

CAPITOLO IV

TUBI A VUOTO

33. Elettroni.

a) I fondamenti dell'elettricità sono basati sull'elettrone, costituito da una minuta particella caricata negativamente. Gli atomi, di cui è composta la materia, consistono di nuclei caricati positivamente attorno a cui sono raggruppati un certo numero di elettroni. Le proprietà fisiche di qualunque materia dipendono dal numero di elettroni attorno al nucleo e dalla dimensione dei nuclei. In ogni materia vi sono un certo numero di elettroni liberi. Il movimento di questi elettroni liberi costituisce la corrente elettrica. Se il movimento degli elettroni avviene in una sola direzione, si ha la corrente continua. Tuttavia, se la sorgente di tensione è alternata fra valori positivi e negativi, il movimento degli elettroni è similmente alternato: questo costituisce la corrente alternata.

b) Se certi metalli, o sostanze metalliche, tali come gli ossidi metallici, sono riscaldati ad alta temperatura, sia a mezzo di una fiamma o facendovi passare una corrente elettrica, essi hanno la proprietà di sprigionare o emettere elettroni. L'elemento di un tubo a vuoto che è riscaldato e che emette elettroni è chiamato *catodo*.

c) Se il catodo è riscaldato ad un'alta temperatura nell'aria aperta, esso si brucierà per effetto della presenza dell'ossigeno nell'aria. Per questa ragione il catodo è posto entro un bulbo di vetro o di metallo dal quale è stata tolta l'aria. Tale spazio costituisce un *vuoto*. Poichè è difficile riscaldare un elemento di un tubo a vuoto a mezzo del fuoco o della fiamma, il catodo, che ha la forma di un filamento, è riscaldato facendolo attraversare direttamente da una corrente.

d) Qualunque corpo isolato caricato positivamente, posto nella vicinanza di un emettitore elettronico, attrarrà gli elettroni caricati negativamente. La carica positiva sul corpo sarà ben

presto cancellata dagli elettroni attratti da esso a meno che non sia escogitato qualche mezzo per togliere gli elettroni non appena arrivino. Ciò può essere fatto connettendo una sorgente di tensione costante fra il corpo caricato positivamente e l'emettitore elettronico (fig. 48). Questa è la disposizione generale realizzata con il tubo a due elementi a *diodo*. Essa costituisce pure la base di funzionamento di tutti i tipi di tubo a vuoto.

e) L'emettitore o catodo di un tubo a vuoto può essere simile al filamento di una comune lampada ad incandescenza che è riscaldata dalla corrente che lo percorre. Il corpo caricato positivamente

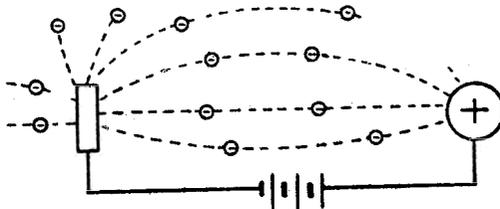


FIG. 48 - Elettroni emessi attratti da un corpo caricato positivamente.

circonda usualmente l'emettitore ed è chiamato la *placca* o *anodo*. Da notare che gli elettroni viaggiano dal corpo negativo a quello positivo.

f) Due tipi di catodo, o emettitori, sono impiegati nei tubi radio. In un tipo chiamato *filamento* o *catodo a riscaldamento diretto*, la corrente riscaldante passa attraverso il catodo stesso. Nell'altro, chiamato *catodo a riscaldamento indiretto*, la corrente passa attraverso un elemento riscaldante che a sua volta riscalda il catodo ad una temperatura sufficientemente alta da determinare la emissione elettronica. Nel tipo a riscaldamento indiretto, il catodo è costituito da una guaina metallica rivestita da speciali ossidi che è posta sopra l'elemento riscaldatore.

g) Più alta è la temperatura del catodo, più elettroni saranno emessi. Tuttavia, se è applicata al catodo una tensione troppo elevata, la corrente intensa che attraverserà il filamento, o il

riscaldatore, lo brucerà. La giusta tensione da applicare al filamento o al riscaldatore è stabilita dal fabbricante e questo valore di tensione deve essere osservato per ottenere un funzionamento soddisfacente. Il catodo di un tubo non continuerà ad emettere elettroni indefinitivamente. Dopo parecchie migliaia di ore di funzionamento il numero di elettroni emessi decrescerà gradualmente, sino a che, infine, ne viene emesso un numero insufficiente per l'appropriato funzionamento. La diminuzione della capacità di emissione è dovuta a trasformazione chimica che si verifica nel catodo. Questa è una delle ragioni per cui i tubi si esauriscono.

34. Funzionamento del diodo

a) Il *diodo* è il tipo più semplice di tubi a vuoto e consiste in soli due elementi: un catodo e una placca. Il funzionamento del diodo dipende dal fatto che se una tensione positiva è applicata alla placca rispetto al catodo riscaldato, una corrente attraverserà il tubo: se invece è applicata una tensione negativa alla placca, rispetto al catodo, il tubo non sarà attraversato da corrente.

b) Quando il terminale positivo di una batteria è connesso alla placca di un diodo ed il terminale negativo è connesso al catodo, la placca sarà positiva rispetto al catodo. Poichè gli elettroni emessi dal catodo sono particelle negative di elettricità e vi è una carica positiva sulla placca, gli elettroni emessi dal catodo saranno attirati dalla placca (fig. 49). In altre parole, vi è un flusso di elettroni che attraversa il tubo e che quindi determina una corrente nel circuito. Se la corrente nel circuito è misurata dal milliamperometro A (fig. 49) mentre la tensione applicata alla placca (chiamata tensione di placca o anodica) è accresciuta, si vedrà che la corrente nel tubo, chiamata corrente di placca, è aumentata. Ciò è mostrato dalle curve tensione di placca-corrente di placca di figura 50.

c) Quando il terminale negativo della batteria è connesso alla placca del diodo ed il terminale positivo è connesso al catodo

(fig. 51), la placca sarà negativa rispetto al catodo, e pertanto nessun elettrone sarà attratto dalla placca. Poichè non vi sono elettroni viaggianti verso la placca, non passerà corrente nel tubo.

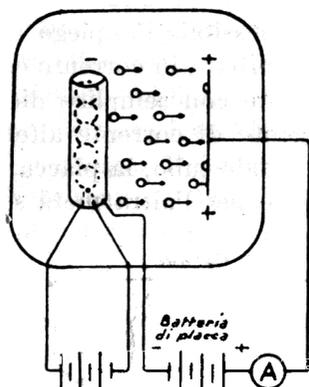


FIG. 49 - Flusso di elettroni in un diodo quando la placca è positiva.

d) Il diodo è un *conduttore* quando la tensione di placca è positiva ed è un *non conduttore* quando la tensione di placca è negativa. Questa proprietà del diodo ne permette l'impiego per due funzioni molto utili: *la rettificazione e la rivelazione*.

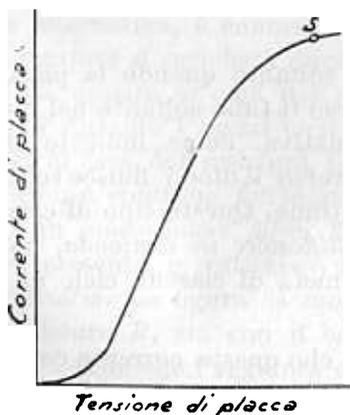


FIG. 50 - Corrente di placca in un diodo.

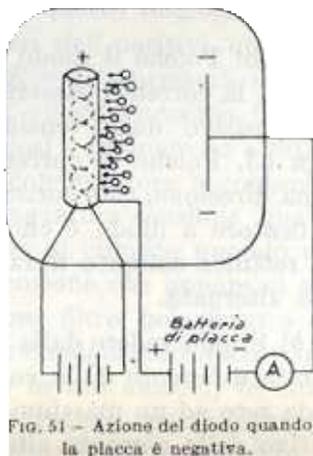


FIG. 51 - Azione del diodo quando la placca è negativa.

35. Diodo quale rettificatore.

a) L'abilità di un diodo a condurre corrente soltanto in una sola direzione ne rende possibile l'impiego come rettificatore per convertire la corrente alternata in corrente continua. Uno schema di un circuito rettificatore con semplice diodo è mostrato dalla figura 52. Se una sorgente di corrente alternata è connessa fra la placca ed il catodo di tale tubo, la placca, per una metà di ciascun ciclo sarà positiva e per l'altra metà sarà negativa rispetto

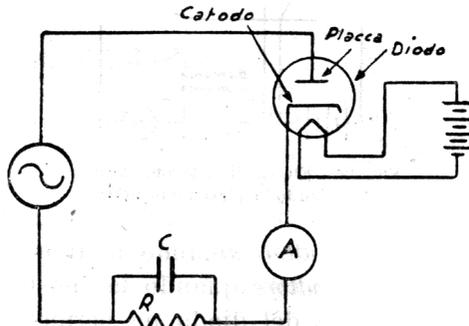


FIG. 52 - Diodo usato come rettificatore in semionda.

al catodo. Poichè il diodo conduce soltanto quando la placca è positiva, la corrente passerà attraverso il tubo soltanto nel mezzo ciclo positivo della tensione alternativa, come indicato dalla figura 53. Poichè la corrente attraverso il diodo fluisce soltanto in una direzione, tale corrente è continua. Questo tipo di circuito rettificatore a diodo è chiamato *rettificatore in semionda*, poichè esso rettifica soltanto durante una metà di ciascun ciclo di corrente alternata.

b) Si può vedere dalla figura 53 che questa corrente continua è molto differente dalla corrente continua pura, poichè essa cresce da zero ad un massimo e ritorna a zero durante il mezzo ciclo positivo della corrente alternativa, e non fluisce durante tutto il

mezzo ciclo negativo. Per distinguere questo tipo di corrente da una corrente continua pura, essa si chiama *corrente continua pulsante* o *corrente continua rettificata*.

c) Per convertire questa corrente alternativa rettificata in corrente continua pura, debbono essere rimosse le fluttuazioni. In altre parole, è necessario tagliare la sommità dei mezzi cicli del flusso di corrente e riempire i vuoti dovuti ai mezzi cicli durante i quali non vi è passaggio di corrente. Questo procedimento è chiamato *filtraggio*. Nel circuito di figura 52 la tensione continua di uscita apparirà ai capi del resistore di carico R , per effetto del

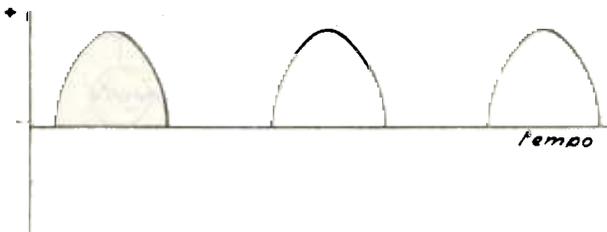


FIG. 53 - Uscita di un rettificatore in semionda.

passaggio della corrente durante i mezzi cicli positivi. Il condensatore C , avente una piccola reattanza alla frequenza della corrente alternativa, è connesso ai capi di questo resistore. Questo condensatore si caricherà durante i mezzi cicli positivi, quando la tensione appare ai capi del resistore R e si scaricherà sul resistore R durante i mezzi cicli negativi, quando nessuna tensione appare ai capi del resistore, tendendo così a spianare od a filtrare la corrente continua fluttuante. Tale condensatore è conosciuto come un *condensatore filtro*. Esso immagazzina tensione quando essa è presente, e restituisce la tensione al circuito quando essa è necessaria. La figura 54 mostra la tensione che appare ai capi del resistore R , sia con il condensatore filtro nel circuito che senza. Si vede che l'aggiunta di un solo condensatore filtro non è sufficiente a rimuovere completamente le fluttuazioni; in effetti nessun valore di capacità, per quanto grande, potrà eliminare completamente queste fluttuazioni. Tuttavia, se è aggiunto un

circuito filtro al rettificatore in semionda, come è indicato dal circuito completo (fig. 55) può essere ottenuto un grado soddisfacente di filtraggio. In questo circuito, i condensatori C_1 e C_2 sono entrambi condensatori filtro e soddisfano completamente alla funzione sopra descritta. L'induttore L è una bobina di arresto avente un'alta reattanza alla frequenza delle correnti alternate e un basso valore di resistenza alla corrente continua. Essa si opporrà a qualunque fluttuazione di corrente, ma consentirà alla

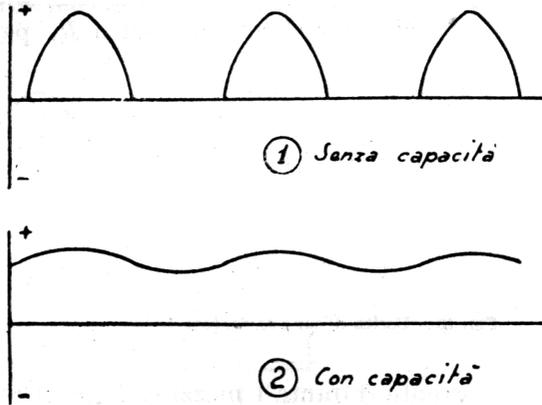


FIG. 54 Effetto del condensatore filtro.

corrente continua di fluire indisturbata nel circuito. I due condensatori filtro C_1 e C_2 danno passaggio alle fluttuazioni di tensione intorno al resistore di carico R , mentre la bobina di arresto L tende ad opporsi a qualunque fluttuazione di corrente attraverso il resistore.

d) Lo svantaggio del rettificatore in semionda è dato dal fatto che non fluisce corrente durante il mezzo ciclo negativo. Pertanto parte della tensione prodotta durante il mezzo ciclo positivo deve essere usata per rimuovere le fluttuazioni. Questo fatto riduce la tensione media di uscita del circuito. Poichè il circuito conduce soltanto per metà del tempo, esso non è molto efficiente. Conseguentemente, il rettificatore ad onda completa, così chia-

mato perchè rettifica per entrambi i mezzi cicli, è stato sviluppato per essere impiegato nei circuiti alimentatori di potenza dei moderni ricevitori e trasmettitori. Nel circuito rettificatore ad onda completa mostrato dalla figura 56, sono usati due diodi, uno che conduce durante il primo ciclo e l'altro durante il secondo mezzo ciclo.

e) Nel circuito di figura 56, il trasformatore ha l'avvolgimento secondario con presa centrale, cosicchè il diodo D_1 è connesso ad una metà di questo avvolgimento, mentre il diodo D_2 è

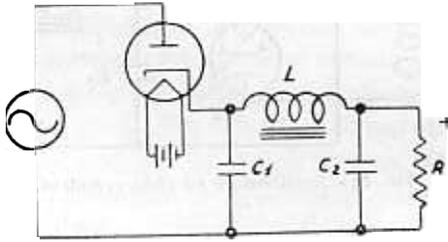


FIG. 55 - Circuito filtro aggiunto ad un rettificatore in semionda.

connesso all'altra metà. Il resistore R è il resistore di carico comune ad entrambi i diodi. I condensatori C_1 e C_2 e l'induttore L formano il circuito filtro. Durante un mezzo-ciclo, la placca del diodo D_1 sarà positiva rispetto alla presa centrale dell'avvolgimento secondario del trasformatore, mentre la placca del diodo D_2 sarà negativa: conseguentemente il diodo D_1 condurrà mentre il diodo D_2 non condurrà. Durante l'altro mezzo ciclo, D_1 sarà negativo e non conduttore, mentre D_2 sarà positivo e conduttore. Pertanto, poichè i due diodi entrano successivamente in funzionamento, ed uno di loro è sempre conduttore, la corrente fluisce attraverso la resistenza di carico durante entrambe le metà del ciclo. Questa è la rettificazione ad onda completa.

f) Se non fosse usato un circuito filtro nel circuito rettificatore ad onda completa di figura 56, la tensione d'uscita continua ai capi del resistore di carico R apparirebbe come in figura 57.

Evidentemente questa forma d'onda è molto più facile filtrare di quanto non lo sia l'uscita del rettificatore in semionda; l'azione dei condensatori e degli induttori nello spianare questa forma di onda è la stessa come per la tensione del rettificatore in semionda.

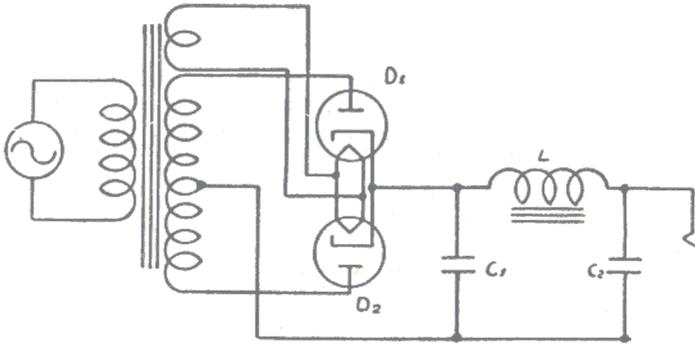


FIG. 56 - Rettificatore ad onda completa

g) Il circuito mostrato dalla figura 56 è quello base per tutti gli alimentatori di potenza azionati dalla corrente alternata e



FIG. 57 - Uscita di un rettificatore ad onda completa senza filtro.

impiegati per fornire le tensioni continue richieste dai trasmettitori e dai ricevitori. Da notare che la tensione dei riscaldatori per ciascuno dei due diodi è presa da uno avvolgimento a parte sul secondario del trasformatore.

36. Curve caratteristiche del diodo.

a) La curva corrente di placca — tensione di placca mostrata dalla figura 50 — è un'importante caratteristica del diodo, poiché essa mostra il valore della corrente che un diodo farà passare

per qualunque data tensione di placca. Differenti tipi di diodi possono avere curve caratteristiche leggermente differenti. Tuttavia, tutte queste curve indicano un fatto importante: la corrente di placca, o di carico, non è proporzionale alla tensione di placca applicata. Per questa ragione la legge di Ohm è applicabile strettamente soltanto a piccoli incrementi, o variazioni, di correnti e tensioni. In generale, le relazioni tensioni-corrente nei circuiti dei tubi a vuoto sono studiate a mezzo di curve caratteristiche ottenute sperimentalmente.

b) Le porzioni curve nel grafico di figura 50 sono il risultato di certe variazioni nell'azione del diodo. Quando la tensione di placca è bassa gli elettroni più vicini al catodo sono respinti indietro al catodo dagli elettroni emessi che si sono accumulati nelle vicinanze del catodo, e soltanto quegli elettroni che sono più vicini alla placca saranno attratti da quest'ultima. Questo effetto di ripulsione attorno al catodo è provocato dalla *carica spaziale*. Per valori intermedi del potenziale di placca, la carica spaziale nella vicinanza del catodo è ridotta per effetto dell'attrazione di un maggior numero di elettroni dalla placca caricata positivamente e qualunque aumento nel potenziale di placca produce un aumento apprezzabile di corrente, come mostrato dalla curva di figura 50. Per valori grandi del potenziale di placca, quando la carica spaziale è completamente rimossa, il numero di elettroni che per ogni secondo raggiungono la placca è limitato dal numero di elettroni emessi per secondo dal catodo, ed è indipendente dal potenziale di placca. Questa ultima condizione si chiama di *saturazione*, ed un punto sulla curva (punto *S* di fig. 50) è chiamato il punto di *saturazione*.

37. Funzionamento del triodo.

a) Il triodo differisce in costruzione dal diodo soltanto per l'aggiunta di un altro elemento, chiamato *griglia*. La griglia è una struttura cilindrica fatta di maglie sottili di filo, che è posta fra il catodo e la placca del tubo in modo che tutti gli elettroni che lasciano il catodo debbono attraversarla per poter raggiungere la

placca. La figura 58 mostra la disposizione della griglia, del catodo e della placca in un triodo tipico. La griglia è posta molto più vicina al catodo che alla placca e conseguentemente avrà un effetto maggiore di quello esercitato dalla placca sugli elettroni che la attraversano.

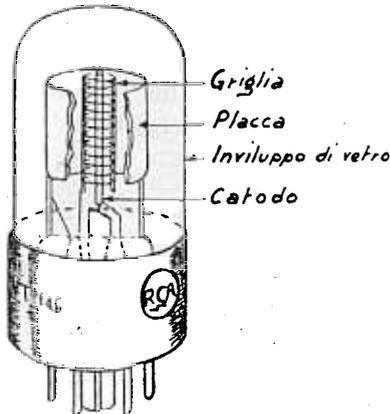


FIG. 58 - Triodo tipico.

b) Se un triodo è connesso ad un semplice circuito, come quello mostrato dalla figura 59, può essere studiata l'azione della griglia. Quando una piccola tensione negativa (rispetto al catodo) è applicata alla griglia, il flusso di elettroni nel tubo subisce una variazione. Poiché gli elettroni sono particelle negative di elettricità, e cariche uguali si respingono, la tensione negativa sulla griglia respingerà gli elettroni emessi dal catodo e così tenderà ad impedirne il passaggio attraverso la griglia lungo il loro cammino verso la placca. Tuttavia, poiché la placca è considerevolmente positiva rispetto al catodo, la sua attrazione sugli elettroni è sufficientemente intensa da permettere ad una parte di loro di passare attraverso la griglia e di raggiungere la placca malgrado l'opposizione offerta dalla tensione negativa sulla griglia. Pertanto, una piccola tensione negativa sulla griglia del tubo ridurrà il flusso di elettroni dal catodo alla placca (fig. 60) e conseguentemente ridurrà il valore della corrente di placca fra il catodo e la placca del tubo.

c) Se la corrente di placca nel circuito di figura 59 è misurata a mezzo del milliamperometro *A* mentre è mantenuta co-

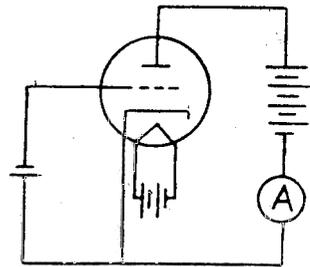


FIG. 59 - Triodo con una piccola tensione negativa sulla griglia.

stante la tensione di placca, facendo la griglia del tubo gradualmente più negativa rispetto al catodo, la corrente di placca varierà come mostrato dalla curva di tensione di griglia-corrente di placca di figura 61. Tale curva è pure chiamata la caratteristica E_G-I_P . Si può vedere da questa curva che col diventare la griglia del tubo sempre più negativa, fluirà sempre meno corrente, poichè più la griglia è negativa minore è il numero di elettroni che essa permette di passare alla placca. Nel caso di questo tubo

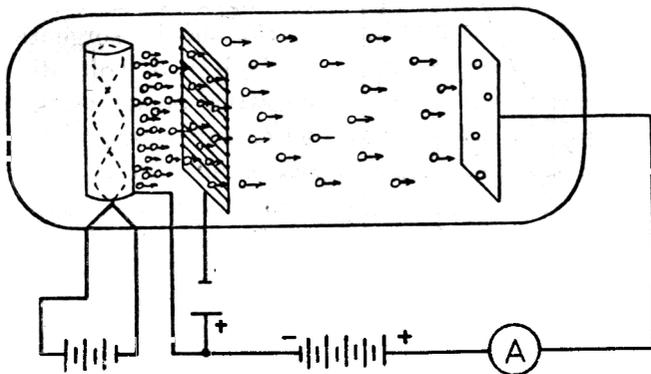


FIG. 60 - Effetto della griglia negativa sul flusso della corrente di placca.

particolare (tipo 6 G 5) sarà notato dalla curva caratteristica che se la griglia è fatta sufficientemente negativa (-10 volt), la corrente di placca cade a zero. Così, questo valore di tensione negativa di griglia ha tagliato il flusso di elettroni dentro il tubo. Una tensione negativa che è applicata alla griglia di un tubo per mantenere un dato valore di corrente di placca, è chiamata la tensione di polarizzazione di griglia; quel valore di tensione di polarizzazione di griglia che taglia il flusso della corrente di placca è chiamato la tensione d'interdizione del tubo. Poichè in un tubo la corrente di placca aumenta con l'aumentare della tensione di placca, la polarizzazione richiesta per interdire la corrente di placca aumenterà con l'aumentare della tensione di placca applicata al tubo.

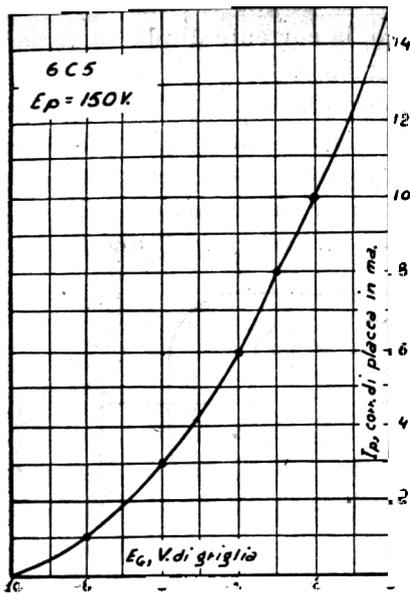


FIG. 61 - Curva tensione di griglia-corrente di placca.

si può vedere che quando non è applicato al tubo il segnale alternativo, la corrente di placca sarà fissata ad 8 milliampère dai 3 volt della tensione di polarizzazione fornita dalla batteria. Quando è applicato al tubo il segnale alternativo, sui mezzi cicli positivi saranno applicati alla griglia del tubo -2 volt e la corrente di placca aumenterà a 10 milliampère; ma nei mezzi cicli negativi vi saranno sulla griglia -4 volt e la corrente di placca decrescerà a 6 milliampère. Così 1 volt di segnale alternativo produce in questo tubo una variazione di corrente di placca di 4 milliampère. Ciò può essere dimostrato

d) Il triodo è ora connesso ad un circuito (fig. 62) dove è applicata alla griglia una tensione alternativa (segnale), in aggiunta alla tensione di polarizzazione. La sorgente di segnale è regolata in modo che essa applica una tensione alternativa di 1 volt al circuito. Poichè la sorgente del segnale e i 3 volt di tensione negativa polarizzante sono in serie, sul mezzo ciclo positivo del segnale alternativo saranno applicati alla griglia -2 volt ($-1 - 3 = -2$); sul mezzo ciclo negativo saranno applicati alla griglia del tubo -4 volt ($+1 - 3 = -4$). Dalla curva tensione di griglia-corrente di placca mostrata dalla figura 61,

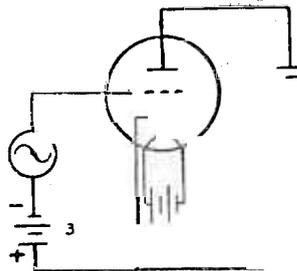


FIG. 62 - Triodo con un segnale alternativo alla griglia.

graficamente tracciando la forma d'onda della tensione alternativa sulla scala tensione di griglia della curva caratteristica E_G-I_P e disegnando la forma d'onda sulla scala corrente di placca del grafico (fig. 63).

e) L'esame della figura 63 mostrerà che la forma d'onda della variazione della corrente di placca è una riproduzione esatta della

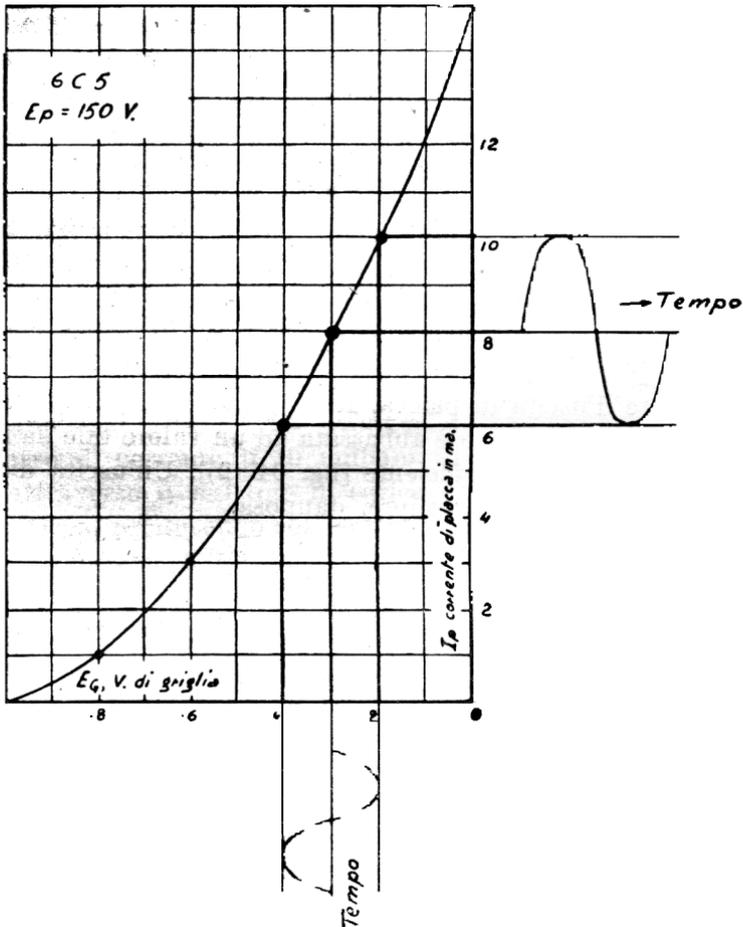


FIG. 63 - Forma d'onda della corrente di placca risultante da una tensione alternativa di griglia.

forma d'onda della tensione alternativa applicata al tubo. Sviluppando ulteriormente questo procedimento, può essere mostrato che se la tensione negativa di polarizzazione è accresciuta a 5 volt, in modo che la tensione di griglia vari da -4 a -6 volt durante il ciclo della corrente alternata, la corrente di placca varierà da 3 a 6 milliampère, mostrando una variazione totale di soli 3 milliampère. Se la tensione negativa di polarizzazione è aumentata a 9 volt, in modo che la tensione di griglia vari da -8 a -10 volt durante il ciclo della corrente alternata, allora la corrente di placca varierà di solo 1 milliampère. Da ciò può essere visto che se è accresciuta la polarizzazione negativa, vi è una diminuzione nella risultante variazione di corrente di placca per un dato segnale d'ingresso. Questo metodo di controllo della uscita di un tubo a mezzo della variazione della tensione di polarizzazione è spesso usato per realizzare il controllo di volume, come sarà mostrato in seguito nello studio dei radioricevitori. Tuttavia sarà notato che se la tensione di griglia è portata ad un valore negativo molto alto [fig. 64 (1)], vi è una sensibile distorsione dell'onda della corrente d'uscita di placca. Risulta pure della distorsione se la temperatura del catodo è abbassata ad un valore tale da determinare un'emissione insufficiente [fig. 64 (2)]. Un'uscita distorta è generalmente, ma non sempre, dannosa.

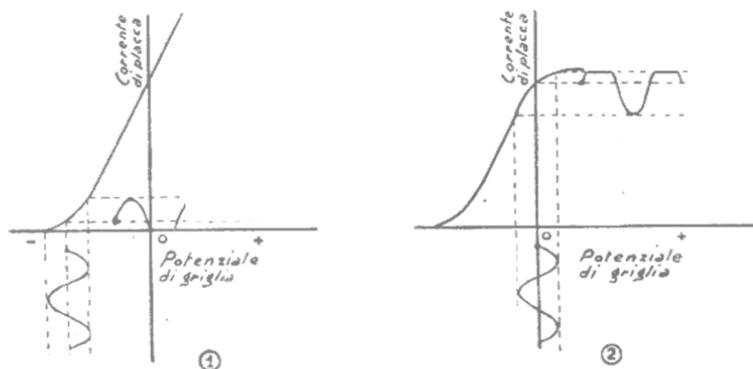


FIG. 64 Distorsione dovuta ad alta tensione di polarizzazione di griglia ed a bassa temperatura del catodo.

38. Circuiti del triodo; carichi di placca.

a) Per potere utilizzare le variazioni della corrente di placca di un triodo dovute alle variazioni della tensione di griglia, deve essere presente un qualche dispositivo nel circuito di placca del tubo che agisca come carico. Questo carico di placca può essere un resistore, un induttore od un circuito accordato.

b) Un circuito a triodo tipico con un resistore impiegato come carico di placca è mostrato dalla figura 65. Se in questo circuito il tubo è polarizzato a -3 volt

e la tensione del segnale alternativo applicata alla griglia è di 1 volt, la variazione di corrente di placca di 4 milliamperè produrrà una variazione di tensione di 40 volt ai capi del resistore di 10.000 ohm. Sui mezzi cicli positivi, la tensione negativa di 2 volt applicata alla griglia produce un flusso di corrente di 10 milliamperè attraverso il resistore di carico della placca, producendo così una caduta di tensione di 100 volt (per la legge di Ohm).

Sui mezzi cicli negativi, la tensione negativa di 4 volt applicata alla griglia produce una corrente di 6 milliamperè attraverso il resistore di carico della placca ed una corrispondente caduta di tensione di 60 volt. La differenza fra queste due cadute di tensione, ossia 40 volt, è la *variazione di tensione* nel circuito di placca prodotta dalla tensione alternativa applicata alla griglia. Pertanto si vede che una tensione segnale variabile da -1 a $+1$ (ossia una variazione totale di 2 volt) può produrre una variazione di tensione di 40 volt nel circuito di placca; in altre parole, la tensione del segnale originale (applicato alla griglia) è stata amplificata 20 volte. Questo è il procedimento base per qualunque amplificazione con tubo a vuoto.

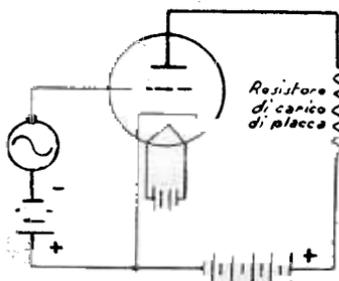


FIG. 65 - Triodo impiegante un resistore come carico di placca.

e) L'uso di un resistore quale impedenza di carico di un tubo a vuoto presenta uno svantaggio: la sua resistenza riduce la tensione continua effettiva applicata alla placca del tubo, e così riduce l'amplificazione del tubo. Per evitare questa perdita nella tensione di placca, sono spesso usati induttori come carichi di placca dei circuiti dei tubi a vuoto (fig. 66). Scegliendo un indut-

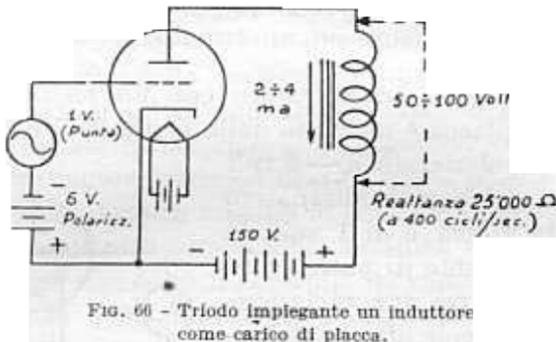


FIG. 66 - Triodo impiegante un induttore come carico di placca.

tore che ha un alto valore di reattanza alla frequenza della corrente alternativa, si svilupperà una grande tensione ai capi della reattanza per effetto delle variazioni di corrente di placca nel tubo. Tuttavia, la tensione di placca applicata alla placca del tubo sarà abbastanza alta, poichè la resistenza alla corrente continua di un induttore può essere molto piccola e, conseguentemente, l'amplificazione del tubo sarà accresciuta.

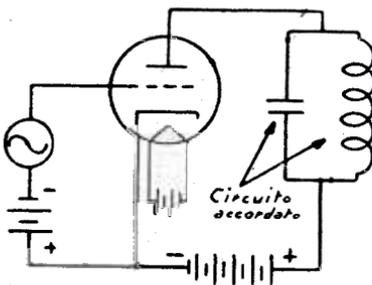


FIG. 67 - Triodo impiegante un circuito accordato come carico di placca.

d) Se è desiderato amplificare un segnale di una data frequenza può essere usato un circuito accordato, che risona a questa frequenza, come carico di placca (fig. 67). Poichè l'impedenza di tale circuito sarà molto alta alla frequenza risonante, la tensione segnale che appare ai capi del circuito accordato sarà pure alta. Usando un circuito accordato come

carico di placca per un tubo a vuoto, è possibile ottenere l'amplificazione soltanto alla frequenza di risonanza del circuito accordato. Il circuito di figura 67 è quello tipico dei circuiti amplificatori a radiofrequenza usati nei trasmettitori radio.

39. Circuiti del triodo; metodi di polarizzazione.

a) Vi sono parecchi differenti metodi per ottenere una tensione di polarizzazione negativa di griglia per un triodo. Fra questi, il modo più semplice è quello della polarizzazione fissa, in cui una conveniente tensione negativa è ottenuta a mezzo di una sorgente fissa, tale come una batteria o un alimentatore di potenza a rettificatore. Esempi di questi tipi di polarizzazione sono mostrati nelle figure 59, 62 e 65.

b) Un circuito di un tubo a vuoto può essere disposto in modo da generare la propria tensione di polarizzazione, e tale metodo è chiamato di *autopolarizzazione*. Un tipo di autopolarizzazione, chiamato polarizzazione con resistore con il ritorno al catodo, è mostrato nel circuito dell'amplificatore a triodo di figura 68. In questo circuito, la corrente di placca proveniente dalla batteria fluisce nel resistore catodico, percorre il tubo e ritorna alla batteria attraversando il resistore di carico di placca. Poichè la corrente attraversa il resistore catodico fluendo verso il catodo, vi sarà una caduta di tensione ai capi di questo resistore che renderà la griglia negativa rispetto al catodo. Questa è la condizione appropriata per la polarizzazione. La convenienza di questo tipo di polarizzazione è evidente, poichè esso elimina la necessità di una sorgente separata di tensione polarizzante. Per questa ragione, la polarizzazione con resistore catodico è largamente usata sia nei trasmettitori che nei ricevitori. Omettendo il condensatore in parallelo al resistore, o con un valore di questo condensatore troppo piccolo, si produce della *degenerazione* (paragrafo 102 c) per effetto delle variazioni di polarizzazione di griglia che accompagnano allora le pulsazioni alternative della corrente di placca. Questo condensatore dovrebbe avere una bassa reattanza alla

frequenza del segnale, non permettendo così al resistore catodico di produrre cadute di tensione per effetto della tensione alternativa del segnale.

c) Un'altra forma di autopolarizzazione è chiamata la *polarizzazione per dispersione di griglia* ed è usata nei casi in cui fluisce

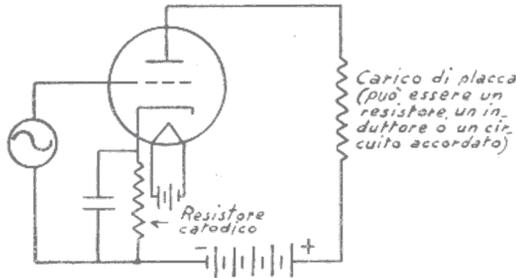


FIG. 68 - Circuito amplificatore a triodo con autopolarizzazione.

corrente di griglia. Due esempi di questo tipo di polarizzazione sono mostrati nella figura 69. La polarizzazione si verifica per effetto della caduta di potenziale ai capi del resistore quando

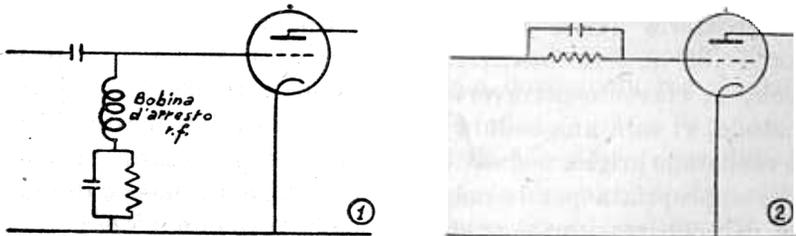


FIG. 69 - Polarizzazione per dispersione di griglia. (1) Disposizione parallelo. — (2) Disposizione serie

fluisce corrente di griglia nelle escursioni positive del segnale alternativo. Questo resistore è chiamato dispersore di griglia. Un condensatore ai capi del dispersore offre una bassa impedenza alla corrente alternativa, cosicché la polarizzazione è essenzialmente continua in carattere ed è funzione soltanto dell'ampiezza della

corrente di griglia. Uno svantaggio della polarizzazione con dispersore di griglia è che se, per una qualunque ragione, è tolta l'eccitazione, viene tolta pure la polarizzazione e la corrente di placca può assumere pericolose proporzioni, provocando il danneggiamento del tubo a vuoto.

d) Per combinare il vantaggio della polarizzazione con dispersore di griglia e quella con batteria (o fissa), gli amplificatori dei trasmettitori usano spesso una combinazione in serie di entrambi i tipi. Dei tipi di tubi amplificatori sono convenientemente progettati, per quanto riguarda l'alimentazione della polarizzazione, per funzionare con la griglia al potenziale del catodo; questi sono conosciuti come tubi con polarizzazione zero.

40. Curve caratteristiche del triodo.

a) Vi sono due tipi generali di curve caratteristiche per triodi. Una curva è per il caso di circuito di placca senza carico ed è chiamata la *curva caratteristica statica*; l'altra è per il caso di un carico nel circuito di placca, ed è conosciuta come la *curva caratteristica dinamica*. Un impiego è già stato fatto delle curve statiche nelle figure 61, 63 e 64 in cui il tubo operava senza carico di placca. Tuttavia, in pratica, l'uscita di un tubo alimenterà una qualche specie di carico che può essere rappresentato da un certo valore di resistenza (assunta ad essere equivalente al carico). Con ciò si perviene a curve caratteristiche dinamiche che riflettono più accuratamente le condizioni di funzionamento del tubo. Un confronto delle curve statiche con quelle dinamiche, con i due circuiti che sono impiegati per ottenere ciascuna di esse, è mostrato nella figura 70 (3). La differenza di pendenza delle due curve è dovuta al fatto che il potenziale fra placca e catodo in assenza di carico è costante, indipendentemente dalla corrente di placca, mentre con un carico nel circuito di placca, il potenziale ai capi del carico (e conseguentemente il potenziale fra placca e catodo) varia con la corrente. Assumiamo che il punto di funzionamento normale cioè senza segnale sia lo stesso tanto per il tubo con carico esterno

che per quello senza carico; cioè riguardiamo il punto di funzionamento normale come punto di intersezione delle due curve di figura 70 (3). Senza carico esterno [fig. 70 (1)], per un'escursione positiva A [fig. 70 (3)] del potenziale del segnale, la corrente di placca aumenta di un importo B . Con un carico esterno [fig. 70 (2)] l'aumento di corrente conseguente ad un'escursione positiva di griglia è a sua volta accompagnato da una caduta di potenziale ($I \times R$) ai capi del resistore di carico (come da lettura del voltmetro V_2). Pertanto il potenziale disponibile fra placca e catodo nell'interno del tubo (come da lettura del voltmetro V_1)

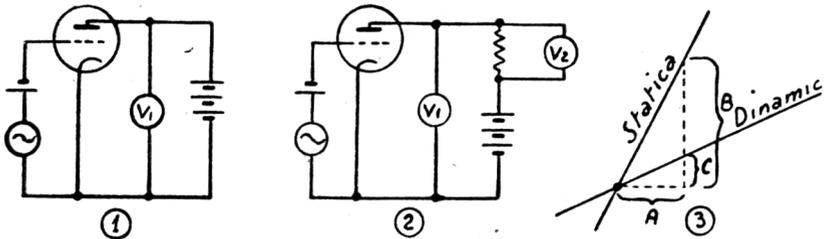


Fig. 70 - Curve caratteristiche del triodo: (1) senza carico esterno (2) con carico esterno - (3) caratteristiche corrispondenti.

è diminuito; allora il conseguente aumento di corrente C è minore di quello che si verifica per la condizione di assenza di carico. Sul mezzo ciclo negativo della tensione del segnale, la corrente di placca diminuisce e la caduta di potenziale ai capi del carico diventa minore del valore che aveva quando non era applicato il segnale. Pertanto la tensione attraverso il tubo cresce, cosicché il potenziale disponibile fra placca e catodo eccede il valore corrispondente alla condizione di assenza di carico. Un complesso tipico di curve statiche corrente di placca-tensione di griglia per vari potenziali di placca è mostrato dalla figura 71. Molti manuali sui tubi a vuoto limitano le caratteristiche illustrate alle famiglie di curve del tipo statico.

b) Si osservi dal complesso di curve caratteristiche di figura 72, che delle tre quantità: potenziale di griglia, potenziale di placca e corrente di placca, due qualunque di esse determinano la terza.

Così, in corrispondenza ad una corrente di placca di 10 milliamperè e ad un potenziale di placca di 50 volt, il richiesto potenziale di griglia è di — 8 volt. Supponiamo che sia desiderato ottenere la stessa relazione: corrente di placca di 10 milliamperè, potenziale

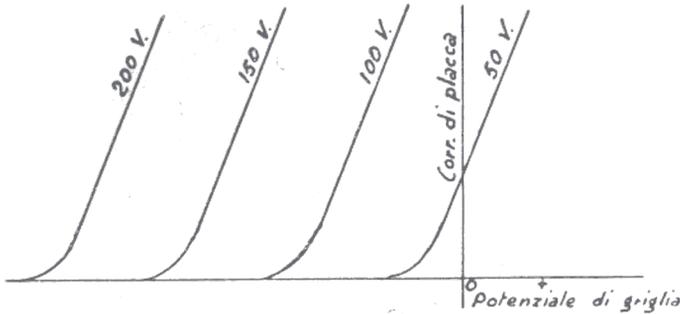


FIG. 71 - Curve caratteristiche del triodo corrente di placca-potenziale di placca.

di placca di 50 volt e potenziale di griglia di — 8 volt con una resistenza di carico di 4.000 ohm. Ciò richiede una tensione complessiva di alimentazione di placca di $50 + (4.000 \times 10/1.000)$ volt = 90 volt, di cui 50 ai capi del tubo e 40 ai capi della resistenza

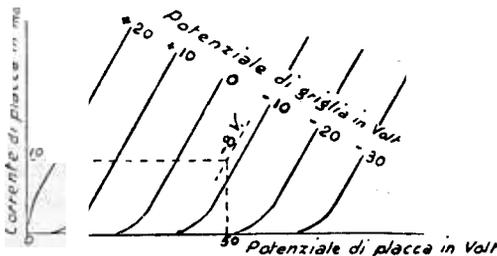


FIG. 72 - Curve caratteristiche del triodo corrente di placca-potenziale di placca.

di carico. La corrente nella resistenza di carico segue la legge di Ohm, ossia la corrente che percorre la resistenza è proporzionale alla tensione dei suoi capi. Questa proporzionalità può essere rappresentata da una linea retta sul grafico corrente-tensione di

figura 73. La linea è determinata da due punti qualunque di essa, due punti convenienti essendo P e Q , come in figura 73 (1). P è una corrente di 10 milliampère ed una caduta di tensione ai capi della resistenza di 40 volt (50 volt attraverso il tubo); Q è corrente zero e caduta zero ai capi della resistenza (90 volt attraverso il tubo). Se P è considerato come il punto di funzionamento normale, l'escursione di griglia dovuta alla tensione del segnale impresso produrrà delle variazioni lungo questa linea di carico in

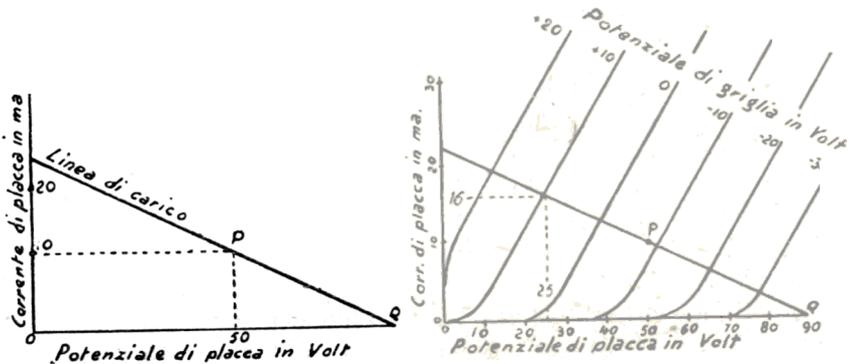


FIG. 73 - Linea di carico per un triodo

entrambe le direzioni che partono da P . In corrispondenza ad un potenziale istantaneo di griglia di 10 volt, la corrente di placca, la tensione di placca e la tensione ai capi del carico possono essere trovate determinando il punto in cui la caratteristica di 10 volt interseca la linea di carico. Dalle curve di figura 73 (2), questo fornisce: 16 milliampère per la corrente di placca, 25 volt per il potenziale di placca e $90 - 25 = 65$ volt di caduta ai capi del carico. La famiglia delle curve corrente di placca-potenziale di placca è così utile per determinare le possibilità di un tubo particolare sotto varie condizioni di funzionamento. Può essere scelto un tubo particolare per soddisfare a determinate costanti circuitali, oppure, viceversa, con l'aiuto delle informazioni contenute nelle caratteristiche del tubo a vuoto.

41. Caratteristiche speciali dei tubi a vuoto.

a) Poichè sono usati nei moderni circuiti radio molti differenti tipi di tubi a vuoto, è importante poter disporre di mezzi differenti per classificare questi tubi in accordo con le caratteristiche da essi presentate. Queste caratteristiche sono: il *fattore di amplificazione*, la *conduttanza mutua*, e la *resistenza di placca* del tubo.

b) Il *fattore di amplificazione* μ (mu) di un tubo è il rapporto della variazione di tensione di placca alla variazione di tensione di griglia richiesta per produrre nel tubo la stessa variazione di corrente di placca. Per esempio, se la tensione di placca di un tubo deve essere accresciuta di 20 volt per poter aumentare la corrente di placca di tanto di quanto la farebbe aumentare 1 volt di variazione della tensione di griglia, si dice allora che il fattore di amplificazione del tubo è di 20. Il fattore di amplificazione di un tubo è riferito ad un dato complesso di condizioni di funzionamento, tali come la tensione di polarizzazione di griglia, la tensione di placca, ecc., poichè il fattore di amplificazione cambia se cambiano queste condizioni. Il fattore di amplificazione di un dato tubo è una approssimazione teorica dell'amplificazione di tensione massima che vi si può attendere dal tubo in date condizioni di funzionamento.

c) La *conduttanza mutua* o *trasconduttanza* di un tubo è una caratteristica a mezzo della quale può essere stimata la sensibilità di potenza, poichè essa determina quale variazione di corrente di placca ci si può attendere da una data variazione di tensione di griglia per un dato complesso di condizioni di funzionamento. La conduttanza mutua o trasconduttanza è il rapporto di una piccola variazione di corrente di placca alla variazione di tensione di griglia che la produce. Essa è misurata in *mho*, che è semplicemente il termine ohm scritto in senso inverso. Per esempio, se una variazione di tensione di griglia di 1 volt produce una variazione di corrente di placca di 1 ampère in un dato tubo sotto date condizioni di funzionamento, il tubo avrà una conduttanza mutua di 1 mho. Poichè pochissimi tubi sopporterebbero una corrente

di 1 ampère (i tubi ricevanti assorbono una corrente anodica di soltanto pochi milliampère), è più conveniente misurare la conduttanza mutua in micromho (o milionesimi di mho). Così, se un tubo ha una conduttanza mutua di 5.000 micromho, 1 volt di variazione di tensione di griglia produrrà una variazione di 5 milliampère nella corrente di placca.

d) La *resistenza di placca* di un tubo è semplicemente la resistenza fra il catodo e la placca del tubo presentata alla corrente alternata. Essa è il rapporto fra una piccola variazione di tensione anodica e la corrispondente variazione nella corrente di placca. Per esempio se una variazione di 10 volt nella tensione anodica produce una variazione di 1 milliampère nella corrente di placca, la resistenza di placca del tubo è di 10.000 ohm.

12. Capacità infraelettrodiche.

L'inerente capacità fra gli elementi di griglia e di placca di un triodo è di importanza tale alle alte frequenze da richiedere considerazioni speciali nei radiocircuiti. Quando questa capacità è indesiderabile, essa può essere controbilanciata a mezzo di un circuito neutralizzante che presenta potenziali a radiofrequenza eguali in ampiezza, ma opposti in fase a quelli che si verificano attraverso la capacità infraelettrodica, con il risultato che l'effetto della capacità infraelettrodica è annullato. Le complicazioni del circuito aggiuntivo possono essere generalmente eliminate usando dei tetrodi o dei pentodi, che sono tubi rispettivamente a 4 e a 5 elementi particolarmente progettati per avere bassa capacità infraelettrodica. La capacità griglia-placca di un ordinario triodo ricevente si aggira intorno ai 3 micromicrofarad. Questa rappresenta una reattanza capacitiva di 53.000 ohm ad 1 megaciclo e soltanto di 530 ohm e 100 megacicli. I tetrodi e i pentodi offrono reattanze corrispondenti di circa 16.000.000 di ohm ad 1 megaciclo e 160.000 a 100 megacicli.

43. Tetrodi.

a) Nello sforzo di ridurre la capacità griglia-placca del tubo (paragr. 42), è stato aggiunto un quarto elemento al triodo convenzionale. Questo quarto elemento è chiamato *griglia-schermo* ed è posto fra la griglia e la placca del tubo. Un tubo a griglia schermo o tetrodo (4 elementi) tipico connesso in un circuito è mostrato in figura 74. Si osservino le varianti di questo circuito dovute

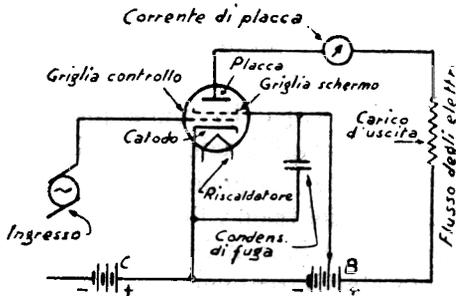


FIG. 74 - Circuito amplificatore a tetrodo.

all'aggiunta della griglia-schermo. Da notare che la griglia schermo è portata ad una tensione positiva un po' più bassa di quella applicata alla placca. Poichè la griglia schermo funziona con una tensione positiva, essa assiste la placca nell'attrarre gli elettroni dal catodo.

Una parte di questi elettroni saranno attratti dallo schermo per effetto della tensione positiva esistente su di esso, determinando così una corrente di schermo nel circuito. Tuttavia, poichè la costruzione della griglia schermo è simile a quella della griglia controllo, il maggior numero di elettroni passerà negli spazi fra i suoi fili e raggiungerà la placca, per effetto dell'attrazione dovuta alla tensione positiva più alta della placca. Poichè la griglia schermo è sciuntata a massa da un condensatore di fuga di schermo avente una piccola reattanza alla frequenza del segnale, essa agisce come uno schermo fra la griglia e la placca e così riduce effettivamente la capacità fra questi due elettrodi.

b) Se in questo circuito la griglia schermo non è portata ad una tensione positiva, ma è connessa al catodo, essa avrà un effetto di controllo sul flusso elettronico, simile a quello della griglia controllo del tubo, riducendo così il flusso della corrente di placca ad un valore troppo piccolo per un funzionamento soddisfacente. Il valore della tensione positiva sulla griglia schermo di un tetrodo è quello che determina principalmente il valore massimo di corrente che fluisce nel circuito di placca. Pertanto, le tensioni di schermo non appropriate possono causare un funzionamento errato nei circuiti amplificatori con tetrodo.

c) Il tetrodo ha parecchi vantaggi rispetto al triodo, in aggiunta alla ridottissima capacità griglia-placca. Fra questi sono da notare un fattore di amplificazione più elevato ed una sensibilità di potenza più grande. In generale, i tetrodi possono essere usati per gli stessi scopi dei triodi. Poiché i tetrodi furono studiati per evitare la neutralizzazione nei circuiti amplificatori a radiofrequenza, essi sono stati largamente usati negli stadi amplificatori a radiofrequenza dei ricevitori e trasmettitori radio.

44. Pentodo.

a) Benchè il tetrodo sembri un tubo ideale, poichè esso elimina lo svantaggio dovuto alla più alta capacità griglia-placca del triodo e, nello stesso tempo, esso è capace di fornire in un circuito un'amplificazione più alta di quella del triodo, l'effetto conosciuto come *l'emissione secondaria* limita in forte misura la sua applicazione. Il pentodo, o tubo a 5 elementi, è stato sviluppato per superare l'effetto della emissione secondaria. Se un tetrodo è fatto funzionare con tensioni di placca e di schermo abbastanza alte e se sono applicate alla sua griglia controllo delle tensioni di valore elevato, gli elettroni che colpiscono la placca con forza sufficiente fanno rilasciare alla placca altri elettroni già esistenti sulla sua superficie. Questi altri elettroni, conosciuti come *elettroni secondari*, sono attratti dalla tensione positiva esistente sulla griglia schermo. Quando avviene l'emissione secondaria, lo

schermo acquista una aliquota maggiore degli elettroni disponibili; mentre il numero di quelli che raggiungono la placca è grandemente ridotto. Così aumenterà la corrente di schermo mentre decrescerà la corrente di placca, causando una riduzione nell'amplificazione del tubo ed una distorsione nella sua uscita.

b) Se una terza griglia è posta fra la griglia schermo e la placca del tetrodo, ed è connessa al catodo in modo da avere la stessa carica di elettroni, essa forzerà ogni elettrone secondario a ritornare sulla placca, poichè cariche uguali si respingono fra di loro. Questa griglia è chiamata *griglia soppressore*, poichè essa sopprime gli effetti dell'emissione secondaria impedendo che il flusso degli elettroni secondari raggiunga lo schermo. La griglia soppressore non ridurrà il flusso di elettroni alla placca, pur pensando che essa è fatta funzionare ad un potenziale negativo. Ciò, perchè essa è posta così vicina alla placca per cui la attrazione della tensione positiva sulla placca è molto più grande di qualunque tendenza, da parte della griglia soppressore, a respingere gli elettroni.

c) Un pentodo usato in un circuito amplificatore tipico è mostrato dalla figura 75. Da notare che la sola differenza fra que-

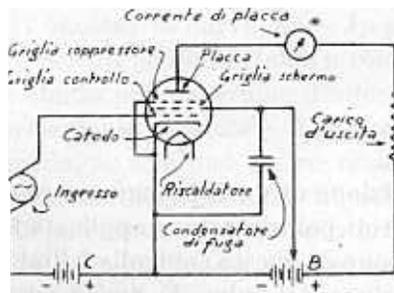
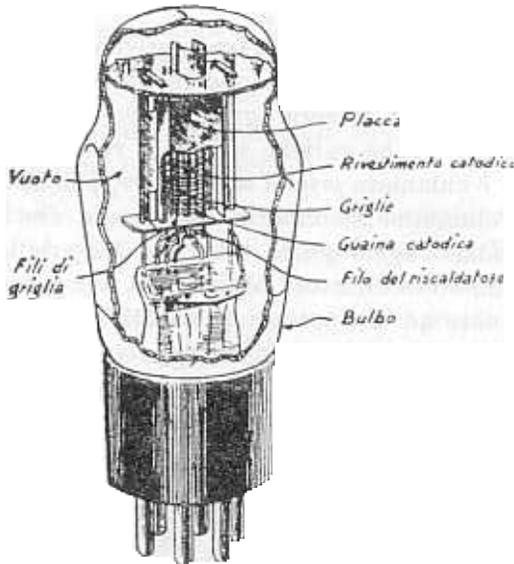


FIG. 75. - Circuito amplificatore a pentodo.

sto circuito ed il circuito amplificatore del tetrodo di figura 74 è data dall'aggiunta della griglia soppressore.

Sia il catodo che la griglia soppressore sono allo stesso potenziale.

d) La costruzione di un pentodo tipico amplificatore di potenza è mostrata dalla figura 76. Tale tubo è conveniente per essere impiegato negli stadi di potenza d'uscita dei radiorecettori.



76 - Pentodo tipico

45. Tubo a mu-variabile.

a) L'amplificazione di un tubo può essere controllata facendo variare la tensione di polarizzazione applicata alla griglia, ma normalmente l'estensione di questo controllo è limitata dal valore della tensione d'interdizione del tubo. È molto desiderabile che negli amplificatori a radiofrequenza dei ricevitori, il guadagno, controllato dal controllo automatico di volume, sia in grado di poter variare l'amplificazione entro una gamma molto più estesa, così da poter manipolare valori forti di tensione-segnale. Per poter realizzare questa estensione di gamma del controllo del guadagno, sono stati sviluppati i tubi a mu-variabile. Questo tipo di

tubo è pure conosciuto con altre denominazioni, due delle quali sono: tubo a *super controllo* e tubo a *remoto punto d'interdizione*. La sola differenza nella costruzione fra i tubi mu-variabile e quelli normali, o ad *acuto punto d'interdizione* è data dalla spaziatura fra le spire della griglia. Nei tubi ad interdizione acuta, le spire della griglia sono ugualmente spaziate, mentre nel tipo con punto d'interdizione remoto le spire delle griglie sono più ravvicinate su entrambe l'estremità e più largamente intervallate al centro. Quando sono applicate alla griglia di un tubo mu-variabile piccole tensioni negative, gli elettroni potranno passare attraverso tutti i vuoti fra i fili di griglia. Tuttavia, aumentando la tensione negativa, gli elettroni non saranno più in grado di passare attraverso gli intervalli stretti che si hanno nelle estremità della struttura di griglia, benchè essi siano tuttora in grado di attraversare gli intervalli relativamente più estesi al centro della griglia.

Sarà pertanto richiesto un valore di tensione negativa molto più grande per far cessare o interdire la corrente di placca in questo tipo di tubo. Questo tubo a remoto punto d'interdizione è così chiamato perchè il valore della tensione di polarizzazione di interdizione è più grande di quello richiesto per interdire la corrente in un tubo con spire di griglia uniformemente spaziate.

b) La figura 77 mostra le curve $E_G - I_P$ per un pentodo ad interdizione acuta e per un pentodo tipico a remoto punto d'interdizione. Da notare che la polarizzazione d'interdizione per il tubo con la griglia uniformemente spaziate è di -6 volt. Così, la gamma del controllo di guadagno che può essere realizzata, variando la tensione di polarizzazione di griglia, ed il valore massimo della tensione-segnale che può essere applicata alla griglia, sono entrambi limitati. Ma la curva per il pentodo a supercontrollo mostra che la corrente di placca fluisce ancora pur portando la tensione di polarizzazione di griglia a -24 volt. Quindi, impiegando un tubo a mu-variabile possono aumentare notevolmente sia l'ampiezza del controllo di guadagno, per effetto di variazioni della tensione di polarizzazione, sia il valore della tensione-segnale che può essere manipolato.

c) I pentodi a mu-variabile sono usati negli stadi amplificatori a radiofrequenza di praticamente tutti i moderni ricevitori radio. Essi non sono generalmente usati negli amplificatori ad audiofrequenza, per effetto della notevole curvatura o non linearità delle curve $E_G \div I_P$ che produrrebbero distorsione nella tensione d'uscita qualora fossero applicati alla griglia delle tensioni segnali elevate.

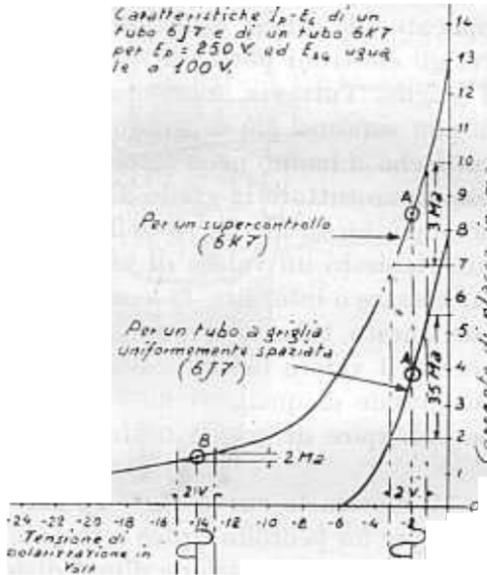


FIG. 77 - Confronto fra un pentodo ad interruzione ripida ed un pentodo ad interruzione remota.

46. Tubo di potenza a fascio.

a) In questi ultimi tempi è stato sviluppato un nuovo tipo di tubo amplificatore di potenza. Comparato agli altri tubi amplificatori di potenza a tetrodo e a pentodo, questo tubo possiede i vantaggi di una potenza d'uscita più alta, di una sensibilità di potenza più grande e di un rendimento più elevato. Questo tipo di tubo è chiamato *tubo di potenza a fascio*, giacchè, per effetto della

sua costruzione, gli elettroni sono portati a fluire secondo un fascio concentrato che partendo dal catodo, attraversa le griglie, e arriva alla placca. La sola differenza in costruzione fra il tubo di potenza a fascio ed i pentodi ed i tetrodi normali è data dal fatto che gli spazi fra le spire delle griglie sono allineati e che sono previste due « placche formatrici » del fascio. La figura 78 mostra la costruzione interna di un tetrodo di potenza a fascio. Poichè gli spazi fra le spire delle griglie sono allineati, pochi elettroni col-

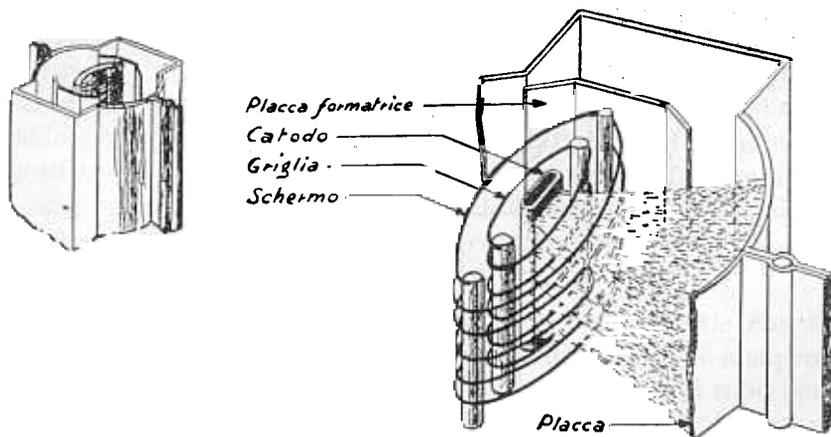


FIG. 78 - Struttura interna di un tubo di potenza a fascio.

piranno la griglia schermo. La corrente di schermo sarà pertanto diminuita, mentre la corrente di placca sarà accresciuta. Poichè la potenza di uscita di un circuito è proporzionale al valore della corrente di placca che attraversa il carico, la potenza di uscita sarà così aumentata. Le due placche formatrici del fascio sono usualmente connesse al catodo ed avendo la medesima carica di elettroni, fanno sì che gli elettroni fluiscono secondo un fascio che partendo dal catodo, dopo aver attraversato le griglie, arriva alla placca. L'ubicazione delle placche formatrici del fascio è tale che esse forzano gli elettroni a fluire attraverso le desiderate porzioni delle griglie, e impediscono agli elettroni di colpire i fili che sostengono le griglie. Pertanto, dato che gli elettroni percorrono

un fascio, il numero di essi che raggiungono la placca può essere accresciuto, aumentando così notevolmente l'efficienza operativa del tubo.

b) La figura 79 illustra un circuito amplificatore di potenza ad audiofrequenza che impiega un tetrodo di potenza a fascio. Da notare che in questo caso le placche formatrici del fascio sono connesse al catodo nell'interno del tubo.

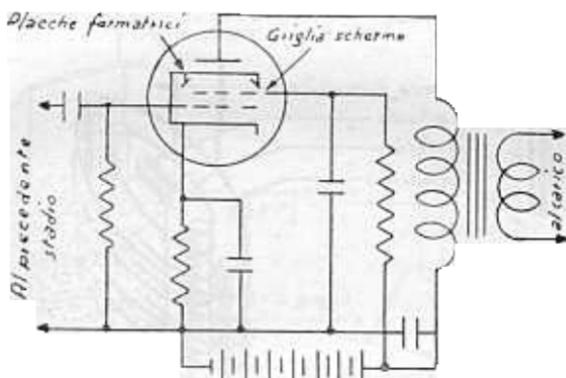


FIG. 79 - Tetrodo di potenza a fascio di un amplificatore di potenza ad audiofrequenza.

c) Un tubo di potenza a fascio che opera alle stesse tensioni di un tipo normale di tetrodo o di pentodo produrrà più potenza d'uscita, per una data tensione-segnale (ingresso), di questi ultimi ed avrà una efficienza di circuito di placca molto più elevata. Sia i tetrodi a fascio che i pentodi a fascio sono impiegati nei ricevitori e trasmettitori radio.

Nei tetrodi a fascio, l'effetto dell'emissione secondaria è ridotta ad un minimo dall'azione del fascio e dalla presenza delle placche formatrici del fascio. I tubi di potenza a fascio sono largamente usati come amplificatori a radiofrequenza e ad audiofrequenza nei trasmettitori radio e come amplificatori ad audiofrequenza di uscita nei radioricevitori.

47. Tubi a molti elementi.

a) In aggiunta ai diodi, triodi, tetrodi e pentodi che sono stati studiati, vi sono molte specie di tubi a vuoto impiegati nei circuiti radio; ne sono usati un grande numero di tipi in cui gli elettrodi di due o più tubi sono posti entro un unico involuppo. Questi tubi complessi sono usualmente denominati in accordo ai tipi equivalenti ad involuppo singolo di cui sono composti. Così un doppio triodo contiene gli elettrodi di due triodi in un involuppo. Altri tubi complessi sono: i *diodi-triodi*, i *diodi-pentodi* e i *triodi-pentodi*. Un tipo di tubo complesso, recentemente introdotto, comprende le funzioni di tre tubi in un solo involuppo e cioè un diodo, un triodo ed un pentodo di potenza d'uscita. Per quanto complessi, questi tubi obbediscono alle regole basi date per il funzionamento di ogni tubo. Per comprendere il funzionamento in un circuito di uno di questi tubi, è solo necessario considerare l'effetto dei vari elettrodi sul flusso degli elettroni entro il tubo.

b) Il *tubo pentagriglia-convertitore* è un tipo speciale che ha cinque griglie ed è usato in un certo stadio del ricevitore a supere-terodina in sostituzione di due separati tubi a vuoto. Il tubo pentagriglia-convertitore è usato per la conversione di frequenza (vedere Capitolo VIII).

c) Il *doppio diodo-triodo* ed il *doppio diodo-pentodo* sono due tipi popolari di tubi riceventi. Nei circuiti dei ricevitori, uno dei diodi è usato insieme con il catodo come un circuito rivelatore a diodo, mentre l'altro diodo è usato insieme al catodo per rettificare la tensione del controllo automatico di volume. La sezione triodo o pentodo di tali tubi è usata come un amplificatore ad audiofrequenza.

48. Catodi a riscaldamento diretto ed indiretto.

a) Un catodo che ha la forma di un filamento ed è direttamente riscaldato dalla corrente che l'attraversa ha lo svantaggio di introdurre delle ondulazioni (« ripple ») nella corrente di placca, quando è usata della corrente alternata per il riscaldamento.

Queste ondulazioni sono più dannose quando i ritorni di placca e di griglia sono connessi ad una estremità del filamento. Nella figura 80 il resistore AB rappresenta un filamento che è riscaldato applicandovi una tensione alternata di 5 volt. Quando non fluisce corrente nel tubo, la placca è mantenuta ad un potenziale di 100 volt sopra quello del punto B . Per una corrente continua di placca di 5 milliampère, il potenziale attraverso il tubo da B alla placca è sempre di $100 - (2.000 \times 5/1.000) = 90$ volt; laddove il potenziale dal punto A alla placca varia fra 85 e 95 volt, in dipen-

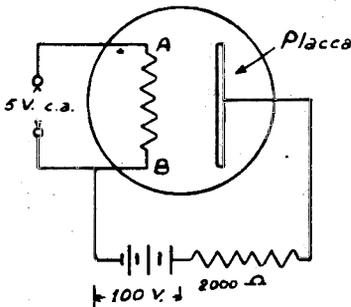


Fig. 80 - Catodo a riscaldamento diretto.

denza del potenziale del punto A rispetto a quello del punto B . La corrente totale di placca aumenta e diminuisce alla frequenza della corrente del filamento. A questa condizione si pone rimedio in forte misura connettendo i ritorni di placca e di griglia al centro elettrico del filamento, come nelle figure 81 (1) e (2).

Ma pure con una disposizione a ritorno centrale, con una corrente per il filamento a 60 cicli,

vi è tuttora presente una modulazione della corrente di placca a 120 cicli. Questa ondulazione a frequenza doppia è dovuta agli effetti provocati sulla corrente di placca dall'aumento e diminuzione della temperatura del filamento, dalla caduta di tensione nel filamento e dal campo magnetico alternato creato dalla corrente del filamento. Le fluttuazioni di temperatura del filamento sono ordinariamente trascurabili. Il campo magnetico attorno al filamento fa deflettere gli elettroni dai loro cammini normali ed, in effetti, riduce la corrente di placca. La corrente di placca risultante ha il valore più grande quando la corrente riscaldante ha il valore istantaneo zero, cioè ad intervalli che si succedono con una frequenza doppia di quella della corrente di accensione. Con una caduta di tensione nel filamento, la corrente spaziale proveniente dalla metà negativa del filamento,

eccede quella della metà positiva, dato il modo con cui la corrente spaziale varia con il campo elettrostatico attraverso il tubo (la corrente spaziale varia secondo la potenza tre metà del potenziale di placca). Come risultato complessivo si ha che in ciascun istante, in cui la corrente del filamento è ad un massimo in entrambe le direzioni (cioè con una frequenza doppia di quella della corrente di accensione), la corrente spaziale è leggermente più grande del valore che ha negli istanti in cui la corrente del filamento è zero ed il potenziale del filamento è uniforme.

b) Nei tubi trasmettenti e negli stadi di potenza di un ricevitore le correnti del segnale sono grandi e le fluttuazioni a frequenza doppia sono al confronto trascurabili. Per contro, in tutti gli altri tubi dei ricevitori sono necessari i catodi a riscaldamento indiretto [fig. 81 (3)] quando l'accensione del filamento è fatta con corrente

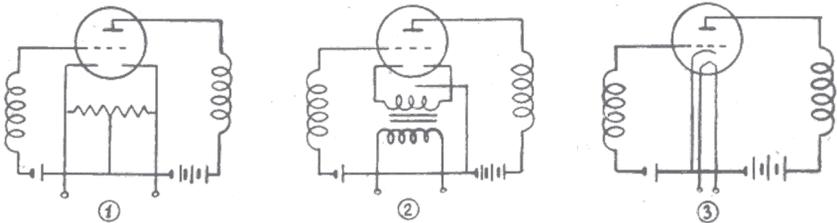


FIG. 81 - Metodi di utilizzazione dell'alimentazione del filamento in c. a.

alternata. Un catodo a riscaldamento indiretto è formato da una guaina metallica che circonda molto da vicino un filamento riscaldato e che è isolata elettricamente dal filamento. Il catodo è riscaldato dal calore irradiato dal filamento. Tale emettitore è qualche volta chiamato catodo equipotenziale, poichè tutte le parti di esso sono allo stesso potenziale. Per semplicità, gli elementi riscaldatori dei tubi e dei circuiti della potenza riscaldante non sono mostrati negli schemi di questo manuale.