

## CAPITOLO V

### RIVELATORI CON TUBI A VUOTO

#### 49. Rivelazione.

a) Vi sono due specie generali di segnali a radiofrequenza che possono essere ricevuti da un radioricevitore: i *segnali a radiofrequenza modulati* che trasportano la parola, la musica od altri suoni ed i *segnali ad onde continue* che sono « pacchi » di energia a radiofrequenza convoglianti un codice. Questi tipi di segnali a radiofrequenza sono descritti con più dettagli nei Capitoli XI e XII. Il procedimento con cui l'informazione (« l'intelligenza ») trasportata da un segnale a radiofrequenza è rivelata nella forma di segnale ad audiofrequenza, è chiamato *rivelazione* o *demodulazione*.

b) Il segnale a radiofrequenza modulato può essere rivelato da uno dei parecchi tipi di rivelatori con tubi a vuoto: il semplice *rivelatore a diodo*, il *rivelatore a caratteristica di griglia*, il *rivelatore di placca* e il *rivelatore rigenerativo*. Il segnale ad onde continue è rivelato generalmente dal *rivelatore eterodina*.

#### 50. Rivelazione della fonia.

Nel paragrafo 5 è stato mostrato che un segnale modulato o radiofonico è prodotto controllando l'uscita a radiofrequenza di un trasmettitore con una tensione ad audiofrequenza. Il disegno di figura 82 mostra una tensione a radiofrequenza, una tensione ad audiofrequenza e le due tensioni combinate in modo da formare la *tensione-segnale modulata*. Il segnale modulato è la forma d'onda della tensione che appare nel circuito d'antenna di un radioricevitore quando è ricevuta un'onda modulata. Il rivelatore, allora, deve separare la tensione ad audiofrequenza dalla tensione a radio-

frequenza, in modo che la tensione ad audiofrequenza possa essere convertita in suono a mezzo della cuffia o dell'altoparlante. Il rivelatore deve cioè demodulare il segnale.

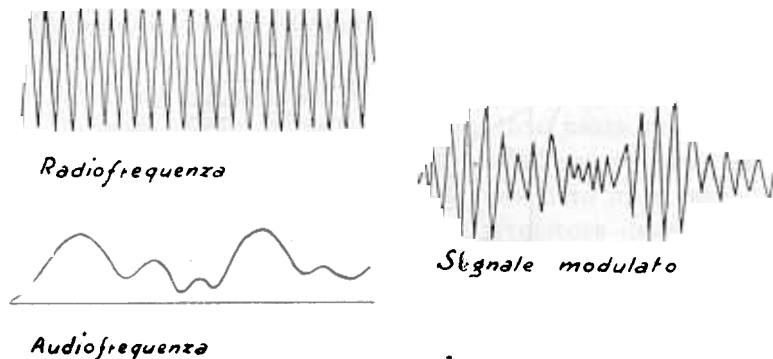


FIG. 82 - Formazione di una forma d'onda modulata.

### 51. Diodo quale rivelatore.

a) Nello studio del diodo come rettificatore (paragr. 35) è stato mostrato che il diodo è conduttore quando la tensione di placca è positiva, e che non è conduttore quando la tensione di placca è negativa. Questa proprietà del tubo lo rende idoneo alla rivelazione dei segnali a radiofrequenza.

b) L'azione di un diodo quale rivelatore può essere meglio spiegata esaminando un semplice radiorecettore a diodo (fig. 83). In questo ricevitore, la tensione-segnale a radiofrequenza modulata apparirà ai capi del circuito accordato parallelo formato dalla bobina  $L$  e dal condensatore variabile  $C_1$  quando questo circuito d'antenna è accordato alla risonanza con il segnale a radiofrequenza in arrivo. Poichè il diodo è connesso a questo circuito d'antenna, esso rettificherà la tensione-segnale e la corrente-segnale rettificata attraverserà la cuffia producendo, pertanto, il suono. Evidentemente, la parte o la componente ad audiofrequenza della tensione che appare ai capi della cuffia non deve essere filtrata via poichè è questa tensione che produce il suono. Ma la

cuffia avrà una reattanza estremamente alta alla frequenza del segnale in arrivo, che riduce l'importo di corrente a radiofrequenza fluente nel circuito. Per questa ragione il condensatore  $C_2$  è posto in parallelo alla cuffia (fig. 83). La grandezza di questo conden-

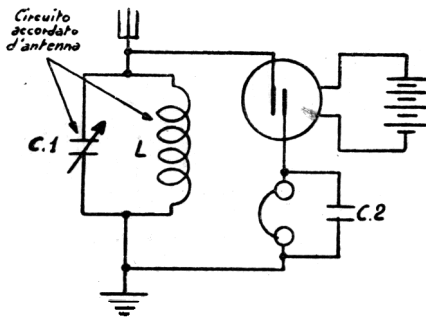


FIG. 83 - Radioricevitore semplice a diodo.

satore è scelta in modo da presentare una reattanza bassa alle radiofrequenze ed una reattanza relativamente alta alle audiofrequenze; il condensatore presenta così un'opposizione minima al flusso delle correnti a radiofrequenza nell'intero circuito, mentre il flusso delle correnti ad audiofrequenza incontra in esso l'opposizione massima. Conseguentemente ai capi della cuffia appare la massima tensione ad audiofrequenza. La figura 84 mostra questa tensione rettificata che appare ai capi della cuffia, sia con condensatore di passaggio  $C_2$  connesso che con condensatore non connesso.

c) L'azione del diodo quale rivelatore è essenzialmente la stessa di quella come rettificatore, poichè il diodo rivela effettiva-

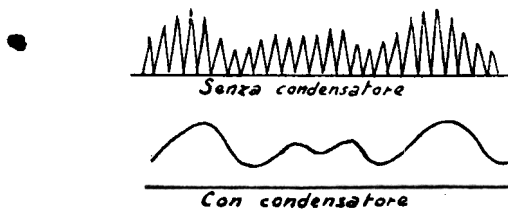


FIG. 84 - Effetto di un condensatore di passaggio.

mente i segnali a radiofrequenza rettificandoli. Il circuito mostrato dalla figura 83 è il circuito rivelatore base di molti radioricevitori adesso in uso. Tuttavia, il diodo non amplifica il segnale mentre lo rivela e quindi il suo impiego quale rivelatore richiede parecchi stadi a monte di amplificazione a radiofrequenza onde portare il livello del segnale fino ad un punto avente un'uscita soddisfacente. Ciò è fatto nei radioricevitori moderni con un grande numero di tubi. Tuttavia, se un complesso radio deve usare un numero più piccolo di tubi e conseguentemente deve avere un minor numero di stadi di amplificazione, esso deve possedere un rivelatore più sensitivo del diodo; in altre parole, il rivelatore deve amplificare il segnale mentre lo rivela. Il triodo è un rivelatore che soddisfa a questi requisiti.

## 52. Rivelatore a caratteristica di griglia.

a) Il rivelatore a caratteristica di griglia funziona come un diodo rivelatore seguito da uno stadio di amplificazione a triodo. La figura 85 mostra soltanto la griglia ed il catodo di un triodo connessi come un diodo rivelatore; la griglia del triodo agisce come la placca del diodo. Si può vedere che il resistore della griglia costituisce il carico per il circuito del diodo, mentre il condensatore di griglia è il condensatore di passaggio della radiofrequenza o condensatore filtro del circuito. Quando una tensione-segnale alternativa modulata è applicata al circuito di figura 85, fluirà corrente attraverso il tubo soltanto nei mezzi cicli positivi e conseguentemente il segnale sarà rettificato, ossia rivelato. Poichè gli elettroni fluiscono soltanto dal catodo alla « placca » del diodo, la caduta di tensione attraverso il resistore della griglia, causata dal flusso di corrente nei mezzi cicli positivi, renderà la « placca » del diodo (ossia la griglia del triodo) negativa rispetto al catodo. Questa tensione-segnale rettificata agisce così come tensione di polarizzazione per la griglia del triodo.

b) Consideriamo adesso il circuito rivelatore completo a caratteristica di griglia mostrato dalla figura 86. Poichè la polarizza-

zione per il triodo è prodotta dalla rettificazione della tensione-segnale modulata, la polarizzazione aumenterà e decrescerà di valore in proporzione alla modulazione del segnale a radiofrequenza (ossia a frequenza audio). In altre parole, la tensione di griglia varierà giusto nello stesso modo come accadeva nella figura 62, in cui una tensione alternativa era applicata alla griglia (di un triodo) in serie con una sorgente di tensione negativa fissa di polarizzazione di griglia. Poiché la corrente di placca del triodo è

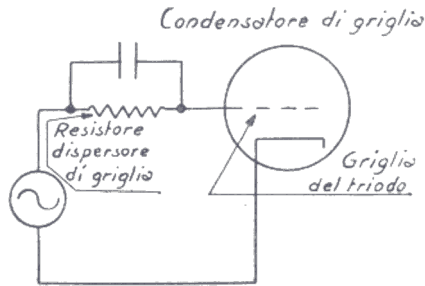


FIG. 85 - Comportamento del triodo come un diodo.

determinata dalla tensione di griglia, la corrente di placca nel circuito di figura 86 varierà proporzionalmente alla tensione che appare ai capi del resistore della griglia. In questo circuito la corrente di placca fluisce attraverso la cuffia, quale carico. La caduta di tensione ai capi della cuffia, prodotta dalle variazioni della corrente di placca, sarà pertanto una riproduzione amplificata della tensione che appare ai capi del resistore di dispersione di griglia. Il condensatore che nella figura 86 è posto in parallelo alla cuffia, dà passaggio attorno alla cuffia a qualunque tensione a radiofrequenza (amplificata dal tubo). Poiché in un circuito la corrente di placca decresce quando si rende la griglia più negativa, la corrente media di placca del circuito rivelatore a caratteristica di griglia decrescerà quando diviene più grande la tensione del segnale applicato. In questo circuito si avrà il valore massimo della corrente di placca quando non è riveduto alcun segnale, in quanto

non vi è allora tensione di polarizzazione sviluppata dalla griglia di dispersione. Poichè nel rivelatore a caratteristica di griglia, la rivelazione del segnale avviene effettivamente nel circuito di griglia, questo tipo di rivelatore è pure chiamato *rivelatore di griglia*.

e) Il principale inconveniente del circuito rivelatore a caratteristica di griglia è dato dal fatto che esso facilmente si sovraccarica quando sono in arrivo forti segnali a radiofrequenza, determinando distorsione all'uscita. Quando i rivelatori a caratteristica di griglia sono usati per manipolare forti tensione-segnale a radiofrequenza, essi sono chiamati *rivelatori di potenza* e sono qualche volta usati nei radioricevitori che hanno parecchi stadi di amplificazione a radiofrequenza che precedono lo stadio rivelatore.

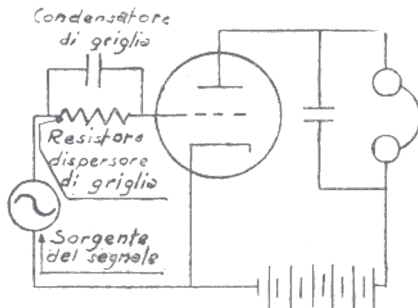


FIG. 86 - Circuito rivelatore a caratteristiche di griglia con dispersione.

### 53. Rivelazione di placca.

a) Quando il circuito rivelatore a triodo è disposto in modo che la rettificazione del segnale a radiofrequenza abbia luogo nel circuito di placca del tubo, si ha il circuito per *rivelazione di placca*. Se una tensione di polarizzazione sufficientemente negativa è applicata alla griglia di un triodo in modo che la corrente di placca sia interdetta in assenza di segnale, viene stabilita la condizione appropriata per la rivelazione di placca. Questa tensione polarizzante d'interdizione può essere fornita sia a mezzo di un resistore catodico che a mezzo di una sorgente fissa di tensione di polariz-

zazione (fig. 87). Se un segnale a radiofrequenza modulato è applicato al circuito di figura 87 fluirà una corrente di placca durante i mezzi cicli positivi della tensione a radiofrequenza, giacchè la tensione positiva annullerà una parte della tensione negativa di polarizzazione, riducendo pertanto la tensione di griglia ad un

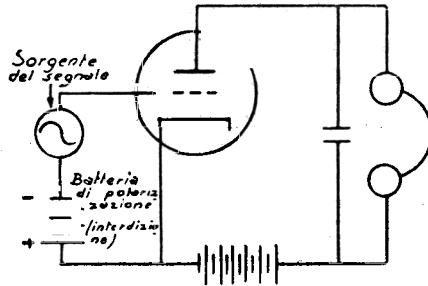


FIG. 87 - Rivelazione di placca.

valore inferiore a quello d'interdizione. La corrente di placca non fluirà durante i mezzi cicli negativi della tensione a radiofrequenza, giacchè la tensione negativa si aggiunge semplicemente alla tensione di polarizzazione, rendendo così la griglia più negativa.

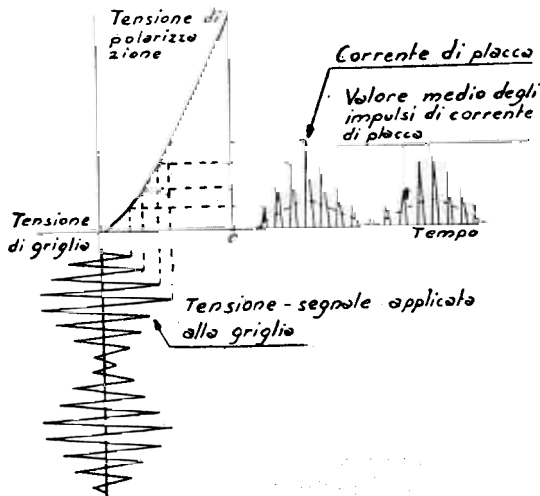


FIG. 88 - Condizioni di funzionamento di un rivelatore di placca.

Pertanto, il tubo agisce come un rivelatore di placca, poichè la corrente di placca fluisce soltanto durante i mezzi cicli positivi della tensione a radiofrequenza.

b) L'azione del rivelatore di placca può essere ulteriormente dimostrata a mezzo della curva  $E_G - I_P$  mostrata dalla figura 88. Riportando la forma d'onda della radiofrequenza modulata sulle ascisse (tensione di griglia) si ottiene la forma d'onda della corrente di placca sulle ordinate correnti anodiche. Poichè una tensione di polarizzazione uguale a quella d'interdizione è applicata al rivelatore di placca, non fluirà corrente di placca quando il segnale non è applicato al circuito. Il valore medio della corrente di placca aumenterà con l'aumentare dell'intensità del segnale applicato; questo effetto è opposto a quello presentato dal rivelatore a caratteristica di griglia. In generale, il rivelatore di placca è meno sensitivo del rivelatore a dispersione di griglia, ma esso ha il vantaggio di essere meno facilmente soggetto a sovraccarichi eccessivi.

#### 54. Rivelazione rigenerativa.

a) Il procedimento per cui una parte della tensione d'uscita di un circuito con tubo a vuoto viene riportata al circuito d'ingresso, in modo da rinforzare (ossia in fase con) la tensione d'ingresso, prende il nome di *rigenerazione*. L'impiego della rigenerazione in un circuito accresce grandemente l'amplificazione del circuito poichè l'aliquota della tensione d'uscita che alimenta il circuito d'ingresso viene ad aggiungersi alla tensione originale d'ingresso, aumentando così la tensione totale che deve essere amplificata dal tubo.

b) La rigenerazione (la cui dizione completa e precisa, è per il caso di cui sopra, *rigenerazione positiva*) può essere applicata ad un circuito rivelatore a caratteristica di griglia, accoppiando magneticamente una bobina inserita nel circuito di placca alla bobina di griglia (fig. 89). Quando un segnale a radiofrequenza è applicato al circuito, si svilupperà una tensione ai capi della



bobina  $L_3$  (fig. 89), per effetto delle variazioni di placca e della reattanza della bobina. Poichè la bobina  $L_3$  è magneticamente accoppiata alla bobina di griglia  $L_2$ , viene indotta una tensione in quest'ultima. I sensi degli avvolgimenti delle due bobine sono tali che la tensione indotta da  $L_3$  su  $L_2$  sarà in fase con la tensione-segnale; la tensione rigenerativa si aggiungerà quindi alla tensione a radiofrequenza del segnale in arrivo facendo aumentare la tensione complessiva che deve essere amplificata dal tubo e quindi aumentando in definitiva l'amplificazione del circuito. È importante che sia corretta la posizione della bobina  $L_3$  rispetto alla bobina  $L_2$  perchè altrimenti la tensione rigenerativa risulterebbe fuori fase con la tensione d'ingresso e quindi cancellerebbe

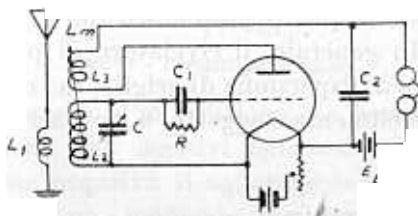


FIG. 89 - Rivelatore rigenerativo

parte della tensione d'ingresso, riducendo l'amplificazione del circuito. Nel diagramma di figura 89, la bobina d'antenna  $L_1$  e la bobina di griglia  $L_2$  formano un trasformatore a radiofrequenza. Poichè vi sono più spire su  $L_2$  che su  $L_1$ , la tensione che appare nel circuito d'antenna sarà elevata da questo trasformatore, producendo così nel circuito un guadagno addizionale. Il secondario del trasformatore,  $L_3$  ed il condensatore variabile  $C$  formano il circuito accordato parallelo del complesso.  $C_2$  dà passaggio alle correnti a radiofrequenza del circuito di placca che possono così scavalcare la cuffia e la batteria di placca  $E_B$ . Come sovente accade nei complessi per impieghi militari, il filamento è acceso a mezzo di una batteria. Il circuito rivelatore rigenerativo di figura 89 è il circuito rivelatore a triodo più sensitivo possibile e, quando impiegato come un ricevitore, è capace di ricevere in buone condizioni segnali con portate estremamente lunghe.

### 55. Rivelazione delle onde continue.

Tutti i circuiti rivelatori finora discussi sono impiegati per rivelare segnali *modulati*, poichè essi separano le audiofrequenze dalle radiofrequenze. Tutti questi circuiti rivelatori rettificeranno pure segnali non modulati ad onde continue, ma nessuna tensione ad audiofrequenza apparirà nei loro circuiti d'uscita, poichè non vi è presente componente di tensione ad audiofrequenza in un segnale non modulato. Per poter ricevere i segnali ad onde continue provenienti da un trasmettitore radiotelegrafico, è necessario poter disporre di un qualche metodo atto a produrre nel circuito rivelatore una tensione ad audiofrequenza quando si sta ricevendo un segnale a radiofrequenza non modulata.

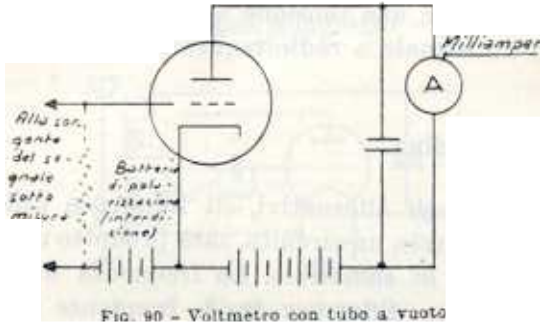
### 56. Rivelatore eterodina.

a) Se due segnali alternativi, di frequenze differenti, sono combinati o mescolati in un circuito, sarà prodotto un terzo segnale chiamato *frequenza di battimento*. La frequenza di questo battimento è uguale alla differenza fra le frequenze che sono state mescolate per produrlo. Così se sono combinate due tensioni ad audiofrequenza, le frequenze delle quali sono rispettivamente 500 e 600 cicli per secondo, sarà prodotta una frequenza di battimento di 100 cicli per secondo.

b) Se sono combinati due segnali a radiofrequenza, le frequenze delle quali differiscono di un audiofrequenza, sarà prodotta una frequenza di battimento di una tensione ad audiofrequenza. Per esempio, se un segnale di mille chilocicli è mescolato con un segnale di 1001 chilocicli, sarà prodotto un battimento con una frequenza di 1 chilociclo (= 100 cicli, ossia un audiofrequenza). Se può essere escogitato qualche modo per generare un segnale in un circuito rivelatore, la frequenza del quale differisca dalla frequenza del segnale in arrivo in un audiofrequenza, allora sarà prodotta nel circuito una tensione ad audiofrequenza. Questo può essere realizzato facendo oscillare il circuito del rive-

latore rigenerativo. Se la rigenerazione positiva è accresciuta oltre un certo punto critico, il circuito oscillerà e produrrà una corrente alternata, la frequenza della quale è uguale alla frequenza di risonanza del suo circuito accordato.

Pertanto, facendo diventare il rivelatore rigenerativo, e quindi oscillante e accordandolo in modo che la frequenza generata differisca dalla frequenza del segnale a radiofrequenza in arrivo di un valore corrispondente ad una frequenza udibile, è possibile rivelare segnali a radiofrequenza non modulata. Questo procedimento prende il nome di *eterodinaggio* ed un rivelatore oscillante è chia-



mato *rivelatore eterodina*. Il principio dell'eterodina è utilizzato nei radioricevitori quando è desiderato eseguire la ricezione delle onde continue. Esso è pure la base del maggior numero dei circuiti oscillatori usati nei trasmettitori e nei ricevitori.

### 57. Voltmetro con tubo a vuoto.

a) Il circuito rivelatore di placca, discusso nel paragrafo 53, è impiegato per costituire un dispositivo di misura molto importante nella radio: il voltmetro con tubo a vuoto. Lo schema del circuito del voltmetro con tubo a vuoto è mostrato dalla figura 90 e la sua somiglianza con il circuito rivelatore di placca è evidente. Quando non è applicata tensione alla griglia di questo circuito, non fluirà corrente di placca, poichè la griglia è polarizzata alla interdizione. Se è applicata alla griglia una tensione alternativa,

fluirà una corrente di placca, proporzionale alla tensione di punta (valore massimo istantaneo), la quale azionerà il milliamperometro (che sostituisce la cuffia del circuito rivelatore di placca).

Se è applicata una tensione continua, la corrente di placca indicata dal milliamperometro sarà proporzionale alla tensione applicata, purchè il terminale positivo della tensione da misurare sia connesso alla griglia ed il terminale negativo alla batteria di polarizzazione.

b) Calibrando il milliamperometro in modo che da esso si possano leggere tensioni alternate oppure continue, od entrambe, il circuito diviene un effettivo dispositivo di misura di tensioni. Il vantaggio del voltmetro a valvola è che esso assorbe solo una trascurabile corrente dalla sorgente di tensione sotto misura. Questo fatto, in contrasto con i milliamperometri normali, permette al dispositivo di fornire indicazioni molto più precise quando occorra eseguire delle misure critiche.