

CAPITOLO XV

COMUNICAZIONI A FREQUENZE MOLTO ALTE (V. H. F.)

154. Caratteristiche generali delle onde v. h. f.

a) Il termine frequenze molto alte si riferisce a quelle frequenze dello spettro radio comprese fra 30 megacicli e 300 megacicli, ossia espresse in lunghezza d'onda, da 10 metri ad 1 metro. Trasmissioni radio di molti tipi sono comuni nella banda v. h. f., principalmente per l'assenza di disturbi atmosferici e per la buona stabilità delle trasmissioni a queste frequenze.

b) Le onde v. h. f. generalmente non sono regolarmente rinviate a terra alle grandi distanze. La comunicazione normale a mezzo delle frequenze molto alte è ottima entro la portata della linea di visuale diretta, ma, in generale sarà possibile per distanze da due o tre volte più grandi di questa, per effetto della rifrazione atmosferica. Le comunicazioni per distanze molto più grandi di quella corrispondente alla linea di visuale diretta, sono occasionalmente possibili, dato che sono dovute a non usuali condizioni atmosferiche ed ionosferiche. Tuttavia, i sistemi radio v. h. f. sono raramente usati per scopi militari terrestri, quando la distanza fra l'antenna trasmittente e quella ricevente è maggiore di 50 chilometri. Gli apparati a bordo di aerei, per effetto della favorevole elevazione, sono spesso capaci di superare portate di gran lunga maggiori.

155. Propagazione delle onde v. h. f.

a) Per frequenze superiori a 30 megacicli, l'incurvamento delle onde negli strati ionosferici normali è così piccolo che l'onda indiretta non sostiene una parte importante nella comunicazione. Per di più la portata dell'onda terrestre è pure estremamente limitata per effetto dell'alto assorbimento nella terra a questa frequenza. L'energia a radiofrequenze proveniente dall'antenna

trasmittente e che arrivi all'antenna ricevente è trasportata da un'onda spaziale attraverso l'atmosfera. I punti trasmittente e ricevente dovrebbero essere sufficientemente elevati da consentire un tale cammino di trasmissione. Nel calcolare la portata alle frequenze molto alte, debbono essere presi in considerazione la curvatura della terra e gli ostacoli del terreno.

b) L'altezza delle antenne determina la distanza a cui è ancora possibile la ricezione del segnale v.h.f. La distanza orizzontale v. h. f. o la linea di visuale radio-elettrica può essere calcolata a mezzo di una semplice formula, molto precisa soltanto sopra l'acqua, o quando il terreno è quasi piano senza ostacoli; essa serve come una guida utile nelle condizioni differenti da quelle ideali. Quando è conosciuta l'altezza (H) in metri di un'antenna trasmittente sopra il livello della terra, la distanza in chilometri lungo l'orizzonte v.h.f. (o linea di visuale radio elettrica) può essere trovata nella relazione:

$$S \text{ (lunghezza della linea di visuale radioelettrica)} \quad 4 \sqrt{H}$$

La formula di cui sopra vale per un'antenna ricevente che si trovi al livello del terreno. Quando l'antenna ricevente è elevata, come avviene più di frequente, il cammino totale v.h.f. è dato dalla somma delle due distanze orizzontali v.h.f. spettanti alle due antenne, ognuna calcolata con la formula di cui sopra. In altre parole, la distanza totale v. h. f. dalla torre H_1 alla torre H_2 (fig. 247) diviene:

$$S_1 \quad S_2 = \sqrt{H_1} \quad \sqrt{H_2}$$

c) Sotto certe condizioni meteorologiche, la portata di trasmissione delle onde è qualche volta molto grande ed è dovuta all'accresciuta rifrazione della troposfera (atmosfera più bassa). Sono state osservate trasmissioni v.h.f. sino a distanze di 900 chilometri sotto queste condizioni occasionali. Ma tali condizioni sono rare e non possono prendersi in considerazione per effettuare delle comunicazioni consistenti, su cui si possa aver fiducia.

d) Le onde v. h. f. manifestano gli effetti della polarizzazione, particolarmente quando l'onda spaziale è usata per comunicazioni locali. Così se è usata un'antenna a dipolo orizzontale in trasmissione, sarà necessario usare una simile antenna orizzontale in ricezione per ottenere ottimi risultati. In modo simile, un'antenna verticale irradierà onde polarizzate verticalmente, che richiedono l'impiego di un'antenna ricevente verticale.

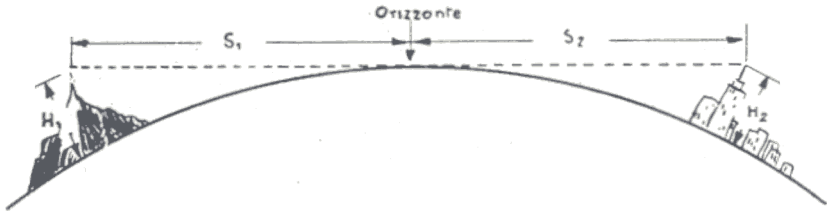


FIG. 247 - Metodo per determinare la distanza totale di linea di visuale quando il trasmettitore ed il ricevitore sono entrambi elevati.

156. Elementi dei circuiti alle frequenze molto alte.

a) I circuiti usati alle frequenze molto alte sono teoricamente in gran parte gli stessi di quelli usati alle frequenze di comunicazione più basse, ma la loro struttura fisica acquista più importanza al crescere della frequenza. Ciò perchè le dimensioni fisiche dei circuiti v. h. f. divengono comparabili alla lunghezza d'onda del segnale v. h. f. che passa attraverso i circuiti. Le onde stazionarie dentro il circuito sono comuni, con il risultato che le correnti e le tensioni non hanno la stessa ampiezza nei diversi punti di un filo conduttore.

b) Alle frequenze molto alte, la dimensione e la relativa ubicazione di ogni componente di un trasmettitore o di un ricevitore hanno molta importanza. Vi è sempre presente qualche capacità fra ogni punto di un filo e le componenti che lo circondano. La induttanza e la capacità distribuite di ogni filo e delle parti componenti hanno un effetto sul funzionamento dell'intero complesso del circuito v.h.f. Spesso, un singolo e corto conduttore lineare può essere usato in sostituzione di una bobina e di un condensatore per

accordare un circuito v.h.f., poichè esso possiede la necessaria induttanza e la necessaria capacità distribuite. Tutte le parti del circuito v.h.f. ad alto potenziale a radiofrequenza debbono essere bene isolate.

e) Con l'aumentare della frequenza, la corrente in un conduttore tende sempre più a viaggiare sulla superficie esterna del conduttore, ed alle frequenze molto alte la corrente viaggia interamente sulla superficie del conduttore. Questo fenomeno è chiamato *effetto pelle*. La resistenza può soltanto essere diminuita impiegando conduttori di grandi superfici come i tubi di rame. Unità di tubi concentrici (coassiali) in quarto d'onda sono spesso usate come circuiti d'accordo alle frequenze molto alte.

157. Tubi a vuoto alle frequenze molto alte.

a) Quando la frequenza è accresciuta fino a raggiungere l'ordine di due centinaia di milioni di cicli per secondo, il tempo che gli elettroni impiegano per superare la distanza catodo-placca diventa una parte apprezzabile di un ciclo completo. Una tensione sulla griglia controllo del tubo può far variare il numero di elettroni che vanno alla placca, ma questa variazione si fa sentire sulla corrente di placca solo dopo un certo intervallo di tempo.

Pertanto il tempo di transito degli elettroni può essere considerato equivalente ad un effetto induttivo ritardatore di un circuito sommario. Le capacità infraelettrodiche del tubo (fra gli elementi del tubo) acquistano pure notevole importanza alle frequenze molto alte. Per eliminare entrambi questi effetti nocivi di limitazione, presenti in tutti gli ordinari tubi a vuoto sono stati sviluppati speciali tubi per le frequenze molto alte. Il tubo « ghian-da » ne è un esempio. I tubi a vuoto più convenienti per impiego v. h. f., sono quelli aventi basse capacità infraelettrodiche, stretta spaziatura fra gli elettrodi per ridurre il tempo di transito, alto fattore di amplificazione ed un basso o medio valore ottimo di impedenza di placca. Benchè una parte di questi requisiti siano incompatibili fra di loro, sono stati prodotti dei tubi che sono ben adattabili per il funzionamento v.h.f.

b) Trattando i tubi a vuoto trasmettenti per uso v. h. f., è necessario prendere in considerazione alcuni fattori che sono trascurabili alle frequenze più basse. Dato il flusso attraverso gli elementi del tubo di forti correnti di carica alle v. h. f., vi è il pericolo di un sovrariscaldamento dei conduttori e l'efficienza del tubo è ridotta per effetto del tempo di transito e delle perdite nell'impedenza di carico. Inoltre, i circuiti costituiscono usualmente un carico piuttosto forte per i singoli tubi v. h. f. Per queste ragioni, i tubi ordinari debbono essere fatti funzionare sotto tensioni di placca e di griglia considerevolmente ridotte (con conseguente più bassa efficienza). I triodi trasmettenti sono molto difficili a neutralizzare. I pentodi alle *frequenze molto alte* hanno lo svantaggio di possedere altissime capacità d'ingresso.

158. Circuiti accordati con linee coassiali.

Alle frequenze estremamente alte è difficile ottenere un soddisfacente importo di selettività e d'impedenza da un'ordinaria coppia di bobina e condensatore usata come circuito risonante. A queste frequenze, sezioni di linee di trasmissioni coassiali lunghe un quarto d'onda, non solo sono migliori, ma hanno pure dimensioni pratiche. Le linee di lunghezza uguale ad un multiplo intero di un quarto d'onda risuoneranno indipendentemente dal rapporto del diametro allo spaziamento del conduttore, ed esse possono essere accordate (se non caricate con capacità) sostituendo un condensatore variabile alla barra o disco di cortocircuito.

159. Ricevitori v. h. f.

a) La ricezione dei segnali della banda delle frequenze molto alte (da 30 a 300 megacicli) è compiuta a mezzo di uno qualsiasi dei tre differenti tipi di ricevitori, a seconda della frequenza da ricevere. La supereterodina è usata quasi universalmente per frequenze sotto i 60 megacicli (5 metri), a causa della sua stabilità e selettività. Benchè le supereterodine possono essere costruite per funzionare fino a frequenze così alte come 100 megacicli (3 metri),

il tipo di ricevitore a super reazione è molto più largamente usato, e sopra i 100 megacicli esso è usato quasi esclusivamente. Il terzo tipo di ricevitore impiega linee coassiali accordate e tubi a vuoto speciali v. h. f. per la ricezione delle onde a frequenze superiori a 300 megacicli (1 metro).

b) Il circuito generale per la supereterodina v.h.f. è simile a quello della supereterodina impiegata per le comunicazioni a frequenze più basse, con una leggera modifica per aumentare la selettività. Il diagramma a blocchi di un ricevitore tipico a supereterodina v.h.f., progettato per funzionare intorno a 60 megacicli, è mostrato nella figura 248. Il segnale in arrivo v.h.f. è amplifi-

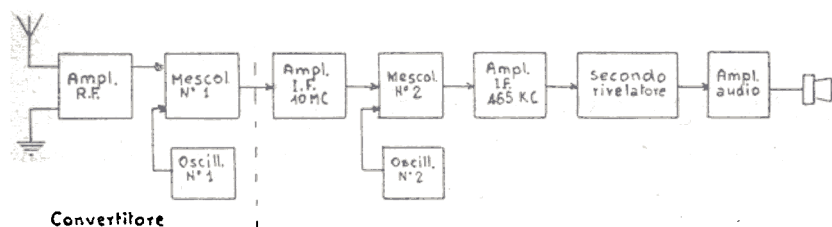


FIG. 248 - Diagramma a blocchi di un ricevitore a supereterodina tipico v. h. f.

cato ed accoppiato allo stadio mescolatore. Un'oscillazione generata localmente è mescolata con il segnale e il risultato è una frequenza intermedia di circa 10 megacicli. Tuttavia, poichè non è possibile ottenere un'alta selettività con un ragionevole numero di circuiti a 10 megacicli, questa frequenza è ulteriormente amplificata ed alimentata ad un secondo mescolatore. Una seconda combinazione oscillatore-mescolatore produce una seconda frequenza intermediaria, di circa 465 chilocicli, la quale agisce allora nel modo convenzionale. Così, la supereterodina v. h. f. ha due frequenze intermedie.

L'amplificazione ha luogo su entrambe, prima che il segnale sia finalmente rettificato e convertito in audiofrequenza. L'unità comprendente il primo mescolatore, l'oscillatore e gli stadi amplificatori a radiofrequenza è conosciuta col nome di *convertitore*, poichè essa converte il segnale d'ingresso v. h. f. in un segnale a

radiofrequenza più bassa che può essere manipolato da un normale ricevitore a supereterodina.

c) I ricevitori a superreazione sono usati per la ricezione di frequenze molto alte da 100 megacicli (3 metri) a 300 megacicli (1 metro). Questi ricevitori sono di due tipi. Nel primo, la tensione di *spegnimento* è sviluppata nel tubo rivelatore stesso; nel secondo un tubo oscillatore separato è usato per generare la tensione di spegnimento. Il ricevitore a superreazione ha il vantaggio di possedere una buona sensibilità, ma la sua selettività non è confrontabile a quella della supereterodina. Il ricevitore a superreazione è particolarmente conveniente per equipaggiamenti portatili che debbono essere costruiti nel modo più semplice possibile.

d) I ricevitori per funzionare a 300 megacicli (1 metro) ed a frequenze più alte richiedono tubi a vuoto di speciale progetto e linee coassiali risonanti nei circuiti accordati a radiofrequenza. Il diagramma circuitale di un ricevitore di questo tipo è mostrato dalla figura 249. Una linea coassiale risonante in quarto d'onda è impiegata quale circuito accordato di griglia di un semplice stadio rivelatore della radiofrequenza. Un tubo ghianda è usato come rivelatore in questo stadio.

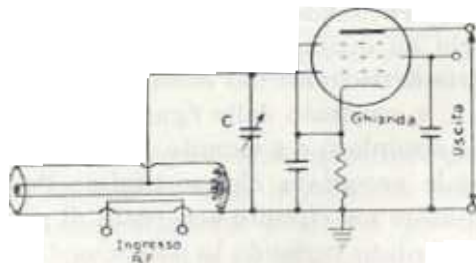


Fig. 249 - Ricevitore che impiega una linea coassiale in quarto d'onda sul circuito d'ac-

Trasmittitore v. h. f.

a) I circuiti oscillatori usati nella trasmissione v.h.f. sono tutti basati sui tipi fondamentali di oscillatori discussi nel Capitolo X, benchè essi possano essere considerevolmente modificati

per compensare le relative capacità ed induttanze che possono essere trascurabili alle frequenze più basse. La capacità infraelettrodica del tubo a vuoto aumenta d'importanza alle frequenze molto alte, e la frequenza più alta possibile a cui un tubo può essere accordato è limitata dal tratto più corto possibile di filo di connessione fra gli elementi del tubo, come pure dall'effetto degli altri conduttori interni e dalla capacità infraelettrodica del tubo. Tuttavia, il tubo usualmente non oscilla fino a questo limite, per effetto delle altre perdite nel tubo e della reazione del carico. Con piccoli tubi radio di costruzione ordinaria il limite superiore di oscillazione è di circa 150 megacicli (2 metri). Per poter ottenere le oscillazioni a frequenze più alte, è necessario l'impiego dei tubi v. h. f. costruiti appositamente aventi una bassa capacità infraelettrodica ed una più bassa induttanza dei conduttori interni. Questi tubi speciali sono capaci di generare oscillazioni fino a frequenze di 300 megacicli (1 metro) o più alte.

b) Gli ordinari circuiti accordati con bobina e condensatore sono raramente usati a frequenze superiori a 100 megacicli (3 metri) e sono sostituiti dai circuiti accordati costituiti da sezioni di linee di trasmissione (circuiti accordati lineari). Questi circuiti accordati lineari sono usualmente lunghi un quarto d'onda, ma possono essere lunghi un qualunque multiplo di tale lunghezza senza alterare le proprietà risonanti del circuito accordato. Un oscillatore tipico v. h. f. è mostrato dalla figura 250. L'oscillatore è a circuito di griglia accordato e a circuito di placca accordato con una linea coassiale accordata che sostituisce l'usuale coppia di bobina e condensatore nel circuito accordato di griglia. Il circuito di figura 250 è accordato variando la posizione di un pistone scorrevole nell'estremità cortocircuitata della linea coassiale accordata.

c) Alle frequenze molto alte gli oscillatori stabilizzati possono essere accoppiati direttamente all'antenna per trasmissioni in onde continue. Gli oscillatori pilota sono generalmente usati per eccitare gli amplificatori modulati. La potenza di eccitazione richiesta da un amplificatore può essere abbastanza alta se vi sono conduttori di lunghezza apprezzabile dalla griglia o dalla placca

a qualunque condensatore d'accordo, oltre il conduttore usato come barra di cortocircuito, o se il condensatore ha un lungo cammino induttivo attraverso la sua intelaiatura. I ritorni da questi circuiti al catodo sono importanti, specialmente negli stadi a terminazione singola, e non dovrebbe mai essere mosso dalla sua posizione originale. Qualunque induttanza di conduttore può essere ridotta un po' usando nastro di rame per le connessioni, invece di conduttori più piccoli. Ciò non serve ad attenuare l'effetto pelle.

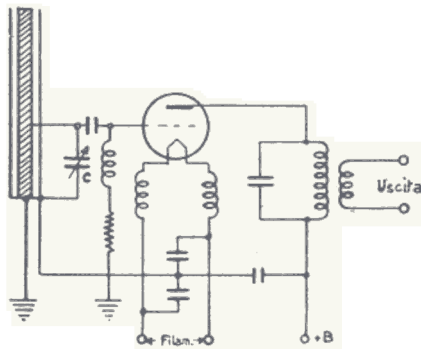


FIG. 250 - Oscillatore v. h. f. a circuito di griglia accordato e a circuito di placca accordato che impiega una linea concentrica nel circuito risonante di griglia.

d) Sia nei trasmettitori che nei ricevitori, possono spesso originarsi delle oscillazioni quando il resistore della polarizzazione catodica non è adeguatamente sciuntato per il passaggio delle frequenze molto alte. Gli ordinari condensatori di fuga posseggono considerevole induttanza che, combinata con la loro capacità, può introdurre una reattanza considerevole nel circuito.

e) Le proprietà induttive e capacitive di un tratto di filo rettilineo non sono particolarmente dannose alle più basse frequenze radio. Tuttavia, quando si lavora alle frequenze molto alte, l'induttanza e la capacità delle lunghezze di filo, sia pure le più corte, possono rappresentare una grande parte dell'induttanza

totale e della capacità totale dei singoli circuiti. Pertanto la filatura deve essere fatta la più corta possibile. Ciò deve essere tenuto presente quando si sostituiscono parti di qualunque circuito v.h.f.

161. Sistemi di antenna v. h. f.

a) La natura della propagazione v. h. f. impone due requisiti all'antenne v. h. f. Il primo è che l'antenna deve essere la più alta possibile. A queste frequenze, l'altezza dell'antenna è di più importanza che nella radiazione a basso angolo. Il secondo requisito è che sia l'antenna trasmittente che l'antenna ricevente debbono stare nel medesimo piano verticale od orizzontale, per ottenere la massima intensità del segnale. Benchè le onde polarizzate verticalmente (ossia provenienti da un radiatore verticale) siano più comunemente usate, le onde polarizzate orizzontalmente sono generalmente preferibili per le trasmissioni a lunghe distanze. Il sistema d'antenna, sia per il trasmettitore che per il ricevitore, deve essere installato quanto più possibile in alto e lontano da ostacoli.

b) Le linee di trasmissione costituite da linee coassiali o da linee a due fili paralleli, possono essere usate per accoppiare il sistema di antenna al trasmettitore o al ricevitore. Le linee di alimentazione non risonanti sono più efficienti alle frequenze molto alte di quelle risonanti.

c) L'isolamento è di primaria importanza alle frequenze molto alte. Molti isolatori che possono avere basse perdite fino a frequenze di 30 megacicli (10 metri) potranno completamente perforarsi a frequenze superiori a 100 megacicli (3 metri). Nemmeno gli isolatori ceramici a basse perdite sono soddisfacenti alle ultra alte frequenze quando la tensione a radiofrequenza è alta. Uno dei migliori e più pratici isolatori alle ultra alte frequenze è il polistirene. È pratica comune progettare i sistemi di antenna in modo che i vari radiatori siano sostenuti soltanto nei punti di tensione relativamente bassa. Poichè le tensioni normali sulle linee di alimentazione non accordate non sono alte, ivi il tipo di isolamento non è critico.