

CAPITOLO VII

RICEVITORI A CIRCUITI ACCORDATI

67. Principio del ricevitore a circuiti accordati.

Il ricevitore a circuiti accordati consiste in uno o più stadi di amplificazione e radiofrequenza, uno stadio rivelatore ed uno o più stadi di amplificazione ad audiofrequenza. Un diagramma a blocchi di un ricevitore tipico a circuiti accordati è mostrato dalla figura 107. Le onde di energia radio provenienti da un trasmetti-

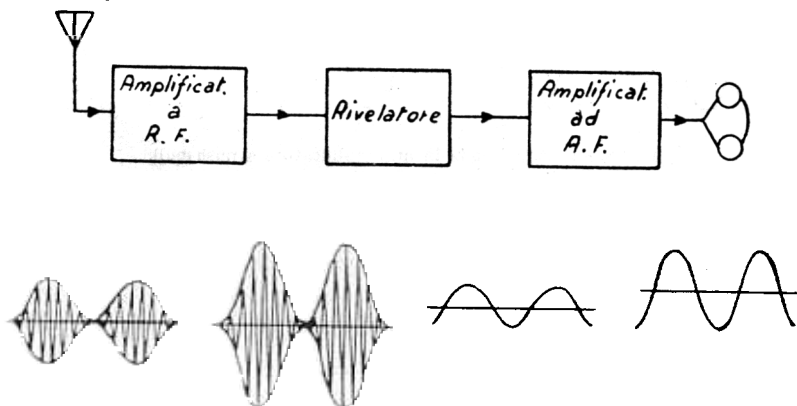


FIG. 107 Diagramma a blocchi di un ricevitore a radiofrequenza accordata, mostrante il segnale mentre passa nel ricevitore.

tore distante provocano il flusso di una corrente-segnale a radiofrequenza nell'antenna ricevente. Questo segnale a radiofrequenza è amplificato dagli stadi amplificatori a radiofrequenza e quindi rivelato e demodulato dal rivelatore. La risultante uscita ad audiofrequenza dello stadio rivelatore è amplificata dagli stadi amplificatori ad audiofrequenza e quindi viene immessa nella cuffia o nell'altoparlante per la riproduzione del suono. Le forme d'onda disegnate sotto il diagramma a blocchi di figura 107 danno una

indicazione comparativa di questo procedimento per la conversione dei segnali a radiofrequenza in segnali udibili ad audiofrequenza.

68. Amplificatori a radiofrequenza.

a) Gli stadi amplificatori a radiofrequenza accordati aumentano la selettività e la sensibilità del ricevitore a radiofrequenza accordata. Maggiore è il numero di stadi impiegati, maggiore sarà questo aumento. Gli aspetti importanti da considerare negli amplificatori a radiofrequenza sono: i tipi di tubi, i trasformatori a radiofrequenza, i condensatori ed i resistori impiegati ed infine la natura dell'allargamento di banda e dei circuiti di disaccoppiamento speciali.

b) I tubi generalmente usati negli amplificatori a radiofrequenza sono tetrodi e pentodi. Può essere usato qualunque tubo conveniente per amplificazione di tensione. I triodi, che una volta erano usati, non sono soddisfacenti poichè essi hanno una forte tendenza a provocare oscillazioni indesiderabili negli stadi amplificatori a radiofrequenza. Essi richiedono pure molta precisione nell'esecuzione della neutralizzazione per evitare effetti di reazione (alimentazione all'indietro) da uno stadio all'altro.

c) Il circuito base di un pentodo amplificatore accordato a radiofrequenza in classe *A*, è mostrato dalla figura 108. Il circuito accordato $L_1 C_1$ è accoppiato alla bobina L , che in questo caso è la bobina di antenna, ma potrebbe essere la bobina di placca di uno stadio precedente. Il resistore R_1 ed il condensatore C_2 sono la resistenza di polarizzazione catodica ed il condensatore di fuga catodico. Il condensatore C_3 è il condensatore di fuga dello schermo ed R_2 è il resistore di caduta di tensione dello schermo. Un secondo circuito accordato, $L_3 C_5$, è accoppiato alla bobina L_2 . Le bobine L ed L_1 formano rispettivamente l'avvolgimento primario e quello secondario di un trasformatore a radiofrequenza. Le bobine L_2 e L_3 formano pure un trasformatore a radiofrequenza.

d) Il trasformatore a radiofrequenza usato nel maggior numero di ricevitori a circuiti accordati consiste in una bobina primaria ed in una bobina secondaria. La bobina secondaria L_1 è progettata per coprire la desiderata gamma di frequenza quando viene accordata a mezzo del condensatore d'accordo C_1 connesso ai capi del secondario. Il maggior numero dei trasformatori a radiofrequenza oggi in uso sono del tipo con nucleo ad aria. Possono essere trovati pochi tipi speciali che usano nuclei a polvere di

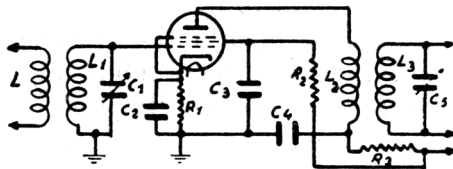


FIG. 108 - Stadio a radiofrequenza di un ricevitore a radiofrequenza accordata.

ferro quando la frequenza di funzionamento non è molto alta. Se è richiesto un ricevitore che deve coprire una gamma di frequenza più grande di quella che è possibile realizzare con una bobina ed un condensatore di accordo, i circuiti d'accordo del ricevitore debbono essere cambiati per poter essere accordati a queste addizionali bande di frequenze. Un sistema consiste nell'impiegare bobine dotate di prese per spine che possono essere cambiate per realizzare le differenti gamme di accordo richieste. Un altro sistema consiste nel montare sul ricevitore le varie bobine per le differenti frequenze e nel portare fuori i conduttori che vengono connessi ad un commutatore rotante a molti contatti. Questo è chiamato un *commutatore di banda* che, manovrato, può selezionare la banda desiderata.

Entrambi i sistemi di cambiamento di banda sono largamente usati nei ricevitori militari.

e) Il maggior numero dei ricevitori a circuiti accordati impiega due o tre stadi di amplificazione a radiofrequenza, che precedono il rivelatore, con ciascuno stadio accordato alla stessa

frequenza. È pertanto più conveniente avere tutti i condensatori d'accordo montati su un albero comune, cosicchè tutti gli stadi possono essere accordati simultaneamente. Si hanno in tal modo condensatori variabili multipli. In un ricevitore avente due stadi a radiofrequenza, deve essere usato un condensatore triplo, con ognuna delle sue sezioni che accordi ciascuno dei tre circuiti accordati del ricevitore. Quando le placche mobili di questi condensatori sono solidali ad un unico asse, le bobine ed i condensatori debbono essere identici. Ciò è necessario affinché tutti i circuiti possano essere accordati alla stessa frequenza per qualunque posizione della scala. Le imprecisioni delle bobine e dei condensatori e le capacità disperse dei circuiti impediscono di eseguire l'accordo dei circuiti alla stessa frequenza. Pertanto, deve essere escogitato qualche metodo per la compensazione di queste irregolarità. Questo è realizzato connettendo dei piccoli condensatori di regolaggio (« trimmer ») ai capi di ciascun condensatore di accordo. Questi « trimmer » sono regolati con un cacciavite, in modo che ciascun circuito possa essere accordato esattamente alla frequenza del segnale. Questo procedimento è conosciuto con il nome di *allineamento*. In pratica, questi condensatori sono aggiustati in corrispondenza dell'estremità a frequenza più alta della scala, quando cioè le placche dei condensatori d'accordo sono pochissimo affacciate e quindi le loro capacità sono piccole. Così i circuiti saranno propriamente accordati per una posizione della scala, ma essi possono non essere accordati a frequenze identiche per altre posizioni della scala. In qualche complesso ciò viene corretto praticando dei tagli sulla estremità delle placche dei rotori dei condensatori d'accordo, cosicchè qualunque porzione dell'estremità delle placche può essere piegata per essere portata più vicina o più lontana alle placche dello statore. Quando tutti gli stadi si accordano a frequenze identiche per tutte le posizioni della scala, si otterrà dal ricevitore il massimo guadagno. Nei ricevitori che operano con bande cambiabili, i « trimmers » per ciascuna gamma sono usualmente montati sulle singole bobine. Nei ricevitori che coprono solo una banda, i « trimmers » sono usualmente connessi ai capi dei condensatori variabili, uno per ciascuna sezione.

f) I resistori usati negli amplificatori a radiofrequenza e nei circuiti rivelatori sono praticamente tutti del tipo piccolo a carbone. Il loro wattaggio dipenderà dalla caduta di tensione nel resistore e dalla corrente che lo attraversa.

g) L'espansione di gamma è il procedimento per cui viene allargata una piccola sezione della gamma di accordo di un ricevitore estendendola all'intera scala di un quadrante di accordo separato.

Lo scopo dell'espansione di gamma consiste nel provvedere alla separazione delle stazioni affollate in un piccolo intervallo del quadrante di accordo principale. Vi sono due tipi di espansione di gamma: elettrico e meccanico.

1) Nell'espansione di gamma elettrico, un piccolo condensatore variabile è connesso in parallelo nel circuito accordato, con il condensatore d'accordo principale. La gamma di accordo del condensatore di espansione di gamma è solo una frazione della gamma del condensatore principale di accordo. Per aumentare l'importo di allargamento di gamma, il piccolo condensatore può essere derivato fra due prese della bobina, in modo che esso accordi solo una piccola porzione della bobina. La figura 109 mostra due metodi di allargamento di banda elettrico.

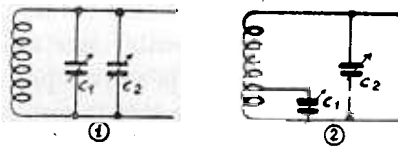


FIG. 109 - Due tipi di allargatori di banda elettrici. — (1) Con condensatore parallelo allargato di banda. — (2) Con presa sulla bobina.

2) Nell'espansione di gamma meccanico, il quadrante dell'espansione di gamma è collegato meccanicamente, a mezzo demoltiplica, al quadrante principale d'accordo, in modo che una rotazione completa del quadrante di espansione faccia muovere il quadrante principale

d'accordo ed il condensatore solo per una piccola frazione della sua gamma.

h) Quando parecchi stadi amplificatori sono alimentati da un comune alimentatore di placca, vi è la possibilità della generazione di oscillazioni indesiderate, poichè i circuiti di placca dei

vari stadi sono accoppiati insieme a mezzo della impedenza comune dell'alimentatore di placca [vedere fig. 110 (1)]. Da notare che la tensione di placca di entrambi i tubi è ottenuta da un comune alimentatore B o di placca. La resistenza *interna* di questo alimentatore comune è rappresentata da R . Qualunque variazione di flusso di corrente di placca nel tubo 2, tale come una corrente-segnale, produrrà una variazione di tensione ai capi di R . Questa produce una variazione della tensione di alimentazione B alla placca del tubo 1 ed induce una tensione in L_1 , che è connessa al circuito di griglia del tubo 2. Questo tubo amplificherà la variazione ed essa apparirà ai capi di L_2 come una variazione più grande. Pertanto, si vede che una parte di un segnale proveniente dalla placca del tubo 2 è riportata all'indietro al circuito di griglia dello stesso tubo. Questa situazione può provocare delle oscillazioni indesiderate. I circuiti realizzati per impedire questa condizione sono chiamati *circuiti di disaccoppiamento*; essi sono mostrati nella figura 110 (2).

I condensatori C e C_1 , insieme con i resistori R_1 e R_2 costituiscono il circuito di disaccoppiamento. I resistori R_1 ed R_2 offrono un'alta impedenza alla tensione-segnale, mentre i condensatori C e C_1 danno passaggio alla tensione-segnale, la quale scavalca così l'alimentatore B . Una bobina di arresto può essere usata invece dei resistori R_1 e R_2 . I condensatori di fuga per il catodo, la griglia-schermo e la placca nei circuiti dei ricevitori a radiofrequenza accordata sono usualmente condensatori a carta, ad eccezione che nei circuiti intesi ad operare su frequenze estremamente alte e nei ricevitori progettati per applicazioni speciali, come quelli da installare a bordo di aerei.

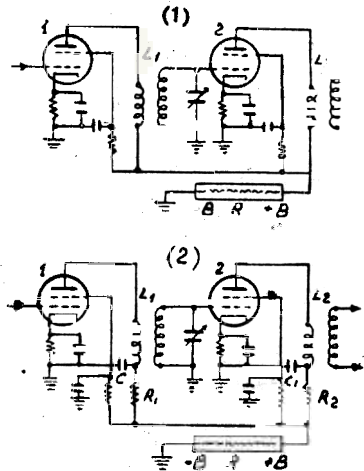


FIG. 110 - Amplificatore a R. F., senza e con circuito di disaccoppiamento.

Nel maggior numero dei ricevitori militari americani, i condensatori a carta sono rinchiusi in scatole metalliche, con due o tre condensatori raggruppati spesso insieme in una sola scatola. Quando un terminale di ciascun condensatore è posto a massa nel circuito, la scatola metallica stessa costituisce spesso il terminale comune di massa.

69. Circuiti rivelatori.

Poichè l'amplificazione di tensione degli amplificatori a radiofrequenza dei moderni ricevitori a circuiti accordati è relativamente grande, la tensione-segnale al circuito d'ingresso dello stadio rivelatore è abbastanza grande. Poichè il rivelatore a caratteristica di griglia è facilmente sovraccaricato da tali forti tensioni, esso oggi è raramente usato nei ricevitori a circuiti accordati. I due circuiti regolari più largamente usati sono il rivelatore a diodo ed il rivelatore di potenza.

70. Controllo di volume.

a) Poichè tutti i segnali non arrivano all'antenna ricevente con intensità uguale, è previsto un controllo di volume o di guadagno in modo che possa essere variato il volume del segnale ricevuto. Ciò può essere compiuto con mezzi vari. Quelli più comunemente usati sono indicati dalle figure 111 e 112. Nella figura 111, il controllo è nel circuito di polarizzazione di griglia di un pentodo a μ -variabile di un amplificatore a radiofrequenza. Sarà ricordato che la variazione della polarizzazione dei tubi a μ -variabile fa aumentare o diminuire il fattore di amplificazione, controllando così il guadagno dello stadio. Il resistore R fornisce la polarizzazione appropriata per il guadagno massimo quando R_C è aggiustato a resistenza zero. Generalmente, sono controllate le tensioni di polarizzazione di tutti i tubi amplificatori a radiofrequenza nel ricevitore, quando è usato questo metodo. Un altro metodo, illustrato nella figura 112, controlla l'importo di tensione ad audio-

frequenza applicato dal rivelatore a diodo alla griglia dell'amplificatore ad audiofrequenza.

b) Una volta che il controllo di guadagno o di volume di un ricevitore è stato posto in un determinato punto, l'uscita dovrebbe rimanere costante, indipendentemente dall'intensità del segnale in arrivo. Lo sviluppo del pentodo a μ -variabile rende ciò possibile, poichè l'amplificazione del tubo può essere controllata dalla tensione di polarizzazione di griglia. Allora tutto quello che è necessario per il controllo automatico di volume è una sorgente di

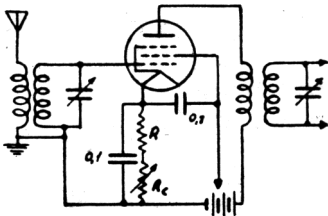


FIG. 111 - Controllo di volume con polarizzazione di griglia.

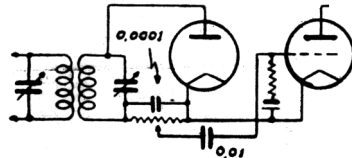


FIG. 112 - Controllo di volume sull'uscita del rivelatore.

tensione che diventi più negativa, quando aumenta l'intensità del segnale. Se questa tensione è applicata come polarizzazione alle griglie dei tubi a μ -variabile degli stadi amplificatori a radiofrequenza, le griglie sono rese più negative quando i segnali diventano più forti. Ciò ridurrà l'amplificazione, tendendo così a mantenere l'uscita del ricevitore ad un livello costante. Il resistore di carico del rivelatore a diodo è una sorgente eccellente di questa tensione, giacchè la tensione-segnale rettificata aumenta e diminuisce con l'intensità del segnale. Un diodo rivelatore tipico con il relativo circuito per il controllo automatico di volume (c.a.v.) è mostrato dalla figura 113. Il segnale è rettificato dal rivelatore a diodo e la corrente rettificata che attraversa il resistore di carico produce una caduta di tensione ai suoi capi, come indicato dalla figura 113. La tensione negativa sviluppata è applicata alle griglie dei tubi a μ -variabile degli stadi a radiofrequenza. Qualunque aumento nell'intensità del segnale provoca una caduta di tensione più grande e quindi un aumento della polarizzazione nega-

tiva agli amplificatori. Ciò determina una diminuzione dell'intensità del segnale al rivelatore. Una diminuzione nell'intensità del segnale al rivelatore riduce l'importo di polarizzazione negativa sui tubi dell'amplificatore, accresce il guadagno in questi stadi ed aumenta l'ingresso al rivelatore. Il circuito filtro toglie le componenti ad audiofrequenza del segnale e soltanto le variazioni più lente dovute al « fading » o a variazioni nella posizione del ricevitore modificano il guadagno degli stadi dell'amplificatore. Il controllo automatico di volume è particolarmente desiderabile nei ricevitori mobili in cui l'intensità è variabile con lo spostarsi del ricevitore.

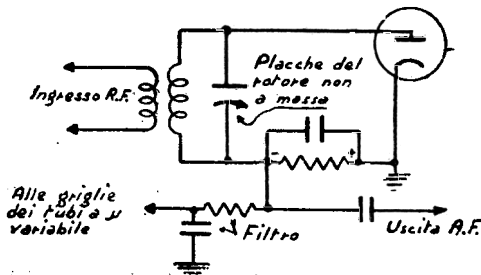


FIG. 113 - Circuito del controllo automatico di volume.

c) Il tubo a μ -variabile è progettato per operare con una polarizzazione minima di circa 3 volt. La polarizzazione minima è fornita usualmente da un resistore catodico e la polarizzazione del c.a.v. è in serie con essa. Uno svantaggio del controllo automatico di volume ordinario è dato dal fatto che pure i segnali più deboli riducono leggermente l'amplificazione. Un adattamento che elimina ciò è mostrato dalla figura 114 ed è denominato controllo automatico di volume *ritardato*. In questo circuito particolare il diodo del c.a.v. è separato dal diodo rivelatore ed entrambi sono racchiusi nello stesso tubo a vuoto insieme ad un pentodo. Parte dell'energia che è alimentata alla placca del diodo rivelatore è accoppiata alla sezione diodo del c.a.v. a mezzo del piccolo condensatore *C*. La placca del diodo del c.a.v. è mantenuta ad una ten-

sione negativa a mezzo della resistenza di polarizzazione catodica R . Ciò impedisce ad essa di rettificare e di produrre quindi la tensione del c.a.v. fino a che la tensione di punta accoppiata ad essa da C non controbilanci la tensione negativa del diodo. Per segnali molto deboli che non producono abbastanza tensione sulla placca del diodo del c.a.v. da sovracompensare l'esistente potenziale negativo, non è sviluppata tensione del c.a.v. Così, la sensitività del ricevitore rimane la stessa, come se il controllo automatico di volume non fosse usato. Per contro, quando sono ricevuti segnali

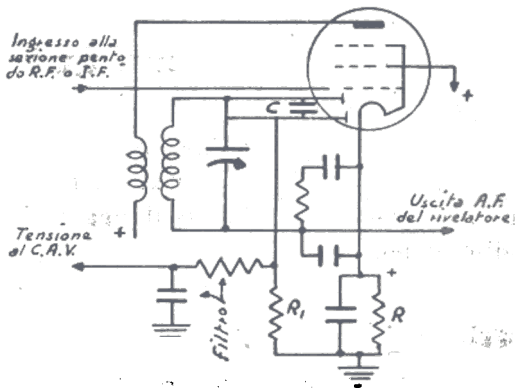


FIG. 114 - Controllo automatico di volume ritardato.

di intensità normale, che non necessitano della massima sensibilità del complesso, sarà accoppiata abbastanza tensione al diodo del c.a.v. da superare il piccolo potenziale negativo di placca esistente e produrre così una caduta di tensione per il c.a.v. attraverso il resistore R_1 . Questa tensione è liberata, a mezzo filtraggio, dalle componenti ad audio e radiofrequenza ed è applicata alle griglie dei tubi a mu-variabile, come nel circuito del c.a.v. ordinario.

d) I tubi doppio diodo-triodo e doppio diodo-pentodo, sono largamente usati per fornire la sorgente di tensione del c.a.v. Inoltre il secondo diodo di questi tubi è usato, insieme con il catodo, come un circuito rivelatore a diodo e la sezione triodo o

pentodo è usata come un amplificatore separato. Così, impiegando questi tubi multi-elementi, le funzioni di rivelazione, rettificazione di tensione per il c.a.v. ed amplificazione, sono realizzate con un singolo tubo.

Amplificatori ad audiofrequenza.

Poichè il segnale d'uscita dello stadio rivelatore di un ricevitore a radio-frequenza accordata è basso o debole, è pratica normale far seguire lo stadio rivelatore di almeno uno stadio di amplificazione ad audiofrequenza. L'uscita di questo primo amplificatore ad audiofrequenza può essere, se necessario, ulteriormente amplificata, dipendendo ciò dai requisiti a cui deve soddisfare il ricevitore. Una cuffia non può richiedere ulteriore amplificazione dopo il primo stadio ad audiofrequenza, mentre un grande altoparlante può richiedere parecchi stadi aggiuntivi di amplificazione ad audiofrequenza.

72. Schermaggio.

Per impedire l'accoppiamento fra due circuiti, sono usati schermi metallici: di ferro per i circuiti ad audiofrequenza e di rame o di alluminio per i circuiti a radiofrequenza. Tutti gli schermi debbono essere connessi a massa sulla intelaiatura del ricevitore che è la *massa comune* per tutte le connessioni del complesso. Poichè lo schermaggio varia l'induttanza di una bobina, questo fa cambiare la frequenza di risonanza a cui essa deve rispondere. È necessario, pertanto, eseguire nei complessi radio molte regolazioni con gli schermi sul posto.

73. Circuito del ricevitore a radiofrequenza accordata.

a) Lo schema completo di un circuito di ricevitore a radiofrequenza accordata a 5 tubi è mostrato dalla figura 115. Questo ricevitore usa tre stadi di amplificazione a radiofrequenza con pentodi, uno stadio rivelatore, ed uno stadio amplificatore ad

audiofrequenza che aziona un altoparlante. L'alimentazione *A* (tensione di accensione) e l'alimentazione *B* (tensione per le placche) sono fornite ai tubi a vuoto a mezzo di batterie quando è chiuso l'interruttore bipolare. Le linee punteggiate che connettono i quattro condensatori d'accordo indicano che questi condensatori sono comandati a mezzo di un solo albero. Un piccolo condensatore «trimmer» è connesso in parallelo con il corrispon-

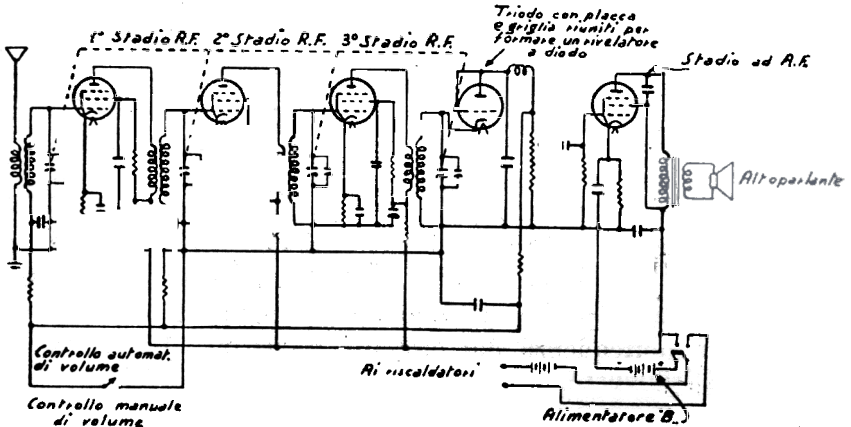


FIG. 115 - Ricevitore a radiofrequenza accordata con controllo automatico di volume.

dente condensatore d'accordo principale per l'appropriato allineamento del ricevitore. Questi piccoli condensatori servono per compensare le ineguaglianze delle costanti del circuito. Lo stadio rivelatore è considerato come un diodo poichè la griglia e la placca del triodo sono connessi insieme. Le figure da 116 a 120 comprese riproducono lo stesso schema del ricevitore ponendo in risalto vari circuiti per facilitarne lo studio.

b) Nella figura 116, tutte le parti a massa del ricevitore a radiofrequenza accordata, ossia che si trovano al potenziale dell'intelaiatura, sono indicate con linee più spesse. Tutti i punti sulle linee spesse (massa) sono allo stesso potenziale che è considerato di essere zero volt rispetto al resto del circuito del ricevitore. Tutte le tensioni nel ricevitore sono riferite a questo potenziale di massa.

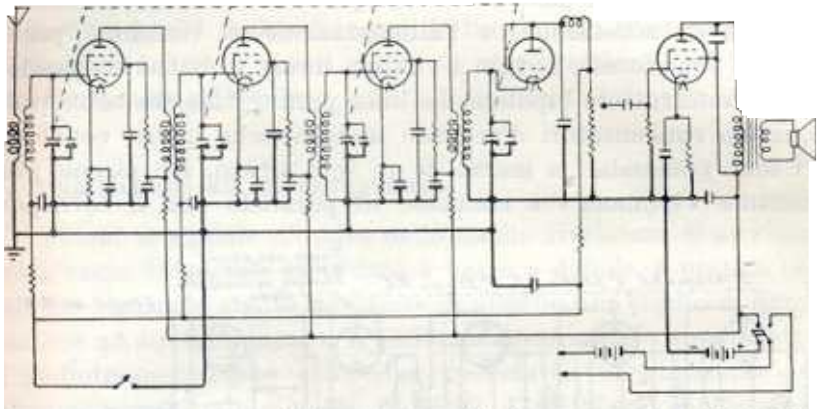


FIG. 116 - Come fig. 115, con gli elementi a potenziale di massa marcati con linee spesse

c) Nella figura 117 tutti gli elementi del ricevitore ad alta tensione a radiofrequenza sono indicate a mezzo di linee spesse. Con questo diagramma è molto semplice seguire il cammino del segnale a radiofrequenza dal circuito d'antenna al rivelatore a diodo.

d) Nella figura 118, l'alta tensione continua di alimentazione di placca è indicata con linee spesse. Quando è chiuso il commuta-

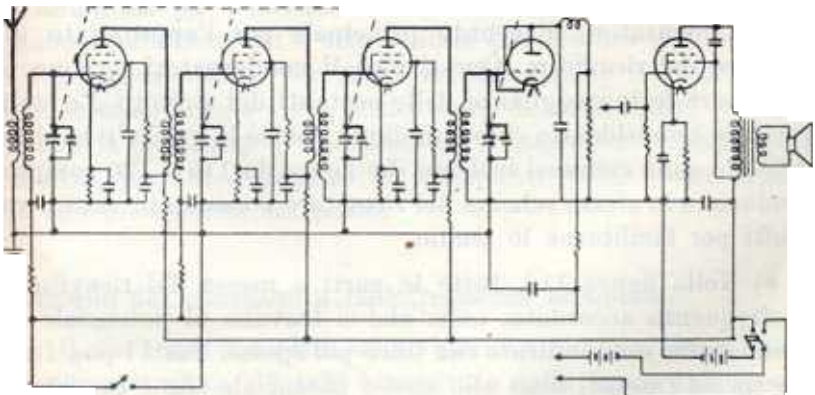


FIG. 117 - Come fig. 115, con gli elementi ad alto potenziale a R. F. marcato con linee spesse.

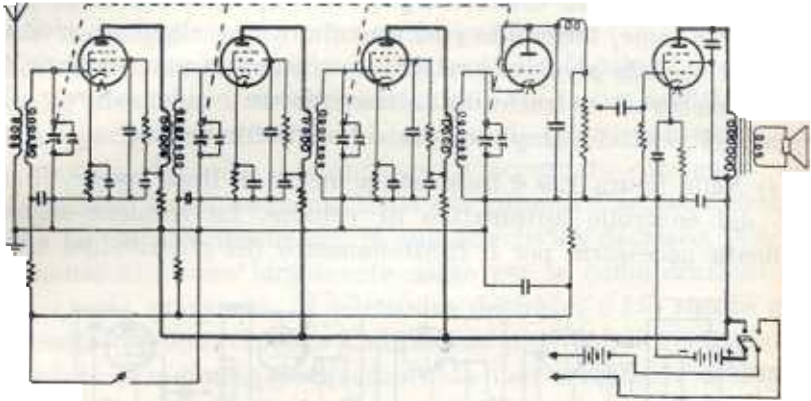


FIG. 118 - Come in fig. 115, con l'alimentazione in continua di placca marcata con linee spesse.

tore, i quattro pentodi ricevono l'alta tensione positiva di placca necessaria per il loro funzionamento come amplificatori. Il diodo, operante come rivelatore, non richiede tensione continua di placca. Da notare i resistori di disaccoppiamento nei conduttori di placca dei primi tre pentodi.

e) Nella figura 119 è mostrato, a mezzo di linee spesse, il circuito completo del rivelatore. Il tubo usato in questo stadio è

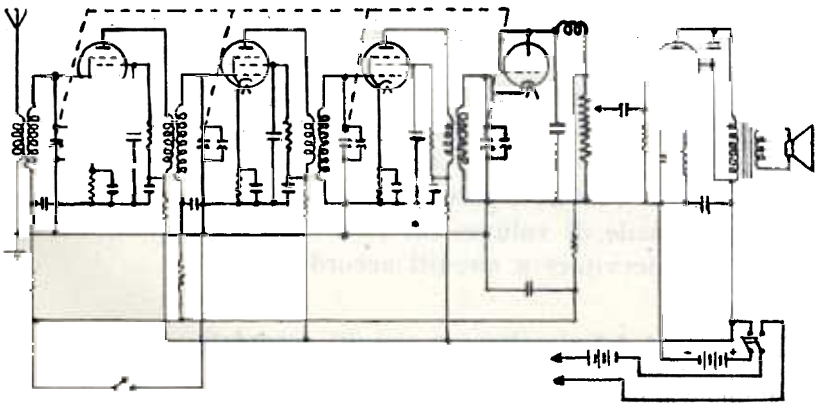


FIG. 119 - Come in fig. 115, con il circuito del rivelatore marcato con linee spesse.

considerato come un diodo. La griglia e la placca del triodo sono connesse insieme, formando così un tubo a due elementi, cioè un diodo. Il segnale rivelato è rettificato e preso da una porzione del potenziometro R e trasferito (attraverso un condensatore), alla griglia del pentodo amplificatore ad audiofrequenza.

f) Nella figura 120 è mostrato a mezzo di linee spesse, il circuito del controllo automatico di volume. La tensione-segnale rettificata necessaria per il funzionamento del circuito del c.a.v.

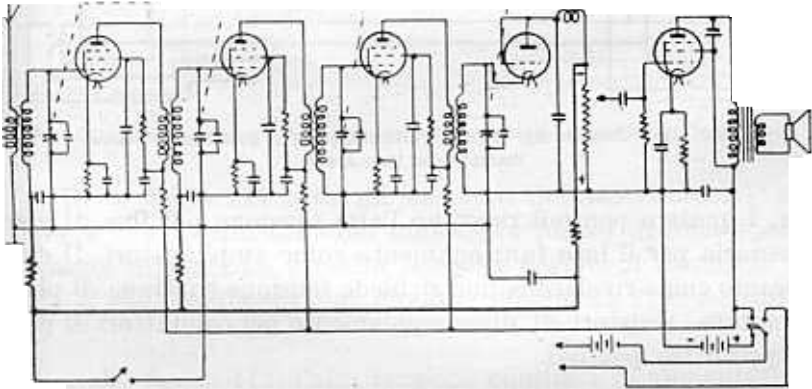


FIG. 120 - Come fig. 115. con il circuito del controllo automatico di volume marcato con linee spesse.

è presa dall'estremità negativa del potenziometro R e riportata ai primi due stadi del ricevitore. Sarà notato che soltanto il primo ed il secondo degli amplificatori a radiofrequenza sono alimentati con la tensione del c.a.v. in questo ricevitore. È previsto un commutatore per cortocircuitare il c.a.v. quando esso non è desiderato. Se questo è fatto, il potenziometro R è allora usato come un controllo normale di volume che non modifica il funzionamento normale del ricevitore a circuiti accordati.

Prestazioni del ricevitore a circuiti accordati.

Benchè il circuito del ricevitore a circuiti accordati dia risultati soddisfacenti quando deve coprire una banda singola di bassa

e media frequenza, tale come la banda di radio diffusione, esso ha molti svantaggi che lo rendono non pratico per l'impiego nei ricevitori in alta frequenza od a bande multiple. Il principale svantaggio del ricevitore a circuiti accordati è che la sua selettività (abilità a separare segnali) non rimane costante per tutto la sua gamma di accordo. Quando il complesso è accordato partendo dalla estremità di bassa frequenza della sua gamma d'accordo, andando verso le più alte frequenze, la sua selettività decresce. Alle alte frequenze che sono largamente usate per le comunicazioni militari, questa mancanza di selettività decresce, e ciò risulta estremamente dannoso. Inoltre l'amplificazione, cioè il guadagno, del ricevitore a radiofrequenza accordata non è costante con la frequenza. È molto difficile poter progettare degli amplificatori a radiofrequenza che forniscano una sufficiente amplificazione per le comunicazioni da effettuare alle frequenze estremamente alte. Il ricevitore a supereterodina è stato sviluppato per eliminare questi inconvenienti.