

## CAPITOLO X

### OSCILLATORI CON TUBI A VUOTO

#### 96. Oscillatori con tubi a vuoto.

a) Gli oscillatori sono una parte necessaria di ogni trasmettitore e di ogni ricevitore a supereterodina. Inoltre, essi sono usati nei generatori di segnali, negli ondometri ad eterodina ed in altri strumenti usati per il controllo e la regolazione degli equipaggiamenti radio. Poichè gli oscillatori sono usati per molti scopi e con molte gamme di frequenza, sono stati realizzati diversi circuiti per oscillatori. Tuttavia il funzionamento di tutti gli oscillatori con tubi a vuoto è fondamentalmente lo stesso.

b) Un tubo a vuoto può essere portato ad oscillare, ossia a generare potenza in corrente alternata, per effetto della sua capacità come amplificatore. Per fare oscillare un amplificatore, occorre accoppiare il circuito di uscita (placca) al circuito d'ingresso (griglia) in modo tale che una parte della tensione d'uscita è riportata all'ingresso ed applicata alla griglia. Questo segnale è amplificato e, quando è accresciuto oltre un certo punto critico, si verificano delle oscillazioni persistenti.

c) Per produrre in un circuito delle oscillazioni, debbono essere soddisfatte due condizioni. Primo, è necessario che il ritorno di tensione r. f. dal circuito di placca a quello di griglia avvenga in modo tale da rinforzare la tensione sulla griglia; questa è chiamata *rigenerazione positiva*. Secondo, è necessario che la reazione sia in grado di trasferire energia alla griglia in misura sufficiente per compensare ed anche superare le perdite nel circuito accordato. La rigenerazione può essere effettuata a mezzo di accoppiamento induttivo, capacitivo o resistivo. In generale, la frequenza delle oscillazioni prodotte in un circuito dipende dai valori di induttanza e capacità del circuito. Pertanto, impiegando bobine e condensatori appropriati, è possibile generare oscillazioni che possono

estendersi dalle più basse audiofrequenze alle più alte radiofrequenze. Il tubo a vuoto per se stesso non oscilla: le oscillazioni si originano effettivamente nel circuito accordato. Il tubo a vuoto funziona come una valvola elettrica, che controlla automaticamente la cessione di energia in questo circuito per mantenere le oscillazioni.

## 97. Principio delle oscillazioni.

a) Le oscillazioni alternative possono essere prodotte in un semplice circuito accordato parallelo, per effetto dell'azione caratteristica degli elementi di questo circuito. Il modo secondo cui sono prodotte le oscillazioni può essere meglio compreso da uno studio del flusso elettronico in un tale circuito chiuso.

b) Un circuito oscillante elementare è mostrato nella figura 153. Assumiamo che il commutatore  $S$  sia portato a sinistra, connettendo il condensatore  $C$  alla batteria. Gli elettroni fluiranno dalla placca superiore alla placca inferiore del condensatore, rendendo così negativa la placca inferiore. Se il commutatore è allora portato a destra, gli elettroni in eccesso che sono stati accumulati sulla placca inferiore ritorneranno alla placca superiore attraverso l'induttore  $L$ , originando così un flusso di corrente e quindi un campo magnetico intorno ad  $L$ . Quando gli elettroni in eccesso hanno abbandonato la placca inferiore, le cariche su ciascuna placca saranno uguali. Il flusso di elettroni tende a cessare, provocando l'inizio della caduta del campo magnetico. Nel diminuire, il campo induce una tensione ai capi di  $L$  che facilita il flusso di elettroni verso la placca superiore, poichè un campo magnetico agisce cercando di impedire qualunque variazione nel flusso di elettroni. Ciò fa sì che un numero maggiore di elettroni di quelli in eccesso lasciano la placca inferiore e si accumulino sulla placca superiore rendendo quest'ultima negativa rispetto alla prima. Quando il campo intorno ad  $L$  è completamente cessato, cessa pure il flusso di elettroni verso la placca superiore. Gli elettroni che sono stati accumulati sulla placca superiore fluiscono ora in-

dietro verso la placca inferiore, creando ancora un campo magnetico che si espande intorno ad  $L$ . Quando  $C$  è scaricato ed il flusso di elettroni tende a cessare, il campo magnetico inizia a diminuire. Ciò aiuta il flusso di elettroni verso la placca inferiore rendendola negativa rispetto a quella superiore. Così, la corrente oscilla indietro e avanti, caricando alternativamente  $C$ , prima in una direzione e dopo nell'altra, producendo quindi una tensione alternativa ai capi dell'intero circuito accordato. La corrente oscillante od alternativa ha una certa frequenza che è determinata dall'intervallo di tempo richiesto per la carica e la scarica del condensatore  $C$  attraverso l'induttore  $L$ . Più grandi sono i valori di  $C$  ed  $L$ , maggiore sarà l'intervallo di tempo richiesto e quindi più bassa la frequenza.

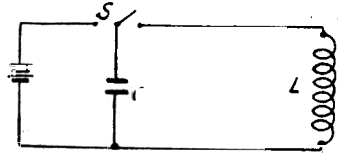


FIG. 153 - Un circuito oscillante elementare.

c) Se il circuito oscillante non ha resistenza non vi sarà nessuna opposizione al flusso della corrente oscillante e le oscillazioni continueranno indefinitivamente con la stessa ampiezza. Tuttavia, poichè i circuiti ed elementi di circuito hanno qualche resistenza, una parte dell'energia della corrente oscillante è trasformata in calore, che rappresenta la perdita di energia. Pertanto, in ciascun ciclo successivo, l'ampiezza della corrente oscillante decresce ed eventualmente la corrente cessa di fluire. Più piccolo è il valore della resistenza del circuito, più grande sarà il numero di cicli consecutivi per un singolo impulso di energia; ma se la resistenza del circuito è troppo grande, le oscillazioni non possono avvenire. Questo effetto della resistenza del circuito oscillante è mostrato dalla figura 154.

d) Se un tubo a vuoto è posto nel semplice circuito di figura 153 in sostituzione del commutatore, l'energia necessaria per mantenere le oscillazioni può essere fornita in modo più conveniente al circuito «serbatoio». Questa energia deve essere fornita al tempo giusto ed immessa nella griglia del tubo a vuoto, come mostrato dalla figura 155 (1). La frequenza di questo segnale deve essere la

stessa della frequenza di risonanza del circuito oscillante serbatoio. Il circuito di figura 155 (1) funziona come un amplificatore e pertanto l'uscita nel lato placca del circuito è più grande dell'ingresso.

e) Se un'altra bobina,  $L$ , è piazzata nel circuito, come mostrato dalla figura 155 (2), sarà indotta una tensione in questa bobina. Questo voltaggio può adesso essere applicato alla griglia e

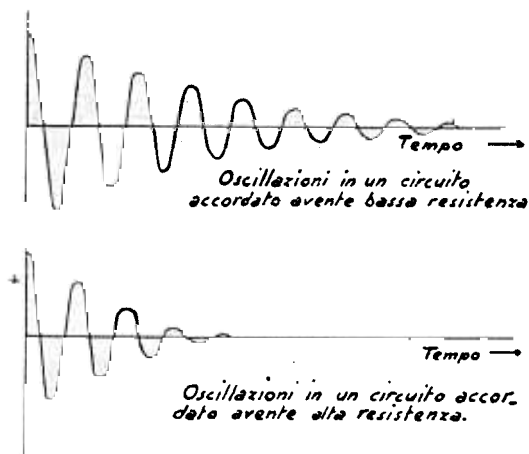


FIG. 154 - Effetto della resistenza sulle oscillazioni

pertanto non vi sarà necessità di un segnale esterno. L'oscillatore ora si sostiene da sé e continuerà ad oscillare fino a che è connessa l'alimentazione della tensione continua. La frequenza è determinata dai valori di  $L$  e  $C$ . Se il circuito fosse prima aperto, facendo cessare le oscillazioni, e dopo fosse nuovamente chiuso, esso incomincerebbe nuovamente ad oscillare per moto proprio, giacché qualche variazione occasionale, per quanto piccola, sarebbe rapidamente amplificata ad un punto tale da far iniziare le oscillazioni.

f) È stato mostrato che un oscillatore è qualche cosa di simile ad un amplificatore, in cui una parte dell'uscita amplificata è riportata indietro dal circuito di placca al circuito di griglia. Nella

figura 155 la rigenerazione è effettuata a mezzo di accoppiamento induttivo, ma può essere usata qualunque forma di accoppiamento, capacitivo o resistivo. È importante che la tensione rimandata all'indietro abbia fase (polarità) ed ampiezza corretta.

g) I circuiti oscillatori con tubi a vuoto operano usualmente con un'alta tensione negativa di polarizzazione di griglia, che permette alla corrente di placca di fluire soltanto durante piccola parte del ciclo in cui la tensione alternativa di griglia è vicina al suo valore positivo di cresta. Inoltre, è permesso alla griglia di assorbire corrente. L'energia per questa corrente di griglia deve essere fornita dalla corrente oscillante dell'induttanza-capacità del circuito serbatoio. Questo svantaggio di supplire alle perdite del circuito di griglia a mezzo della corrente oscillante è, tuttavia, più che bilanciato dagli alti valori di corrente di placca che ne risultano e dall'accresciuto rendimento nella conversione dell'energia a corrente continua in quella a corrente alternata.

h) Gli oscillatori con tubi a vuoto possono essere classificati in due classi principali: gli *oscillatori autocontrollati* (pure chiamati oscillatori autoeccitati) e gli *oscillatori controllati a cristallo*.

## 98. Frequenza delle oscillazioni.

La frequenza a cui si verificano le oscillazioni in un oscillatore con tubo a vuoto è determinata dalla frequenza di risonanza del circuito accordato. La frequenza approssimata delle oscillazioni può essere determinata con la relazione di Lord Kelvin:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

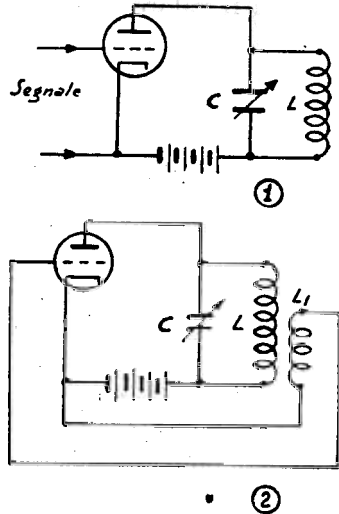


FIG. 155 - Un oscillatore semplice.

dove  $f$  = cicli per secondo (frequenza approssimata delle oscillazioni);

$L$  = henry;

$C$  = farad.

Dalla semplice analisi della formula, risulta che diminuendo qualunque fattore nel denominatore (l'altro rimanendo costante) aumenta il valore della frazione e quindi della frequenza. Inversamente aumentando qualunque fattore del denominatore (l'altro fattore rimanendo costante), diminuisce il valore della frazione e quindi della frequenza. Quindi, diminuendo  $L$  o  $C$  aumenta la frequenza; accrescendo  $L$  o  $C$ , diminuisce la frequenza delle oscillazioni.

*Esempio:* Determinare la frequenza delle oscillazioni nel circuito di figura 155 (2) quando  $L = 16$  microhenry e  $C = 100$  micromicrofarad. Convertendo nelle unità appropriate per la formula:

$$16 \mu\text{h} = 0,000016 \text{ henry}$$

$$100 \mu\mu\text{f} = 0,000.000.000.1 \text{ farad}$$

Abbiamo:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\frac{1}{6,28 \times \sqrt{0,000016 \times 0,000.000.000.1}} = \frac{1}{6,28 \times 0,000.000.04} \\ = 3.980.895 \text{ cicli per secondo, frequenza approssimata.}$$

## 99. Oscillatori autoeccitati.

a) L'oscillatore di figura 156 con accoppiamento a trasformatore (oscillatore Meissner), è il tipo più semplice di circuito oscillatore. La bobina  $L$  ed il condensatore  $C$  formano il circuito accordato di griglia. L'alimentazione di ritorno dalla placca alla griglia è effettuata a mezzo dell'accoppiamento induttivo fra la bobina  $L_p$  di placca e la bobina  $L$  di griglia. La frequenza delle oscillazioni è

uguale alla frequenza di risonanza del circuito accordato  $LC$ . Il flusso della corrente di griglia attraverso il resistore  $R$  (dispersore di griglia) fornisce l'appropriata tensione negativa di polarizzazione di griglia. Il condensatore  $C_G$  cortocircuita le correnti a radiofrequenza ai capi all'alta resistenza  $R$  ed aiuta a mantenere costante la polarizzazione. I valori di  $R$  e  $C_G$  sono scelti in modo che la griglia sia polarizzata negativamente in considerevole misura rispetto al catodo. Praticamente tutti gli oscillatori impiegano la polarizzazione con dispersore di griglia perchè li rende più stabili di quelli che impiegano polarizzazione separata. Il condensatore  $C_B$  serve per far passare la radiofrequenza attorno alla batteria di placca  $E_B$ . Quando un circuito oscillatore è in oscillazione, vi sarà un flusso di corrente di griglia durante una parte del ciclo. Così, una prova per verificare l'appropriato funzionamento di un oscillatore consiste nella misura della corrente di griglia o della tensione di polarizzazione di griglia. Se questi valori sono zero, il circuito non oscilla. Nel misurare la tensione di griglia deve essere usato un voltmetro ad alta resistenza, come ad esempio un voltmetro a valvola: altrimenti, si avrebbero indicazioni errate.

b) Il circuito di figura 156 può essere modificato leggermente come da figura 157. Quando ciò è fatto si ottiene il circuito dell'*oscillatore Hartley* alimentato in serie. In questo circuito è usata una sola bobina, una parte della quale si trova nel circuito di placca mentre la rimanente parte si trova nel circuito di griglia. Il condensatore  $C$  è connesso ai capi dell'intera bobina. La frequenza riso- nante è determinata dai valori di  $C$ ,  $L$  e  $L_P$ . La rigenerazione è effettuata a mezzo dell'accoppiamento induttivo fra  $L$  e  $L_P$ . L'importo della reazione può essere controllato variando la posizione della presa catodica. Si dice che questo circuito è alimentato in serie perchè la corrente continua di placca fluisce attraverso la bobina di placca  $L_P$  che è in serie con la tensione continua di placca.

c) In qualche caso è desiderabile disporre il circuito in modo che la corrente di placca non attraversi la bobina di placca, evitando qualunque possibilità di contatto tra l'alta tensione di placca

con la bobina di placca ed il condensatore. Questo può essere fatto usando l'alimentazione in parallelo. Un oscillatore Hartley alimentato in parallelo è mostrato dalla figura 158. Il condensatore  $C_P$  consente il flusso della corrente alternata nel circuito accordato, ma blocca la corrente continua ed impedisce alla bobina di corto-

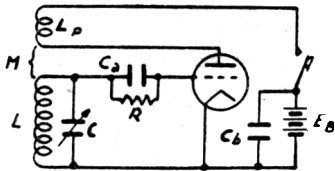


FIG. 156 - Oscillatore con accoppiamento induttivo fra i circuiti di placca e di griglia.

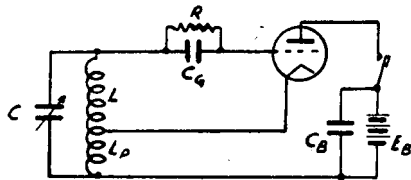


FIG. 157 - Oscillatore Hartley alimentato-serie.

circuitare la batteria. Una bobina d'arresto per la radiofrequenza  $Rfc$  impedisce alla batteria di cortocircuitare la corrente alternata.

d) L'oscillatore Colpitts (fig. 159), è essenzialmente lo stesso circuito di quello Hartley, con l'eccezione che un paio di condensatori in serie,  $C_1$  e  $C_2$ , sono usati sul lato della presa catodica. Questo tipo di reazione è chiamata reazione capacitiva. L'accordo è usualmente effettuato variando l'induttanza di  $L$  ed un vario-

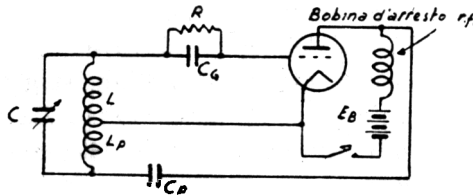


FIG. 158 - Oscillatore Hartley alimentato-parallelo.

metro è generalmente usato per questo scopo. Tuttavia, la bobina potrebbe essere fissa e l'accordo potrebbe essere variato a mezzo dei condensatori  $C_1$  e  $C_2$  che, in questo caso, dovrebbero essere variabili e solidali ad uno stesso asse di rotazione. Poichè il catodo è connesso al punto di mezzo dei due condensatori, non vi è cam-



mino per la corrente continua attraverso al circuito oscillante; pertanto deve essere usata l'alimentazione in parallelo. Il resistore per la polarizzazione di griglia  $R$  deve essere connesso direttamente al catodo per permettere il ritorno al catodo del flusso della corrente continua di griglia che produce la polarizzazione.

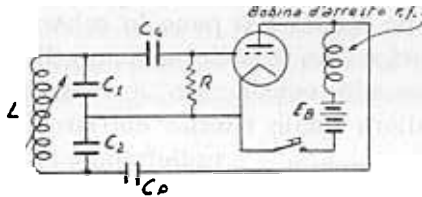


FIG. 159 - Oscillatore Colpitts.

e) L'oscillatore a placca accordata e a griglia accordata, mostrato dalla figura 160, ha un circuito accordato sia nel circuito di placca che in quello di griglia. La reazione fra placca e griglia, necessaria per sostenere le oscillazioni, è ottenuta a mezzo della capacità infraelettrodica placca-griglia. Sia il circuito di placca che quello di griglia sono accordati approssimativamente alla stessa frequenza.

f) Un circuito oscillatorio è usualmente richiesto soltanto per controllare la frequenza, e non per erogare un importo apprezza-

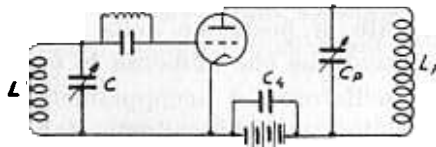


FIG. 160 - Oscillatore a circuito di placca accordato e a circuito di griglia accordato.

bile di potenza. La potenza è sviluppata a mezzo di amplificazione nei circuiti successivi, dove le variazioni di carico hanno un effetto trascurabile sulla frequenza. Ciò è discusso in dettaglio nei paragrafi 102 e 103. L'oscillatore E.C.O. ad accoppiamento elettronico combina in un solo tubo sia le funzioni di oscillatore che di ampli-

ficatore di potenza. Un circuito tipico che impiega un oscillatore ad accoppiamento elettronico è mostrato dalla figura 161. Il catodo, la griglia controllo e la griglia schermo formano un oscillatore Hartley alimentato in serie avente  $L C$  come circuito oscillante. Lo schermo del tubo agisce come la placca del circuito oscillatore Hartley. Il condensatore  $C_s$  cortocircuita la radiofrequenza attorno alla batteria e pone lo schermo a potenziale di massa per quanto riguarda la radiofrequenza (il terminale negativo della batteria essendo considerato a massa). La connessione di massa serve allora quale ritorno del circuito per l'energia a

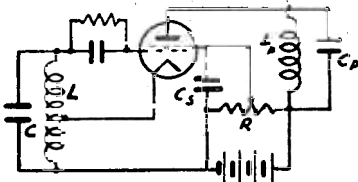


FIG. 161 - Oscillatore ad accoppiamento elettronico.

radiofrequenza dallo schermo al circuito oscillante  $L C$ . Il circuito d'uscita  $L_p C_p$  è connesso alla placca. Poichè il flusso elettronico è il mezzo di accoppiamento fra l'oscillatore ed il carico e poichè lo schermo che è a potenziale di massa per la radiofrequenza, serve come uno schermo

fra i circuiti, questo oscillatore è molto stabile e le variazioni di carico hanno piccolo effetto sulla variazione di frequenza. Un altro fatto che aiuta la stabilità dell'oscillatore ad accoppiamento elettronico è dato dal fatto che un aumento della tensione di schermo farà decrescere la frequenza. Pertanto, regolando opportunamente la posizione della presa sul resistore  $R$ , che è il divisore di tensione che alimenta la tensione di schermo, la frequenza dell'oscillatore ad accoppiamento elettronico può essere resa sostanzialmente indipendente dalle variazioni della tensione di alimentazione. Le variazioni di tensioni provocherebbero uno spostamento di frequenza nei tipi di oscillatori precedentemente discussi. Nella figura 161  $L_p$  e  $C_p$  formano un circuito oscillante accordato sulla placca o circuito di uscita. Quando il circuito d'uscita è accordato ad una frequenza che è un multiplo della frequenza naturale dell'oscillatore, questo circuito consente una moltiplicazione di frequenza. Il multiplo della frequenza originale è chiamato la seconda armonica se è esso

a frequenza doppia di quella originale, e la terza armonica se ha frequenza tripla di quella originale.

g) La frequenza delle oscillazioni generata dagli oscillatori precedentemente discussi risente considerevolmente delle variazioni di carico, delle tensioni di alimentazione e della temperatura. Questa variazione di frequenza è molto piccola negli oscillatori ad accoppiamento elettronico, ma è ancora dannosa in alcuni circuiti radio. Quando il controllo della precisione della frequenza è importante, sono impiegati i circuiti oscillatori controllati a crystallo.

### 100. Oscillatori controllati a crystallo.

a) Quando è desiderato mantenere la frequenza di un oscillatore ad un certo valore, è usato un oscillatore controllato a crystallo. Il funzionamento di questo oscillatore dipende dall'azione di un crystallo, usualmente di quarzo.

b) Certe sostanze cristalline, come i quarzi, i sali di Rochelle, e la tormalina, hanno una proprietà molto interessante. Se una forza meccanica è applicata ad una di queste sostanze, si sviluppa una tensione. Inversamente, se la sostanza è connessa ad una sorgente di tensione alternata, la sostanza è soggetta a variazioni della sua forma fisica che la fanno vibrare meccanicamente. Questa relazione fra effetti meccanici ed elettrici è conosciuta col nome di *effetto piezoelettrico*. Benchè molte sostanze manifestano proprietà piezoelettriche, il quarzo è quella più conveniente per gli oscillatori a crystallo.

c) I cristalli di quarzo usati nei circuiti oscillatori debbono essere cristalli di quarzo tagliati e lavorati con estrema precisione. Un crystallo di quarzo tipico è quello mostrato dalla figura 162 (2). Le dimensioni per un tale crystallo risonante a 1.000 chilocicli sono approssimativamente di  $25,4 \times 25,4 \times 2.857$  millimetri. Il contatto elettrico con le placche del crystallo di quarzo è ottenuto a mezzo di uno speciale contenitore del crystallo, che ha due placche metalliche (fra cui è montato il crystallo) ed un dispositivo a molla che esercita una pressione meccanica sulle placche metalliche. Un

contenitore aperto è mostrato dalla figura 162 (1) ed una vista di cristallo completo con contenitore è data dalla figura 162 (2). Un altro tipo di contenitore per cristallo è mostrato dalla figura 162 (4).

d) La frequenza di risonanza del cristallo, oltre che dalle dimensioni, dipende dal modo secondo cui il cristallo è stato tagliato dal minerale originale. Tre tipi di taglio sono mostrati dalla figura 163. La temperatura ha un effetto differente su cia-

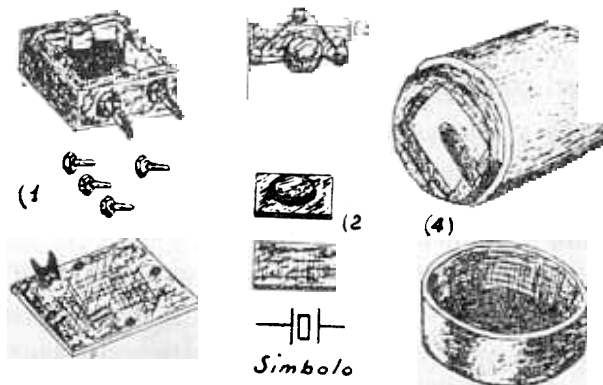


FIG. 162 - Contenitori tipici per cristalli

1. Contenitore aperto.
2. Cristallo lavorato.
3. Cristallo montato sul suo supporto
4. Contenitore per cristallo.

scuno di questi tagli. Il cristallo a taglio  $X$  ha un coefficiente di temperatura negativo; cioè con l'aumentare della temperatura, la frequenza del cristallo diminuisce. Il cristallo a taglio  $Y$  ha un coefficiente di temperatura positivo; cioè la frequenza del cristallo aumenta con l'aumentare della temperatura. Sia i cristalli a taglio  $X$  che quelli a taglio  $Y$  sono stati completamente superati dai cristalli con coefficiente di temperatura zero (o quasi zero), tale come il cristallo a taglio  $AT$ .

e) Quando un cristallo comincia a vibrare alla sua frequenza di risonanza, occorre soltanto una piccola forza della stessa

frequenza per ottenere delle vibrazioni di grande ampiezza. La frequenza di risonanza meccanica di un cristallo dipende principalmente dal suo spessore. Quando una tensione alternativa è applicata ad un cristallo che ha la stessa frequenza meccanica della tensione applicata, esso vibrerà ed è necessario applicare soltanto una piccola tensione al cristallo per mantenerlo in vibrazione. A sua volta, il cristallo genererà una grande tensione alla sua frequenza risonante. Se questo cristallo è posto fra la griglia ed il catodo di un tubo a vuoto, ed un piccolo importo di energia è preso dal circuito di placca ed è applicato al cristallo per mantenerlo in vibrazione, il circuito agirà come un oscillatore. La frequenza naturale del cristallo è critica. Ad una frequenza leggermente più alta o più bassa, l'ampiezza delle vibrazioni del cristallo è quasi zero e quando il cristallo cessa di vibrare, esso non produce tensione.

Pertanto la frequenza di un oscillatore controllato a cristallo deve essere la stessa di quella del cristallo; altrimenti non oscillerà affatto.

f) Uno stadio oscillatore controllato a cristallo che usa un triodo è mostrato dalla figura 164. Questo è lo stesso circuito dell'oscillatore a placca accordata ed a griglia accordata, con il cristallo in sostituzione del circuito accordato di griglia. Da ciò si vede che un cristallo è simile ad un circuito risonante parallelo. La reazione ha luogo attraverso la capacità placca-griglia dentro il tubo a vuoto. Le oscillazioni avvengono alla frequenza di risonanza del cristallo, ed il circuito di placca è accordato approssimativamente a questa frequenza. Il circuito di placca non deve essere accordato esattamente alla frequenza del cristallo, poichè ciò condurrebbe ad un funzionamento instabile, come sarà detto avanti. Durante l'oscillazione, il cristallo vibra alla sua frequenza di risonanza. L'intensità di queste vibrazioni dipende dalla tensione con cui è alimentato. Se la reazione è troppo grande, le vibrazioni possono essere abbastanza forti da danneggiare o rompere il

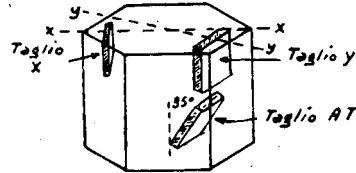


FIG. 163 - Qualche taglio di cristallo.

cristallo. L'impiego di un tetrodo o di un pentodo supera questa difficoltà poichè la capacità placca-griglia, è ridotta dalla griglia schermo. Le oscillazioni saranno tuttora generate, poichè i tetrodi ed i pentodi sono più sensibili dei triodi e richiedono una minore tensione di griglia per funzionare in modo soddisfacente.

g) Un oscillatore controllato a cristallo che impiega un tetrodo è mostrato nella figura 165. Usando un pentodo il circuito sarebbe lo stesso, con l'eccezione che la griglia soppressore sarebbe

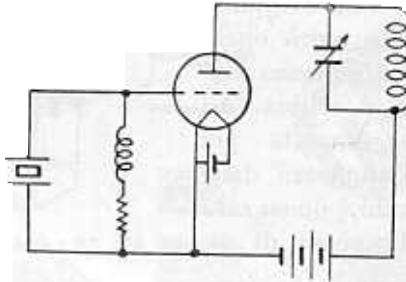


FIG. 164 - Oscillatore controllato a cristallo che impiega un triodo.

connessa al catodo od alla massa. I circuiti simili a quello della figura 165 sono i più soddisfacenti per il controllo di frequenza dei trasmettitori a molti stadi.

h) Nella regolazione di un oscillatore a cristallo, deve essere considerato il fattore relativo alla stabilità del funzionamento. Se nella figura 165 è posto un milliamperometro per corrente continua nel conduttore che dalla batteria porta al circuito accordato di placca, ed il condensatore d'accordo viene fatto variare da un valore basso ad un valore alto (da una frequenza alta ad una frequenza bassa), la corrente di placca diminuirebbe lentamente fino ad un minimo e poi salta istantaneamente ad un massimo, nel cui istante cessa l'oscillazione. Questo procedimento è mostrato nella figura 166. Nel punto *C* il circuito di placca è accordato alla frequenza risonante del cristallo, e l'uscita del circuito serbatoio di placca è un massimo (un minimo di corrente continua indica un

massimo di corrente alternata d'uscita). Il circuito serbatoio oscillante non è stabile se fatto funzionare nel punto *C*: qualunque leggera variazione nelle condizioni di carico può produrre la cessazione delle oscillazioni. L'oscillatore è usualmente fatto operare nella regione compresa fra *A* e *B* sulla curva della corrente di placca (vedere fig. 166).

Un oscillatore a cristallo Pierce è un tipo speciale di oscillatore controllato a cristallo che non richiede controllo d'accordo. Il circuito di un oscillatore Pierce è mostrato nella figura 167. Il cristallo è connesso direttamente dalla placca alla griglia. Il circuito può essere considerato l'equivalente di un oscillatore Colpitts con il circuito accordato sostituito dal cristallo e la divisione di tensione realizzata per mezzo della capacità placca-filamento e griglia-filamento del tubo. Queste capacità sono rappresentate dalle linee tratteggiate di figura 167. L'importo di reazione dipende dalla capacità griglia-catodo. Un condensatore fisso *C* è connesso fra la griglia ed il catodo per fornire l'importo appropriato di reazione per il tubo alla frequenza usata. Questa capacità non è critica ed ordinariamente non è necessario cambiare il condensatore quando si cambiano le bande di frequenza. Il condensatore *C*<sub>1</sub> impedisce alla tensione continua di raggiungere il cristallo e fornisce un cammino a radiofrequenza. Il resistore *R* è una resistenza di dispersione di griglia. Il principale svantaggio di questo oscillatore è che l'uscita è bassa.

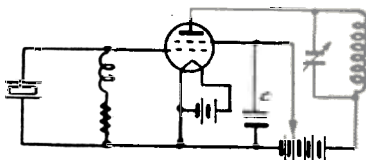


FIG. 165 - Oscillatore controllato a cristallo che impiega un tetrodo.

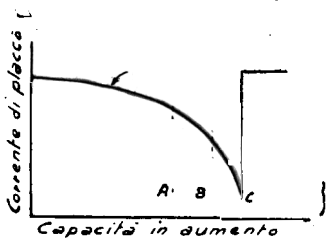


FIG. 166 - Curva d'accordo della corrente di placca per oscillatore a cristallo.

i) La cura ed il trattamento dei cristalli di quarzo sono molto importanti per il loro efficiente funzionamento. In molti oscillatori a cristallo non sarà necessario rimuovere dai contenitori i

cristalli di quarzo. Quando il cristallo si rifiuta di oscillare e non sono evidenti altre indicazioni di difetti, può essere necessario rimuovere il cristallo dal contenitore per pulirlo. Il tetracloruro di carbonio è uno dei migliori agenti detersivi. L'acqua ed il sapone sono pure efficaci per pulire i cristalli, ma deve essere posta molta

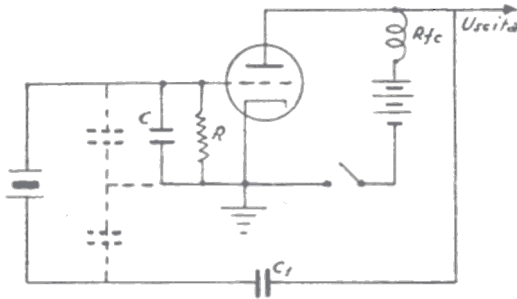


FIG. 187 - Oscillatore a cristallo tipo Pierce.

attenzione poichè è necessaria una azione vigorosa di strofinamento. Dopo la pulitura il cristallo deve essere risciacquato e quindi asciugato con un panno pulito. Non bisogna toccare le facce del cristallo con le dita poichè l'olio od altra sporcizia delle dita può impedire al cristallo di oscillare. Il cristallo deve essere preso dalle sue estremità. Poichè il cristallo è molto fragile, bisogna evitare di farlo cadere.