

LA MODULAZIONE DI FREQUENZA

Necessità della modulazione di frequenza.

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 trasmettenti 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 trasmettenti si sarebbero disturbate a vicenda.

Il problema di far funzionare alcune centinaia di stazioni trasmettenti 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.

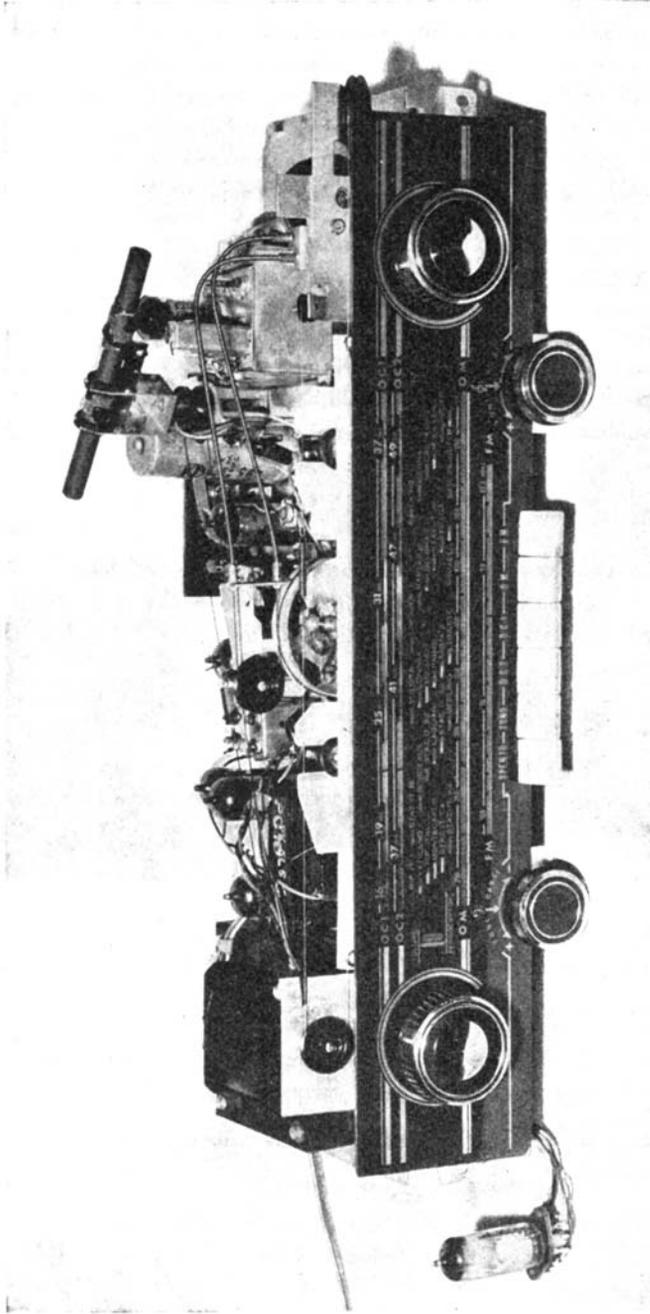


Fig. 5.1. - Esempio di telaio di apparecchio a modulazione d'ampiezza e di frequenza.
(Philips BI 550 A).

È così 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 invece 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. 5.2 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. Poiché 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.

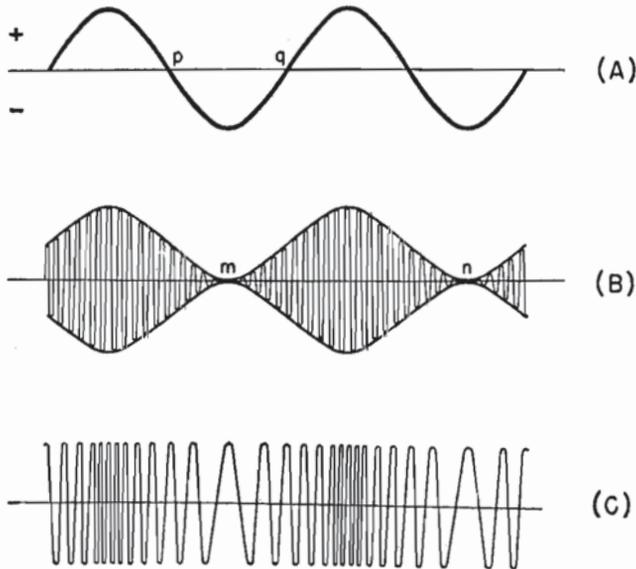


Fig. 5.2. - (A) segnale audio, (B) alta frequenza con modulazione d'ampiezza, (C) alta frequenza con modulazione di frequenza.

La fig. 5.3 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 vuol 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

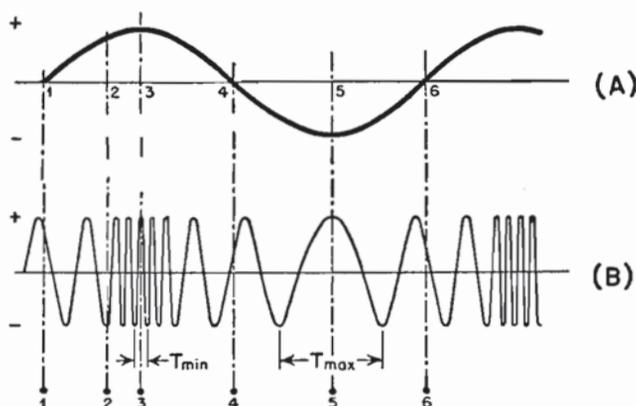


Fig. 5.3. - Caratteristiche della modulazione di frequenza.

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 della modulazione di frequenza.

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.

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.

Gli apparecchi a modulazione di frequenza richiedono, come detto, due stadi d'amplificazione in più degli apparecchi a modulazione d'ampiezza, uno stadio di amplificazione in alta frequenza, prima della conversione di frequenza, e uno stadio d'amplificazione a media frequenza in più. Ciò è necessario data la minore amplificazione ottenibile dalle valvole, e quindi il minor guadagno per stadio, in conseguenza delle frequenze molto alte usate per le trasmissioni a modulazione di frequenza.

Gli apparecchi usuali per la ricezione FM sono però a cinque valvole, più la raddrizzatrice o il rettificatore al selenio; ciò poichè l'amplificazione ad alta frequenza è ottenuta con un triodo, e la conversione di frequenza è ottenuta con un altro triodo. Non è possibile utilizzare un pentodo per l'amplificazione AF dei segnali ad altissima frequenza; è necessario usare un triodo, per quanto l'amplificazione risulti minore. Nello stesso modo, è necessario usare un triodo per la conversione di frequenza; data l'altissima frequenza del segnale, un triodo solo risulta sufficiente per funzionare sia come oscillatore sia come mescolatore.

In fig. 5.4 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

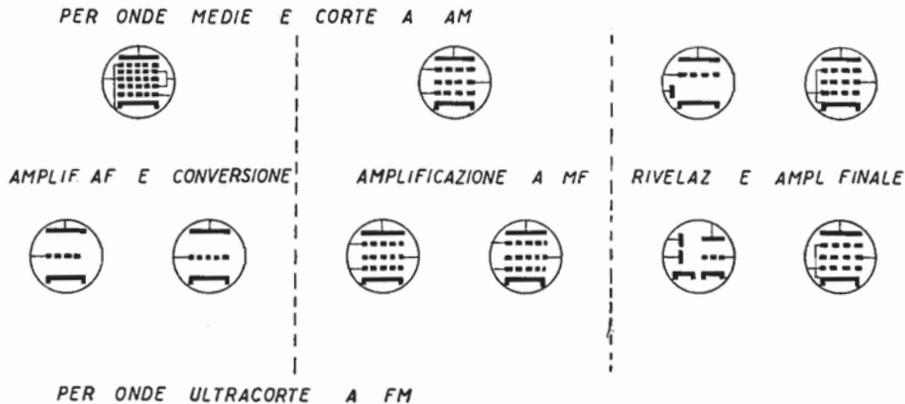


Fig. 5.4. - Stadi e valvole di apparecchio radio a modulazione d'ampiezza, e quelli di apparecchio a modulazione di frequenza.

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.

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. 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.

La funzione delle valvole negli apparecchi AM/FM.

La fig. 5.5 riporta, in alto, quale può essere la serie di valvole di un tipico apparecchio a modulazione di frequenza, quindi per sole onde ultracorte.

L'amplificazione ad alta frequenza dei segnali OUC è ottenuta con un triodo come già detto. La conversione di frequenza è ottenuta con un altro triodo. I due triodi sono contenuti entro un'unica ampolla di vetro, formano cioè una sola valvola, un doppio triodo AF.

Il segnale ad OUC e FM giunge all'entrata del primo triodo, viene amplificato e passa all'entrata del secondo triodo; quest'ultimo è in oscillazione; il segnale amplificato si sovrappone a quello generato dal secondo triodo; ne risulta la conversione della sua frequenza, in una frequenza più bassa, a media frequenza FM.

Il segnale a media frequenza FM viene amplificato da un primo pentodo, quindi da un secondo pentodo. L'amplificazione con pentodi è possibile in quanto la frequenza è minore. Quella d'entrata è dell'ordine di 100 megacicli, mentre la media frequenza è dell'ordine di 10 megacicli.

La rivelazione è ottenuta con una valvola provvista di due diodi con catodi separati, come necessario per la rivelazione del segnale FM, nonchè di un triodo per l'amplificazione del segnale BF rivelato. (La valvola indicata in figura è provvista di tre diodi; uno di essi non viene utilizzato).

L'amplificazione finale è ottenuta con un pentodo di potenza, ed avviene come negli apparecchi a modulazione d'ampiezza.

ESEMPIO DI VALVOLE PER APPARECCHIO A MODULAZIONE D'AMPIEZZA E DI FREQUENZA. — La stessa fig. 5.5 indica, in basso, quale può essere la serie di valvole dello stesso apparecchio di cui sopra, al quale siano stati aggiunti i circuiti per la ricezione anche delle onde medie e corte, a modulazione d'ampiezza.

Le valvole sono le stesse, ad eccezione della seconda. Al posto del primo pen-

todo, amplificatore a media frequenza, vi è un triodo-esodo (o triodo eptodo). Esso provvede a due funzioni distinte:

- a) in posizione AM, provvede alla conversione di frequenza;
- b) in posizione FM, provvede all'amplificazione AM (onde medie e corte).

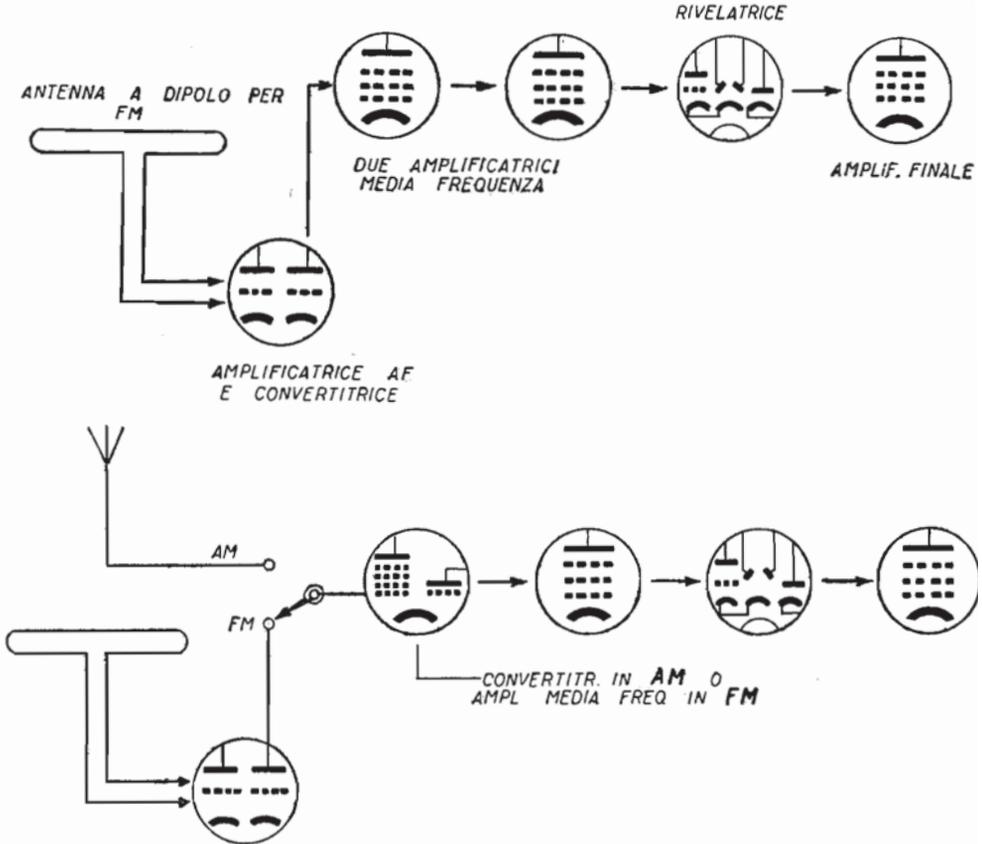


Fig. 5.5. - Al posto della prima valvola amplificatrice MF/FM (v. in alto) viene generalmente utilizzata la convertitrice di frequenza AM.

Quando l'apparecchio è in posizione AM (onde medie o corte), il doppio triodo è escluso; l'entrata del triodo-esodo è collegata al circuito d'antenna OM e OC. L'apparecchio funziona con quattro valvole. La prima provvede alla conversione di frequenza, la seconda all'amplificazione a media frequenza, la terza alla rivelazione (con uno dei tre diodi) e l'amplificazione BF, la quarta all'amplificazione finale di potenza.

Quando l'apparecchio è in posizione FM (onde ultracorte) il doppio triodo è inserito; l'apparecchio funziona con cinque valvole. L'uscita del secondo triodo è

collegata all'entrata dell'esodo, i quale provvede alla prima amplificazione MF del segnale FM. (Il triodo del triodo-esodo è staccato, è privo di tensione anodica).

ESEMPIO DI VALVOLE DI TIPO AMERICANO PER APPARECCHIO AM/FM.

La fig. 5.6 illustra quale può essere la funzione delle sei valvole di tipo americano di un tipico apparecchio con OM e OC a modulazione di ampiezza, e OUC a modulazione di frequenza.

Un doppio triodo 12AT7 provvede all'amplificazione AF delle OUC e alla loro conversione di frequenza. Alla prima amplificazione a media frequenza delle OUC

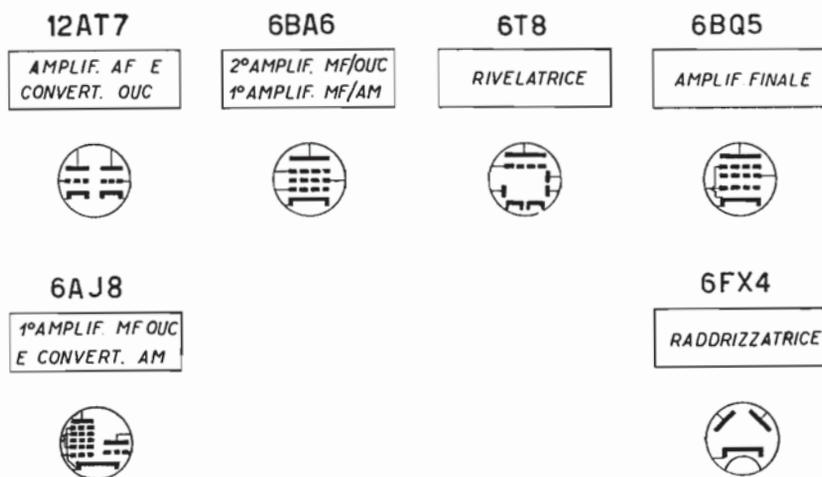


Fig. 5.6. - Funzione delle sei valvole di tipico apparecchio a modulazione d'ampiezza e di frequenza.

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, EL84 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.

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: EL84 e UL84.

ESEMPIO DI SERIE DI VALVOLE PER APPARECCHIO AM/FM A ELEVATA SENSIBILITÀ. — Gli apparecchi AM/FM con 2 valvole amplificatrici a media frequenza FM, ossia con complessive cinque valvole, più la raddrizzatrice o il rettificatore a selenio, sono a bassa sensibilità in FM. La sensibilità in AM (per onde medie e corte) risulta normale, pur essendo utilizzata una sola valvola a media frequenza; la sensibilità in FM (per onde ultracorte) risulta invece bassa, pur essendo utilizzate due valvole per l'amplificazione a media frequenza.

Gli apparecchi ad elevata sensibilità sono perciò provvisti di tre valvole amplificatrici a media frequenza in FM. La prima è l'esodo o l'eptodo della valvola convertitrice AM, come già indicato; seguono due valvole pentodo.

La fig. 5.7 indica quale può essere la serie delle valvole di tipo europeo di apparecchio AM/FM ad elevata sensibilità. In alto è indicato come sono utilizzate le valvole quando l'apparecchio è in posizione AM; in basso come sono utilizzate quando l'apparecchio è in posizione FM.

All'amplificazione a media frequenza FM provvedono tre valvole, la sezione eptodo di una ECH81, e due pentodi EF89. All'amplificazione a media frequenza AM provvede una valvola sola, la prima delle EF89.

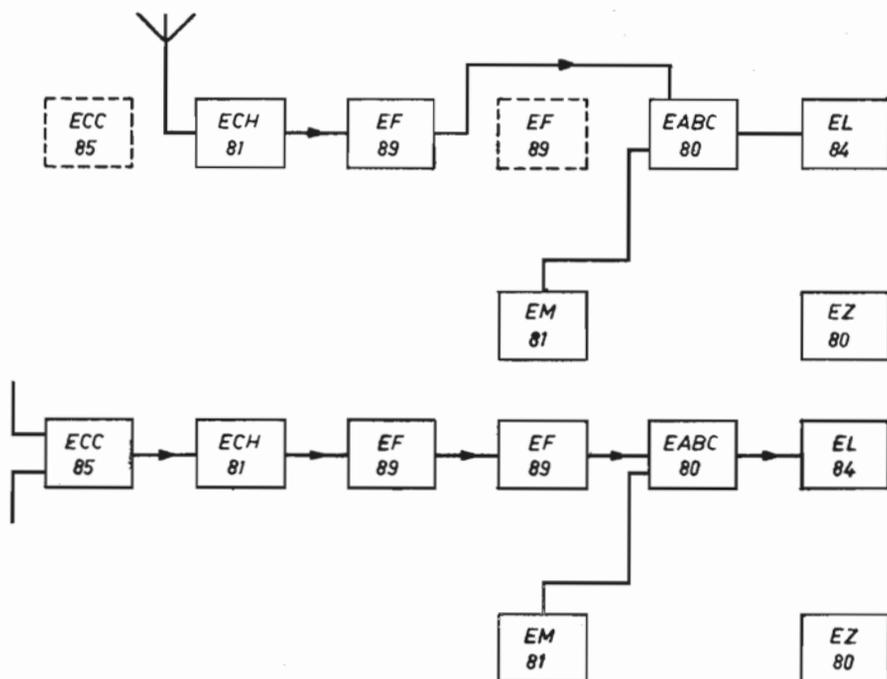


Fig. 5.7 - In alto schema a blocchi della sezione AM; in basso schema a blocchi della sezione FM.

Nello schema è aggiunta una indicatrice di sintonia EM81 e una raddrizzatrice EZ81. L'apparecchio funziona con sei valvole in posizione AM, e con otto valvole quando funziona in posizione FM, come indicato nella stessa figura, in basso.

Principali caratteristiche degli apparecchi AM/FM.

La fig. 5.8 riporta lo schema semplificato dei circuiti d'entrata e di conversione di frequenza generalmente in uso negli apparecchi AM/FM.

Mentre per la ricezione delle onde medie e corte, i circuiti accordati sono collegati all'entrata delle valvole, ossia sono presenti nei circuiti di griglia, per la ricezione delle onde ultracorte risulta più conveniente, per la maggior stabilità di funzionamento, collegarli all'uscita delle valvole. I circuiti accordati sono perciò presenti nei circuiti di placca, anziché in quelli di griglia.

Il doppio triodo segnato in basso, nella figura, provvede, come già detto, alla amplificazione in alta frequenza dei segnali FM captati dal dipolo, e alla loro conversione di frequenza.

Il dipolo è collegato all'entrata del primo triodo, il quale provvede all'amplificazione AF delle OUC. Un circuito semiaperiodico, costituito da un'induttanza e da una capacità fissa, è presente tra la griglia e il catodo del triodo stesso. Una presa della bobina d'induttanza è collegata a massa. In alcuni casi, la griglia è collegata direttamente a massa: in tal caso il circuito d'entrata semiaperiodico è presente tra il catodo e la massa. Questi accorgimenti sono necessari per assicurare una sufficiente stabilità di funzionamento alle elevatissime frequenze della gamma onde ultracorte.

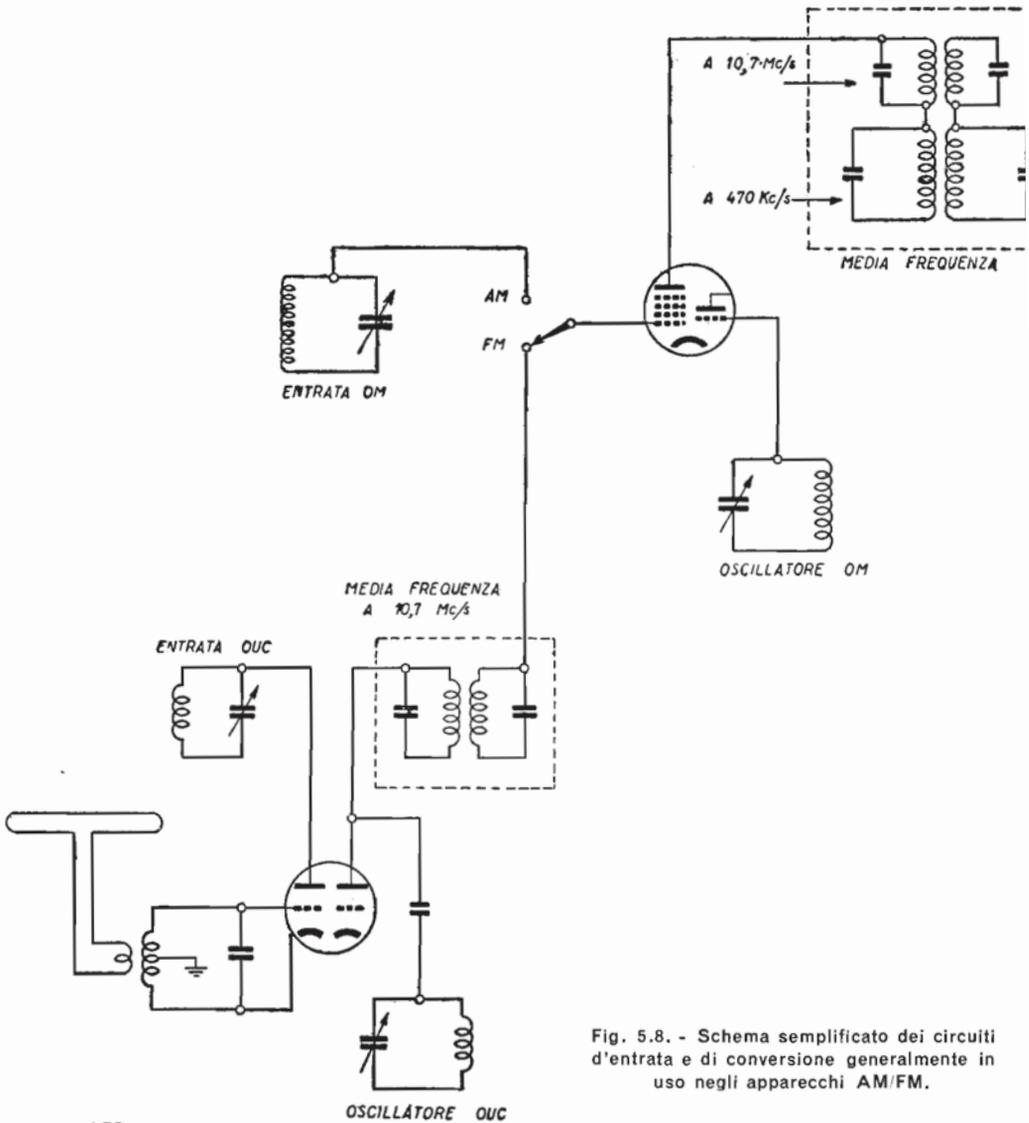


Fig. 5.8. - Schema semplificato dei circuiti d'entrata e di conversione generalmente in uso negli apparecchi AM/FM.

Nel circuito di placca del primo triodo, vi è il primo circuito accordato a frequenza variabile, costituito da un'induttanza e una capacità variabile. È questa una sezione del condensatore variabile dell'apparecchio. Questo primo circuito accordato è tarato alla frequenza di ricezione, ossia copre la gamma di frequenza ricevibili; tale gamma va da 87,3 a 100,5 megacicli/secondo, generalmente.

Nel circuito di placca del secondo triodo vi è il secondo circuito accordato a frequenza variabile, quello d'oscillatore.

LA MEDIA FREQUENZA FM È A 10,7 MEGACICLI/SECONDO, salvo qualche rara eccezione, nella quale è utilizzata la MF di 6,25 Mc/s.

Il circuito d'entrata del secondo triodo è anch'esso semiaperiodico. (Non è indicato in figura). Tale circuito d'entrata è accoppiato sia al circuito di placca del primo triodo che al circuito di placca del secondo triodo. In tal modo il triodo oscilla e sovrappone il segnale AF in arrivo con quello che esso stesso genera, determinando la presenza del segnale a media frequenza FM.

Il primo trasformatore a media frequenza si trova tra l'uscita del secondo triodo e l'entrata della prima valvola amplificatrice MF, ossia dell'epitodo della convertitrice di frequenza AM, come indica la figura.

Il secondo trasformatore MF consiste di due parti, quella tarata a 10,7 Mc/s e quella tarata alla consueta MF degli apparecchi AM, che può essere, ad es., di 470 kc/s.

Il secondo trasformatore MF è quindi un trasformatore MF doppio; le due sezioni primarie sono collegate in serie, così pure le due sezioni secondarie. Data la forte differenza di frequenza, le due sezioni non hanno effetto dannoso l'una sull'altra. Nella posizione FM, il trasformatore MF doppio si comporta come se fosse costituito dalla sola sezione FM, a 10,7 Mc/s; nella posizione AM esso si comporta come se fosse costituito dalla sola sezione a 470 kc/s.

Nella posizione FM, i circuiti FM sono staccati dal resto del ricevitore, e non vi è tensione anodica alle placche del doppio triodo.

L'unità FM d'entrata e di conversione.

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. 5.9. 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

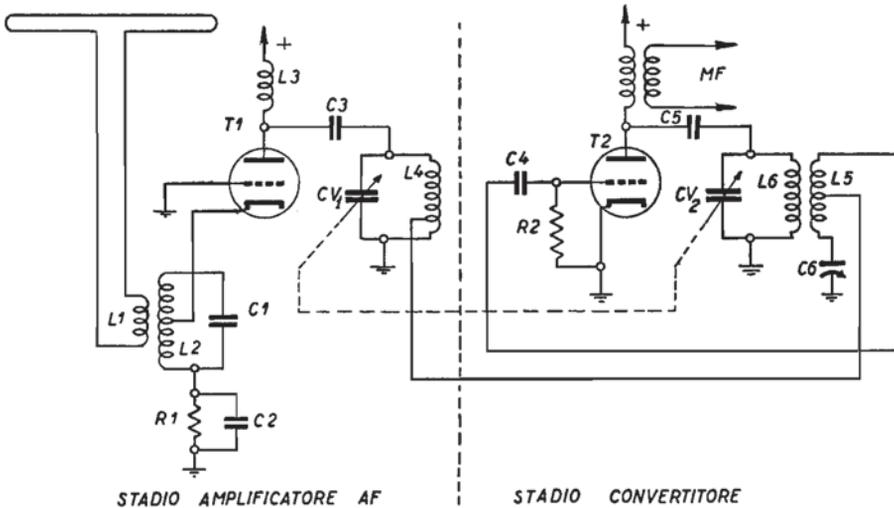


Fig. 5.9. - Schema semplificato dello stadio convertitore a modulazione di frequenza (onde ultracorte).

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 CV1.

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. 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. 5.10 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 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 87 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 87 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

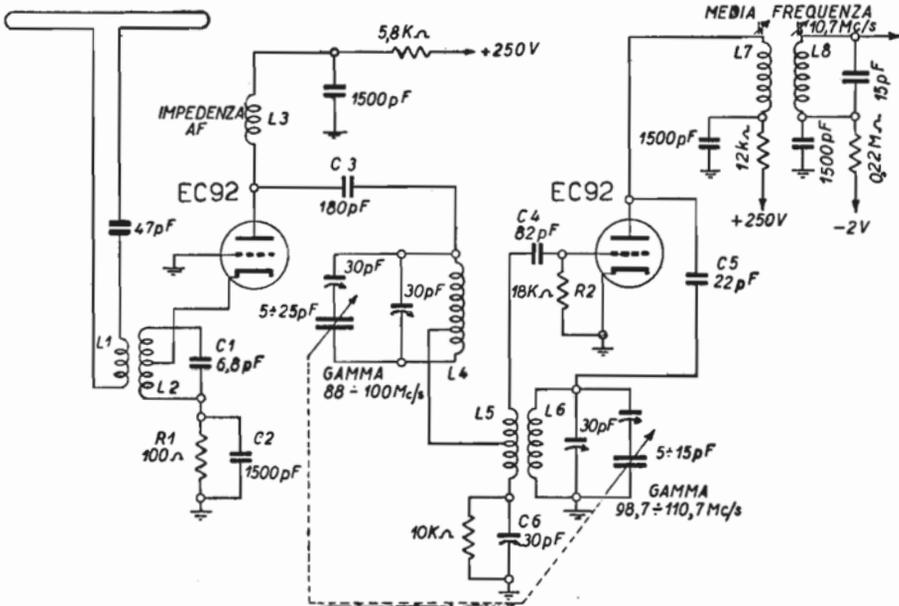


Fig. 5.10. - Esempio di circuiti di amplificazione AF e conversione di frequenza FM, con due valvole EC92.

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. 5.11 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 87 e 100 megacicli, in quella della MF/FM a 10,7 megacicli.

Il circuito è identico a quello dell'unità FM con due EC92 descritto, 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 $22,5 \times 2,8 = 70$ 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.

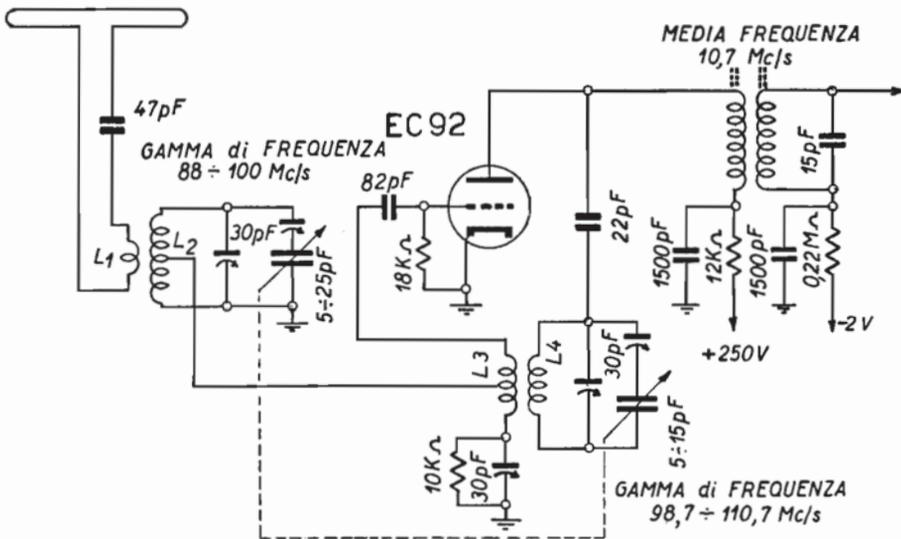


Fig. 5.11. - Stadio di conversione di frequenza FM con una sola valvola EC92.

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.

Un altro esempio di unità FM con una sola valvola EC92 è quello di fig. 5.12.

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

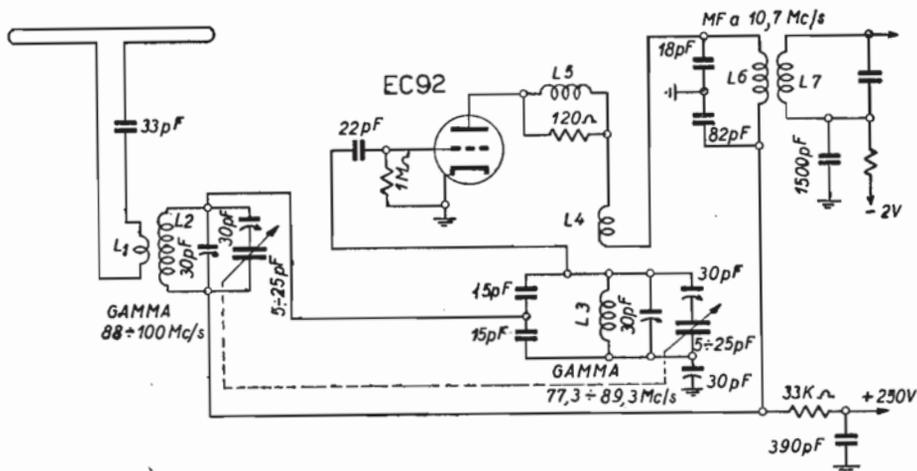


Fig. 5.12. - Circuito sovrappositore FM simile al precedente, con reazione Induttiva.

va da 77,3 a 89,3 megacicli. La capacità del variabile va da 5 a 25 pF; la capacità 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. 5.12.

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.

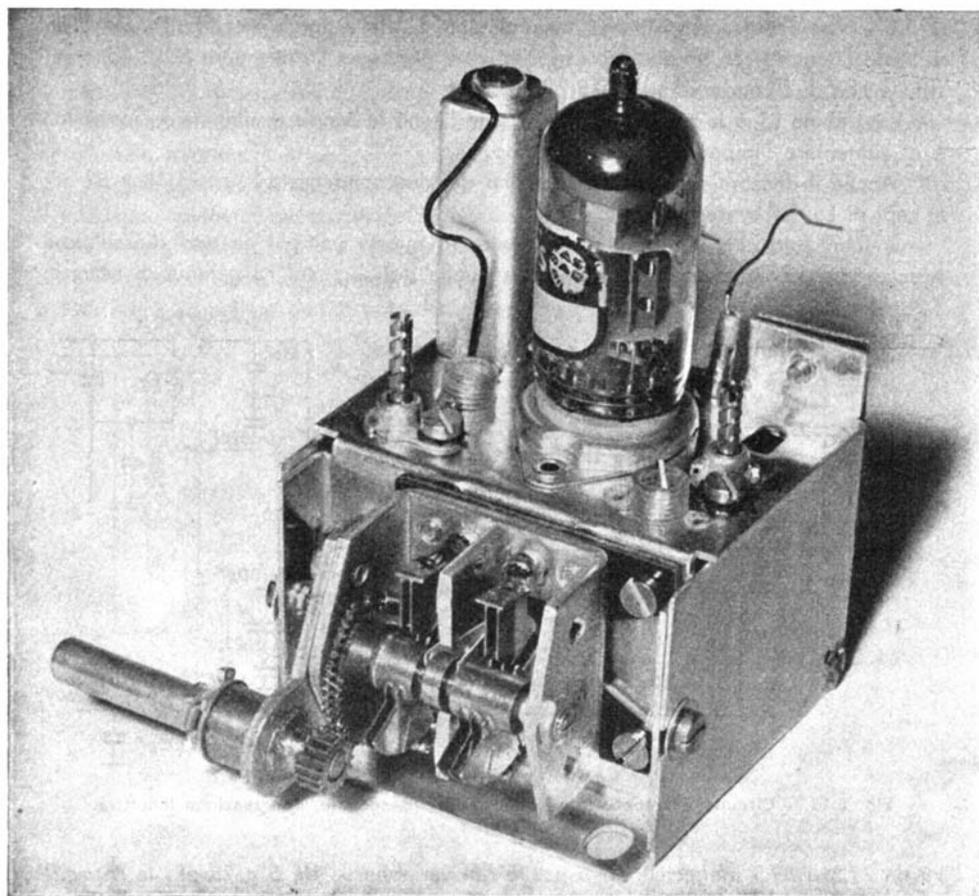


Fig. 5.13. - Aspetto esterno di unità FM, con sintonia a condensatore variabile.

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.

Unità FM con triodo-eptodo ECH81.

L'unità FM di fig. 5.14 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.

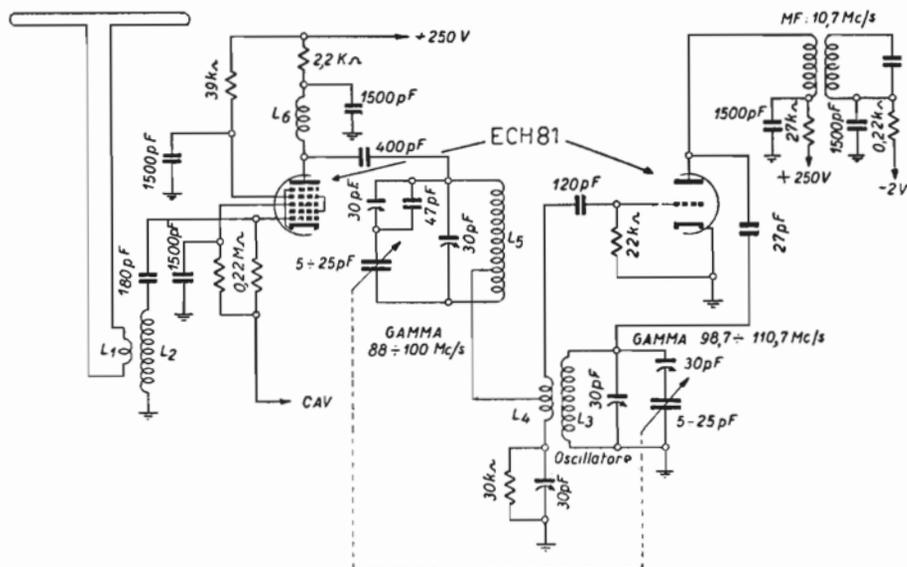


Fig. 5.14. - Stadio convertitore e amplificatore AF, per onde ultracorte FM, con valvola triodo-eptodo ECH81.

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.

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. 5.15.

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

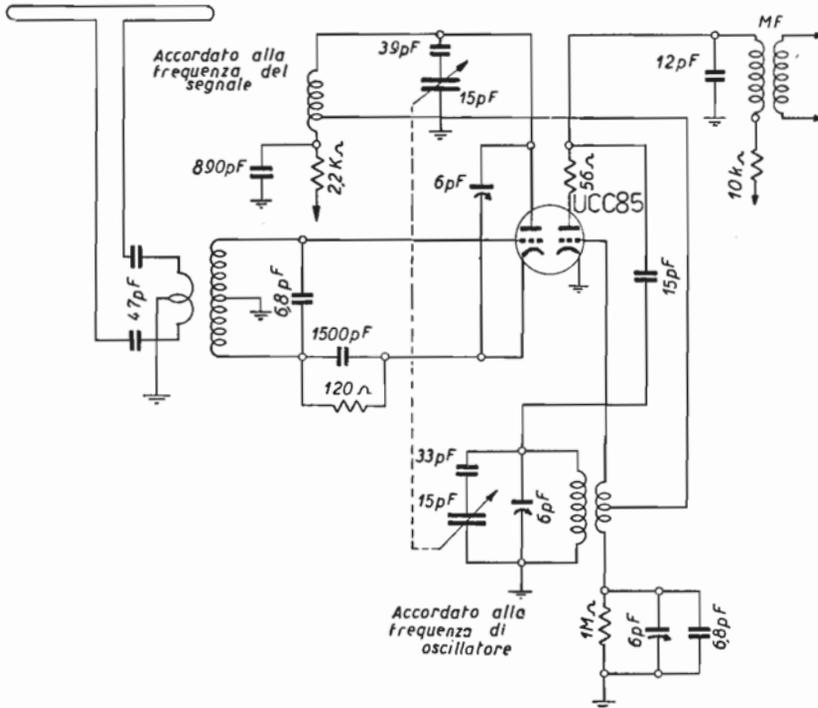


Fig. 5.15. - Stadio convertitore di frequenza FM con valvola UCC85.

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

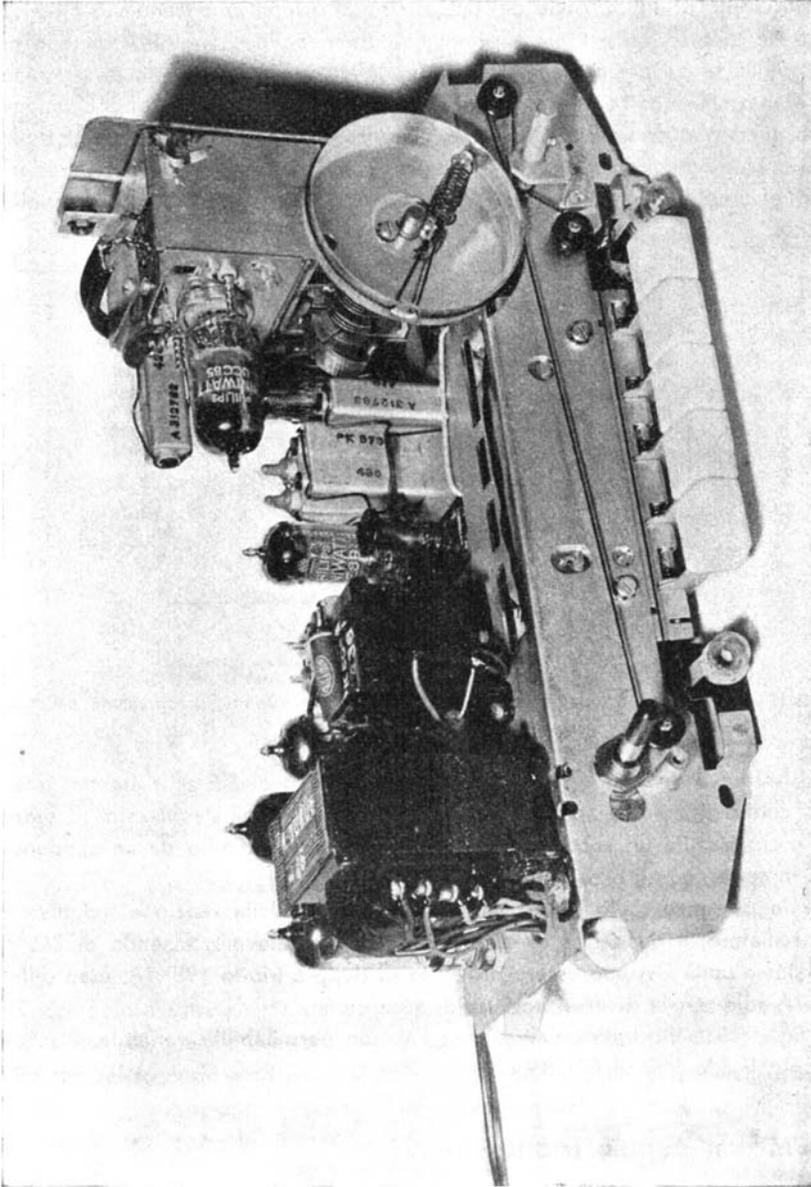


Fig. 5.16. - Aspetto esterno di unità FM con valvola UCC85, collocata su telaio di apparecchio AM/FM.

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. 5.17. 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

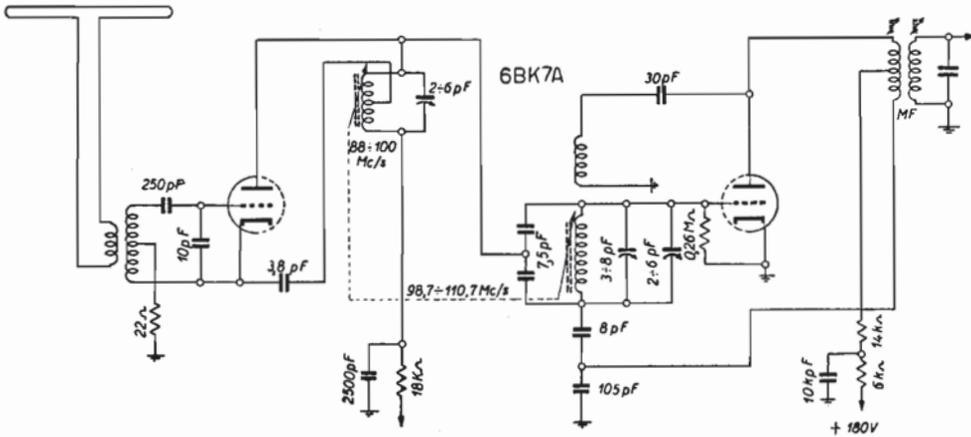


Fig. 5.17. - Unità FM del tipo con sintonia a permeabilità variabile, e con valvola 6BK7/A.

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. 5.18 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. 5.19.

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

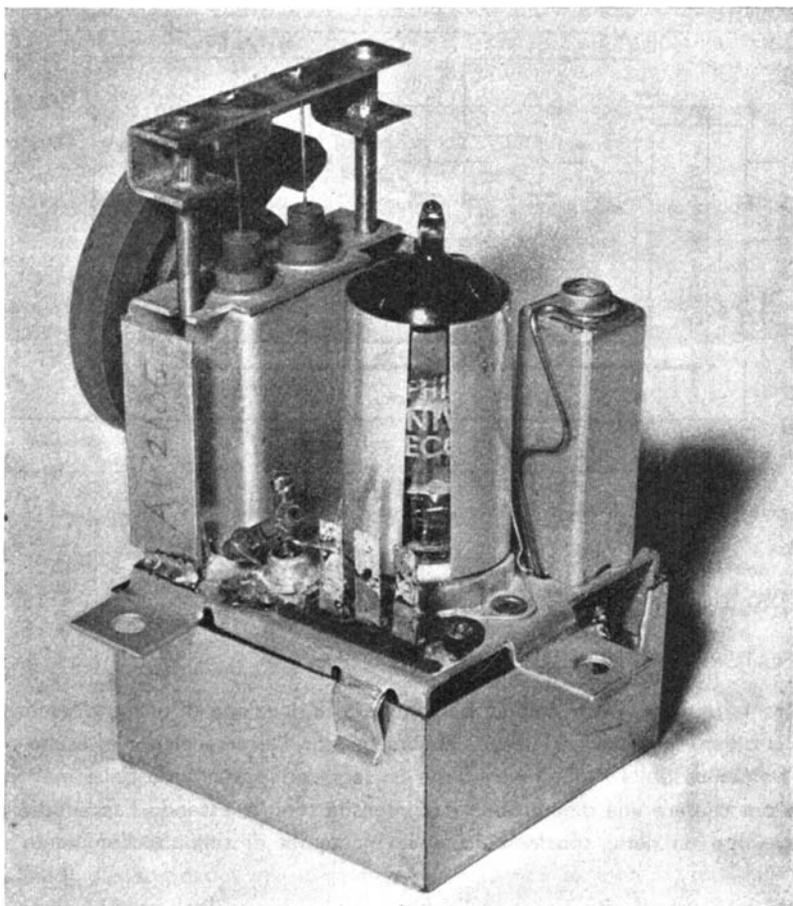


Fig. 5.18. - Aspetto esterno di unità FM con sintonia a permeabilità variabile e valvola ECC85.

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 controeazione 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.

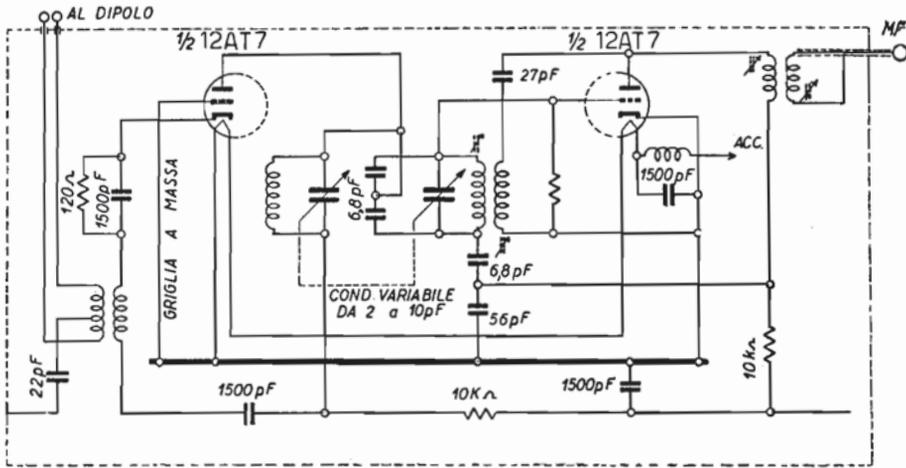


Fig. 5.19. - Unità FM con sintonia a condensatore variabile e valvola 12AT7.

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 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. 5.3. 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, affinché 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. 5.20, da un ginocchio

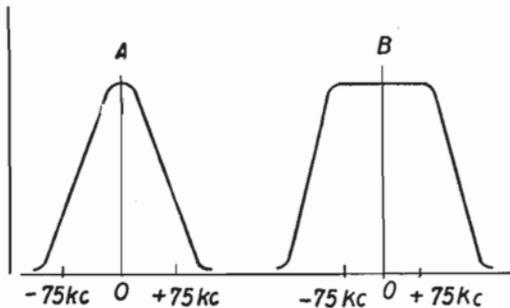


Fig. 5.20. - La curva di selettività del circuito accordato è utilizzata per ottenere la rivelazione del segnale FM.

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 capovolte una rispetto all'altra, per la 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. 5.21. Il tratto XY costituisce la caratteristica lineare di rivelazione.

La fig. 5.22 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. 5.3), 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.

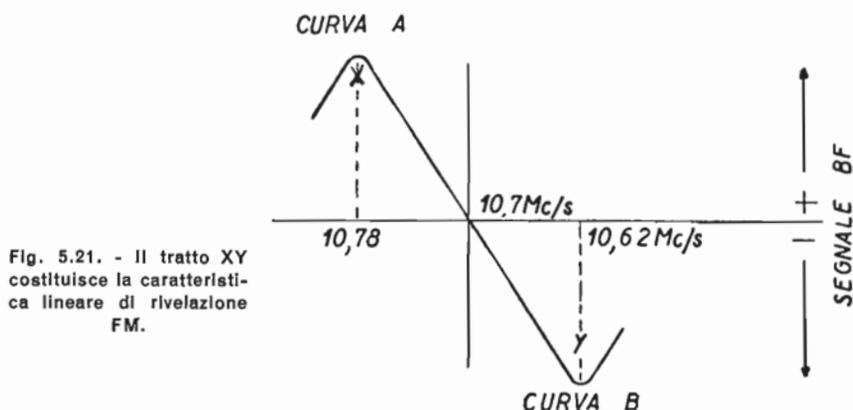


Fig. 5.21. - Il tratto XY costituisce la caratteristica lineare di rivelazione FM.

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;

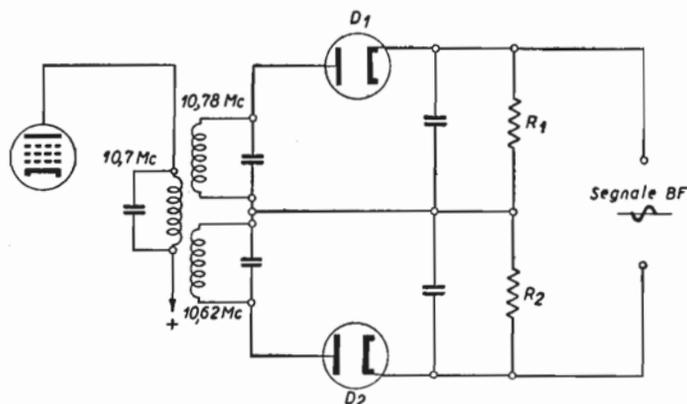


Fig. 5.22. - Esempio di rivelatore « fuori sintonia ».

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 », anziché « 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. 5.23 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

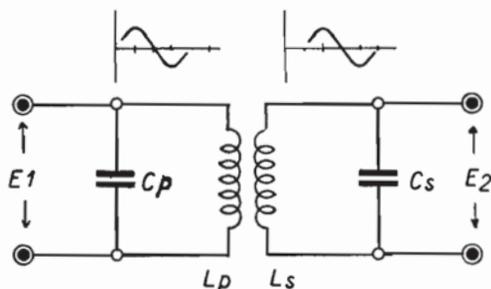


Fig. 5.23. - Il segnale MF ai capi del secondario è fuori fase di 90° rispetto quello ai capi del primario.

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. 5.24 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

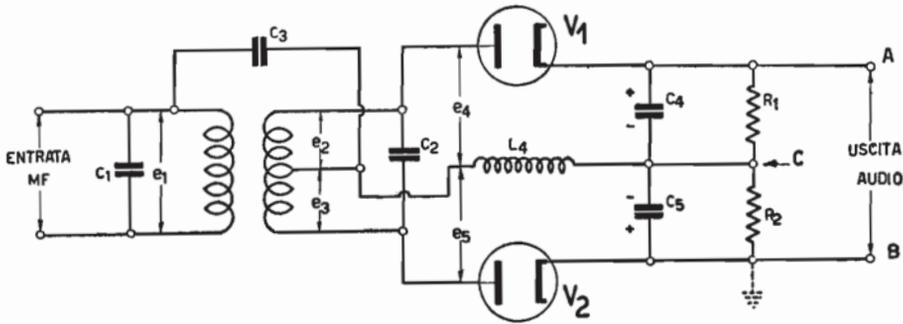


Fig. 5.24. - Esempio di rivelatore FM di tipo « fuori fase ».

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

La fig. 5.25 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

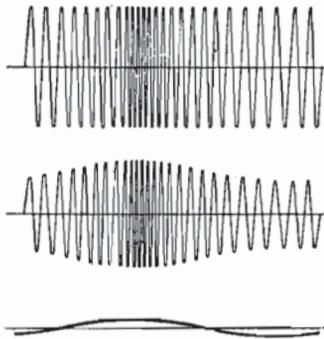


Fig. 5.25. - Il segnale FM da rivelare, viene convertito in segnale AM/FM e poi rivelato.

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 secondario.

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. 5.26 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

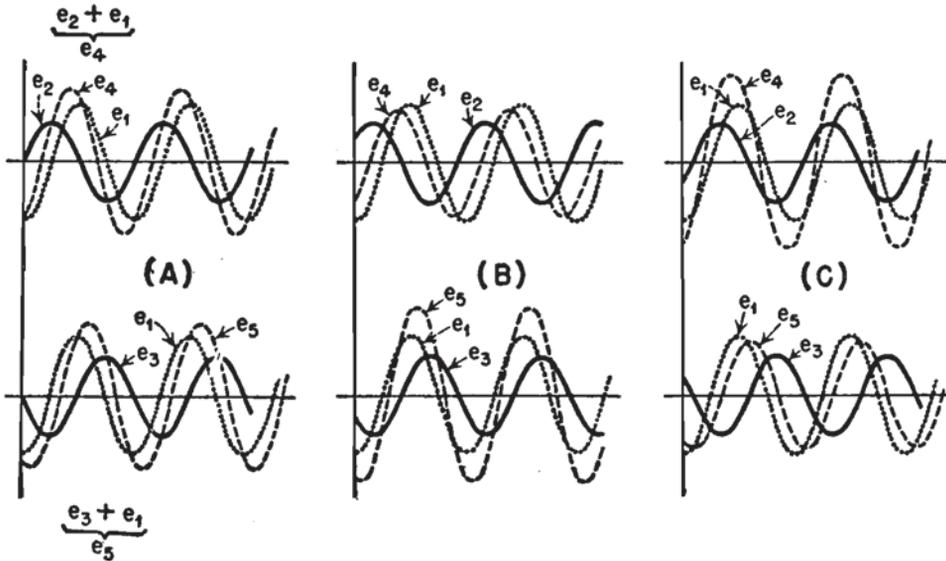


Fig. 5.26. - La sovrapposizione di due segnali ad ampiezza costante, ma fuori fase, determina un terzo segnale ad ampiezza variabile, e quindi atto ad essere rivelato.

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.

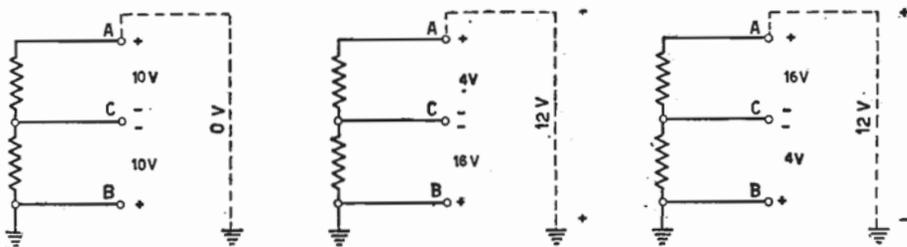


Fig. 5.27. - Il segnale audio è dato dalla differenza di tensione positiva ai capi A e B.

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 (v. fig. 5.28).

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. 5.27.

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. 5.24 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 « tosar » 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 trasmettenti di piccolissima potenza, a volte addirittura irrisoria, come ad es. quella di 50 watt. Ma affinché 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 doppiaggio 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.

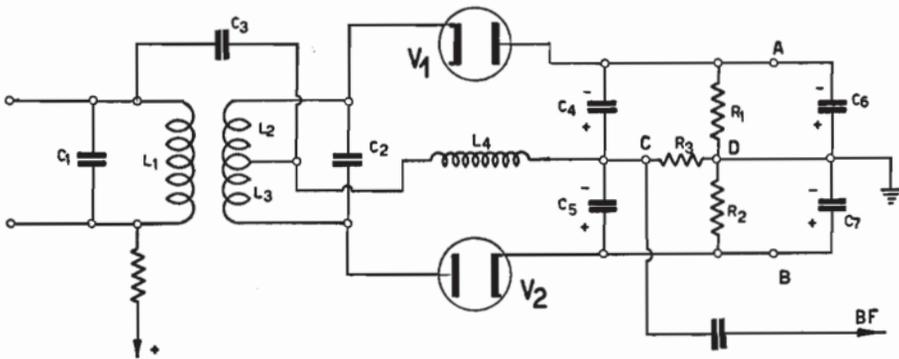


Fig. 5.28. - Schema di rivelatore a rapporto, con diodi in serie.

La fig. 5.28 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.

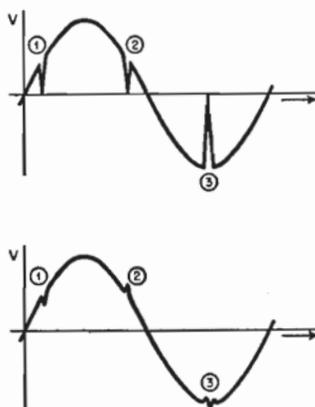
La sovrapposizione delle tre tensioni a media frequenza FM, primaria e secon-

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. 5.29. - 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. 5.29 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. Il rivelatore FM non bilanciato risulta più semplice.

In questo esempio di rivelatore a rapporto non bilanciato, la sovrapposizione

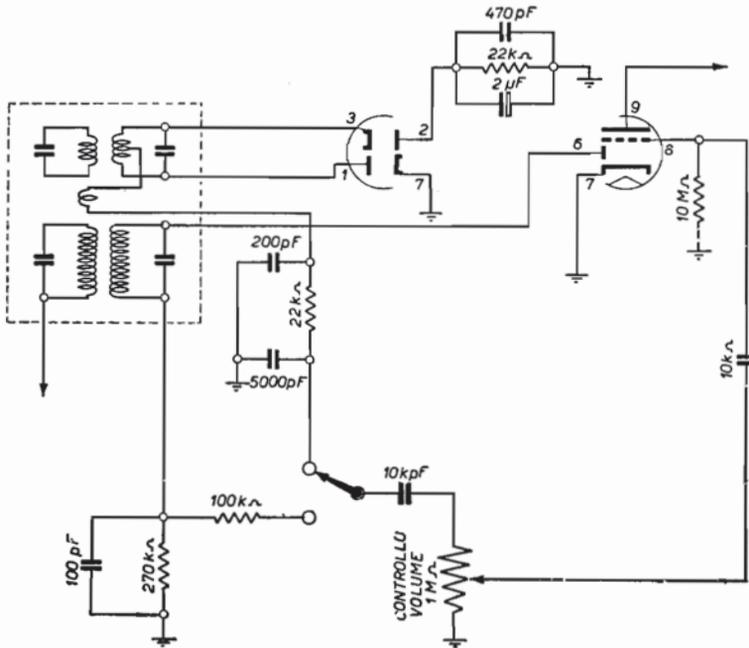


Fig. 5.30 - Schema di stadio rivelatore AM/FM.

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.

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

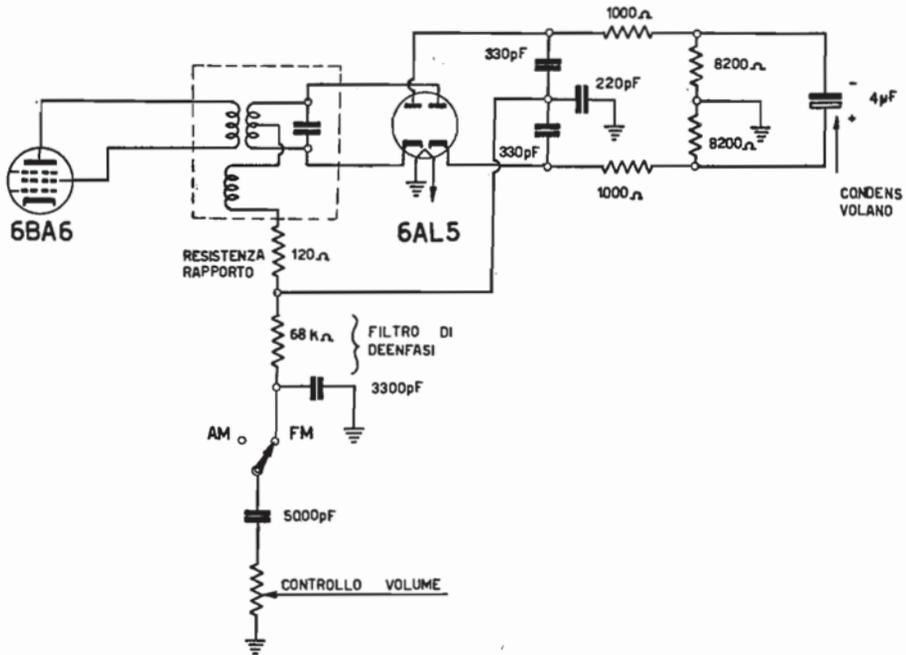


Fig. 5.31. - Rivelatore a rapporto con valvola 6AL5 di apparecchio AM/FM ad alta fedeltà musicale.

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.

La fig. 5.31 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

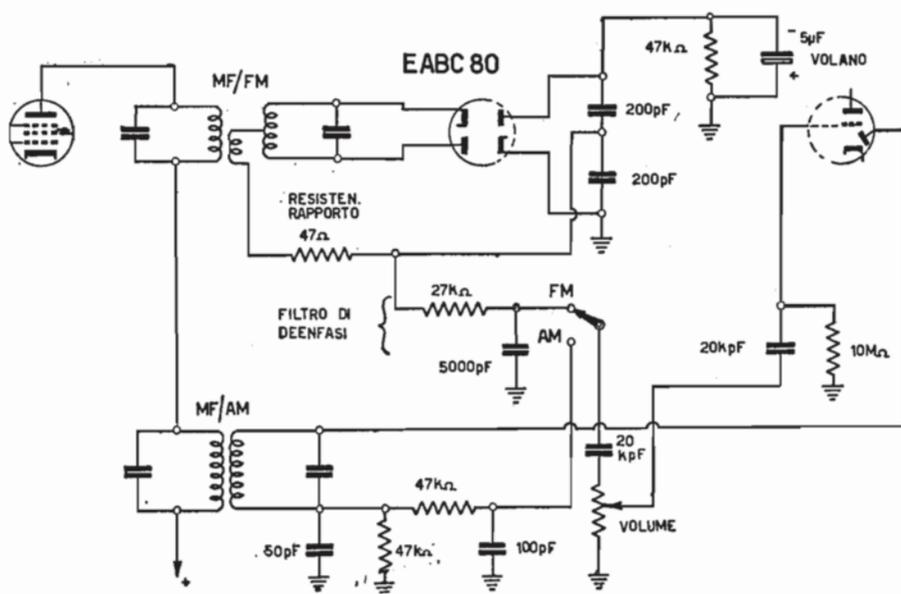


Fig. 5.32. - Esempio di rivelatore a rapporto con filtro deenfasi, per il segnale MF/FM, e di rivelatore per onde medie e corte.

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. 5.32. In questo caso si tratta di apparecchio

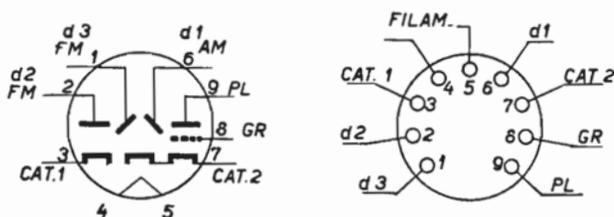
AM/FM più semplice; i due diodi per la rivelazione FM sono contenuti nella valvola EABC80. In figura la valvola è disegnata in due parti, solo per semplicità. Il circuito complessivo è più semplice. Il filtro deenfasi è formato da un condensatore di capacità maggiore, 5 000 pF invece di 3 300 pF, ma 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.

La valvola rivelatrice AM-FM.

Tutti gli apparecchi radio a modulazione di ampiezza e di frequenza sono provvisti di una particolare valvola rivelatrice, adatta per la rivelazione AM, per la rivelazione FM e per la preamplificazione di tensione del segnale audio rivelatore. Essa consiste di 9 elettrodi: un filamento, tre catodi, tre placchette-diodo, una griglia controllo e una placca. Le sue funzioni si riferiscono a quelle di tre diodi rivelatori, e di un triodo amplificatore audio.

La fig. 5.33 indica il simbolo della valvola rivelatrice AM/FM e dei piedini sotto lo zoccolo. Dei tre catodi, due sono uniti insieme e collegati al piedino 7. Come



EABC80 e UABC80
6T8 e 19T8

Fig. 5.33 - Elettrodi e piedini della valvola rivelatrice.

detto, per la rivelazione FM sono necessari due diodi, ossia due placchette e due catodi; per la rivelazione AM basta un diodo, ossia una placchetta e un catodo. I catodi collegati insieme sono quelli di un diodo FM e del diodo AM.

I due capi del secondario MF/FM è collegato ai piedini 1 (placchetta) e 3 (catodo 1) della valvola. L'avvolgimento terziario è collegato al controllo di volume. Il secondario MF/AM è sempre collegato al piedino 6 della valvola (placchetta 1).

Vi sono quattro valvole rivelatrici, due di tipo europeo:

EABC80 e UABC80

e tre di tipo americano:

6AK8, 6T8 e 19T8

Le quattro valvole sono molto simili; la EABC80 e la 6T8 sono a 6,3 volt; la UABC80 è a 28 volt, serie 100 mA, mentre la 19T8 è a 19 volt e 150 milliampere.

Esempi pratici di rivelatori a modulazione di ampiezza e di frequenza.

Gli apparecchi a modulazione di frequenza che vengono costruiti attualmente sono tutti provvisti di un rivelatore FM a rapporto non bilanciato, con valvola a tre diodi e un triodo, due diodi per l'FM e un diodo per l'AM.

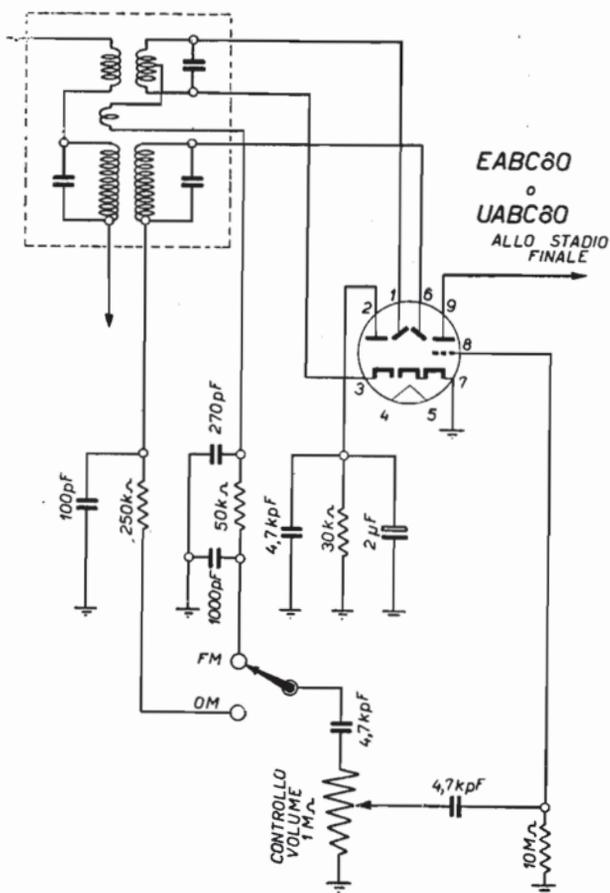


Fig. 5.34 - Esempio di stadio rivelatore AM/FM.

Un esempio tipico è quello riportato dalla fig. 5.34. Dal centro del secondario del trasformatore a media frequenza FM parte il collegamento all'avvolgimento terziario. Esso è costituito da alcune spire, strettamente accoppiate all'avvolgimento

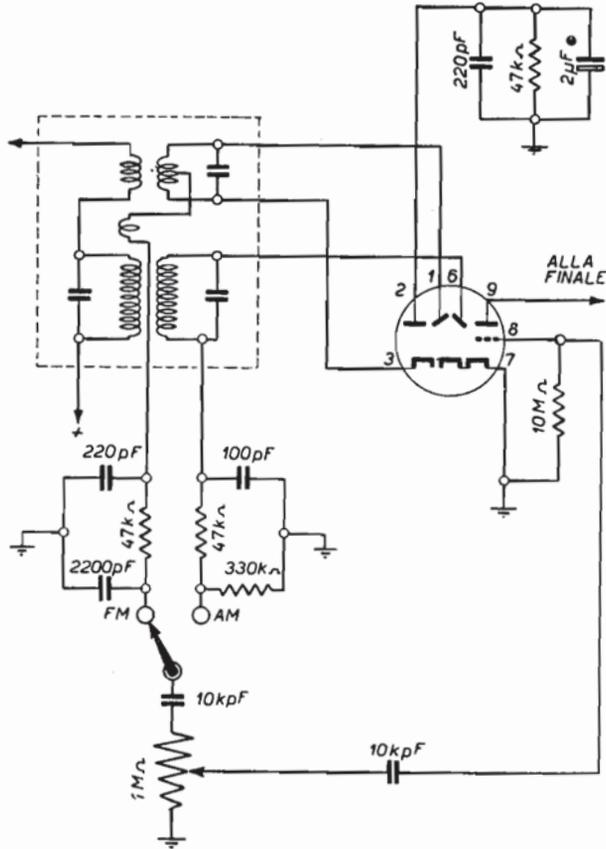


Fig. 5.35 - Altro esempio di stadio rivelatore AM/FM.

primario del trasformatore. L'altro capo del terziario va al filtro deenfasi, e quindi al controllo di volume.

I due capi dell'avvolgimento secondario MF sono collegati ai piedini 1 e 3 della valvola, corrispondenti alla placchetta 3 e al catodo 1.

Per la rivelazione AM, onde medie, è utilizzata la placchetta 1, corrispondente al piedino 6 della valvola, e il catodo doppio, collegato al piedino 7.

Un inversore consente il passaggio dalla ricezione AM a quella FM, e viceversa.

La fig. 5.35 riporta un altro esempio, simile al precedente. Come sempre avviene, l'avvolgimento terziario è collegato da un lato alla presa al centro del secondario media frequenza FM, e dall'altro al circuito deenfasi. I capi del secondario sono collegati, come di consueto, ai piedini 1 e 3 della valvola, qualunque essa sia.

Il controllo di volume è ottenuto con una resistenza variabile di 1 megaohm, posta tra due condensatori di 10 mila picofarad. Il filtro deenfasi consiste di una resistenza di 47 mila ohm, e da due condensatori variabili, uno di 220 pF e l'altro di 2200 pF.

Un terzo esempio di rivelatore da apparecchio AM/FM è riportato dalla fig. 5.36. I soliti due diodi in serie, per la rivelazione FM, sono quelli formati dal

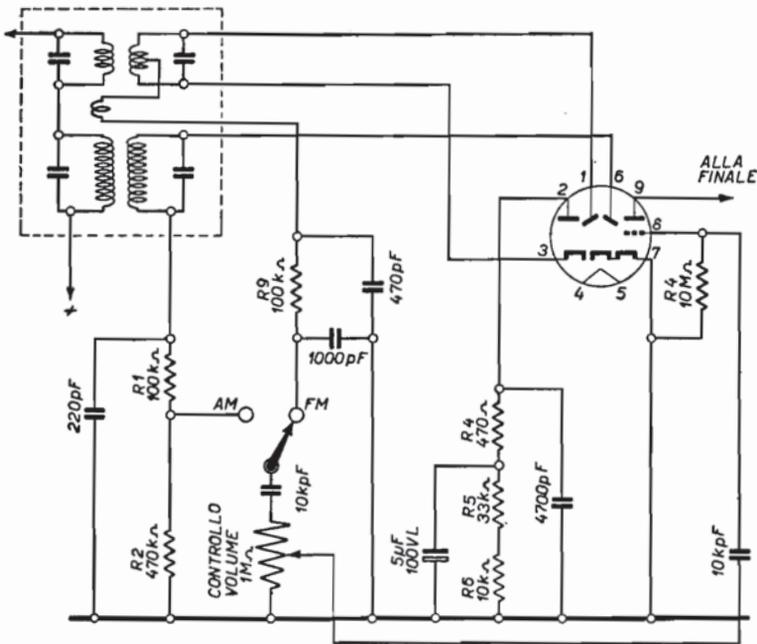


Fig. 5.36 - Valvola rivelatrice AM/FM e circuiti relativi.

catodo 3 e dalla placchetta 2, nonchè dal catodo 7 e dalla placchetta 1. Il carico del rivelatore è costituito dalle resistenze R4, R5 e R6 in serie, e da due condensatori, uno di 4700 pF e l'altro di 5 microfarad, elettrolitico da 150 volt lavoro.

Il filtro deenfasi FM è costituito dalla resistenza R9 di 100 mila ohm, e da due condensatori, uno di 470 pF e l'altro di 1000 pF.

Convertitori di frequenza FM e audio TV.

La banda delle trasmissioni FM si trova tra i canali TV; è quindi possibile ottenere la ricezione audio del canale corrispondente alla località in cui funziona il ricevitore. Numerosi apparecchi radio FM sono provvisti anche della posizione « audio TV », per la ricezione del canale audio della emittente TV locale.

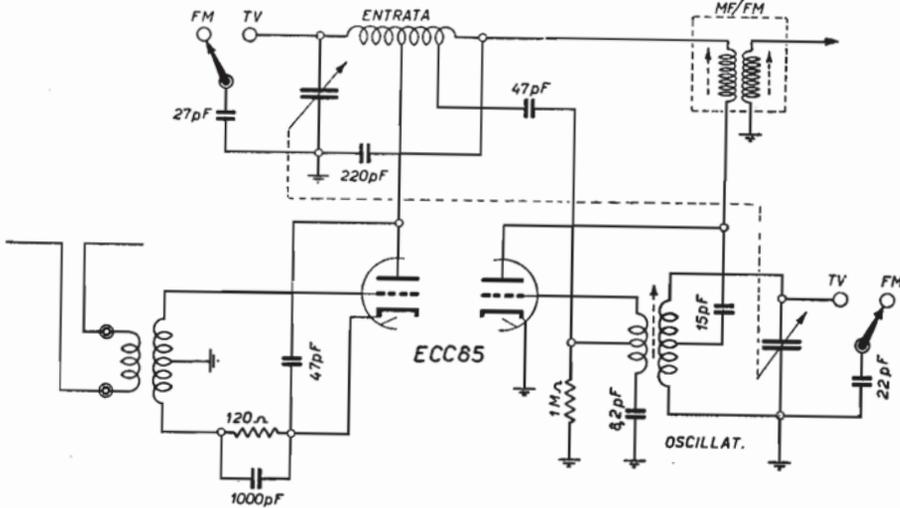


Fig. 5.38 - Convertitore FM/Audio TV.

Un esempio di convertitore di frequenza FM-TV è quello di figura 5.38. Il passaggio dalla posizione FM a quella TV è ottenuto semplicemente con l'aggiunta di un condensatore fisso, in parallelo a ciascuno dei due circuiti accordati. Uno è di 22 pF, l'altro è di 27 pF.