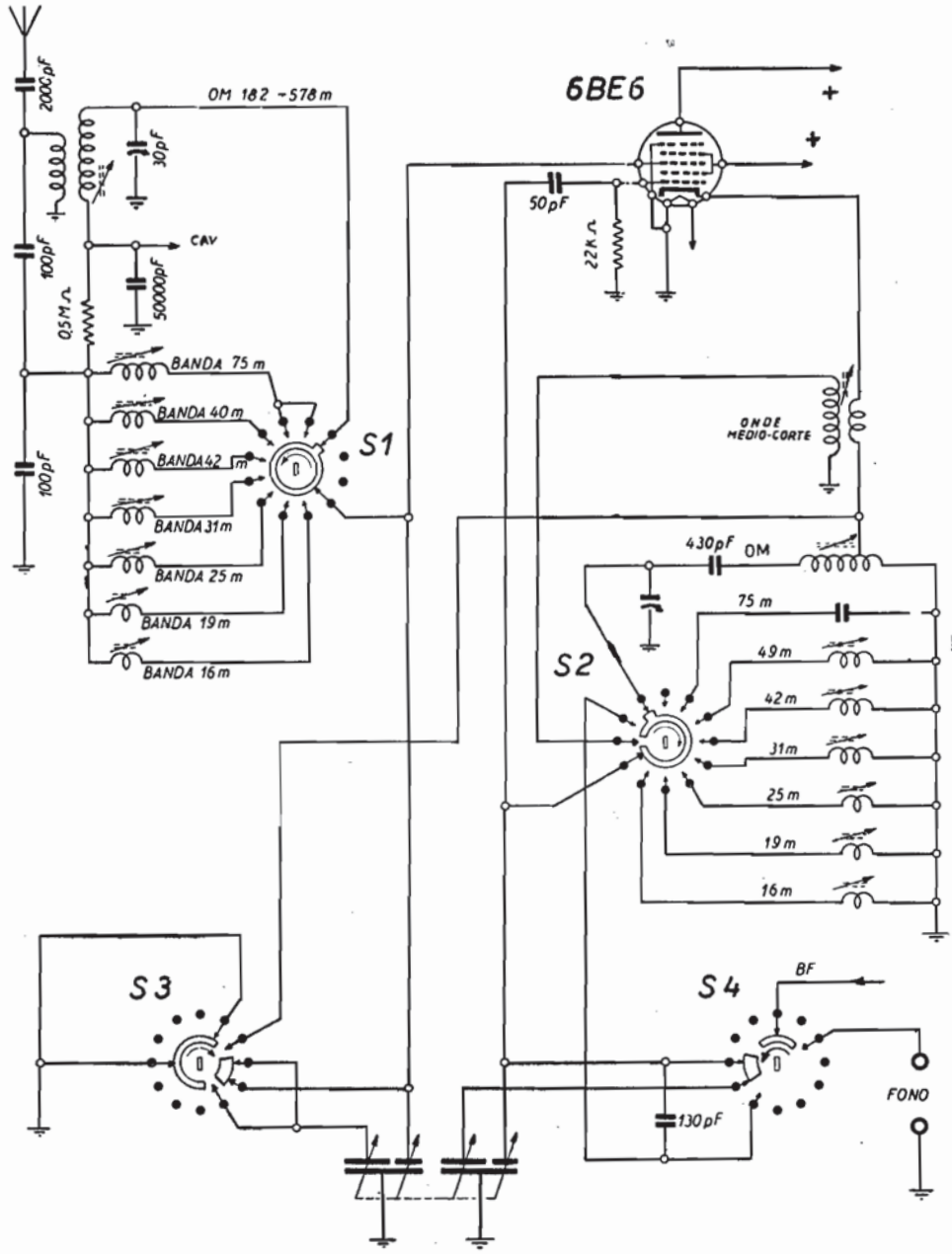


Fig. 4.11. - Esempio dei circuiti di commutazione ad una gamma onde medie, una gamma onde medio-corte e più sette bande OC.

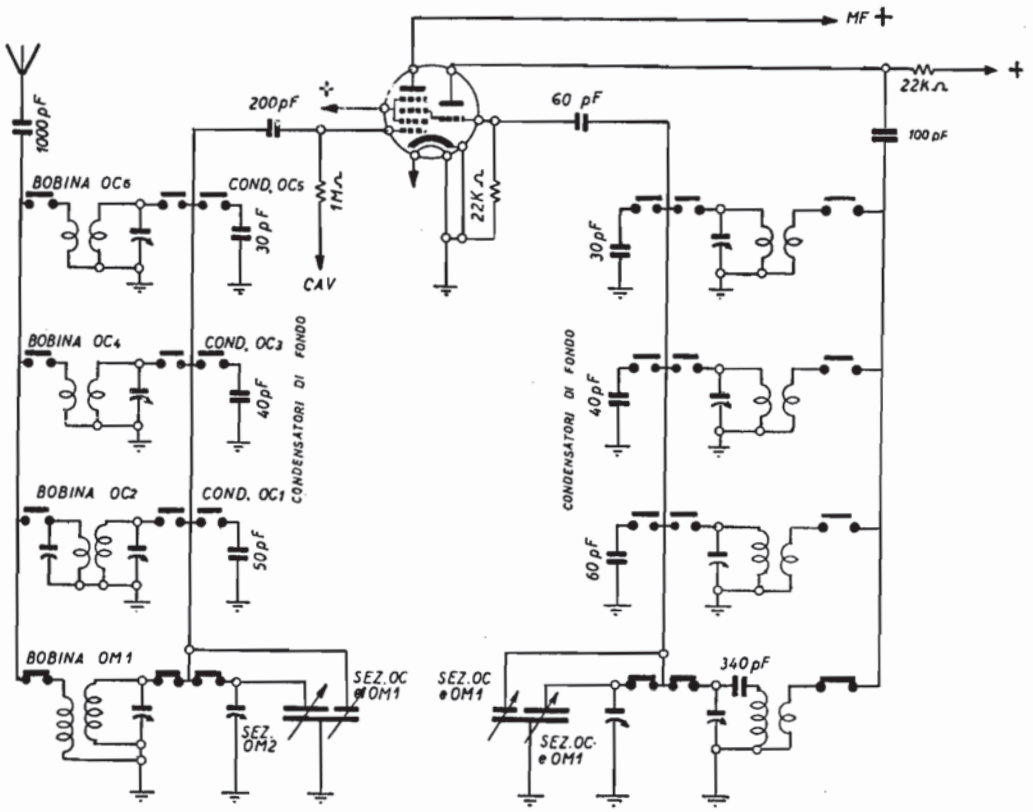


Fig. 4.12. - Esempio di stadio di entrata e di conversione a due gamme onde medie e sei bande allargate onde corte-cortissime.

Le gamme sono:

a) banda 19 metri . . . dai 17,5 ai 22,5 m . . . da 17,14 a 13,33 Mc/s;
b) banda 25 metri . . . dai 23,5 ai 27,5 m . . . da 12,77 a 10,91 Mc/s;
c) banda 31 metri . . . dai 28,5 ai 25,3 m . . . da 10,53 a 8,5 Mc/s;
d) banda 41 metri . . . dai 39 ai 44,5 m . . . da 7,7 a 6,74 Mc/s;
e) banda 49 metri . . . dai 44,7 ai 57 m . . . da 6,7 a 5,26 Mc/s;
f) banda 80 metri . . . dai 74 agli 82 m . . . da 4,05 a 3,66 Mc/s;
g) gamma OM1 . . . . dai 187,5 ai 241 m . . . . da 1620 a 1245 kc/s;
h) gamma OM2 . . . . dai 230 ai 576 m . . . . da 1300 a 520 kc/s.

Sintonia a permeabilità variabile.

La maggior parte degli apparecchi radio di piccole dimensioni, ed in genere quelli molto compatti, vengono accordati mediante la variazione di induttanza anzichè con la variazione di capacità, per cui i circuiti accordati di entrata e di oscillatore sono provvisti di *induttore variabile* anzichè di condensatore variabile, come nell'esempio di fig. 4.13.

L'induttore variabile consiste di una bobina la cui induttanza è resa variabile dal movimento di un nucleo ferromagnetico nel suo interno. Al posto del *rapporto*

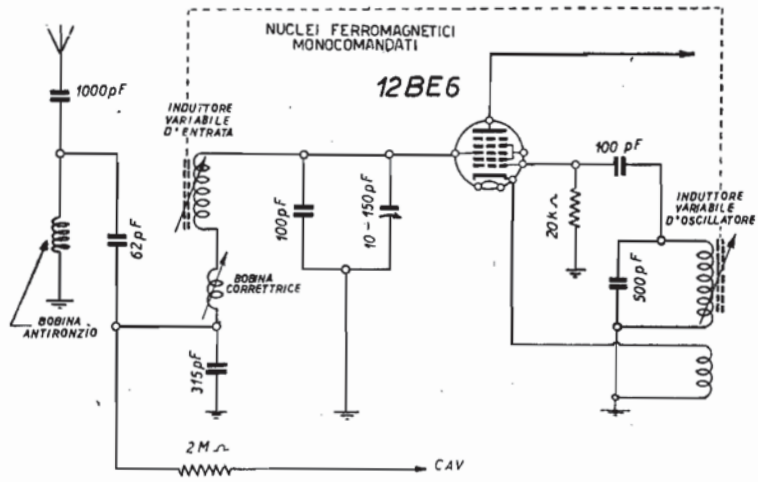


Fig. 4.13. - Stadio di entrata e di conversione con sintonia a permeabilità variabile. L'accoppiamento di antenna è capacitativo. La messa in passo del condensatore variabile con la scala parlante è ottenuta variando la posizione iniziale del nucleo ferromagnetico d'oscillatore.

di capacità al quale è stato accennato nelle pagine precedenti, vi è in tal caso un *rapporto di induttanza*. Quest'ultimo è dato dalla variazione totale di induttanza diviso l'induttanza residua. La *variazione totale di induttanza* è data a sua volta dalla permeabilità del nucleo magnetico e dalla distanza del nucleo stesso dal rame delle spire, tale distanza equivale a quella tra le lamine del condensatore. Ne consegue che in definitiva, il rapporto di induttanza dipende dalla permeabilità del nucleo ferromagnetico. Da ciò il termine sintonia a *permeabilità variabile*.

Come già detto, per passare dalla frequenza più bassa a quella più alta della gamma onde medie, è necessaria una variazione di capacità o di induttanza con rapporto 8, ossia è necessario che l'induttanza massima sia otto volte superiore di quella minima. Essendo il rapporto di frequenza determinato dalla radice del rapporto di induttanza più uno, si ottiene in tal modo il rapporto di frequenza di tre.

Per ottenere il rapporto di induttanza otto non basta aumentare l'escursione del nucleo magnetico all'interno della bobina allungando l'avvolgimento. Se si distan-

ziano le spire diminuisce l'induttanza; se si aumentano le spire aumenta anche l'induttanza residua della bobina, quella con il nucleo magnetico escluso. Tale induttanza residua non può venir elevata o diminuita a piacere, bensì deve essere quella richiesta dalla capacità residua del circuito e dalla più alta frequenza di ricezione. Il valore dell'induttanza residua è dato da:

$$\text{Induttanza residua in } \mu H = \frac{25\,330}{(\text{Frequenza più alta in Mc/s})^2 \times \text{Capacità del circuito in pF}}$$

Una volta nota l'induttanza residua necessaria per la frequenza più alta, la frequenza più bassa è ottenuta con la completa introduzione del nucleo nella bobina; il rapporto tra l'induttanza minima e quella massima della bobina è determinato unicamente dalla permeabilità del nucleo ferromagnetico.

Le dimensioni delle bobine sono determinate dal valore dell'induttanza minima e dall'escursione del nucleo magnetico. In genere, il rapporto tra la lunghezza dell'avvolgimento ed il diametro dello stesso, è compreso tra 6 e 7.

Bobine riduttrici e bobine correttrici.

I circuiti accordati a permeabilità variabile, pur essendo basati sullo stesso principio, differiscono notevolmente da quelli a capacità variabile per la diversa disposizione dei componenti di riduzione e di correzione.

Negli apparecchi a condensatore variabile, il passaggio da una gamma all'altra si ottiene con la sostituzione delle bobine, in quelli a permeabilità variabile si ottiene con la sostituzione di condensatori fissi, nonchè con la riduzione dell'induttanza dell'induttore variabile. Non bastano condensatori fissi di capacità sempre minore per le varie gamme OC, in quanto occorre tener presente che la capacità residua del circuito è molto piccola.

Nel caso di condensatore variabile la riduzione di capacità si ottiene con il collegamento in SERIE di un condensatore fisso di capacità adeguata. Quando invece la sintonia è ottenuta con induttore variabile, la riduzione di induttanza si ottiene con il collegamento in PARALLELO di una bobina di induttanza adeguata.

Allineamento dei circuiti di entrata e di oscillatore.

Gli induttori variabili del circuito accordato di entrata e di quello d'oscillatore sono monocomandati. L'allineamento dei due circuiti può essere ottenuto in cinque modi diversi, i seguenti:

a) con supporto della bobina d'oscillatore di spessore adeguatamente maggiore, in modo da consentire una minore permeabilità;

b) riducendo il diametro del nucleo ferromagnetico dell'induttore variabile d'oscillatore;

c) minore numero e maggiore spaziatura delle spire dell'induttore variabile d'oscillatore;

d) collegando in serie all'induttore variabile dell'oscillatore una induttanza regolabile;

e) collegando in parallelo all'induttore variabile dell'oscillatore una induttanza riduttrice.

In pratica vengono impiegati l'uno o l'altro o anche una combinazione di questi sistemi. Quello con induttanza in serie (padding) è simile a quello con correttore capacitativo, solo che l'induttanza in serie aumenta il valore dell'induttanza, per cui è necessario che l'induttore d'oscillatore non sia eguale a quello d'entrata. Non si possono utilizzare due induttori variabili identici, come si utilizzano invece due condensatori variabili identici.

La minore induttanza dell'induttore d'oscillatore si può ottenere con uno dei tre primi sistemi, per es., spaziando in modo adeguato le spire dell'avvolgimento. Si può anche ottenerla con una induttanza fissa in parallelo, ma in tal caso, oltre all'induttore variabile, si avrebbero due induttanze, una in serie ed una in parallelo.

Accoppiamento capacitativo di antenna.

Negli apparecchi ad induttore variabile l'accoppiamento tra il circuito di antenna e quello accordato di entrata è spesso capacitativo. Esso è ottenuto con un partitore capacitativo costituito da due condensatori fissi.

In alcuni apparecchi vi è una bobina inserita nel circuito di antenna; l'accoppiamento è sempre capacitativo e la bobina ha il solo scopo di ridurre il ronzio dovuto all'alimentazione con la tensione alternata della rete-luce; essa è a volte sostituita da una resistenza di 10 000 ohm; in apparecchi alimentati con sole pile essa è del tutto inutile.

Esempio di commutazione con circuiti a permeabilità variabile.

In fig. 4.14 il commutatore è in posizione onde medie; ruotandolo in senso antiorario le posizioni sono rispettivamente le seguenti: onde medie-corte; banda dei 41 metri, dei 31 metri, dei 25 metri e dei 10 metri.

Il circuito di antenna è accoppiato induttivamente all'induttore variabile del circuito di entrata. In parallelo all'induttore variabile è collegato un circuito di correzione costituito da una bobina ad induttanza variabile in serie con due condensatori posti a loro volta in parallelo, uno fisso di 320 pF e l'altro semifisso di 150 pF.

L'induttore variabile del circuito accordato di oscillatore è accoppiato induttivamente al circuito di catodo della valvola convertitrice. In parallelo all'induttore variabile vi è una capacità di correzione costituita da un condensatore fisso di 420 pF con in parallelo un condensatore di 60 picofarad.

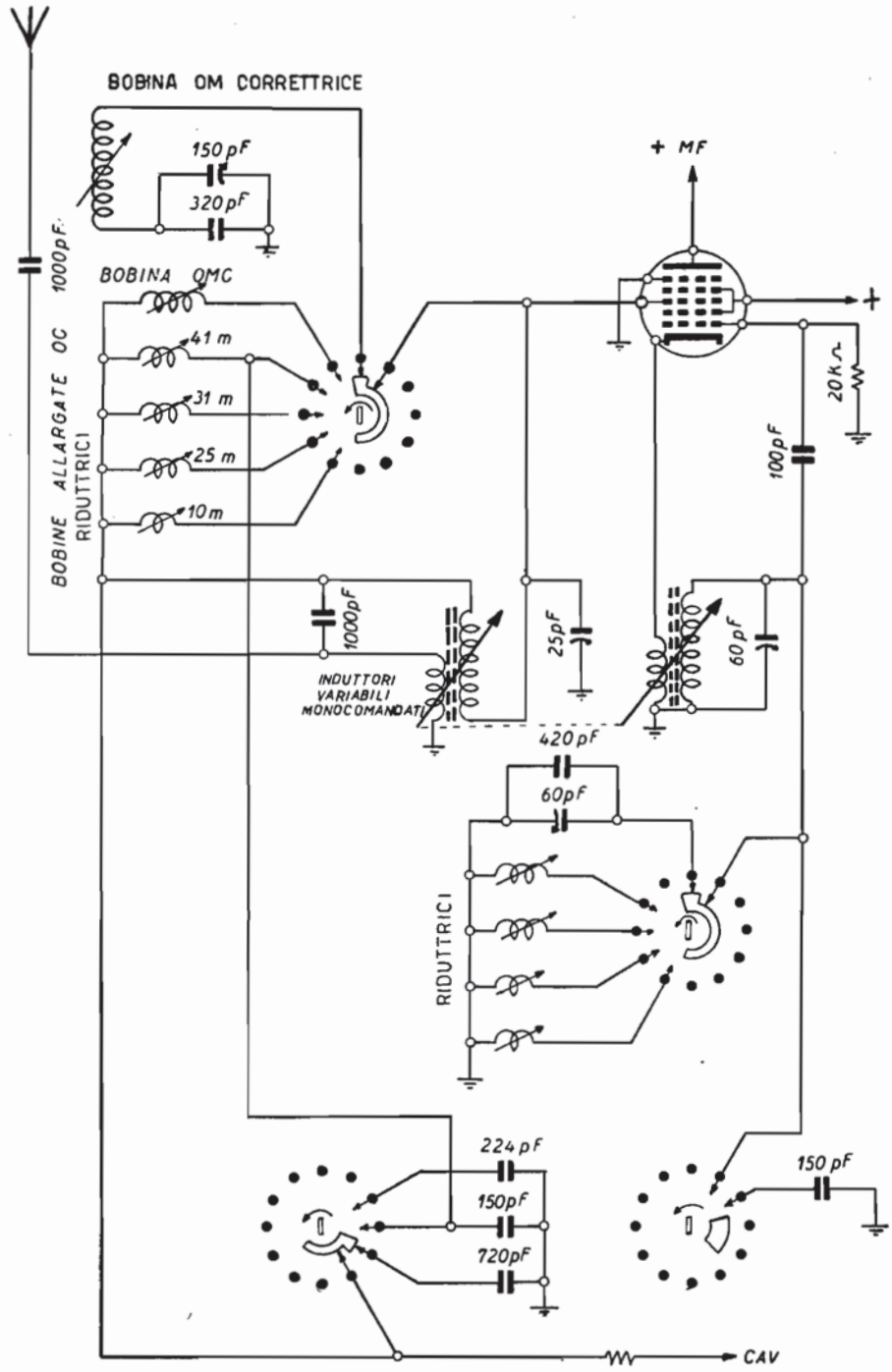


Fig. 4.14. - Stadio d'entrata e di conversione a permeabilità variabile con una gamma onde medie, una onde medio-corte e quattro bande allargate ad onde corte.

Nella posizione onde medio-corte, in parallelo all'induttore variabile di entrata viene a trovarsi una bobina ad induttanza variabile di correzione. Nella posizione successiva, quella della banda dei 41 metri, in parallelo all'induttore variabile vi è invece un'altra bobina correttrice in parallelo con un condensatore di 150 picofarad. Lo stesso avviene nello stadio oscillatore, all'induttore variabile del quale vengono poste in parallelo induttanze riduttrici di valore adeguato.

2. - LA MODULAZIONE DI FREQUENZA

Necessità della trasmissione FM.

Non è praticamente possibile ricevere il programma radiofonico delle emittenti lontane, in modo gradevole, per la presenza dei disturbi di origine atmosferica, e per quella dei disturbi conseguenti alle applicazioni elettriche. Non è perciò possibile ottenere buone ricezioni radiofoniche su tutto il territorio nazionale, mediante poche stazioni trasmittenti di grande potenza. È necessario impiegare tali stazioni solo per i grandi agglomerati urbani, e utilizzare numerose stazioni di piccolissima potenza sparse un po' ovunque, su tutto il resto del territorio.

Un tempo questa soluzione non sarebbe stata possibile. Le numerosissime piccole stazioni trasmittenti si sarebbero disturbate a vicenda.

Il problema di far funzionare alcune centinaia di stazioni trasmittenti di piccola e piccolissima potenza, sparse su tutto il territorio nazionale, a fianco di poche stazioni di grande potenza, venne risolto quando fu possibile utilizzare le onde ultracorte, anche per i comuni apparecchi riceventi.

La tecnica della trasmissione e della ricezione con onde ultracorte venne ampiamente sviluppata dalla televisione. In seguito a tale sviluppo, essa venne applicata anche alle trasmissioni e ricezioni radiofoniche. Ebbe allora inizio la radiodiffusione a modulazione di frequenza, ad onde ultracorte.

Caratteristica essenziale delle onde ultracorte è quella di diffondersi solo entro una zona molto ristretta, determinata, tra l'altro dall'altezza dell'antenna. Sul territorio nazionale possono funzionare moltissime stazioni ad onde ultracorte senza che esse abbiano a disturbarsi vicendevolmente.

Poichè tutta l'energia diffusa dall'antenna della emittente a onde ultracorte è presente entro una zona molto ristretta, essa può essere modesta, ossia l'emittente può essere di piccolissima potenza. È un po' ciò che avviene per l'illuminazione elettrica; per illuminare interamente una stanza è necessaria una lampadina elettrica di 100 watt, collocata in posizione adeguata; per illuminare un solo oggetto basta una lampadina tascabile di appena 0,1 watt. Mentre le grandi stazioni a onde medie trasmettono con potenze assai elevate, ad es. 100 chilowatt, le piccole stazioni ad onde ultracorte, trasmettono con potenze quasi irrisorie, inferiori a quelle delle lampadine elettriche, ad es. 50 watt.

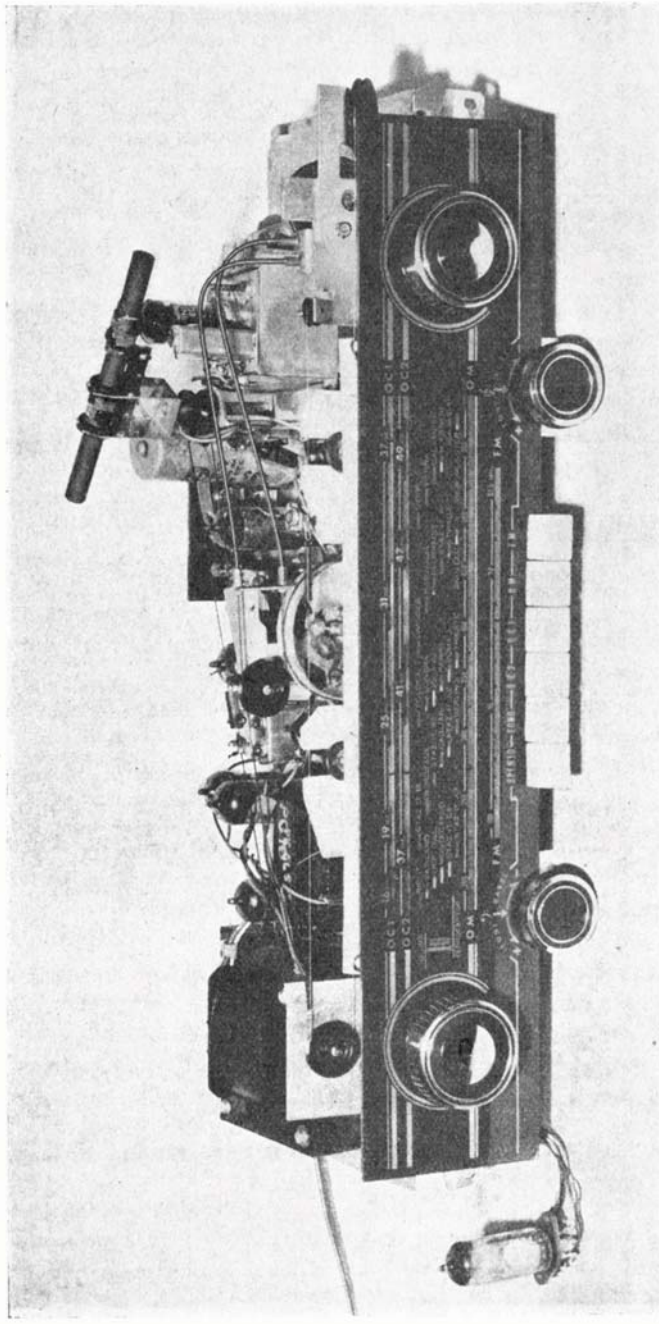


Fig. 4.15. - Esempio di telaio di apparecchio a modulazione d'ampiezza e di frequenza.
(Philips BI 550 A).

Mentre è possibile diffondere il programma radiofonico su una zona ristretta, ad es. su tutta una cittadina e i suoi dintorni, con una trasmittente di soli 50 watt, ad onde ultracorte, ciò non è possibile con onde medie o corte, poichè tali onde si propagano in gran parte verso l'alto. Le onde ultracorte possono venire diffuse sulla zona che interessa servire, data la loro diversa distribuzione spaziale. Onde radio ancora più corte, come sono quelle centimetriche, possono venire dirette entro zone ancora più ristrette, possono venire diffuse a fascio, come raggi di luce.

Banda delle onde ultracorte.

Le onde ultracorte vanno da 10 metri a 1 metro; a tali lunghezze d'onda corrispondono le frequenze da 30 megacicli a 300 megacicli.

Per le trasmissioni radiofoniche è usata la banda di frequenze da 80 a 100 megacicli, ossia sono utilizzate onde da 3,75 a 3 metri.

Abbreviazioni in uso.

Il termine *modulazione di frequenza* dovrebbe venire abbreviato MF, ma tale abbreviazione è in uso, da oltre trenta anni per indicare *media frequenza*. Per evitare facili confusioni, l'abbreviazione di *modulazione di frequenza* è FM. L'abbreviazione FM è internazionale.

L'abbreviazione di modulazione di ampiezza potrebbe essere MA; è invece AM; anch'essa è internazionale.

Altre abbreviazioni sono: OM, per onde medie; OC, per onde corte; OCS, per onde cortissime; OUC, per onde ultracorte. MF/FM significa *media frequenza a modulazione di frequenza*.

Svantaggi delle onde ultracorte.

I tre principali inconvenienti determinati dall'impiego delle onde ultracorte sono:

1°) necessità di utilizzare un'antenna accordata, a dipolo, per la ricezione;

2°) necessità di utilizzare una valvola amplificatrice in più, diminuendo l'amplificazione ottenibile con l'aumentare della frequenza;

3°) necessità di circuiti di accordo e di rivelazione separati da quelli per le altre lunghezze d'onda.

Lo sviluppo della tecnica e quello dell'organizzazione industriale hanno consentito di minimizzare gli inconvenienti derivanti dalla ricezione delle onde ultracorte.

Principio della modulazione di frequenza.

Le stazioni a onde ultracorte trasmettono a modulazione di frequenza, mentre tutte le altre stazioni trasmettono il programma radiofonico a modulazione di ampiezza.

La frequenza è tanto maggiore quanto più bassa è la lunghezza d'onda; l'ampiezza è tanto maggiore quanto più elevata è la potenza. Le stazioni a onde medie, di grande potenza, diffondono dalle loro antenne onde radio di grande ampiezza e di modesta frequenza. Tale frequenza è, in media, di 1 000 chilocicli, ossia di 1 megaciclo.

Le stazioni a onde ultracorte, di modestissima potenza, diffondono dalle loro antenne onde radio di minima ampiezza e di elevatissima frequenza.

Nelle trasmissioni a onde medie, e anche in quelle corte, domina l'ampiezza delle onde radio, per cui sono a modulazione d'ampiezza. Nelle trasmissioni a onde ultracorte domina la frequenza, quindi sono a modulazione di frequenza.

La modulazione d'ampiezza e quella di frequenza possono venire paragonate all'incisione fonografica in altezza e in larghezza. Un tempo i dischi erano incisi nel senso dell'altezza; l'ago sussultava più o meno durante la riproduzione sonora dal disco. Attualmente i dischi sono incisi nel senso della larghezza del solco; l'ago subisce deviazioni laterali più o meno ampie, durante la riproduzione sonora.

Nella modulazione di ampiezza, è l'ampiezza dell'onda che viene variata in modo corrispondente alla forma dell'onda sonora, ossia del suono « messo in onda ». La frequenza rimane inalterata.

Nella modulazione di frequenza, è la frequenza delle onde che viene variata, in modo da corrispondere alla forma del suono, ossia dell'onda sonora. L'ampiezza rimane invariata.

In (*A*) di fig. 4.16 è riportata un'onda sonora, ossia la variazione di tensione fornita dal microfono. La frequenza di tale onda sonora è molto bassa, rispetto a quella delle onde radio, può essere, ad es., di 400 cicli al secondo.

In (*B*) della stessa figura è indicata, molto approssimativamente quale può essere una successione di onde radio, a modulazione di ampiezza; e in (C) una successione di onde radio a modulazione di frequenza.

Se la lunghezza delle onde radio dell'esempio (*B*) è, ad es., di 250 metri, la loro frequenza è di 1 200 chilocicli al secondo, pari a 1 200 000 cicli al secondo. Poichè la frequenza del suono è di 400 cicli al secondo, a ciascun ciclo del suono corrisponde la frequenza radio di 3 000 cicli al secondo. In altri termini, a ciascuna onda sonora corrispondono 3 000 onde radio. In figura sono segnate, per semplicità, solo poche decine di onde radio per ciascun'onda sonora. La variazione della loro ampiezza riproduce la forma dell'onda sonora che ne ha determinato la modulazione.

Nell'esempio (C), a ciascuna onda sonora corrisponde un numero assai elevato di onde ultracorte; se la loro lunghezza è di 3,75 metri, ad es., la loro frequenza è di 80 megacicli, pari a 80 000 000 di cicli al secondo; a ciascun'onda sonora corrispondono in tal caso 200 000 onde radio.

Osservando la figura, si può notare che al valore positivo massimo dell'onda

sonora, corrisponde la massima ampiezza delle onde radio, nel caso (*B*) o la massima frequenza, nel caso (C). Viceversa, al massimo valore negativo dell'onda sonora corrisponde la minima ampiezza delle onde radio, oppure la minima frequenza.

La frequenza delle onde, nel caso di modulazione di frequenza, subisce aumenti e diminuzioni, in corrispondenza dell'intensità del suono « messo in onda », ossia, ed è la stessa cosa, a seconda della tensione del segnale modulante.

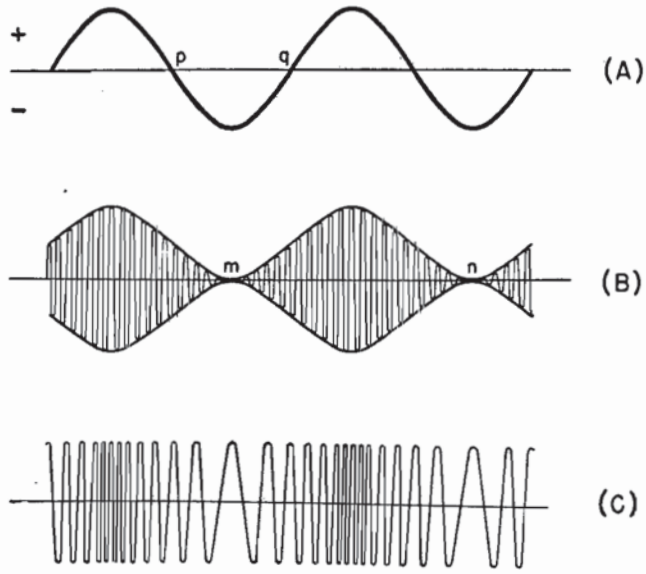


Fig. 4.16. - (A) segnale audio, (B) alta frequenza con modulazione d'ampiezza, (C) alta frequenza con modulazione di frequenza.

La fig. 4.17 illustra con qualche ulteriore dettaglio, quanto detto. In (*A*) è indicato il segnale modulante; in (*B*) sono riportate le onde ultracorte con la corrispondente modulazione di frequenza.

All'inizio, nel punto 1 di (*A*), la tensione del segnale modulante è zero, quindi la frequenza delle onde ultracorte diffuse dall'antenna è quella di riposo, ossia è la *frequenza di centro*.

Non appena il segnale modulante è presente, si produce una variazione di frequenza delle onde ultracorte. Nell'esempio di figura, il segnale aumenta dal punto 1 al punto 2, e ha polarità positiva. Ne consegue un aumento di frequenza; esso raggiunge il massimo nel punto 3. Si suol dire che vi è una *deviazione di frequenza* in senso positivo.

Dal punto 3 al punto 4, la tensione positiva del segnale diminuisce, quindi diminuisce anche la deviazione di frequenza. Dal punto 4 al punto 5, la tensione del segnale è negativa, e da zero, come è in 4, sale sino a un valore massimo, raggiunto

in 5. La deviazione di frequenza si verifica in senso negativo. Quando la deviazione è in senso positivo, e la frequenza è perciò in aumento, la lunghezza d'onda diminuisce, come graficamente indicato. All'opposto, quando la deviazione avviene in senso negativo, la frequenza diminuisce e la lunghezza d'onda aumenta.

La deviazione di frequenza costituisce la modulazione. Alla massima deviazione

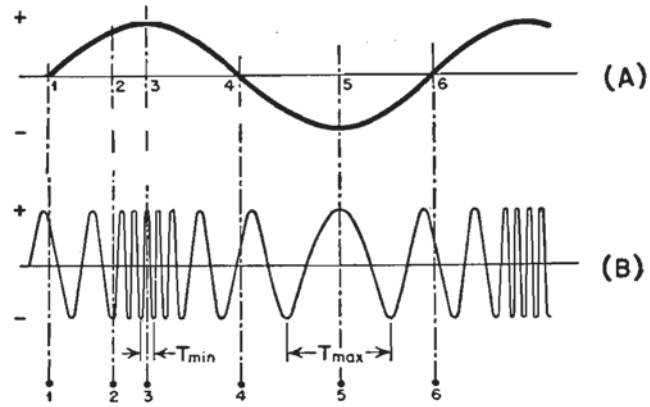


Fig. 4.17. - Caratteristiche della modulazione di frequenza.

di frequenza corrisponde la massima intensità del segnale modulante, ossia la massima intensità sonora.

Alla frequenza del suono « messo in onda » corrisponde il ritmo delle deviazioni di frequenza, ciò che non appare nelle due figure.

Ricezione delle onde ultracorte.

Si verifica attualmente per la ricezione delle onde ultracorte quanto si verificò per la ricezione delle onde medie, intorno al 1930. In quell'epoca, l'amplificazione in alta frequenza ottenibile con le valvole radio di allora era modesta, molto inferiore all'attuale. Gli apparecchi radio disponevano di due valvole in più degli attuali, per compensare l'insufficiente amplificazione per stadio. Tutti disponevano di una valvola amplificatrice in alta frequenza, la quale precedeva lo stadio convertitore; avevano due valvole amplificatrici a media frequenza, e venivano fatti funzionare con antenna o con telaio orientabile. Le onde ultracorte non erano ricevibili, essendo del tutto insufficiente l'amplificazione ottenibile con le valvole di allora.

Negli apparecchi attuali, la ricezione delle onde ultracorte è possibile per l'alta amplificazione ottenibile. Sono però necessarie due valvole in più, una in alta frequenza e una, oltre a quella esistente, a media frequenza, poichè il guadagno per stadio diminuisce fortemente passando da frequenze comprese tra 1 e 10 megacicli, a frequenze comprese tra 30 e 300 megacicli.

In pratica, gli apparecchi attuali adatti per la ricezione sia delle onde medie e corte, sia delle onde ultracorte, sono spesso provvisti di una sola valvola oltre quelle necessarie per le onde medie e corte, in quanto si tratta di un doppio triodo o di un triodo-eptodo. Gli stadi aggiunti sono però due: il primo in alta frequenza e il secondo a media frequenza.

È inoltre necessaria un'apposita valvola rivelatrice, essendo le onde ultracorte a modulazione di frequenza, con conseguente necessità di due diodi oltre a quello necessario per la rivelazione delle onde medie e corte.

Infine, è necessaria un'antenna accordata, a dipolo, collocata sopra l'edificio o sopra l'apparecchio o nell'interno dell'apparecchio.

Diversità tra apparecchi AM e apparecchi FM.

La notevole diversità esistente tra gli apparecchi a modulazione di ampiezza (AM) e quelli a modulazione di frequenza (FM) non è dovuta alla diversa modulazione, bensì alla diversa frequenza del segnale; in altri termini è dovuta alla ricezione delle onde ultracorte. Se tali onde ultracorte fossero anch'esse a modulazione di ampiezza, gli apparecchi riceventi risulterebbero egualmente complessi, in quanto la ricezione delle onde ultracorte impone una tecnica alquanto diversa da quella degli apparecchi a onde medie e corte.

Come detto, con le onde ultracorte si ottengono solo bassi guadagni per stadio, per cui è necessario aumentare il numero degli stadi. Con le onde ultracorte, le perdite di segnale sono molto più accentuate, per cui è necessario curare molto di più la costruzione degli apparecchi usando materiali a basse perdite, adatti per frequenze molto alte.

Per le onde medie e corte si adoperano circuiti accordati di griglia, per le onde ultracorte si adoperano invece circuiti accordati di placca.

La conversione di frequenza per le onde medie e corte si ottiene con un eptodo o con un triodo-eptodo; quella per le onde ultracorte si ottiene con un solo triodo.

Per l'amplificazione in alta frequenza delle onde ultracorte è bene adatto un triodo anzichè un pentodo ed è opportuno che il segnale venga applicato al circuito di catodo del triodo, anzichè alla griglia, la quale è bene sia collegata a massa, affinchè agisca da schermo tra il circuito d'entrata (catodo) e il circuito d'uscita (placca).

In fig. 4.18 sono raffrontate le valvole impiegate nei comuni apparecchi a onde medie e corte, con quelle in uso negli apparecchi a onde ultracorte. Per la conversione di frequenza delle OM e OC è usata una valvola eptodo, per quella delle OUC è necessario un triodo, preceduto da un altro triodo, per l'amplificazione in alta frequenza. I due triodi sono generalmente contenuti entro una sola ampolla di vetro, come ad esempio nella valvola 12AT7 o nella ECC85.

Per l'amplificazione a media frequenza delle OUC sarebbero necessari due pentodi. In pratica, si adopera la valvola convertitrice delle OM e OC, per la prima amplificazione a media frequenza delle OUC.

La rivelazione delle OM e OC, a modulazione d'ampiezza, si ottiene semplicemente rettificando il segnale MF, con un diodo, o un cristallo di germanio. Ciò sarebbe sufficiente anche per le OUC, se anch'esse fossero a modulazione di ampiezza. Data la modulazione di frequenza è necessario rivelare ciascuna delle due deviazioni di frequenza, quella in senso positivo e quella in senso negativo, con conseguente necessità di due diodi in opposizione, quindi provvisti ciascuno del proprio catodo.

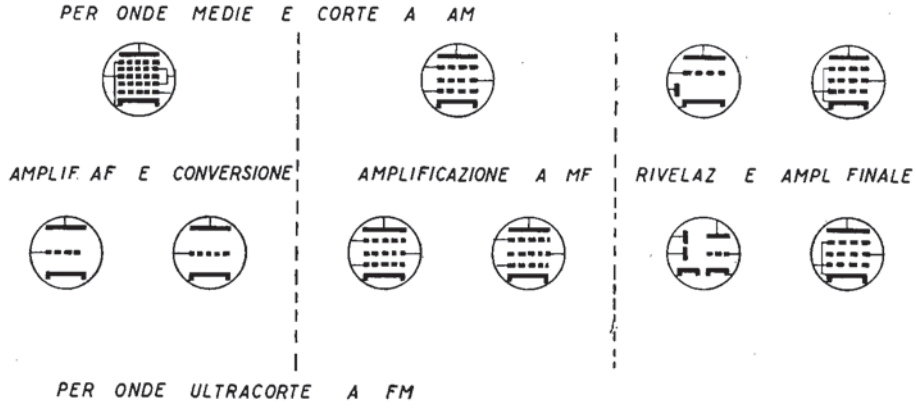


Fig. 4.18. - Stadi e valvole di apparecchio radio a modulazione d'ampiezza, e quelli di apparecchio a modulazione di frequenza.

Ciò si ottiene inserendo nella valvola rivelatrice OM e OC, costituita da un diodo e da un triodo, con un catodo, altri due diodi e un secondo catodo.

L'amplificazione finale non varia. Poichè però la modulazione di frequenza consente la « messa in onda » di una più ampia gamma di frequenze musicali, è opportuno che lo stadio finale consenta l'amplificazione e riproduzione dell'intera gamma delle audiofrequenze trasmesse, e sia perciò a due o più altoparlanti.

La funzione delle valvole negli apparecchi AM/FM.

La fig. 4.19 illustra quale può essere la funzione delle sei valvole di un tipico apparecchio con OM e OC a modulazione di ampiezza, e OUC a modulazione di frequenza. Le valvole sono di tipo americano.

Un doppio triodo 12AT7 provvede all'amplificazione AF delle OUC e alla loro conversione di frequenza. Alla prima amplificazione a media frequenza delle OUC provvede la sezione eptodo della valvola 6AJ8; mentre la seconda amplificazione MF è affidata a un pentodo 6BA6. Rivelatrice è una 6T8, finale una 6BQ5 e raddrizzatrice una 6FX4.

Con un commutatore in posizione AM, la conversione di frequenza è affidata alla 6AJ8, l'amplificazione a media frequenza alla 6BA6, la rivelazione alla 6T8.

Valvole di tipo europeo corrispondenti sono: ECC85, ECH81, EF89, EABC80, EL41 e EZ80.

Le funzioni delle valvole negli apparecchi AM/FM, e i vari tipi più in uso in tali apparecchi, possono essere i seguenti:

Prima valvola:

Funzione: amplificatrice in alta frequenza e convertitrice di frequenza, per le sole onde ultracorte a FM.

Tipo: doppio triodo, con schermo tra le due sezioni.

Modelli americani: 12AT7, 19BK7A e 6BK7A.

Modelli europei: ECC85 e UCC85.

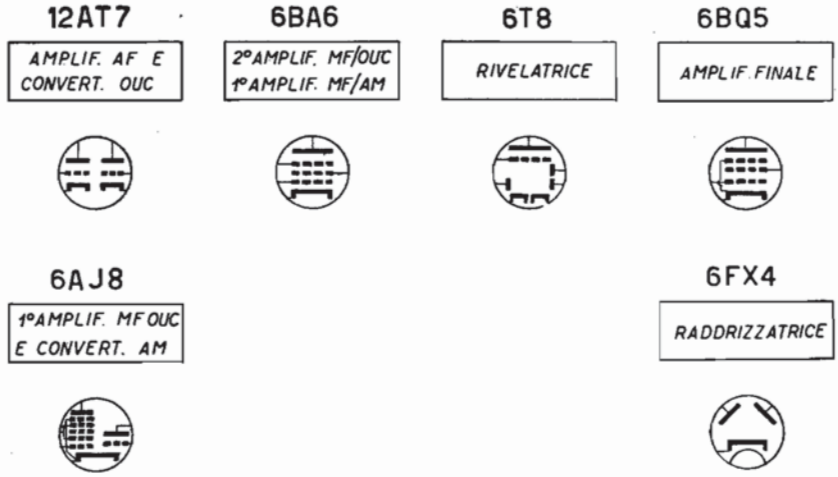


Fig. 4.19. - Funzione delle sei valvole di tipico apparecchio a modulazione d'ampiezza e di frequenza.

Seconda valvola:

Funzione: convertitrice di frequenza per le onde medie e corte a AM, e prima amplificatrice a media frequenza per le onde ultracorte a FM.

Tipo: triodo-eptodo.

Modelli americani: 12AJ8 e 6AJ8.

Modelli europei: ECH81 e UCH81.

Terza valvola:

Funzione: unica amplificatrice a media frequenza per OM e OC, e seconda amplificatrice MF per OUC a FM.

Tipo: pentodo.

Modelli americani: 6BA6 e 12BA6.

Modelli europei: EF85, EF89, UF85 e UF89.

Quarta valvola:

Funzione: rivelatrice AM/FM e preamplificatrice BF.

Tipo: triplo diodo triodo, con tre catodi.

Modelli americani: 6T8 e 19T8.

Modelli europei: EABC80 e UABC80.

Quinta valvola:

Funzione: amplificatrice finale di potenza.

Tipo: pentodo o tetrodo elettronico.

Modelli americani: 6BQ5, 35QL6 e 50L6.

Modelli europei: EL41, EL84, UL41 e UL84.

L'unità FM ad onde ultracorte.

Negli apparecchi a modulazione di frequenza, la valvola doppia (o le due valvole) impiegata per l'amplificazione in alta frequenza e la conversione di frequenza, nonchè tutti gli organi relativi, formano spesso un insieme, detto *unità FM* o anche *gruppo FM* o *testina FM*.

Tale unità comprende anche il condensatore variabile a due sezioni, di capacità massima compresa tra 12 e 25 pF, a seconda delle caratteristiche costruttive. Comprende anche il primo trasformatore a media frequenza FM, accordato a 10,7 megacicli.

Un esempio di unità FM è schematicamente riportato dalla fig. 4.20. Lo schema è semplificato nei suoi elementi essenziali.

Per semplicità, l'esempio si riferisce ad una unità con due triodi separati, uno per l'amplificazione in AF del segnale FM, ed uno per la sua conversione di frequenza. Sono indicati con T1 e T2.

I circuiti di griglia dei due triodi sono semiaperiodici; accordati sono invece quelli di placca, all'opposto di quanto avviene per le onde medie e corte. Gli avvolgimenti L1 e L2 costituiscono la *bobina d'antenna FM*. L2 ha in parallelo un condensatore fisso, C1, di capacità tale da accordare il circuito sulla frequenza di centrobanda del canale FM; l'ampiezza di banda passante è tale da consentire il passaggio a tutte le frequenze del segnale FM.

La valvola T1 ha la griglia a massa; il circuito d'entrata è perciò collegato tra il catodo e massa. Il primo circuito accordato a frequenza variabile è presente nel

circuito di placca ed è formato dal condensatore variabile CV1 e dalla bobina L4. Un'impedenza AF, L3 è inserita nel circuito di alimentazione anodica; essa ha il compito di impedire il passaggio del segnale FM nel circuito di alimentazione. Il segnale viene trasferito ai capi del circuito accordato tramite il condensatore fisso C3, il quale ha anche il compito di evitare che la tensione anodica risulti applicata al circuito accordato, e di consentire di collegare a massa lo statore del variabile CU1.

Il segnale FM amplificato, presente ai capi del circuito accordato CV1 e L4, è trasferito al circuito di griglia della seconda valvola, la convertitrice di frequenza.

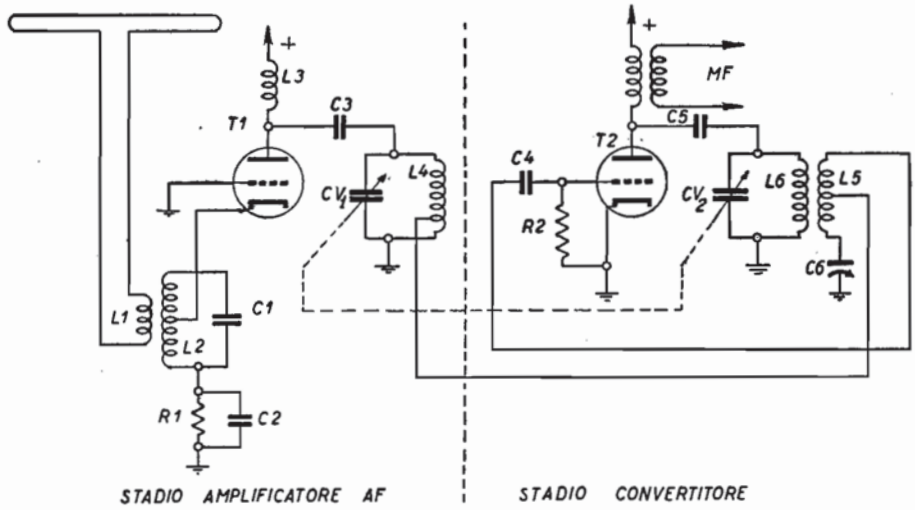


Fig. 4.20. - Schema semplificato dello stadio convertitore a modulazione di frequenza (onde ultracorte).

Tale circuito di griglia è anch'esso semiaperiodico, ed è costituito dalla bobina L5, in serie con il compensatore C6. Essa è accoppiata al secondo circuito accordato, CV2 e L6, inserito nel circuito di placca.

Al posto dell'impedenza AF, nel circuito di placca di T2 vi è il primario del trasformatore a media frequenza.

La valvola T2 oscilla alla frequenza determinata dalla posizione di CV2. È una *valvola auto-oscillante additiva*. La frequenza di oscillazione è di 10,7 megacicli superiore o inferiore a quella del segnale FM in arrivo, essendo la media frequenza appunto a 10,7 megacicli.

Negli apparecchi OM e OC, la frequenza d'oscillatore è sempre superiore, a quella del circuito accordato d'entrata, ossia del segnale in arrivo. Negli apparecchi OUC può essere superiore o inferiore, poichè le variazioni di capacità sono piccole, ed è facile sia ottenere la frequenza superiore, sia quella inferiore.

Ai capi del secondario del trasformatore MF vi è il segnale FM alla frequenza di 10,7 megacicli.

Un esempio pratico di unità FM di questo tipo è quello riportato dalla figura seguente.

Unità FM con due valvole EC92.

La fig. 4.21 illustra una unità FM con due valvole EC92, una per l'amplificazione AF e l'altra per la conversione.

La prima EC92 funziona da *amplificatrice AF con griglia a massa*. In tal modo lo stadio risulta di stabile funzionamento e di più semplice messa a punto, data l'efficace

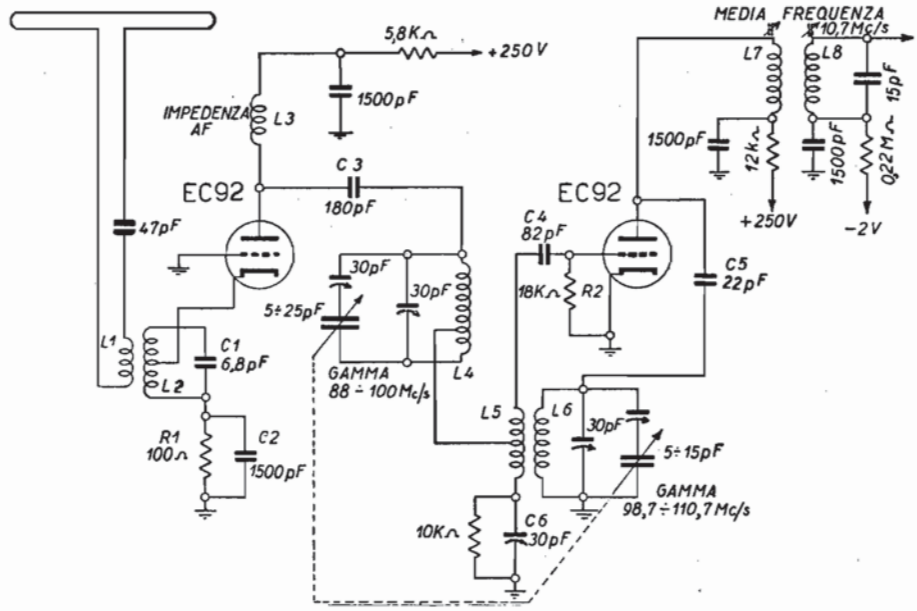


Fig. 4.21. - Esempio di circuiti di amplificazione AF e conversione di frequenza FM, con due valvole EC92.

azione schermante della griglia tra il circuito d'entrata e quello di uscita. Questa disposizione circuitale poco adatta per OM e OC, si presta molto bene per OUC.

Il circuito d'entrata, semiaperiodico, è costituito da L2 e C1, di 6,8 pF. Il circuito consente il passaggio di tutte le frequenze del canale FM, da 88 a 100 Mc/s, la larghezza di banda passante essendo di 20 megacicli.

La resistenza R1 di 100 ohm fornisce la tensione al catodo della valvola; il condensatore di catodo, C2, è di 1500 pF, capacità sufficiente date le altissime frequenze presenti.

Il circuito accordato alla frequenza del segnale, consente l'accordo tra 88 e 100 megacicli con una variazione di capacità di una sezione del variabile, da 5 a 25 pF. La capacità totale minima del circuito è di 44 pF, quella massima è di 57 pF. La variazione di capacità è perciò di 13 pF.

Un compensatore in serie, di 30 pF, consente di determinare l'estremo alto della gamma di sintonia, un altro compensatore di 30 pF, in parallelo consente la taratura all'estremo basso.

Il guadagno dello stadio è di 4,7, il guadagno del circuito d'entrata è di 1,7 (essendo le spire di L1 minori di quelle di L2, con conseguente rapporto di trasformatore di 1,7); il guadagno totale è perciò di $4,7 \times 1,7 = 6$. Tale guadagno non è modesto, date le altissime frequenze del segnale.

La seconda, EC92, funziona da auto-oscillatrice additiva e ha il circuito di placca strettamente accoppiato a quello di griglia. Funziona come un comune oscillatore a bassa resistenza di griglia, di 18 chiloohm.

Il circuito accordato d'oscillatore è simile al precedente; consiste della bobina L6 e del variabile da 5 a 15 pF. La gamma di sintonia va da 98,7 a 110,7 megacicli.

Il segnale MF amplificato dalla prima EC92 è prelevato da una presa della bobina d'accordo d'entrata, L4, e applicato alla presa al centro della bobina di griglia L5. In tal modo alla griglia della EC92 oscillatrice sono presenti due frequenze, quella del segnale e quella d'oscillatore, con conseguente cambiamento di frequenza.

Il guadagno di conversione è di 25, il guadagno totale dell'intera unità FM è perciò di $6 \times 25 = 150$.

Il condensatore fisso C5, di 22 pF ha il triplice scopo di consentire il passaggio della tensione oscillante al circuito accordato, di separare tale circuito da quello della tensione anodica di alimentazione, nonchè di accordare il primario del trasformatore a media frequenza. Le spire di L6 contano poco e possono considerarsi inesistenti. La capacità di C5 è perciò quella necessaria per accordare il primario MF a 10,7 megacicli.

Dettaglio delle bobine dell'unità FM con due EC92.

BOBINA D'ANTENNA L1 E L2:

Nucleo ferromagnetico di 6 mm di diametro e 6 mm di lunghezza, avvitato entro tubetto isolante del diametro esterno di 7 mm.

L'avvolgimento L1 consiste di una spira e un sedicesimo di spira, filo 0,5 mm smaltato.

L'avvolgimento L2 consiste di 4 1/3 spire, stesso filo, ed è provvisto di una presa a una spira e mezza, dal lato massa. L1 si trova tra le spire di L2.

IMPEDENZA AF L3:

Consiste di 20 spire di filo rame smaltato da 0,3 mm, avvolte strettamente, sopra un supporto di 8 mm di diametro. Induttanza circa 10 microhenry.

BOBINA D'ACCORDO L4:

Consiste di tre spire di filo rame smaltato da 1 mm di spessore, avvolte su supporto con diametro esterno di 8 mm. Le spire sono spaziate di circa 2 mm. La presa è fatta al centro.

BOBINA DI GRIGLIA L5:

Consiste di 3 1/2 spire di filo rame smaltato da 0,5 mm avvolte su supporto di 8 mm. Sono spaziate di circa 1,5 mm. La presa è fatta al centro.

BOBINA D'OSCILLATORE L6:

Consiste di 3 spire filo rame smaltato da 1 mm, avvolte tra le spire di L5.

Dettaglio delle bobine del primo trasformatore FM.

PRIMARIO MF/FM L7:

È avvolto su supporto isolante di 7 mm di diametro esterno, nel quale può venire avvitato un piccolo nucleo ferromagnetico, per la taratura. Tale nucleo è di 6 mm di diametro, ed è lungo altrettanto.

L'avvolgimento L7 consiste di 48 spire, avvolte strettamente, di filo rame smaltato di 0,3 mm. L'induttanza dell'avvolgimento, senza il nucleo ferromagnetico, è di 5,7 microhenry.

Il primario è disposto a fianco del secondario, parallelamente ad esso. La distanza tra i due centri è di 15 millimetri. Un supporto a U sostiene le due bobine. Di esse L7 è in alto, L8 in basso. Lo schermo metallico è alto 60 mm e ha il diametro interno di 30 mm.

SECONDARIO MF/FM L8:

L'avvolgimento secondario L8 è anch'esso di 48 spire di filo 0,3 rame smaltato su supporto di 7 mm esterni, con nucleo di 6 mm, esattamente come il primario. È provvisto di condensatore fisso d'accordo, di 15 pF.

Unità FM con una sola valvola EC92.

La fig. 4.22 riporta lo schema di una unità FM con una sola EC92, in funzione di triodo auto-oscillatore additivo, in grado di convertire la frequenza del segnale in arrivo, compresa tra 88 e 100 megacicli, in quella della MF/FM a 10,7 megacicli.

Il circuito è identico a quello dell'unità FM con due EC92 descritta, salvo l'assenza del triodo amplificatore AF. L'assenza dello stadio amplificatore AF comporta l'inconveniente della presenza nel circuito di antenna di notevoli tracce del segnale MF/FM; il condensatore fisso di 47 pF in serie con la bobina L1, ha lo scopo di agire come filtro a tale frequenza.

Il guadagno di conversione è di 22,5, quello della bobina d'antenna è di 2,8; il guadagno totale di questa unità FM è perciò di 22,5 × 2,8 = 70 circa.

L'avvolgimento L1 è di 1 spira e due terzi di spira; L2 è di 3 spire e due terzi; L1 è in continuazione di L2, inoltre L2 ha una presa alla seconda spira, contata dal basso. Il filo è smaltato da 0,5 mm, il supporto è di 7 mm.

Gli avvolgimenti L3 e L4 sono ambedue di 3 spire, filo 0,5 mm per L3, e 1 mm per L4; L3 è avvolta tra le spire di L4. Il supporto è di 8 mm.

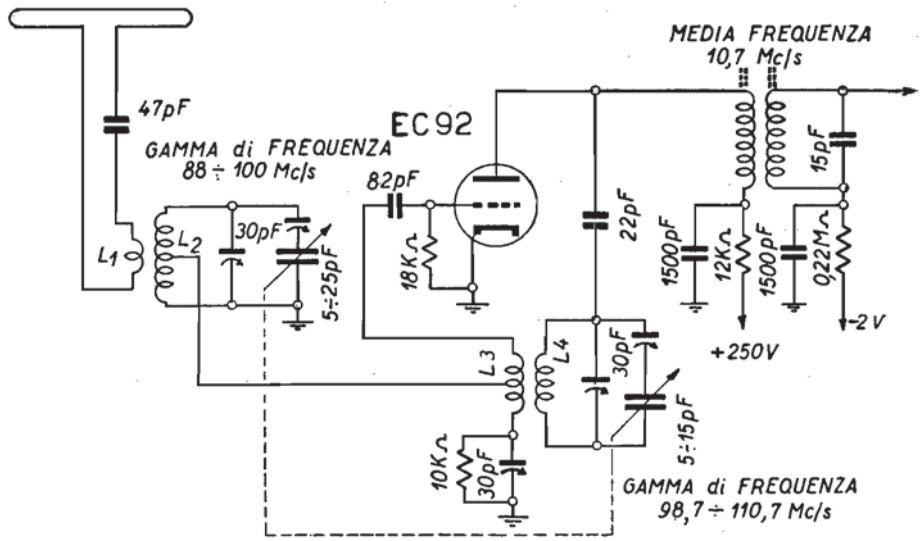


Fig. 4.22. - Stadio di conversione di frequenza FM con una sola valvola EC92.

Un altro esempio di unità FM con una sola valvola EC92 è quello di fig. 4.23.

Caratteristica essenziale di questo circuito è data dalla presenza della reazione induttiva tra il circuito di placca e quello di griglia del triodo. Essa presenta il vantaggio di ridurre l'appiattimento della curva di selettività del primario MF, per effetto della bassa resistenza interna del triodo. Con questo accorgimento è possibile aumentare notevolmente il guadagno dell'unità FM portandola a ben 130, mentre quello dell'unità precedente è appena di 70.

Per poter utilizzare la reazione induttiva è però necessario inserire all'entrata del triodo, il circuito accordato d'oscillatore. In tal modo risulta necessaria una resistenza di griglia di 1 megaohm.

È inoltre necessario sostituire l'avvolgimento L3 della figura precedente, provvisto di presa al centro con un divisore capacitativo di tensione. Le due parti di L3 sono sostituite con due condensatori di 15 pF ciascuno.

Le bobine L5 e la resistenza di 120 ohm hanno lo scopo di eliminare l'instabilità e di aumentare l'impedenza AF del triodo.

Anche il divisore capacitativo costituito dai due condensatori fissi di 18 e 82 pF, ai capi di L6, ha lo stesso scopo.

In contrasto con l'esempio precedente, in questa unità il circuito d'oscillatore è accordato ad una frequenza inferiore a quella del segnale. La gamma di accordo va da 77,3 a 89,3 megacicli. La capacità del variabile va da 5 a 25 pF; la capacità

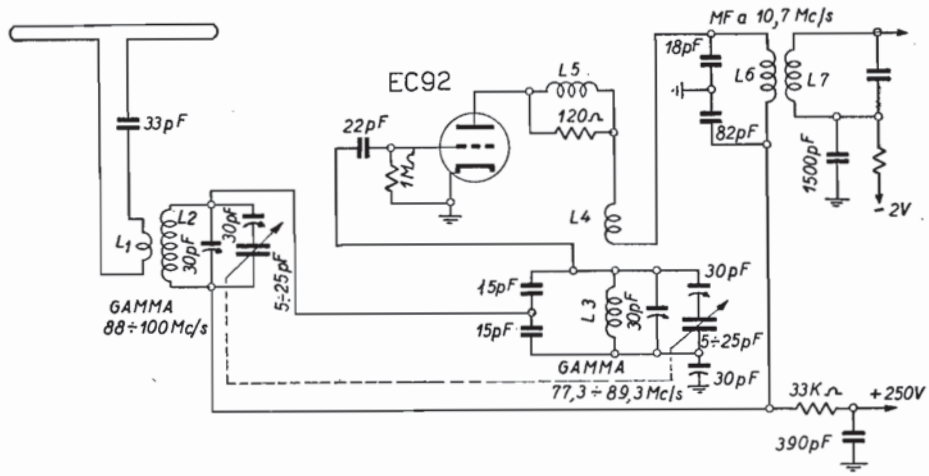


Fig. 4.23. - Circuito sovrapposítore FM simile al precedente, con reazione induttiva.

in serie è regolata a 25 pF, quella in parallelo a 6 pF. La tensione alternativa di griglia è di 3 volt; la corrente media di placca è di 3,5 mA; la conduttanza di conversione è di 2,1 mA/V.

Dettaglio delle bobine dell'unità FM di fig. 4.23.

BOBINE D'ANTENNA L1-L2.

L1 consiste di una spira e mezzo, filo 1,5 mm, senza sostegno interno, diametro 15 mm. L2 consiste di 2 spire e un quarto, avvolte con lo stesso filo e nello stesso modo di L1. I due avvolgimenti sono coassiali e posti a circa 5 mm l'uno dall'altro.

BOBINE D'OSCILLATORE L3-L4.

L3 è di 3 spire, filo 1,5 mm, in aria, diametro 15 mm. L4 è di 2 spire, filo 1,5 mm, in aria, diametro 7 mm posta nell'interno di L3.

BOBINA L5.

Consiste di 5 spire, filo 0,3 mm rame smaltato, con in parallelo una resistenza di carbone di 120 ohm, 1/4 di watt.

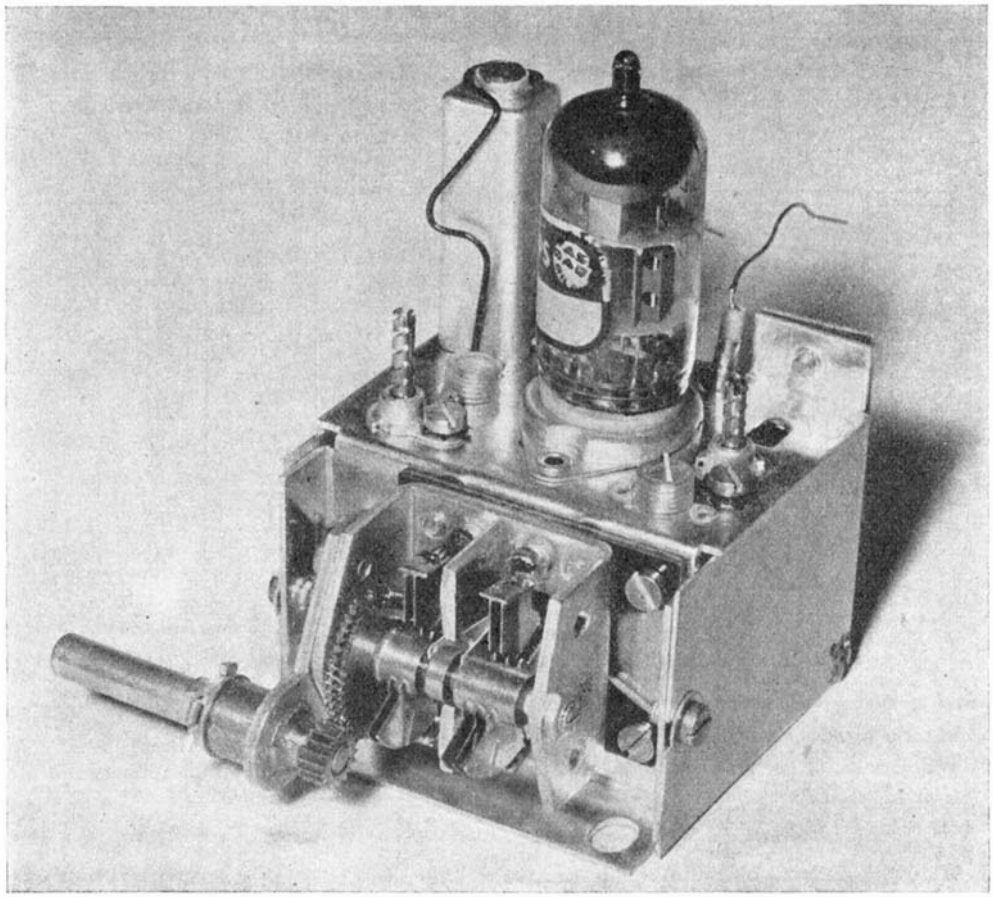


Fig. 4.24. - Aspetto esterno di unità FM, con sintonia a condensatore variabile.

Unità FM con triodo-eptodo ECH81.

L'unità FM di fig. 4.25 utilizza una ECH81, in funzione di amplificatrice AF del segnale FM con la sezione eptodo, e di convertitrice di frequenza con la sezione triodo. L'amplificazione AF consente di ottenere il funzionamento stabile dell'unità, di separare sufficientemente il circuito d'antenna da quello di oscillatore, e di consentire una adeguata sensibilità. Il suo guadagno è di 100.

I due circuiti accordati sono presenti all'uscita delle due sezioni della valvola. L'entrata dell'eptodo è collegata al circuito d'antenna, semiaperiodico. Nel circuito di placca dell'eptodo vi è l'impedenza AF L6; il circuito è accoppiato a quello accordato tramite un condensatore di 100 pF.

Il circuito d'entrata del triodo è anch'esso semiaperiodico; un compensatore di 30 pF consente di regolare la frequenza di centro della banda passante con quella del canale FM. La resistenza di griglia è perciò bassa, di 22 000 ohm.

Il circuito accordato d'oscillatore è a frequenza superiore a quella del segnale.

BOBINE D'ANTENNA L1-L2:

L1 consiste di una spira e tre quarti; con presa al centro, filo 0,5 rame smaltato. È avvolta tra le spire di L2, le quali sono quattro e due terzi. Il tubetto di supporto ha il diametro esterno di 7 mm, ed è provvisto di nucleo ferromagnetico regolabile.

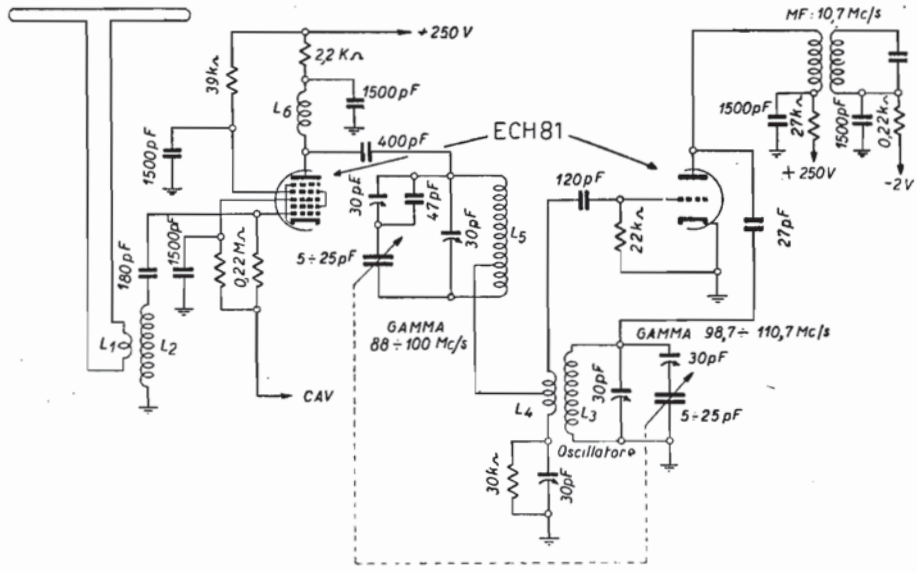


Fig. 4.25. - Stadio convertitore e amplificatore AF, per onde ultracorte FM, con valvola triodo-eptodo ECH81.

BOBINE D'OSCILLATORE L3-L4:

L3 consiste di 3 spire, filo rame da 1 mm, senza supporto, diametro interno di 8 mm. L4 consiste di 3 spire e mezzo, filo 0,5 mm rame smaltato; è avvolta tra le spire di L3.

IMPEDENZA AF L5:

Ha l'induttanza di circa 10 microhenry. Consiste di 20 spire, filo 0,3 smaltato, diametro 8 mm.

Unità FM con valvola UCC85.

L'unità FM con una valvola UCC85, Philips mod. PK83658, impiegata in alcuni apparecchi Philips AM/FM, è schematicamente riportata dalla fig. 4.26.

La UCC85 (e la ECC85, la quale differisce solo per la diversa tensione di accensione), è un doppio triodo, una sezione del quale usato per l'amplificazione AF del segnale FM, e l'altro per la conversione di frequenza.

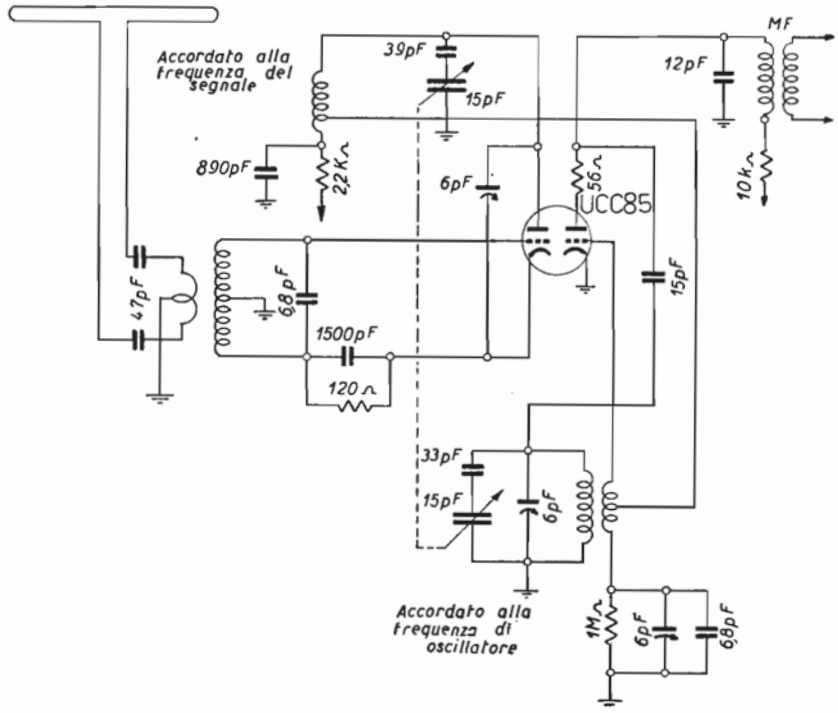


Fig. 4.26. - Stadio convertitore di frequenza FM con valvola UCC85.

Lo schema è simile a quello dell'unità a due valvole EC92, precedentemente descritto, e anche a quello dell'unità con una ECH81. È assente l'impedenza AF dal circuito di placca del primo triodo, essendo il circuito accordato inserito nel circuito stesso.

La fig. 4.27 riporta l'aspetto esterno di un apparecchio AM/FM con la unità FM descritta.

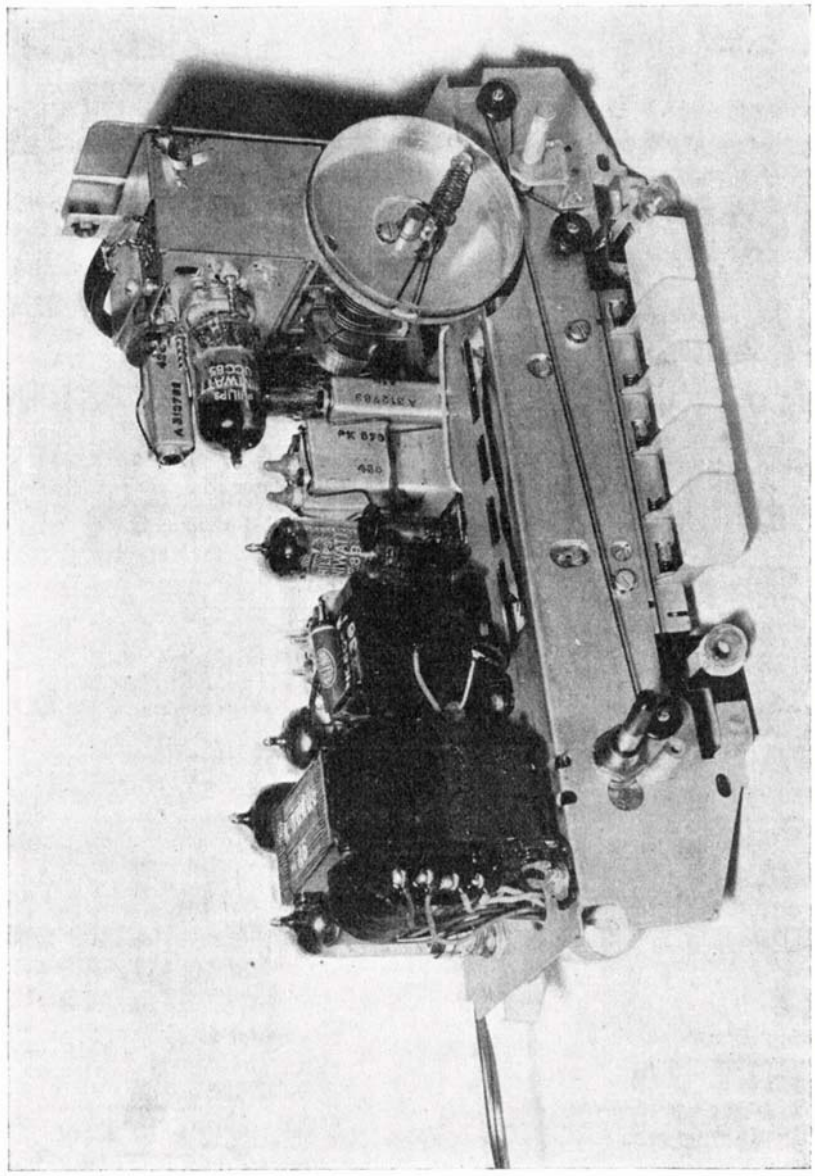


Fig. 4.27. - Aspetto esterno di unità FM con valvola UCC85, collocata su telaio di apparecchio AM/FM. (Philips BL I° 60/A).

Unità FM con valvola 6BK7A e sintonia a permeabilità variabile.

Un esempio di utilizzazione del doppio triodo di tipo americano 6BK7A è quello di fig. 4.28. In esso, la sintonia è ottenuta a permeabilità variabile, con due nuclei ferromagnetici la cui posizione può essere regolata con la manopola di sintonia.

Vi è reazione induttiva tra placca e griglia del triodo oscillatore, ciò che consente l'elevato guadagno dello stadio. Per conseguenza, la resistenza di griglia è di valore elevato, 0,27 megaohm; e vi è un divisore capacitativo di tensione per trasferire il segnale FM amplificato dal circuito di placca del primo triodo a quello di griglia del

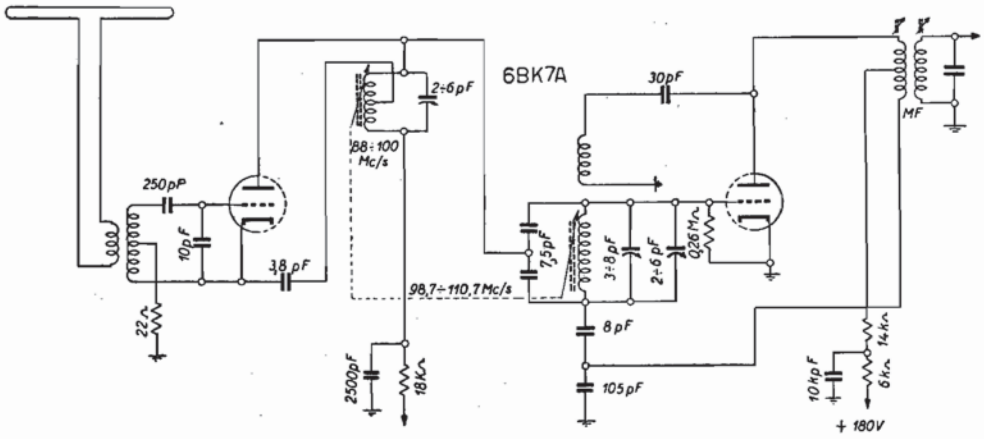


Fig. 4.28. - Unità FM del tipo con sintonia a permeabilità variabile, e con valvola 6BK7/A.

secondo triodo. Il divisore consiste di due condensatori di 7,5 pF ciascuno. Una tensione di controreazione è applicata al triodo oscillatore per stabilizzarne il funzionamento, e ciò tramite un secondo divisore capacitativo costituito da un condensatore di 8 pF in serie con altro di 105 pF.

Per la presenza dello stadio amplificatore AF e della reazione induttiva nello stadio oscillatore, il guadagno di questa unità è assai elevato, essendo di 215 circa.

La stessa unità FM può essere provvista di doppio triodo 19BK7A, esso differisce dal 6BK7A solo per la diversa tensione di accensione.

In fig. 4.29 è illustrata un'altra unità FM con permeabilità variabile. È provvista del doppio triodo Philips ECC85.

Unità FM con doppio triodo 12AT7.

Molti apparecchi AM/FM provvisti di valvole di tipo americano funzionano con un doppio triodo 12AT7, utilizzato in unità FM come nell'esempio di cui la fig. 4.30.

La disposizione circuitale è molto simile a quella dell'esempio precedente. Il cir-

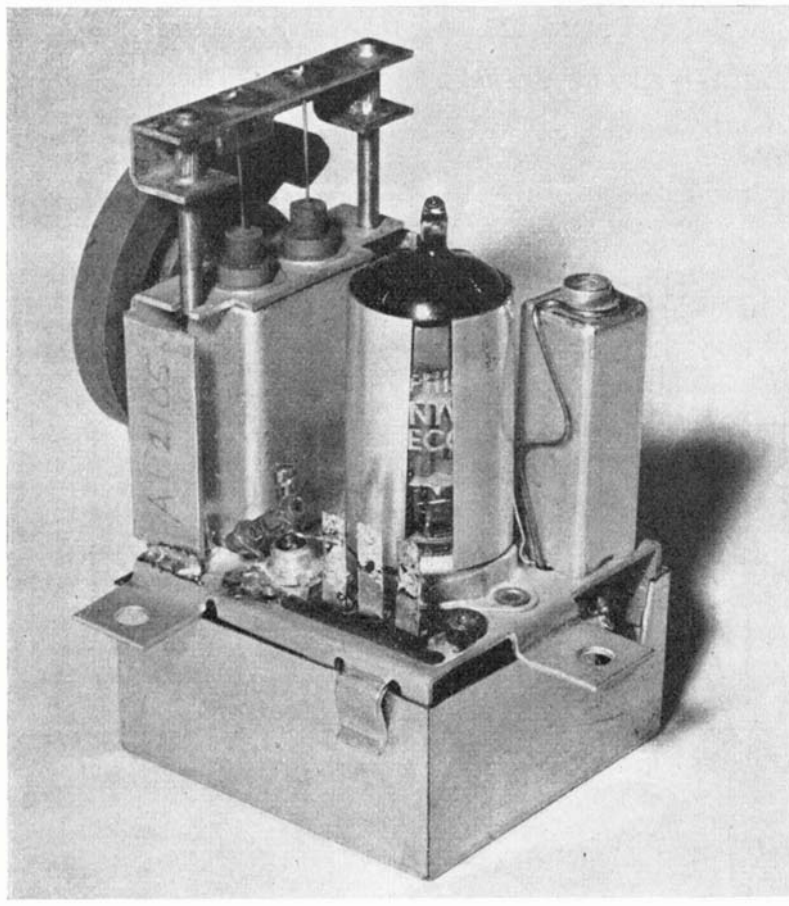


Fig. 4.29. - Aspetto esterno di unità FM con sintonia a permeabilità variabile e valvola ECC85.

cuito accordato alla frequenza del segnale è presente nel circuito di placca del triodo amplificatore AF, mentre il circuito accordato alla frequenza d'oscillatore è collegato alla griglia del secondo triodo. È così possibile la reazione induttiva tra placca e griglia del triodo oscillatore, con il conseguente alto guadagno dello stadio. Il pericolo di instabilità di funzionamento è evitato con la controreazione dal primo circuito MF/FM al circuito di griglia d'oscillatore, tramite il divisore capacitativo costituito dal condensatore di 6,8 pF in serie ad altro di 56 pF.

Il guadagno complessivo dell'unità FM è di circa 200.

Principio del rivelatore FM.

IL RIVELATORE « FUORI SINTONIA ».

Durante la manovra di sintonia per ottenere la ricezione di una emittente a onde medie, si ottiene la massima intensità sonora quando l'apparecchio è in esatta sintonia con la frequenza della trasmittente. Basta un leggero spostamento della manopola di sintonia per causare una diminuzione dell'intensità sonora, essendo l'apparecchio fuori

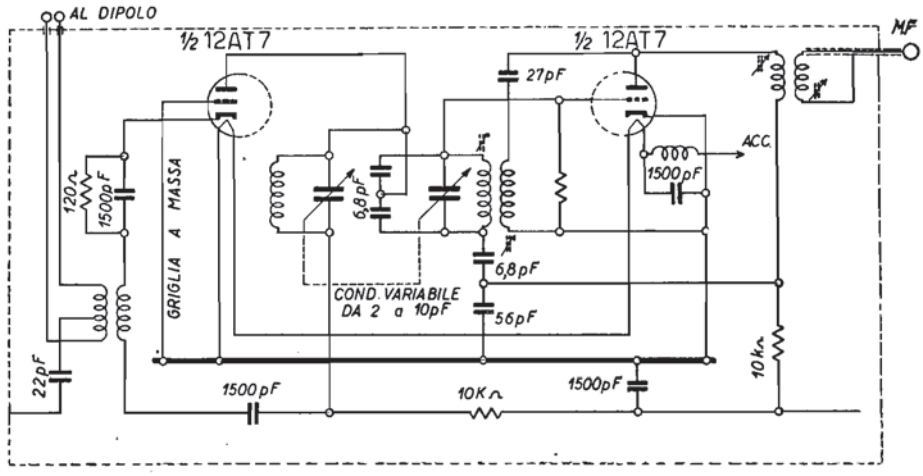


Fig. 4.30. - Unità FM con sintonia a condensatore variabile e valvola 12AT7.

sintonia. Oltre un certo spostamento della manopola di sintonia, l'emittente non si sente più.

In questo caso la frequenza della trasmittente rimane fissa, mentre varia quella dell'apparecchio ricevente.

Nel rivelatore FM avviene il contrario: il circuito del rivelatore rimane a frequenza fissa, mentre varia quella del segnale in arrivo, ossia quella della trasmittente.

Alla massima intensità sonora « messa in onda » corrisponde la massima deviazione di frequenza, come già indicato in fig. 4.17. Se il segnale MF/FM è, come generalmente, alla frequenza di 10,7 megacicli, in assenza di modulazione, e se alla massima intensità sonora « messa in onda » corrisponde, come avviene, una deviazione di + 75 chilocicli, a tale massima intensità di modulazione corrisponde la frequenza di 10,775 megacicli.

Il circuito del rivelatore dovrà essere accordato a tale frequenza di 10,775 megacicli, affinchè alla massima deviazione di frequenza del segnale corrisponda il massimo segnale BF, rivelato. Quando il segnale sarà a 10,7 megacicli, la tensione BF sarà zero, per fuori sintonia.

In tal modo è però possibile rivelare solo metà del segnale FM. Le deviazioni di frequenza sono due, una in più, da 10,7 a 10,775 e l'altra in meno, da 10,7 a 10,625 megacicli.

Poichè non è possibile accordare uno stesso circuito a due frequenze diverse, è necessario impiegare due circuiti accordati di rivelazione, uno a 10,775 megacicli, e l'altro a 10,625 megacicli.

L'ultimo trasformatore a media frequenza FM può avere due secondari, tarati alle due frequenze di ricezione; essi sono accoppiati al primario, tarato al valore della media frequenza, ossia a 10,7 megacicli.

La rivelazione ha luogo per effetto della curva di selettività dei due secondari. Tale curva è costituita da due tratti rettilinei, come in (A) di fig. 4.31, da un ginocchio

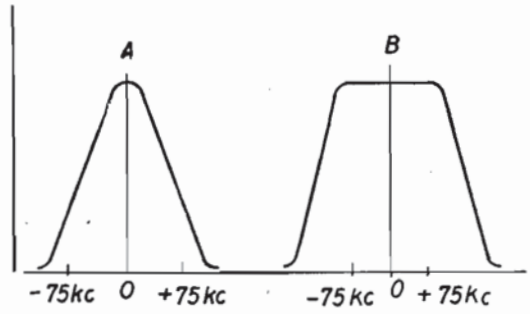


Fig. 4.31. - La curva di selettività del circuito accordato è utilizzata per ottenere la rivelazione del segnale FM.

superiore e da due tratti curvilinei inferiori. Si utilizza un solo tratto rettilineo di ciascuna delle due curve.

La curva di selettività del circuito primario è diversa da quella dei secondari, per consentire il passaggio dell'intera gamma di frequenze di modulazione. Può essere larga, ad es., 200 chilocicli, e avere una forma come indicato in (B) della figura. Le curve di selettività dei secondari sono invece strette, per consentire la rivelazione.

Le curve di selettività dei secondari vengono a trovarsi una capovolta rispetto l'altra, dalla disposizione dei circuiti; il tratto rettilineo di una curva è seguito dal tratto rettilineo dell'altra curva. I due tratti formano un tratto solo, come nell'esempio di fig. 4.32. Il tratto *X Y* costituisce la caratteristica lineare di rivelazione.

La fig. 4.33 indica come può essere costituito lo stadio rivelatore FM del tipo « fuori sintonia » ora descritto. Nello schema sono segnati due diodi rivelatori, D1 e D2; in pratica, essi sono contenuti in una stessa valvola, insieme con il diodo per la rivelazione del segnale MF/FM (onde medie e corte) e con il triodo amplificatore BF.

Ciascun circuito secondario funziona per proprio conto, e ciascuno possiede la propria resistenza di carico, R1 e R2. Il segnale BF viene prelevato dall'insieme delle due resistenze in serie. I due circuiti funzionano uno per volta. Se è presente la semionda positiva del segnale modulante (v. fig. 4.17), la frequenza del segnale MF/FM

aumenta, va verso 10,78 Mc/s, e quindi funziona solo il circuito segnato in alto. Non appena è presente la semionda negativa, il segnale MF/FM, da 10,7 Mc/s scende a frequenza più bassa, va verso 10,62 Mc/s, quindi funziona il circuito segnato sotto.

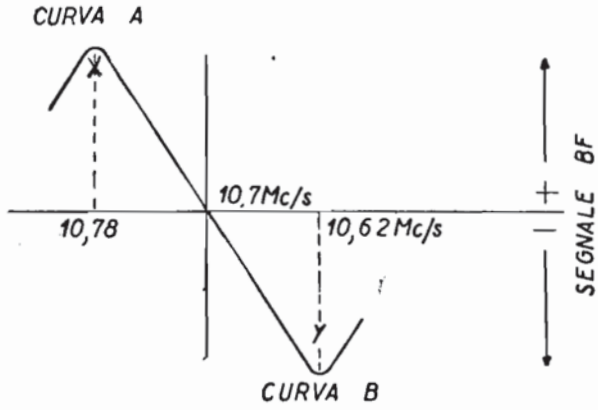


Fig. 4.32. - Il tratto XY costituisce la caratteristica lineare di rivelazione FM.

Questo rivelatore FM detto « fuori sintonia » (*off tuned discriminator*) presenta due notevoli svantaggi:

a) richiede una accurata taratura, dato che la rivelazione dipende dalla forma delle curve di selettività, e dalla posizione delle due curve, una rispetto all'altra;

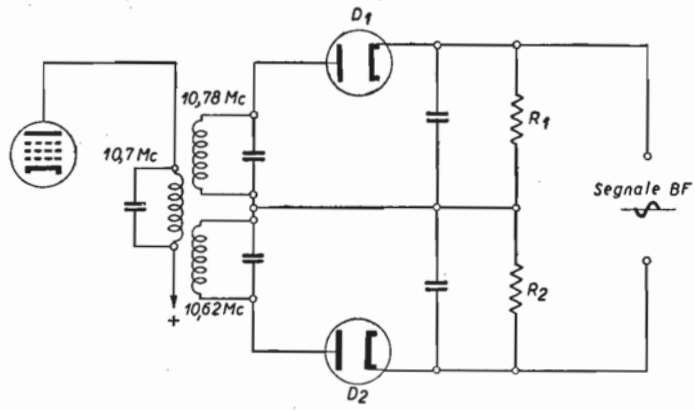


Fig. 4.33. - Esempio di rivelatore « fuori sintonia ».

b) rivela anche i segnali a modulazione di ampiezza, ossia, in pratica, anche i disturbi, per cui deve venire preceduto da una valvola apposita, detta *limitatrice*, in grado di eliminare la presenza di ogni traccia di segnale AM, ossia disturbo. Per queste due ragioni, al rivelatore FM « fuori sintonia » si preferisce un altro tipo di rivelatore FM « fuori fase », anzichè « fuori sintonia ».

PRINCIPIO DEL RIVELATORE FM « FUORI FASE ».

Il principio fisico su cui si basa il rivelatore FM « fuori fase » è il seguente: le tensioni ai capi del primario e del secondario di un qualsiasi trasformatore MF sono « fuori fase », tale « fuori fase » varia al variare della frequenza del segnale. Ciò vale per tutti i circuiti accordati, accoppiati.

In fig. 4.34 sono indicati i circuiti accordati primario e secondario di un trasformatore MF; sono ambedue tarati alla frequenza di 10,7 Mc/s. A tale frequenza, ossia in assenza di modulazione, il segnale MF/FM è a 10,7 Mc/s. In queste condizioni, il

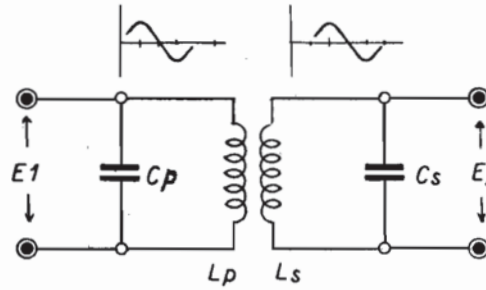


Fig. 4.34. - Il segnale MF ai capi del secondario è fuori fase di 90° rispetto a quello ai capi del primario.

segnale presente ai capi del secondario è fuori fase di un quarto di periodo, ossia di 90°, rispetto il segnale ai capi del primario.

Non appena vi è modulazione e il segnale MF/FM devia in un senso o nell'altro, ossia la sua frequenza aumenta o diminuisce, varia immediatamente, e in esatta proporzione, anche lo sfasamento tra le tensioni primaria e secondaria.

È possibile la utilizzazione pratica di questo fenomeno, *sommando* la tensione ai capi del primario con quella ai capi del secondario.

Se due segnali *esattamente in fase* vengono sovrapposti, si ottiene un solo segnale, l'ampiezza del quale è data dalla somma delle due ampiezze. Se due segnali esattamente *in opposizione di fase*, ossia fuori fase di 180°, vengono sovrapposti, si ottiene un solo segnale la cui ampiezza corrisponde alla sottrazione dell'ampiezza maggiore meno la minore. Se i due segnali sovrapposti, in opposizione di fase, sono della stessa ampiezza, essi si annullano: si ottiene un segnale zero.

Sovrapponendo due segnali in continua variazione di fase, si ottiene un solo segnale in continua variazione di ampiezza. Basta rettificare questo segnale a variazione d'ampiezza, per ottenere il segnale a bassa frequenza.

In tal modo non è più necessario che il trasformatore MF/FM finale abbia due secondari, come nell'esempio precedente; è sufficiente un secondario solo. Non è più necessario effettuare tarature su frequenze diverse da quella di 10,7 Mc/s; tanto il primario quanto il secondario sono tarati alla stessa frequenza, quella di 10,7 Mc/s. È però necessario predisporre un circuito per ottenere la sovrapposizione del segnale presente ai capi del primario, con quello presente ai capi del secondario.

CONVERSIONE DEL SEGNALE FM IN SEGNALE AM.

La sovrapposizione della tensione ai capi del primario, con la tensione ai capi del secondario, costituisce la condizione indispensabile per ottenere la rivelazione del segnale a modulazione di frequenza. Con tale sovrapposizione, si ottiene la conversione dalla modulazione di frequenza alla modulazione di ampiezza. Si ottiene, cioè, un segnale a modulazione di ampiezza al posto del segnale a modulazione di frequenza.

Non esistono rivelatori a modulazione di frequenza; esistono soltanto rivelatori a modulazione di ampiezza, ossia i soliti rivelatori a diodi in uso negli apparecchi ad onde medie e corte (AM). È perciò necessario convertire prima il segnale a modulazione di frequenza in segnale a modulazione di ampiezza, e poi rivelare questo secondo segnale, ossia ricavare da esso il segnale audio, a bassa frequenza.

Mentre nello stadio convertitore, all'entrata dell'apparecchio, si attua una sovrapposizione di due segnali *a frequenza diversa*, per ottenere un terzo segnale A MEDIA FREQUENZA; nello stadio rivelatore FM si attua la sovrapposizione di due segnali alla stessa frequenza ma *a fase diversa*, per ottenere un terzo segnale atto ad essere rivelato.

I due segnali che vengono sovrapposti, sono, come detto, quello ai capi del primario del trasformatore FM, e quello ai capi del secondario dello stesso trasformatore. Sono alla stessa frequenza, ma sono spostati di fase; tale spostamento di fase è di 90° quando non vi è modulazione, quando cioè la frequenza dei due segnali è quella MF/FM, ossia 10,7 Mc/s. Non appena vi è modulazione e quindi deviazione di frequenza, lo sfasamento non è più di 90°, ma maggiore o minore a seconda che la frequenza sia aumentata o diminuita. La variazione di fase segue esattamente la variazione di frequenza.

La conversione del segnale FM in segnale AM, rivelabile, è ottenuta con l'intermediario della variazione di fase.

Esistono vari tipi di rivelatori FM, poichè vi sono diversi modi per ottenere la sovrapposizione delle due tensioni FM, e diversi sistemi di rivelazione.

ESEMPIO DI CONVERSIONE DA FM AD AM.

La fig. 4.35 riporta lo schema tipico di un rivelatore FM, del tipo « fuori fase », ossia richiedente la conversione di modulazione prima della rivelazione. Tutti i rivelatori FM attualmente in uso si basano su questo principio, per quanto la loro attuazione pratica possa essere diversa.

I due circuiti, primario e secondario, dell'ultimo trasformatore MF/FM sono identici, tarati alla stessa frequenza di 10,7 Mc/s, con la sola differenza che il secondario è provvisto di una presa al centro. La tensione a media frequenza presente ai capi del primario è indicata con e_1. Ai capi del secondario la tensione è suddivisa in due parti, esse sono e_2 e e_3.

La conversione di modulazione, ossia la conversione del segnale MF/FM in segnale MF/AM, si ottiene sovrapponendo la tensione e_1 con le due tensioni secondarie, e_2 e e_3, in quanto queste ultime sono sfasate rispetto alla tensione primaria.

Da tale sovrapposizione risultano altre due tensioni, e_4 e e_5. Mentre le tre prime tensioni sono a modulazione di frequenza, e perciò ad ampiezza costante; le ultime due sono a modulazione di frequenza E A MODULAZIONE DI AMPIEZZA. È perciò possibile ottenere da esse il segnale a bassa frequenza. All'atto della rivelazione, la

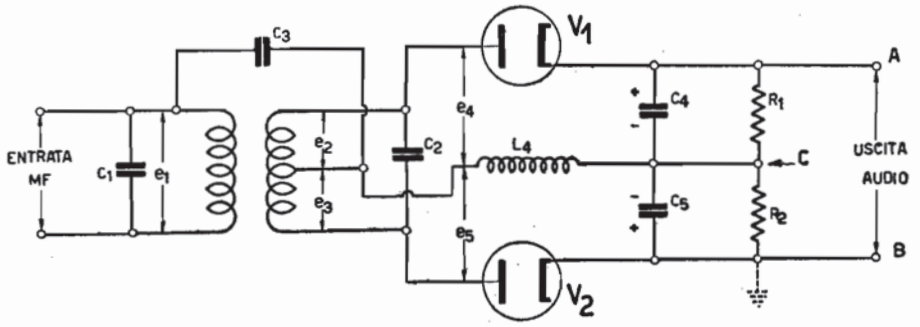


Fig. 4.35. - Esempio di rivelatore FM di tipo « fuori fase ».

loro modulazione di frequenza non conta nulla, conta soltanto la loro modulazione di ampiezza.

La fig. 4.36 illustra, in alto, quale può essere il segnale ai capi del primario del trasformatore MF/FM; esso è a modulazione di frequenza; al centro è indicato quale

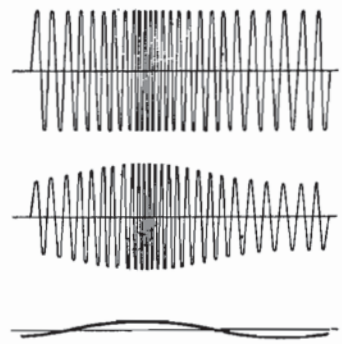


Fig. 4.36. - Il segnale FM da rivelare, viene convertito in segnale AM/FM e poi rivelato.

può essere il segnale dopo la conversione, modulato in frequenza e in ampiezza (la modulazione di ampiezza corrisponde esattamente alla modulazione di frequenza); in basso è riportato il segnale audio, a bassa frequenza, ottenuto dalla rivelazione del segnale precedente.

I segnali e_1, e_2 ed e_3 sono a modulazione di frequenza, mentre i segnali e_4 ed e_5 sono a modulazione di frequenza e di ampiezza.

Per ottenere la sovrapposizione della tensione primaria con le tensioni secondarie, una parte della tensione primaria viene « iniettata » nell'avvolgimento secon-

dario, nella sua presa al centro, mediante un condensatore di capacità adeguata, generalmente di 20 pF, indicato in figura con C3. L'impedenza ad alta frequenza, L4, ha il compito di chiudere i circuiti dei due diodi rivelatori, e di impedire che la tensione primaria si trasferisca a massa.

La fig. 4.37 illustra la formazione delle due tensioni e_4 e e_5 per effetto di tale sovrapposizione. In *A*) è indicato quanto avviene in assenza di modulazione, quando la frequenza delle tensioni sovrapposte è quella della media frequenza FM. In alto

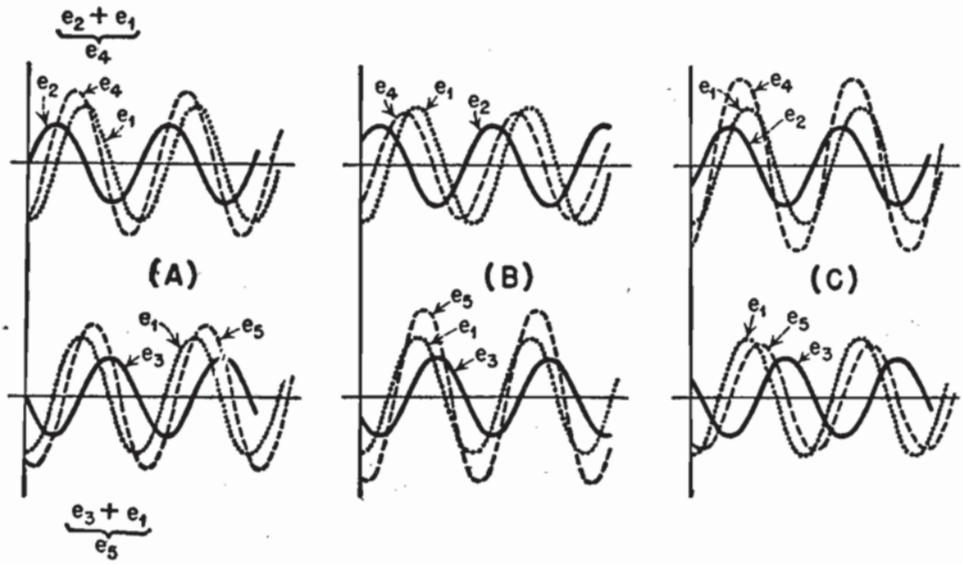


Fig. 4.37. - La sovrapposizione di due segnali ad ampiezza costante, ma fuori fase, determina un terzo segnale ad ampiezza variabile, e quindi atto ad essere rivelato.

è indicata la formazione della tensione e_4, applicata al diodo V1; in basso è indicata la formazione di e_5, applicata al diodo V2.

Le tensioni secondarie, e_2 e e_3, sono disegnate a tratto pieno. Esse sono in opposizione di fase, come sempre avviene quando l'avvolgimento è provvisto di presa al centro. Inoltre esse si trovano sfasate di 90° rispetto alla tensione primaria e_1, alla quale sono sovrapposte.

Nell'esempio *A*), le due tensioni risultanti e_4 e e_5 sono eguali, sono cioè della stessa ampiezza. Tale ampiezza è un po' maggiore di quella della tensione primaria, in quanto ad essa è sovrapposta anche la tensione secondaria corrispondente, sfasata di 90°. L'ampiezza si mantiene costante, e non dà luogo ad alcun segnale BF, ma solo ad una tensione continua, data l'assenza di modulazione.

Nell'esempio *B*) vi è una deviazione di frequenza sopra quella di risonanza, sopra i 10,7 Mc/s, per presenza di modulazione. Lo sfasamento non è più di 90°. La ten-

sione risultante e_4 è minore della tensione primaria, mentre la tensione risultante e_5 è maggiore della primaria. Ne risulta che la tensione applicata ad un diodo è minore di quella applicata all'altro diodo; ai capi delle due resistenze di carico R1 e R2 vi sono due tensioni diverse; la *differenza* di tali tensioni costituisce il segnale audio, prelevato dai capi *A* e *B* del rivelatore.

Nell'esempio C) vi è una deviazione di frequenza in senso opposto, sotto quella di risonanza a 10,7 Mc/s. In questo caso è la tensione risultante e_4 ad essere maggiore, mentre la e_5 è minore. Anche in questo caso si formano, ai capi delle resistenze di carico, due tensioni diverse, la cui differenza costituisce l'altra semionda del segnale BF.

Dalla figura risulta che mentre l'ampiezza della tensione primaria e quella delle tensioni secondarie RIMANE COSTANTE, l'ampiezza delle due tensioni risultanti VARIA.

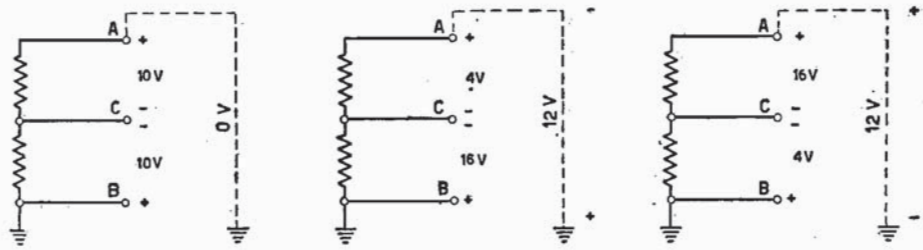


Fig. 4.38. - Il segnale audio è dato dalla differenza di tensione positiva ai capi A e B.

Sono due tensioni a modulazione d'ampiezza e di frequenza. Poichè le tensioni sono due, sono due anche i diodi rivelatori, ciascuno con il proprio circuito di carico, R1 e C4, R2 e C5.

I punti *A* e *B* da cui è prelevato il segnale BF sono ambedue a polarità positiva, in quanto sono corrispondenti ai catodi dei due diodi. In assenza di modulazione, la tensione positiva a ciascuno dei due catodi, e quindi ai due punti *A* e *B*, può essere, ad es., di + 10 V, rispetto al punto C. Poichè tanto *A* quanto *B* sono a + 10 V, la tensione tra di essi è zero. In altri termini, il punto *A* è a zero volt rispetto massa, come in fig. 4.38.

Se vi è modulazione, e la frequenza subisce un aumento, la tensione alla placca di V1 diminuisce, mentre a quella di V2 aumenta; se la tensione al catodo di V1 passa da + 10 V a + 4 V, quella al catodo di V2 passa da + 10 V a + 16 V. Il punto *A* è a + 4 V rispetto al punto C, mentre il punto *B* è a + 16 V, sicchè il punto *A* si trova a — 12 V rispetto a massa.

Se la frequenza subisce una corrispondente diminuzione, la tensione di placca di V1 aumenta, mentre quella di V2 diminuisce; la tensione al catodo di V1 passa da + 10 V a + 16 V, mentre quella al catodo di V2 passa da + 10 V a + 4 V. Il punto *A* è a + 16 V rispetto al punto C, mentre il punto *B* è a + 4 V, sicchè il punto *A* si trova a + 12 V rispetto a massa.

La modulazione di frequenza presente nel segnale in arrivo viene in tal modo convertita in segnale a bassa frequenza. Il rivelatore di fig. 4.35 consente di ricavare il segnale a bassa frequenza dal segnale FM a media frequenza. La rivelazione è sempre a modulazione di ampiezza, ma per effetto della conversione del segnale FM in segnale FM + AM, esso funziona come se fosse un rivelatore FM.

Il rivelatore FM descritto vien detto *discriminatore di fase* o anche *discriminatore di Foster-Seeley*. Esso presenta il grave inconveniente di rivelare anche i segnali-disturbo, tutti a modulazione di ampiezza. Era in uso nei primi apparecchi a modulazione di frequenza. Per evitare, almeno in parte, la presenza dei disturbi, veniva fatto precedere da una o da due valvole limitatrici, alle quali era affidato il compito di « tosare » il segnale a media frequenza, prima di farlo pervenire al rivelatore. In tal modo i segnali-disturbo venivano parzialmente eliminati.

PRINCIPIO DEL RIVELATORE FM A RAPPORTO.

La modulazione di frequenza è particolarmente utile per servire un gran numero di piccole zone, mediante trasmittenti di piccolissima potenza, a volte addirittura irrisoria, come ad es. quella di 50 watt. Ma affinchè ciò sia possibile è necessario che gli apparecchi riceventi a modulazione di frequenza non captino anche i disturbi, i quali possono essere molto più forti dei segnali-radio diffusi dalle stazioni di piccolissima potenza, diversamente la ricezione diventa praticamente impossibile.

Nei primi tempi, quando era in uso il discriminatore di fase descritto, la modulazione di frequenza non aveva possibilità di vasta diffusione, poichè richiedeva emittenti di potenza considerevole, non adatti per servire piccole località. Risultava un doppione della modulazione di ampiezza.

La modulazione di frequenza ottenne rapida diffusione non appena fu possibile realizzare un rivelatore FM simile a quello descritto, ma tale da escludere completamente i segnali-disturbo, ossia i segnali a modulazione di ampiezza, e risultare sensibile soltanto ai segnali risultanti dalla conversione di modulazione, anzidetta. Questo nuovo rivelatore, oggi presente in tutti gli apparecchi a modulazione di frequenza, è detto *rivelatore a rapporto*.

Mentre il discriminatore ottiene il segnale audio dalla *differenza* delle due tensioni BF, presenti ai capi delle due resistenze di carico R1 e R2, il rivelatore a rapporto ottiene lo stesso segnale audio dal RAPPORTO tra le stesse due tensioni.

Se, come nell'esempio fatto, la tensione a uno dei catodi è di + 16 V e la tensione all'altro catodo è di + 4 V, la *differenza* è di + 12 V. È questa la tensione del segnale audio. Si supponga che sia improvvisamente presente un segnale-disturbo, e che esso raddoppi tutte le tensioni, invece di + 16 si avrà + 32, e invece di + 4 si avrà + 8. La *differenza* sarà di + 24. Anche il segnale audio-disturbo sarà, logicamente, raddoppiato.

Questo raddoppiamento del segnale audio-disturbo non sarebbe avvenuto se invece della differenza si fosse trattato del rapporto. Infatti: il rapporto 16 : 4 = 4; ma anche il rapporto 32 : 8 = 4. È bastato questo semplice accorgimento per evitare

la ricezione dei segnali-disturbo da parte del rivelatore FM, con conseguente cambiamento di tutta la tecnica delle radiodiffusioni, degli apparecchi radio e dell'organizzazione del servizio delle radiodiffusioni. È solo perchè il rivelatore FM degli attuali apparecchi è del tipo a rapporto anzichè a differenza, che è stato possibile mettere in funzione centinaia di piccole emittenti FM sparse su tutto il territorio nazionale.

IL RIVELATORE CON DIODI IN SERIE.

Affinchè il segnale audio risulti dal rapporto e non dalla differenza tra le due tensioni BF presenti all'uscita del rivelatore, è necessario che i due diodi vengano disposti in serie, anzichè in parallelo, o meglio, è necessario che i due diodi e le due resistenze di carico siano disposti « a ponte », e che il segnale audio venga prelevato dai capi di una terza resistenza, collocata come un ponte, tra i due diodi e le due resistenze di carico. È questa la disposizione in uso per la misura delle resistenze, dei condensatori, delle induttanze e delle tensioni con gli apparecchi a ponte.

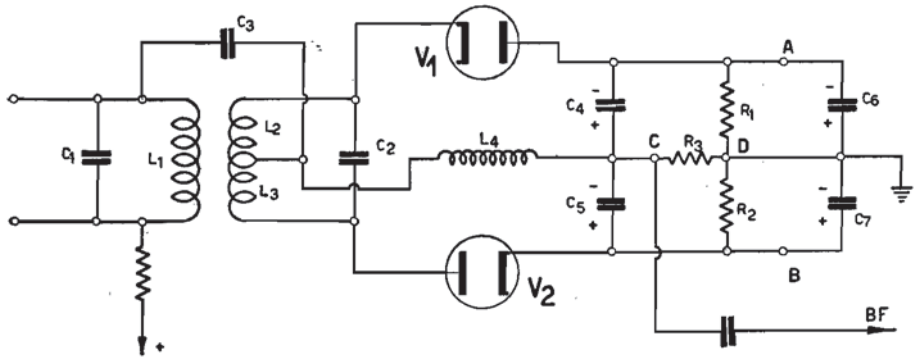


Fig. 4.39. - Schema di rivelatore a rapporto, con diodi in serie.

La fig. 4.39 riporta lo schema di un rivelatore FM a rapporto; i diodi V1 e V2 sono posti in serie anzichè in parallelo come nello schema del discriminatore; uno di essi è capovolto rispetto all'altro. Il segnale audio non viene prelevato dai punti *A* e *B*, ma dai punti C e *D*, dai capi della resistenza R3, posta tra i due rami del ponte, ossia tra la presa centrale del secondario e la presa tra le due resistenze di carico. Se ai capi delle due resistenze di carico, R1 e R2, vi è la stessa tensione, qualunque sia il suo valore, la resistenza R3 non è percorsa da alcuna corrente, poichè ai suoi capi non vi è alcuna differenza di potenziale. Non appena vi è modulazione, e vi è quindi differenza di tensione ai capi delle due resistenze, tale differenza provoca il passaggio di una corrente attraverso R3, e quindi una tensione ai suoi capi, ossia un segnale audio. Il valore della tensione ai capi di R3 è sempre data dal rapporto tra le due tensioni ai capi delle resistenze di carico.

La sovrapposizione delle tre tensioni a media frequenza FM, primaria e secon-

darie, avviene esattamente nello stesso modo come nel discriminatore. La diversità tra il discriminatore e il rivelatore a rapporto consiste soltanto nel diverso modo con cui viene prelevato il segnale audio.

Come detto, il grande vantaggio del rivelatore a rapporto consiste nel fatto che esso non rivela i segnali-disturbo, se non in modo assai limitato. Le tensioni-disturbo possono variare ampiamente il valore del numeratore e del denominatore, senza che perciò il rapporto abbia a risultare alterato. Ciò avviene sia se la tensione-disturbo provoca un aumento, sia se essa provoca una diminuzione nell'ampiezza della portante. Nell'esempio fatto, non solo $16 : 4 = 4$, e non solo $32 : 8 = 4$, ma anche $8 : 2 = 4$.

Il rivelatore FM a rapporto consente un'altra interessante innovazione. Il segnale-disturbo può essere tale da sopprimere completamente il segnale-radio, paralizzando il rivelatore FM, e portando a zero il segnale-audio. A questo inconveniente non era

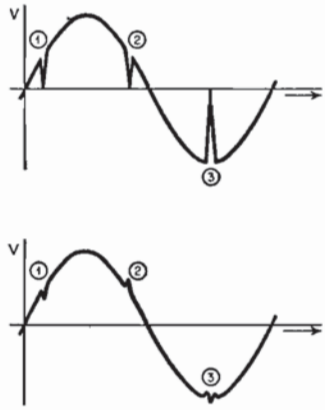


Fig. 4.40. - In alto, segnale audio rivelato con discriminatore, in presenza di disturbi; in basso, stesso segnale rivelato con rivelatore a rapporto, in presenza degli stessi disturbi.

possibile porre alcun rimedio quando era in uso il discriminatore di fase; è invece possibile ovviare ad esso con il rivelatore FM a rapporto. Basta infatti inserire due condensatori di capacità adeguata tra i punti *A* e *B*. I condensatori inseriti sono C6 e C7. Essi agiscono da condensatori-volano; forniscono la tensione necessaria per compensare le eventuali improvvise cadute del segnale-audio.

La fig. 4.40 riporta, in alto, quale può essere il segnale-audio prelevato da un discriminatore, spezzettato per la presenza di segnali-disturbo. La stessa figura riporta in basso come appare lo stesso segnale-audio, in presenza degli stessi disturbi, in seguito alla compensazione dovuta ai due condensatori-volano.

In assenza di segnali-disturbo, i due condensatori-volano si caricano al valore medio della tensione del segnale audio, e a tale valore la loro tensione di carica rimane sino all'istante in cui la tensione del segnale audio scompare, in questo istante essi si scaricano parzialmente, e compensano l'istantanea assenza del segnale audio, la quale non risulta avvertita dall'ascoltatore.

Infine, poichè il punto *A* è sempre a tensione negativa, è possibile prelevare da esso la tensione per il CAV.

Il rivelatore FM a rapporto descritto è detto *bilanciato*, in quanto i due rami del ponte sono eguali e possono venir paragonati ai due piatti di una bilancia.

Il rivelatore a rapporto, di tipo non bilanciato.

Non è necessario che il rivelatore a rapporto sia di tipo bilanciato, e che consenta la ricezione di ambedue le semionde del segnale audio, può essere di *tipo non bilanciato* (unbalanced ratio detector), in quanto la ricezione di una sola semionda del segnale è ampiamente sufficiente per una buona riproduzione sonora. La rivelazione dei segnali ad ampiezza modulata è sempre del tipo ad una sola semionda, e non vengono mai usati rivelatori a due diodi, i quali consentirebbero la rivelazione

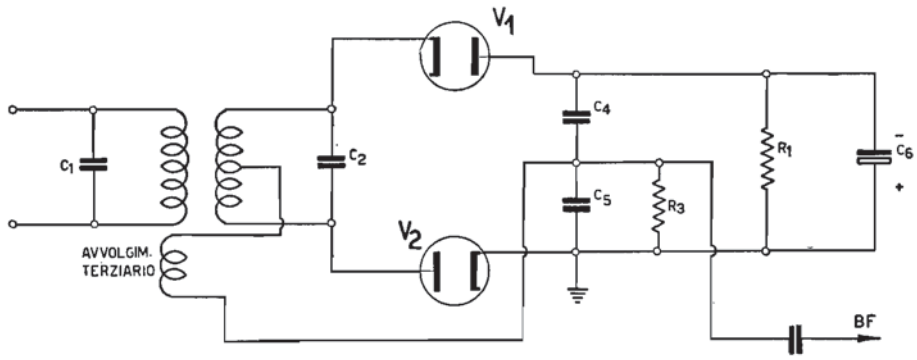


Fig. 4.41. - Schema di rivelatore a rapporto, di tipo non bilanciato, e con avvolgimento terziario.

dell'onda completa del segnale. Il rivelatore FM non bilanciato risulta più semplice. Un esempio tipico è quello di fig. 4.41. Le due resistenze R1 e R2 sono sostituite da una resistenza sola, R1, e i condensatori C6 e C7 sono sostituiti dal condensatore C6.

Con tale semplificazione, la presa di massa risulta collegata al catodo di V2; la resistenza R3 e il condensatore C5 sono anch'essi collegati a massa, mentre nello schema del rivelatore bilanciato erano isolati da massa. La resistenza R3 ha la stessa funzione, come nell'esempio precedente, e il condensatore C6 è sempre in funzione di condensatore-volano, quindi di capacità elevata. In genere si tratta di un elettrolitico da 2 a 10 microfarad.

In questo esempio di rivelatore a rapporto non bilanciato, la sovrapposizione della tensione primaria con le due tensioni secondarie è ottenuta mediante un *avvolgimento terziario*, strettamente accoppiato all'avvolgimento primario e collegato al centro di quello secondario. Il risultato non varia pur consentendo una maggiore semplicità costruttiva; infatti il condensatore C3 e la bobina d'impedenza L4 risultano sostituiti da alcune spire, tre o quattro, avvolte sopra l'avvolgimento primario. Per questa ragione, negli attuali rivelatori FM è quasi sempre usato l'avvolgimento terziario al posto del condensatore e dell'impedenza AF.

Esempi di rivelatori a modulazione d'ampiezza e di frequenza.

Negli esempi precedenti sono stati indicati due diodi per la rivelazione FM; in pratica essi sono contenuti in una stessa valvola, insieme con il diodo per la rivelazione AM e il triodo per l'amplificazione di tensione del segnale audio. Un esempio di rivelatore a modulazione d'ampiezza e di frequenza è quello di fig. 4.42.

Il rivelatore FM è quello stesso dell'esempio precedente; è del tipo a rapporto,

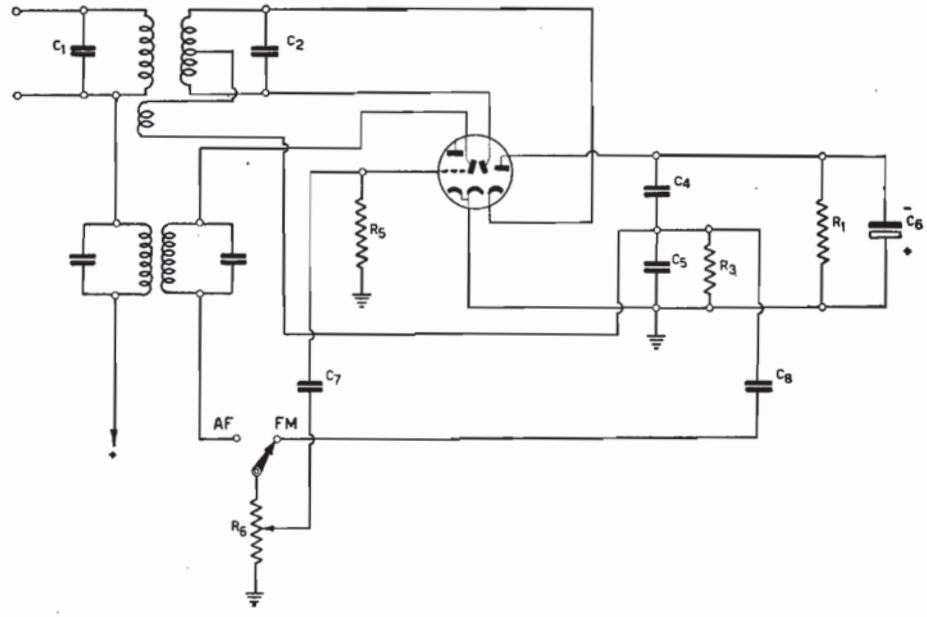


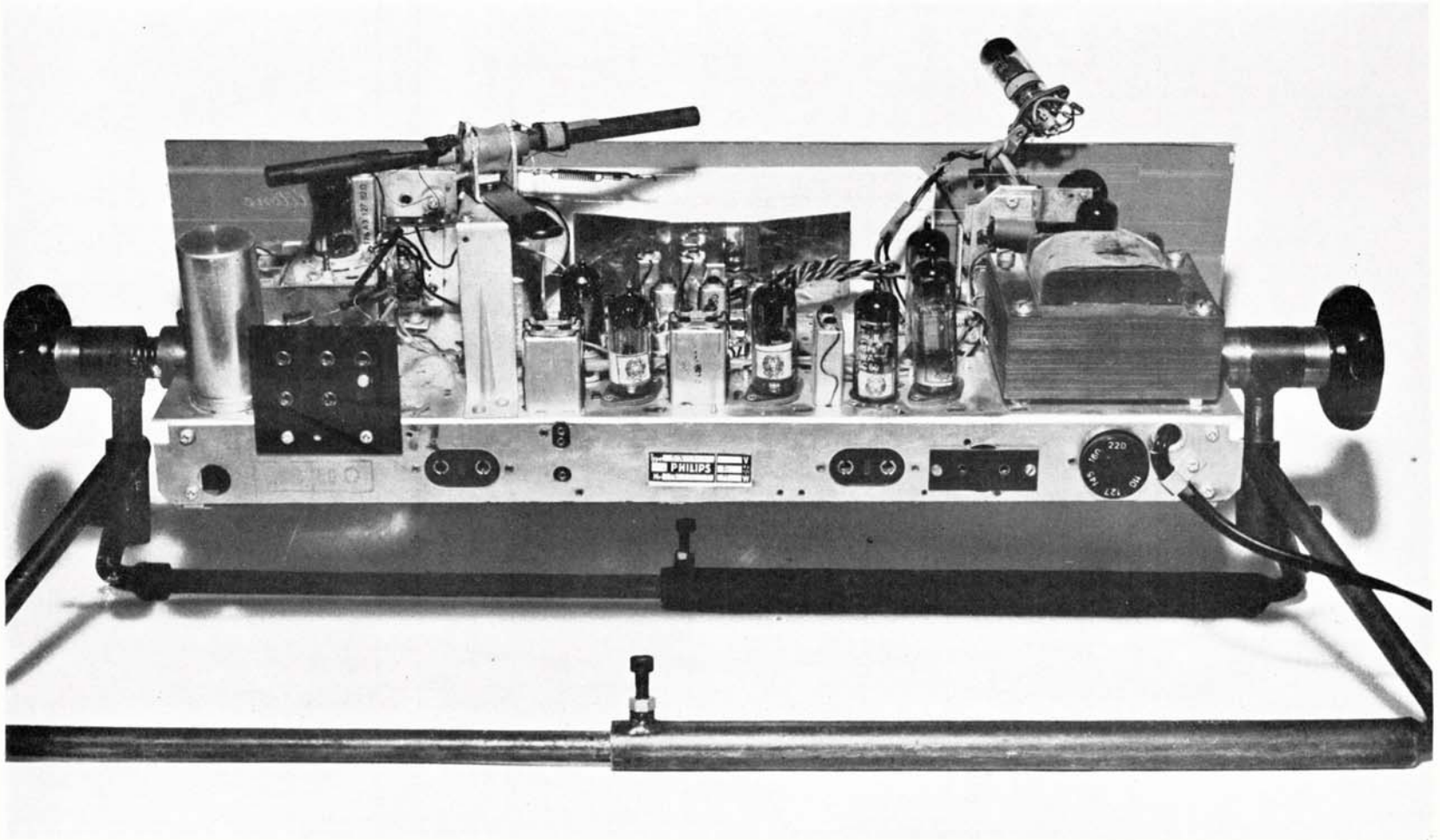
Fig. 4.42. - Esempio di rivelatore per apparecchio a modulazione di ampiezza e di frequenza. È un'applicazione pratica dello schema di fig. 4.41.

non bilanciato, e con avvolgimento terziario. I valori generalmente utilizzati sono i seguenti:

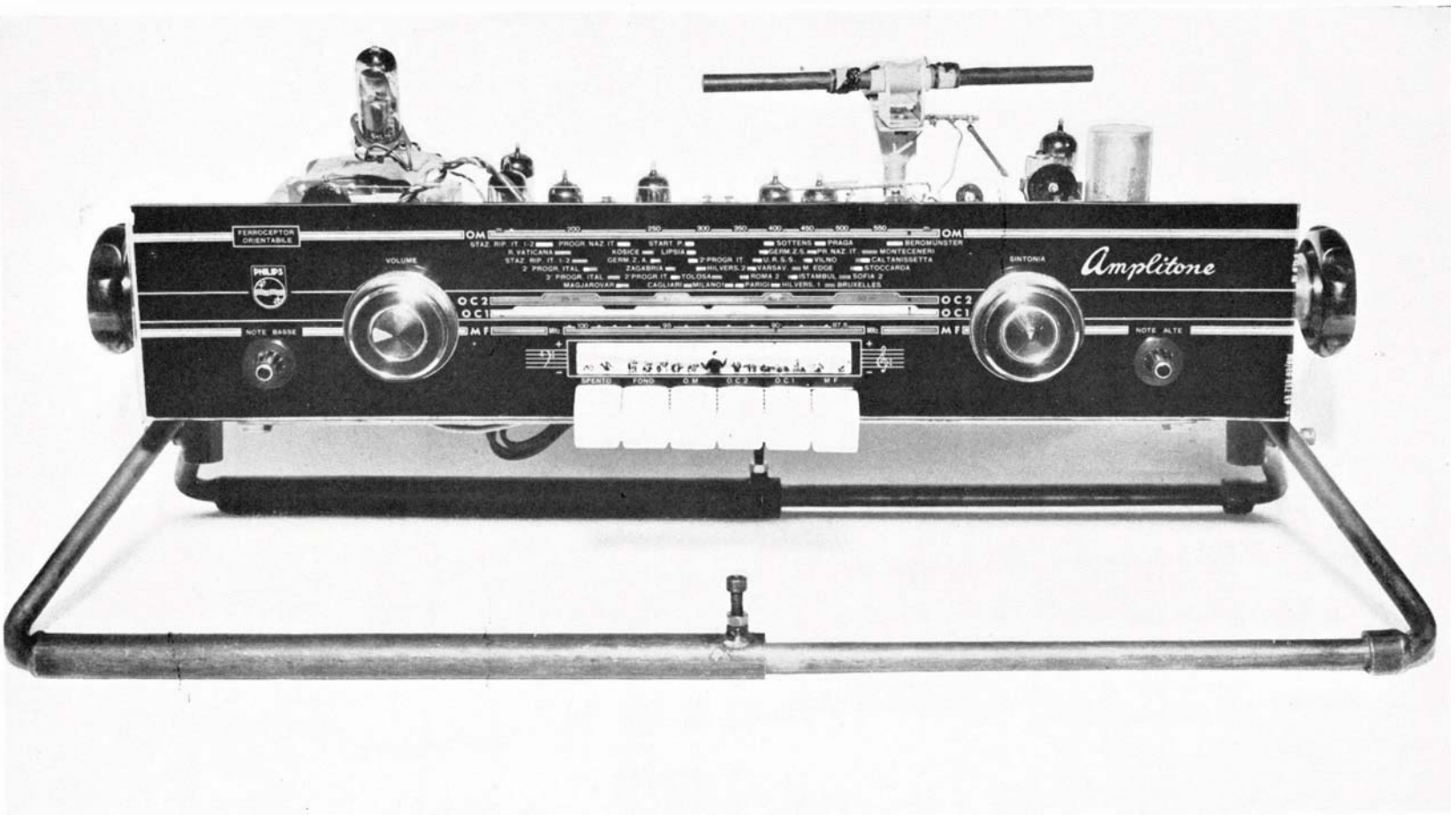
C4 = 330 pF
C5 = 330 pF
C6 = 3 μF a 70 V
C7 = 10 kpF
C8 = 10 kpF

R1 = 33 kΩ
R3 = 15 kΩ
R5 = 10 MΩ
R6 = 2 MΩ variabile

Un inversore consente il passaggio dalla ricezione FM alla ricezione AM; questa ultima è ottenuta con un terzo diodo, nel solito modo.



Tav. III. - Telaio di apparecchio radio a modulazione di ampiezza e di frequenza, con una gamma onde medie (da 186 a 578 m), due gamme onde corte (da 14,3 a 26 m e da 24 a 51,5 m) e una gamma onde ultracorte (da 87,5 a 100 Mc/s). Commutatore di gamma a tastiera. Due altoparlanti. Antenna OM in ferroceptor semiorientabile; antenna OC a dipolo interno funzionante da antenna; antenna OUC a dipolo. (Philips BI 571 A).



Tav. IV. - Apparecchio AM FM di cui la tav. III, visto di fronte. Funziona a otto valvole più occhio magico.

Osservando la figura, si può notare che la resistenza fissa R3 si trova in parallelo con la resistenza variabile R6, tramite il condensatore C8 di 10 000 picofarad. La stessa resistenza variabile del controllo di volume può sostituire la resistenza fissa R3, ciò che consente di eliminare quest'ultima e anche il condensatore C8, con ulteriore semplificazione del circuito.

Un esempio di applicazione pratica del rivelatore a rapporto, non bilanciato e semplificato, è quello di fig. 4.43. Esso fa parte dello schema complessivo di appa-

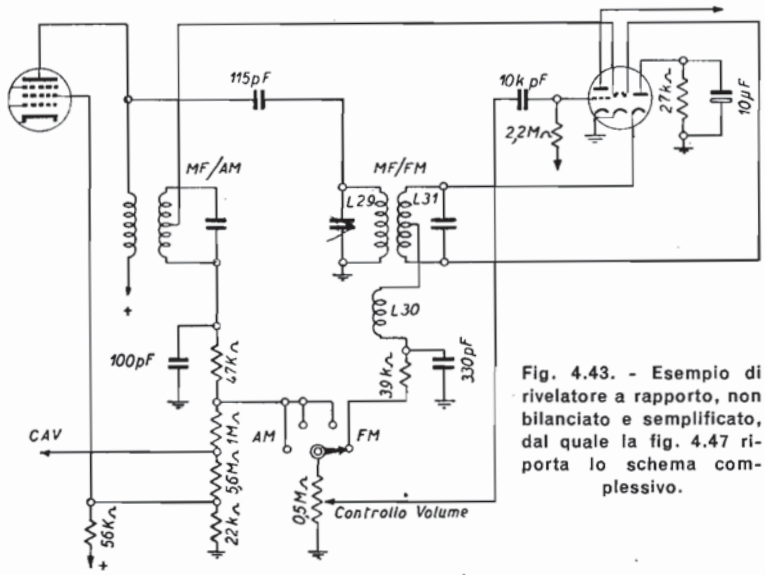


Fig. 4.43. - Esempio di rivelatore a rapporto, non bilanciato e semplificato, dal quale la fig. 4.47 riporta lo schema complessivo.

recchio a modulazione di ampiezza e di frequenza di cui la fig. 4.47; i tre avvolgimenti del trasformatore MF/FM sono indicati con L29, L30 e L31 come nello schema complessivo, affinchè possano venir rintracciati facilmente.

Anche in questo esempio alla rivelazione d'ampiezza e di frequenza, nonchè alla amplificazione di tensione del segnale audio, provvede una valvola a tre diodi e un triodo. I valori dei componenti sono indicati nello schema. Il commutatore è a quattro posizioni, essendo il ricevitore adatto per onde medie, corte e cortissime, oltre alle ultracorte a modulazione di frequenza.

Il filtro di deenfasi.

Con la modulazione di frequenza è possibile mettere in onda una più ampia gamma di frequenze sonore, e ottenere perciò riproduzioni musicali a fedeltà più elevata. Mentre con la modulazione di ampiezza non è possibile ottenere la riproduzione di frequenze sonore oltre i 4 000 cicli/secondo, con la modulazione di frequenza è possibile superare notevolmente questo limite, con conseguente possibilità di riproduzione delle frequenze elevate degli strumenti musicali.

La riproduzione di frequenze oltre i 4 000 c/s presenta un grave inconveniente: quello di rendere presente il fruscio delle valvole, ossia il rumore di fondo dovuto alla agitazione termica dell'emissione elettronica. È per questa ragione che è opportuno eliminare tutte le frequenze elevate, intorno e oltre i 4 000 c/s. Tale eliminazione delle frequenze armoniche superiori riduce però alquanto la naturalezza delle riproduzioni sonore, la quale potrebbe essere ottenuta approfittando del maggiore canale FM, rispetto quello AM, e conseguente possibilità di mettere in onda anche frequenze assai elevate.

Essendo questo il secondo grande vantaggio della FM rispetto l'AM, l'inconveniente della riproduzione del fruscio delle valvole è stato notevolmente attenuato mediante un particolare accorgimento. Esso consiste nell'amplificare di più le frequenze sonore elevate, tanto di più quanto più sono elevate, all'atto della trasmissione, e di filtrare tali frequenze in modo da riportarle al livello normale, all'atto della ricezione. Così facendo si ottiene di ridurre alquanto il fruscio, il quale risulta filtrato, e di ridurre quanto basta le frequenze sonore elevate. Sono in uso i due termini: *enfasi* per la trasmissione, e *deenfasi* per la ricezione.

Gli apparecchi FM sono provvisti di un filtro deenfasi, posto all'uscita del rivelatore FM, prima del controllo di volume, o combinato con esso. Consiste di un condensatore di capacità elevata, intorno ai 5 000 pF, e di una resistenza fissa adeguata. La costante di tempo del filtro è, generalmente, di 75 microsecondi.

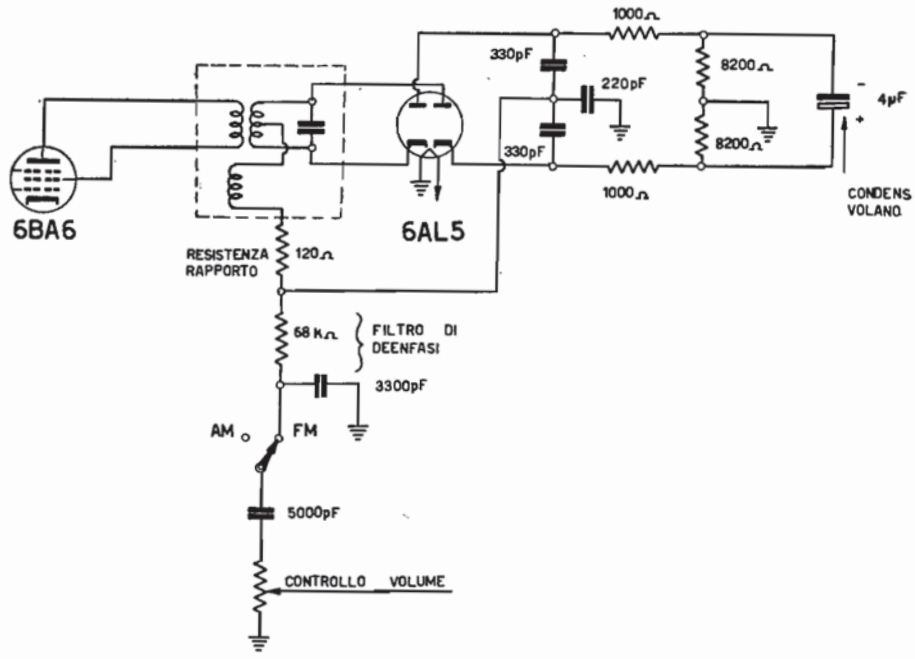


Fig. 4.44. - Rivelatore a rapporto con valvola 6AL5 di apparecchio AM/FM ad alta fedeltà musicale.

La fig. 4.44 riporta lo schema dello stadio rivelatore di un apparecchio AM/FM del tipo ad alta fedeltà di riproduzione; la rivelazione del segnale FM è affidata ad una valvola doppio diodo 6AL5. L'avvolgimento terziario è collegato alla presa al centro dell'avvolgimento secondario, e alla presa tra i due condensatori fissi di rivelazione, di 330 pF ciascuno. La resistenza di rapporto, presente in serie al terziario, è di 120 ohm. È la resistenza R3 degli esempi precedenti. Il condensatore-volano è di 4 microfarad.

Il filtro deenfasi è costituito da un condensatore di 3 300 pF e da una resistenza di 68 000 ohm.

Un altro esempio è quello di fig. 4.45. In questo caso si tratta di apparecchio AM/FM più semplice; i due diodi per la rivelazione FM sono contenuti nella valvola

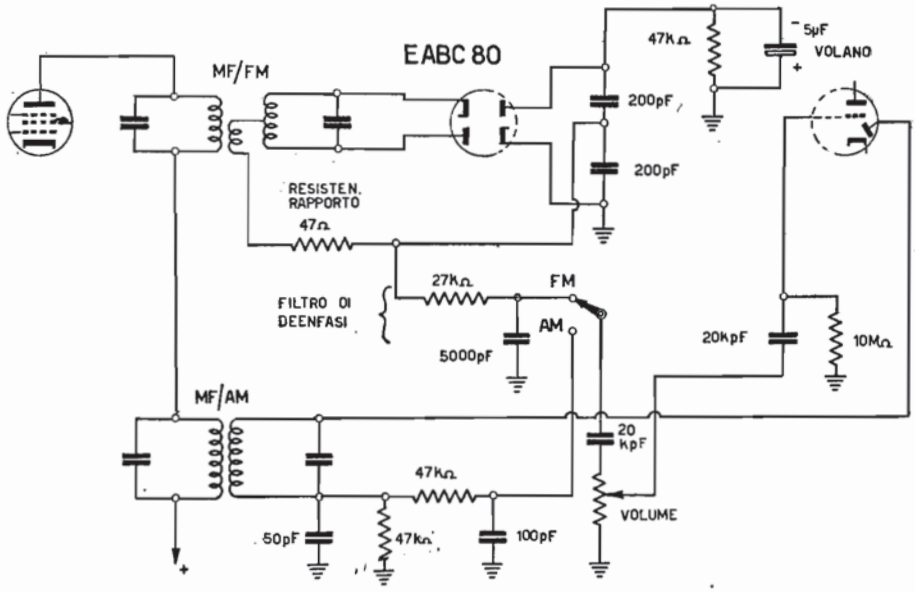


Fig. 4.45. - Esempio di rivelatore a rapporto con filtro deenfasi, per il segnale MF/FM, e di rivelatore per onde medie e corte.

EABC80. In figura la valvola è disegnata in due parti, solo per semplicità. Il circuito complessivo è più semplice. Il filtro deenfasi è formato da un condensatore di capacità maggiore, 5 000 pF invece di 3 300 pF, ma la resistenza è di valore inferiore, di 27 000 ohm invece di 68 000 ohm. Ciò che importa è che il valore del condensatore sia condizionato a quello della resistenza, in modo che la costante di tempo sia quella necessaria, di 75 microsecondi.

Alcuni apparecchi ad alta fedeltà musicale sono provvisti di *controllo deenfasi*, costituito da una resistenza variabile al posto della fissa.

Esempio di apparecchio AM/FM con valvole di tipo americano.

In fig. 4.46 è riportato lo schema di un tipico apparecchio radio a modulazione d'ampiezza e di frequenza (AM/FM) funzionante con la normale serie di valvole di tipo americano. Le valvole sono complessivamente sei, ed hanno le seguenti funzioni:

V1) **12AT7** . . . . *solo per FM*; un triodo amplificatore AF e l'altro convertitore di frequenza.

V2) **6AJ8** . . . . . *per AM e FM*; convertitrice di frequenza per AM e, con la sezione eptodo, prima amplificatrice a media frequenza FM.

V3) **6BA6** . . . . . *per AM e FM*; amplificatrice MF per AM, e seconda MF per FM.

V4) **6T8** . . . . . *per AM e FM*; rivelatrice e amplificatrice di tensione a bassa frequenza.

V5) **50L6** . . . . . amplificatrice finale di potenza.

V6) **5Y3** . . . . . raddrizzatrice a onda intera per l'alimentazione.

V7) **6E5** . . . . . indicatrice di sintonia.

L'unità FM è disegnata in basso a sinistra; funziona con una valvola doppio triodo 12AT7. L'unità AM consiste del condensatore variabile, del gruppo di bobine per OM, OC1 e OC2 e del commutatore di gamma.

Dei tre trasformatori MF, il primo è solo per FM, ed è incluso nell'unità FM. Gli altri due trasformatori FM contengono gli avvolgimenti per la MF/FM e per la MF/AF. Gli avvolgimenti sono in serie in quanto, data la forte diversità di frequenza, non hanno alcun reciproco effetto nocivo.

Il rivelatore FM è del tipo a rapporto; alla sua uscita vi è il filtro di deenfasi.

Lo stadio d'amplificazione finale è provvisto di reazione inversa prelevata dalla bobina mobile dell'altoparlante e applicata al circuito di griglia del triodo della valvola rivelatrice. La potenza d'uscita è di 2,5 watt con 10% di distorsione.

Lo stadio alimentatore consiste del trasformatore di tensione, della valvola raddrizzatrice, alle cui placche è applicata la tensione di 230 volt, e dei condensatori elettrolitici di livellamento. La tensione positiva massima è applicata alla valvola finale, tramite una presa sul primario del trasformatore d'uscita, il quale provvede anche al livellamento della tensione pulsante.

La tensione al primo elettrolitico è di 200 volt, quella alla placca della finale è di 190 volt, la tensione anodica per le altre valvole è di 175 volt. La corrente anodica totale è di 67 mA in posizione AM, e di 70 mA in posizione FM.

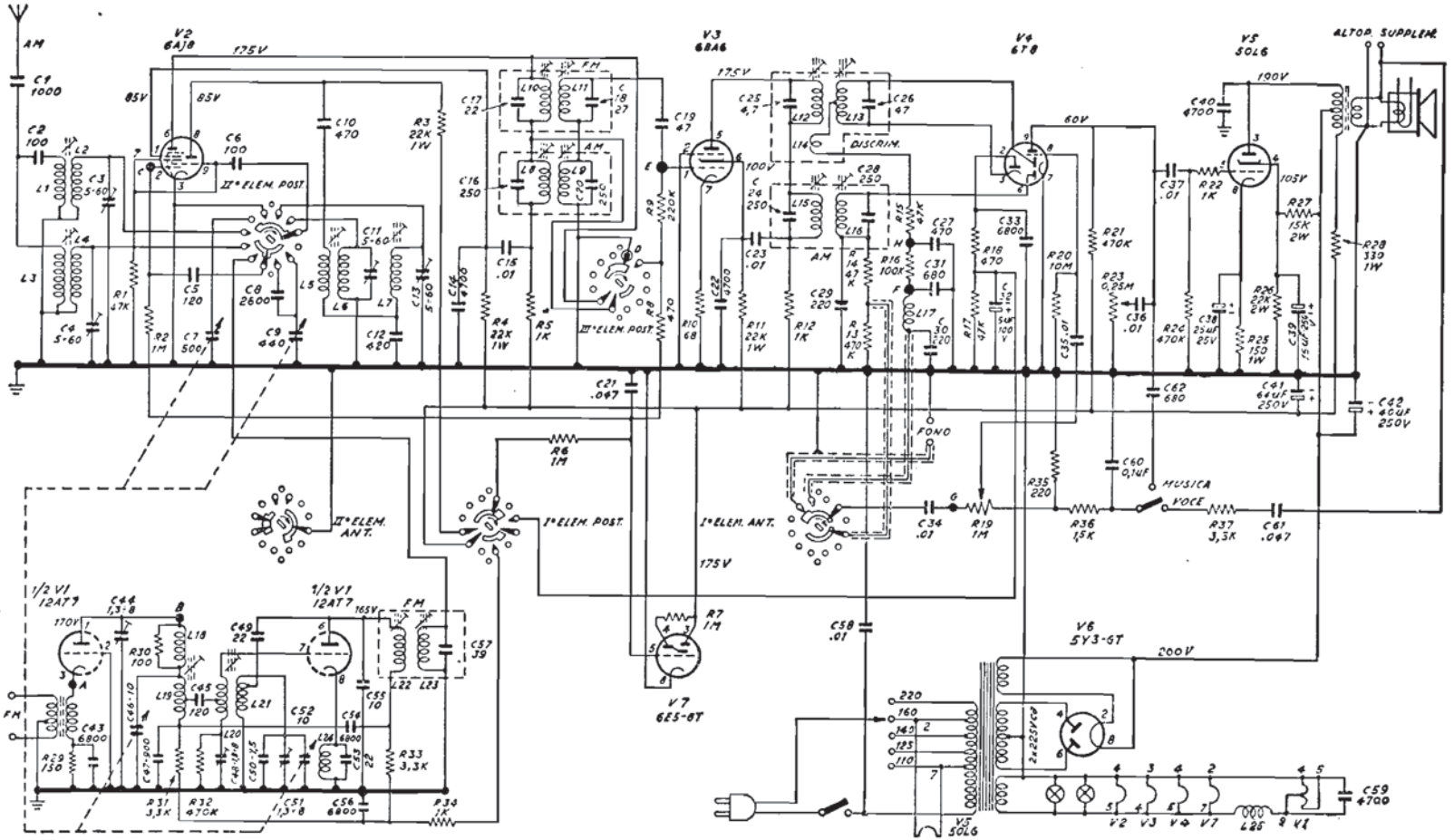


Fig. 4.46. - Schema di apparecchio a modulazione di ampiezza e di frequenza di produzione commerciale (Radio Marelli).

Esempio di apparecchio AM/FM con valvole di tipo europeo.

La fig. 4.47 riporta lo schema complessivo di un apparecchio a onde medie, e due gamme onde corte, nonchè una gamma onde ultracorte, quest'ultima a modulazione di frequenza. Funziona con sei valvole, due ECH81, una EF85, una EABC80, una EL41 e una EZ80.

Le sei valvole hanno le seguenti funzioni:

ECH81 (prima) . . . *eptodo*: solo per FM, come amplificatore AF;
triodo: solo per AM, come oscillatore locale.

ECH81 (seconda) . . *eptodo*: in FM, come primo amplificatore a media frequenza; in AM, come convertitore di frequenza;
triodo: solo per FM, come oscillatore additivo.

EF85 . . . . . in FM, come seconda MF, in AM, come amplificatrice MF.

EABC80 . . . . . in FM: due diodi per il rivelatore a rapporto, il triodo per amplificatore BF, un diodo non usato;
in AM: un diodo per la rivelazione e il triodo per l'amplificazione BF; due diodi non usati.

EL41 . . . . . amplificatrice finale.

EZ80 . . . . . raddrizzatrice dell'alimentatore.

La fig. 4.48 illustra un dettaglio della parte relativa al gruppo AF e conversione ad onde medie (OM), corte (OC) e cortissime (OCS).

La media frequenza è tarata a 452 kc/s; la gamma onde medie va da 518 a 1630 kc/s, per cui la gamma d'oscillatore OM va da 970 a 2082 kc/s.

Il commutatore di gamma è a 9 sezioni, 6 delle quali per la ricezione AM (indicate in figura), e 3 per la ricezione FM. Ciascuna sezione è a 4 posizioni, 3 per l'AM e 1 per l'FM.

La fig. 4.49 illustra un altro dettaglio dello schema complessivo, quello relativo alla modulazione di frequenza; precisamente all'amplificazione AF del segnale FM mediante la sezione eptodo della prima ECH81, la conversione di frequenza con il triodo della seconda ECH81, l'amplificazione MF con l'eptodo di questa stessa valvola, nonchè con il pentodo EF85.

Il funzionamento dell'unità FM è già stata descritta nelle pagine precedenti. I dati degli avvolgimenti sono già stati indicati.

Il primo trasformatore MF del segnale FM è contenuto nell'unità FM. Il secondo si trova nella stessa custodia che contiene anche il primo trasformatore MF/AM.

In posizione AM del commutatore di gamma, non vi è tensione alla placca del triodo della seconda ECH81, per l'azione della sezione F del commutatore stesso.

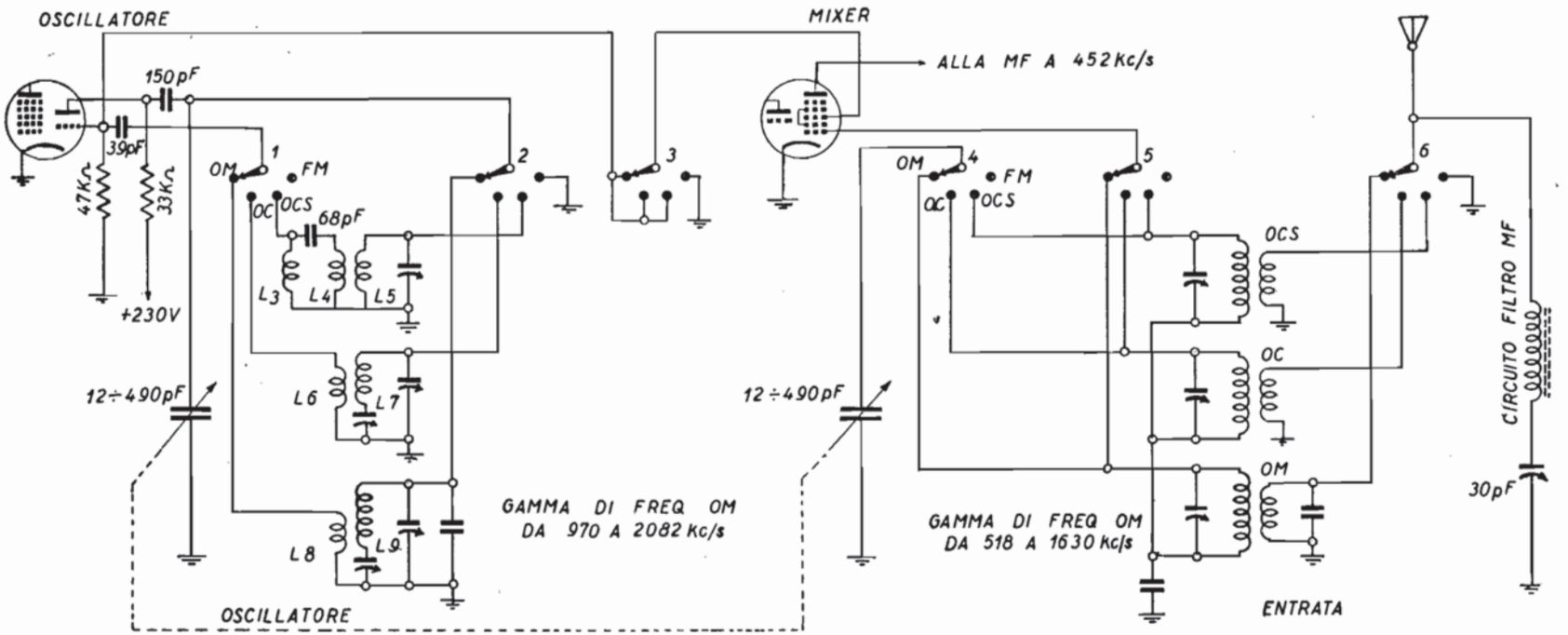


Fig. 4.48. - Dettaglio della parte relativa allo stadio AF e a quello di conversione, a modulazione d'ampiezza, dello schema di fig. 4.47.

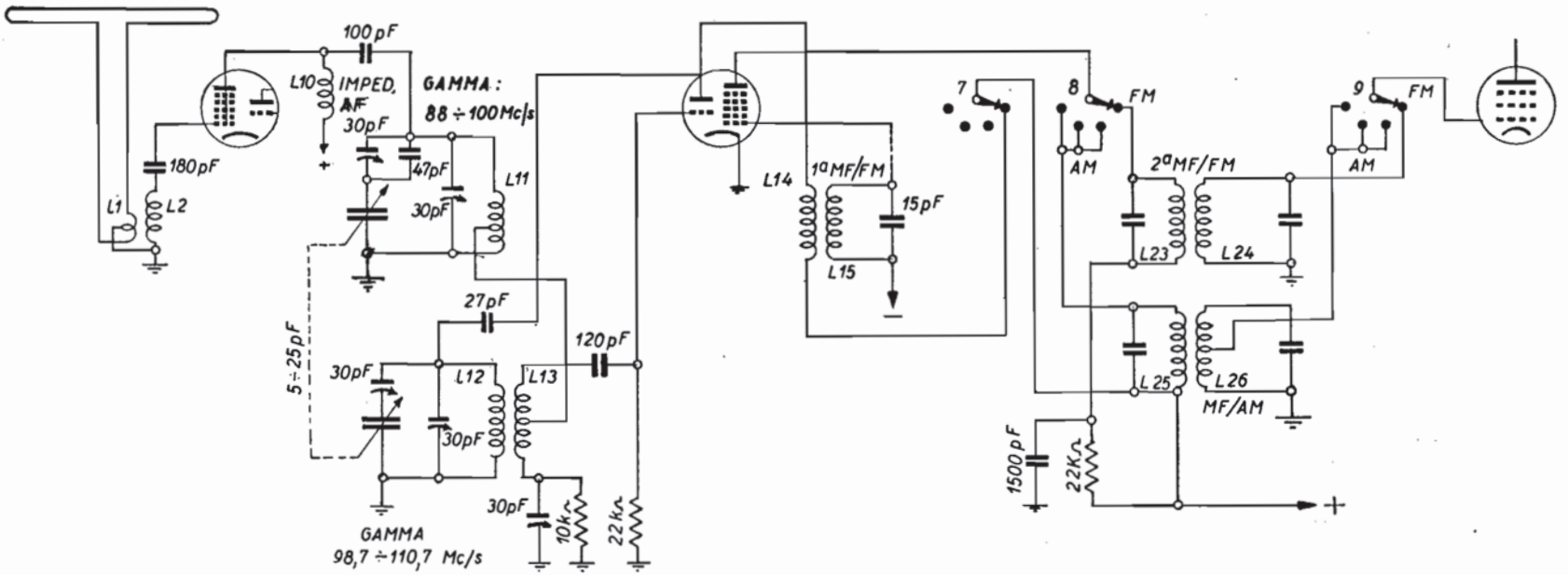


Fig. 4.49. - Dettaglio della parte relativa allo stadio AF e a quello di conversione, a modulazione di frequenza, dello schema di fig. 4.47.

La fig. 4.43 ha illustrato la parte relativa alla rivelazione AM e FM e alla amplificazione di tensione BF.

I due trasformatori MF finali, quello per l'FM e l'altro per l'AM, sono separati. La rivelazione AM avviene con uno dei tre diodi della valvola EABC80. La resistenza di carico AM consiste di quattro resistenze in serie; le ultime tre, una di 1 megaohm, una di 5,6 megaohm, e la terza di 22 chiloohm, consentono di prelevare la tensione CAV, e di applicare la tensione positiva alla griglia di soppressione della EF85.

Il controllo di volume, di 0,5 megaohm, si trova in parallelo alle tre resistenze indicate, oppure in serie con il circuito rivelatore FM. Quest'ultimo è del tipo a rapporto; con avvolgimento terziario. La resistenza di rivelazione è di 47 ohm, in serie all'avvolgimento terziario. Il filtro deenfasi consiste di una resistenza di 39 000 ohm e da un condensatore, di 2 200 pF.

Dalla placca del triodo della EABC80, il segnale BF amplificato passa all'entrata della valvola finale EL41. Il catodo della finale è collegato all'avvolgimento secondario del trasformatore d'uscita; la tensione negativa di polarizzazione è ottenuta con due resistenze fisse poste tra il centro dell'avvolgimento AT del trasformatore di alimentazione e massa.

BOBINE DELLO STADIO RIVELATORE FM.

L'avvolgimento primario L29 è cilindrico, e consiste di 37 spire affiancate, con filo di 0,3 mm rame smaltato. L'induttanza è di 7,4 microhenry. L'avvolgimento secondario L31 è avvolto bifilarmente; consiste di 2 × 14 spire di filo da 0,5 mm rame smaltato. L'induttanza è di 5,6 microhenry, senza nucleo ferromagnetico.

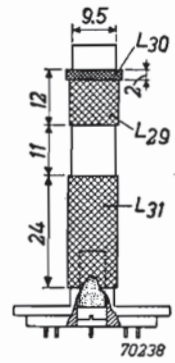


Fig. 4.50. - Particolare degli avvolgimenti dell'ultimo trasformatore MF/FM dello schema di fig. 4.47.

L'avvolgimento terziario L30 è avvolto sopra il primario; consiste di 6 spire e tre quarti, filo da 0,3 mm, rame smaltato.

Primario e secondario sono provvisti di nucleo ferromagnetico; il supporto è di 9,5 mm di diametro esterno; la custodia metallica è di 30 × 60 mm. La fig. 4.50 illustra la disposizione degli avvolgimenti; le indicazioni sono in millimetri.