

CAPITOLO XIV

ANTENNE - IRRADIAZIONE PROPAGAZIONE DELLE ONDE E. M.

137. Radiazione dall'antenna.

a) Dopo che nel trasmettitore è stato generato un segnale, vi deve essere un mezzo d'irradiazione dell'energia a radiofrequenza nello spazio ed un mezzo di captazione che intercetti questo segnale per trasmetterlo al ricevitore. Il dispositivo che soddisfa ad entrambe queste richieste è chiamato *antenna*. Così, l'irradiazione dell'energia del segnale originato nel trasmettitore, è inviata nello spazio a mezzo dell'*antenna trasmittente*. Questa energia, sotto forma di un campo elettrico, viaggiando nello spazio incontra un'*antenna ricevente*, inducendo in essa delle tensioni. Se il ricevitore è accordato alla stessa frequenza del trasmettitore, il segnale sarà ricevuto, amplificato e reso udibile. L'antenna ricevente non richiede un progetto molto accurato per ottenere un funzionamento soddisfacente. Per contro, il sistema di antenna trasmittente è critico in molti dettagli costruttivi.

b) Il progetto appropriato del sistema di antenna ha quasi la stessa importanza di quello della stazione trasmittente, poichè deve essere in grado di irradiare efficientemente in modo che la potenza fornita dal trasmettitore non sia sprecata. L'antenna trasmittente deve avere le esatte dimensioni previste e deve essere costruita appropriatamente: altrimenti sarà di basso rendimento.

c) Un sistema completo di antenna trasmittente consiste in tre parti distinte, come indicato dalla figura 216: il *dispositivo di accoppiamento*, per accoppiare l'uscita del trasmettitore alla linea di alimentazione; la *linea di alimentazione o di trasmissione* (« feeder »), che trasporta l'energia all'antenna; l'*antenna* propriamente detta che irradia l'energia del segnale.

d) Vi sono antenne di varie forme e dimensioni impiegate per la trasmissione radio, come pure esistono parecchi tipi elettricamente differenti di antenne. I principali fattori che determinano il tipo, la dimensione e la forza dell'antenna trasmittente da impiegare sono:

- 1) la frequenza di funzionamento del trasmettitore;
- 2) la quantità di potenza che deve essere irradiata;
- 3) la possibile direzione del complesso ricevente.

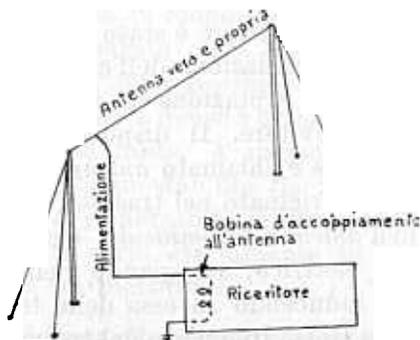
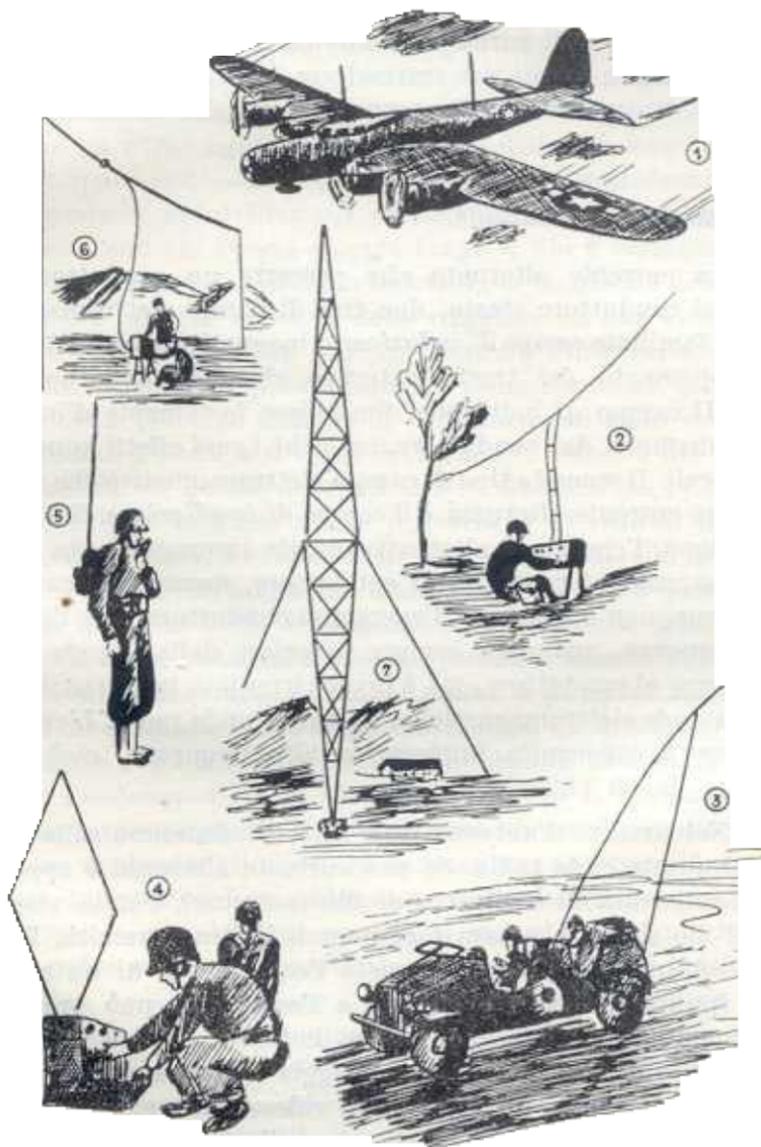


FIG. 216 - Tipico sistema d'antenna trasmittente.

e) Differenti tipi di antenne trasmittenti sono mostrati nella figura 217. Due radiatori verticali con alimentazione d'estremità sulla fusoliera del bombardiere pesante sono visibili in (1) e un'antenna a telaio è contenuta dentro la calotta schermata sotto il muso della fusoliera. Un'antenna di Hertz, in semionda, alimentata al centro, mostrata in (2), impiega una linea di trasmissione risonante per portare l'energia del trasmettitore all'antenna. L'antenna flessibile (3) è un'antenna Marconi modificata, verticale, alimentata ad una estremità. L'antenna a telaio (4) irradia un forte segnale elettromagnetico in certe direzioni e quasi nessun segnale in altre direzioni. Un'altra antenna Marconi è mostrata in (5), connessa direttamente ad una stazione radiotelefonica campale. Un'antenna Hertz in semionda, alimentata dal trasmettitore a mezzo di una linea non risonante, è mostrata in (6). Finalmente la (7) mostra,



← FIG. 217 - Tipi di antenne trasmettenti _

un radiatore per stazione fissa che può estendersi per varie decine di metri. Tutti questi vari tipi di antenna, insieme con i metodi di accoppiamento e quelli per trasmettere l'energia del circuito serbatoio dal trasmettitore all'antenna, saranno discussi nei seguenti paragrafi.

138. Principi di irradiazione.

a) La corrente alternata che percorre un conduttore crea attorno al conduttore stesso, due tipi di campi elettromagnetici, Uno, è il familiare *campo di induzione* o magnetico, a cui si debbono il funzionamento dei trasformatori e gli effetti delle bobine di arresto. Il campo di induzione diminuisce fortemente d'intensità a breve distanza dal conduttore, cosicchè i suoi effetti sono puramente locali. Il secondo tipo di campo elettromagnetico che accompagna una corrente alternata è il *campo di irradiazione*. Nel campo di induzione, l'energia è alternativamente immagazzinata in esso e successivamente restituita al conduttore, mentre nel campo di irradiazione, non è restituita l'energia al conduttore. Con l'elevarsi della frequenza, una parte sempre maggiore della energia totale, non ritorna al conduttore, ma è invece irradiata nello spazio sotto forma di onde elettromagnetiche, chiamate onde radio. L'efficiente radiazione è conseguita impiegando alte frequenze, cioè radiofrequenze da 50 chilocicli in su.

b) Nel circuito d'antenna, vari fattori influiscono sulla radiazione di queste onde radio. Se una corrente alternata è applicata ad una estremità di un tratto di filo (antenna), l'onda viaggerà lungo il filo sino a che essa raggiungerà l'altra estremità. Poichè questa estremità è libera, ivi esiste l'equivalente di un circuito aperto (punto di alta impedenza) e l'onda non può proseguire ulteriormente. L'onda allora ritorna indietro, ossia è riflessa da questo punto di alta impedenza e viaggia nel senso opposto verso il punto di partenza, dove è ancora riflessa. L'energia di questo movimento in avanti ed indietro, od oscillazione, è gradualmente dissipata dalla resistenza del filo. Tuttavia, se ogni volta che l'onda raggiunge il punto di partenza è rinforzata in misura sufficiente

a rimpiazzare l'energia perduta nella resistenza, sarà mantenuta lungo il filo un'oscillazione continua di ampiezza costante. Se la tensione alternata applicata all'estremità del filo è una tensione a radiofrequenza, all'antenna saranno applicati degli impulsi elettrici con un ritmo uguale alla frequenza della tensione r.f. Poichè questi impulsi debbono essere appropriatamente sincronizzati per poter produrre un'oscillazione persistente nell'antenna, e poichè la velocità con cui l'onda viaggia lungo il filo è costante (uguale circa a 300.000.000 di metri per secondo), la lunghezza dell'antenna deve essere tale che un'onda deve viaggiare da una estremità all'altra e ritornare ancora indietro durante l'intervallo di tempo spettante ad un ciclo della tensione a radiofrequenza. La distanza che un'onda percorre durante il periodo di un ciclo è chiamata la lunghezza d'onda, e si trova dividendo la velocità del moto per la frequenza. Se l'onda deve percorrere esattamente la lunghezza del filo e deve eseguire anche il percorso di ritorno durante il periodo di un ciclo, è evidente che la lunghezza del filo deve essere uguale a metà della lunghezza d'onda applicata. In queste condizioni, si dice che il filo è risonante alla frequenza della tensione applicata. Se la potenza a radiofrequenza è adesso applicata ad una estremità del tratto di filo, al punto *A* di figura 218, gli elettroni si muoveranno lungo il filo spostandosi da *A* verso *B* durante l'alternanza negativa della tensione applicata, determinando l'arresto e l'addensamento di elettroni al punto *B* e quindi un'alta tensione in questo punto. Nell'alternanza successiva (positiva) della tensione applicata, gli elettroni si muoveranno verso il punto *A*, e vi sarà un arresto ed un addensamento di elettroni a questa estremità quando gli elettroni viaggianti verso *A* vengono raggiunti dall'impulso successivo proveniente dalla sorgente di tensione. Ciò determina un'alta tensione in questo punto. Nel centro dell'antenna vi è sempre un movimento massimo di elettroni che provoca un'alta corrente (cariche in movimento costituiscono una corrente), e, pertanto, questo è un punto di bassa impedenza. Ne segue che una piccolissima tensione apparirà al centro dell'antenna e non fluirà corrente alle estremità di essa. Questa condizione, mostrata graficamente nella figura 219, è chiamata una

onda stazionaria. I punti di alta corrente e di alta tensione sono chiamati rispettivamente *ventri* di corrente e di tensione. La presenza di onde stazionarie denota la condizione di risonanza in un'antenna trasmittente. Poichè le onde viaggianti avanti e indietro nell'antenna si rinforzano l'una con l'altra, si avrà un massimo di irradiazione di onde elettromagnetiche nello spazio. Quando non vi è risonanza, le onde tendono a cancellarsi fra di loro, dissipando così la loro energia sotto forma di calore, anzichè essere utilizzate per la irradiazione delle radio onde.

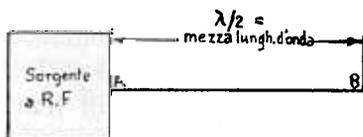


FIG. 218 - Antenna in semionda e sorgente a radiofrequenza.

c) Un filo nello spazio (un'antenna radio) risuonerà a più di una frequenza. La frequenza più bassa a cui l'antenna risuona è chiamata la sua *frequenza fondamentale*; essa è quella frequenza per cui la lunghezza del filo è circa una metà della lunghezza di onda. Un tratto di filo ad un'antenna può avere due, tre, quattro o più onde stazionarie su di esso e così risuonerà a frequenze armoniche che sono approssimativamente multipli interi della sua frequenza fondamentale.

d) Il maggior numero delle antenne trasmettenti pratiche appartiene ad uno dei seguenti gruppi: antenne Hertz e antenne Marconi.

Un'antenna Hertz è fatta funzionare ad una certa altezza dal suolo e può essere posta verticalmente od orizzontalmente. Un'antenna Marconi opera con una estremità a terra (usualmente attraverso l'uscita del trasmettitore o della bobina di accoppiamento all'estremità della linea di alimentazione). Le antenne Hertz sono generalmente usate dalle più alte frequenze, superiori a circa 2 megacicli, mentre le antenne Marconi sono usate a frequenze più basse. In certe applicazioni, le antenne Marconi possono essere pure usate alle alte frequenze, come nelle antenne per aeroplani, in cui l'aeroplano stesso diviene la terra effettiva.

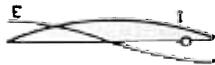


FIG. 219 - Distribuzione della tensione (E) e della corrente sull'antenna fondamentale in semionda.

139. Antenna Hertz.

a) Il funzionamento dell'antenna Hertz è basato sul fatto che la lunghezza d'onda a cui qualunque filo può accordarsi dipende direttamente dalla sua lunghezza. Il radiatore è così auto-accordabile e non è necessaria nè una presa di terra, nè un contrappeso. Conseguentemente, l'antenna Hertz può essere installata dove è meno disturbata dagli effetti delle masse circostanti, come le costruzioni, od altri ostacoli, ed è pertanto più efficiente. L'antenna fondamentale discussa nel paragrafo 138 è un'antenna di Hertz.

b) La distribuzione di risonanza dell'onda stazionaria di corrente in un'antenna Hertz alla frequenza fondamentale è mostrata nella figura 220 (1). Si vede dall'onda stazionaria di corrente che

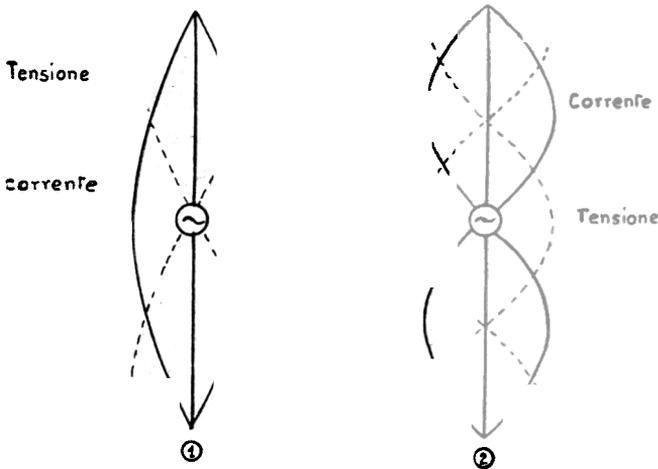


FIG. 220 - Onde di correnti e tensioni (queste ultime a linee tratteggiate) in un'antenna Hertz in semionda.
 (1) Frequenza fondamentale.
 (2) Frequenza seconda armonica.

un massimo di corrente, ossia un ventre di corrente, si verifica al centro dell'antenna e che vi è un minimo di corrente a ciascuna estremità dell'antenna. La lunghezza d'onda dell'onda corrispondente è doppia della lunghezza dell'antenna.

c) Quando la stessa lunghezza di antenna Hertz è eccitata con una frequenza doppia di quella della fondamentale (la seconda armonica), la risultante distribuzione dell'onda di corrente sarà come indicato dalla figura 220 (2). La lunghezza d'onda della corrispondente radiazione (seconda armonica) sarà uguale alla lunghezza dell'antenna.

d) Se l'antenna si fa di lunghezza doppia (ossia un'antenna Hertz lunga quanto una lunghezza d'onda completa), esiste la stessa condizione di risonanza, poichè l'onda stazionaria deve la sua esistenza al fatto che l'onda riflessa ritorna all'estremità di origine in fase con l'onda in arrivo. Pertanto, qualunque lunghezza multipla di mezza lunghezza d'onda ($\frac{1}{2}\lambda$, 1λ , $1,5\lambda$, 2λ , ecc.) produrrà le condizioni di risonanza nel tipo di antenna Hertz.

40. Antenna Marconi.

a) Se la metà più bassa dell'antenna Hertz è sostituita da un'estesa superficie piana conduttrice (fig. 221) non è causato alcun disturbo alle onde propagate dalla metà superiore. In altre parole la rimanente porzione di antenna lunga un quarto d'onda continuerà ad irradiare nello stesso modo come un'antenna in semionda, purchè sia presente un esteso piano conduttore. Una forma pratica di tale sistema radiante è l'antenna Marconi, in cui il terminale più basso del generatore è connesso a terra e così la superficie terrestre serve come il richiesto esteso piano conduttore. La distribuzione di corrente e tensione in tale antenna alla frequenza fondamentale sono mostrate dalla figura 222 (1). La lunghezza d'onda della radiazione alla frequenza fondamentale è quattro volte la lunghezza dell'antenna.

b) Nell'antenna Marconi con terminale a massa, la tensione è necessariamente un minimo e la corrente un massimo alla base. Per questa ragione, l'antenna può risuonare soltanto quando eccitata a frequenze armoniche dispari (terza armonica, quinta armonica, ecc.). Le distribuzioni di corrente e tensione in un'antenna Marconi, eccitata alla frequenza terza armonica, sono mostrate nella figura 222 (2).

c) Un'altra concezione del funzionamento dell'antenna Marconi è illustrata nella figura 223. Benchè un'antenna Marconi abbia una lunghezza fisica uguale ad un quarto di lunghezza di onda, essa può essere considerata funzionante come un'antenna

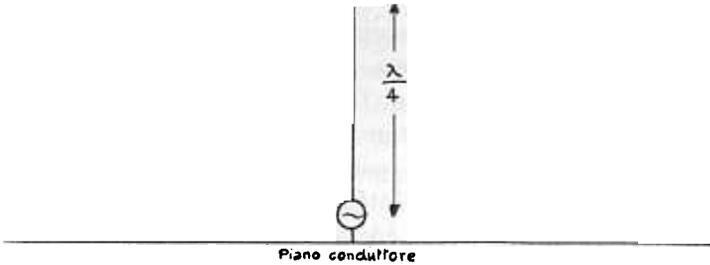


FIG. 221 - La metà più bassa dell'antenna di Hertz sostituita da un'esteso piano conduttore.

lunga mezza lunghezza d'onda. La ragione di questa peculiarità è dovuta al fatto che l'antenna vera e propria provvede per un quarto di lunghezza d'onda mentre la terra fornisce il quarto di lunghezza d'onda aggiuntivo. La lunghezza totale effettiva o elettrica è allora mezza lunghezza d'onda. Ciò è mostrato nella

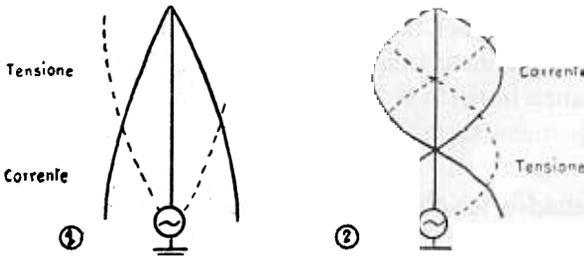


FIG. 222 - Onde stazionarie di corrente e tensione (linee tratteggiate) su un'antenna Marconi in quarto d'onda.

figura 223, dove la metà più bassa dell'antenna è stata sostituita dall'immagine della metà superiore nella terra.

d) L'antenna Marconi impiega una connessione di terra per costituire l'altra metà della sua lunghezza elettrica. Sarà ricordato

che una resistenza in un circuito accordato fa diminuire l'ampiezza della corrente ed appiattisce la selettività del circuito. In modo simile, un'alta resistenza in un'antenna ne farà diminuire l'efficienza. Per questa ragione deve essere usata una connessione di

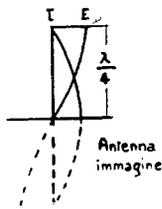


FIG. 223 - Distribuzione di tensione e corrente in un'antenna Marconi.

terra di bassa resistenza. Ciò non è sempre facile a compiere, poichè in molte località la terra è secca e sabbiosa. Quando ciò è il caso, è usato un contrappeso. Un contrappeso, è semplicemente un filo, un sistema di fili, o una massa di metallo, impiegato per sostituire la terra. Questo filo deve essere disteso sotto l'antenna a circa 30 centimetri sopra la terra ed isolato da essa, quando è usata un'antenna orizzontale. Con un tipo di antenna verticale è usata una disposizione di fili a raggera con il centro sull'antenna.

Questa disposizione deve pure essere a circa 30 centimetri sopra la terra ed isolata da essa. Un'antenna verticale Marconi installata su un veicolo impiega usualmente il telaio del veicolo come contrappeso.

e) I tipi di antenna Marconi sono comunemente impiegati negli equipaggiamenti militari. Il principale vantaggio dell'antenna Marconi sta nel fatto che, per qualunque data frequenza, essa è molto più corta (metà) dell'antenna Hertz. Ciò è di particolare importanza in tutte le installazioni radio campali ed a bordo dei veicoli.

141. Frequenza e lunghezza d'antenna.

a) È adesso pratica universale riferire le onde radio in termini di frequenza, ossia espresse in cicli, chilocicli e megacicli. Prima, le onde radio erano denotate in termini di lunghezza d'onda, l'unità essendo il metro. Nelle discussioni sui sistemi di antenne è più conveniente esprimersi in termini di lunghezze d'onde poichè queste danno qualche indicazione sulle effettive dimensioni fisiche dei fili. Per esempio, un'antenna di mezza onda per trasmissione su 50 metri è lunga 25 metri.

b) La importante relazione fra lunghezza d'onda e frequenza deve essere tenuta in mente. Poichè la velocità delle onde radio attraverso lo spazio è costante, ed è uguale a quella della luce, più numerose sono le onde che per ogni secondo passano in un dato punto, più vicine saranno le punte di queste onde. La frequenza indica il *numero* di cicli d'onda passanti per un dato punto per ogni secondo. La lunghezza d'onda indica la *distanza* che l'onda percorre durante un ciclo od oscillazione della corrente d'antenna; essa è la distanza (in metri) fra le punte adiacenti della serie di oscillazioni. Quella relazione inversa fra frequenza e lunghezza d'onda è espressa dalle formule:

$$\text{Frequenza (in cicli per secondo)} = \frac{300.000.000}{\text{Lunghezza d'onda (in metri)}}$$

$$\text{Lunghezza d'onda (in metri)} = \frac{300.000.000}{\text{Frequenza (in cicli per secondo)}}$$

142. Impedenza d'antenna.

a) Un'antenna trasmittente ha un'impedenza definita dal flusso di elettroni in ogni punto lungo la sua lunghezza. Questa impedenza varia in relazione all'importo relativo di addensamento di elettroni con l'avvicinarsi alle estremità. L'impedenza esistente in un punto qualunque è uguale alla tensione esistente in quel punto, divisa per la corrente in quello stesso punto. Così, l'impedenza più bassa si verifica dove la corrente è più alta: al centro di un'antenna Hertz in semionda, oppure ad un quarto d'onda dall'estremità di un'antenna Marconi. La più alta impedenza si verifica nei punti in cui la corrente è più bassa.

Un grafico dell'impedenza lungo un'antenna di Hertz in semionda è mostrato dalla figura 224. L'impedenza al centro di

questa antenna Hertz è di circa 73 ohm. L'impedenza di un'antenna Marconi è considerevolmente più bassa. L'impedenza cresce uniformemente verso ciascuna estremità dell'antenna, dove è di circa 2.400 ohm per un'antenna Hertz, e di valore all'incirca doppio per un'antenna Marconi verticale.

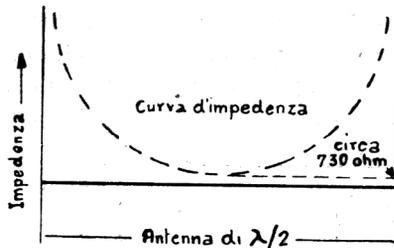


FIG. 224 - Curva d'impedenza per un'antenna Hertz di mezza lunghezza d'onda.

143. Accordo d'aereo.

a) È spesso desiderato impiegare un sistema di antenna adatto per la trasmissione di segnali a varie frequenze. Poiché l'antenna deve essere sempre in risonanza con la frequenza trasmessa, l'antenna vera e propria dovrebbe poter essere allungata o accorciata per questo scopo. Ma, ad eccezione delle antenne a filo scorrevole impiegate nelle installazioni a bordo di aerei, l'operazione di allungamento ed accorciamento dell'aereo non è molto pratica.

b) Lo stesso risultato può essere conseguito in modo più conveniente ponendo in serie con l'antenna un induttore od un condensatore variabile. La lunghezza elettrica di qualunque filo d'antenna può essere accresciuta o diminuita a mezzo di caricamento. Se l'antenna è troppo corta per la lunghezza d'onda da usare, essa è risonante ad una frequenza più alta di quella di eccitazione. Pertanto essa offre una reattanza capacitiva alla frequenza di eccitazione. Questa reattanza capacitiva può essere controbilanciata introducendo una reattanza induttiva concentrata, come indicato dalla figura 225 (1). In modo simile, se l'an-

tenna è troppo lunga, essa offre una reattanza induttiva, che può essere corretta introducendo una reattanza capacitiva concentrata, come indicato dalla figura 225 (3). Pertanto l'antenna di figura 225 (1) è induttivamente allungata, mentre l'antenna di figura 225 (3) è capacitivamente accorciata.

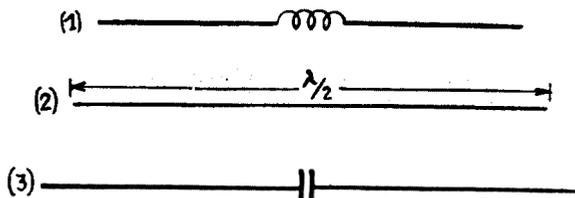


FIG. 225 - Tre antenne, tutte uguali elettricamente a mezza lunghezza d'onda.

- (1) Caricamento di compensazione per un'antenna troppo corta.
- (2) Antenna normale, senza caricamento.
- (3) Caricamento di compensazione per un'antenna troppo lunga.

144. Linee di alimentazione risonanti.

a) Se un'antenna deve irradiare appropriatamente, vi deve essere qualche mezzo per trasferire l'energia dall'uscita del trasmettitore all'antenna. Questo trasferimento di energia è compiuto dalle linee di trasmissione o di alimentazione (« feeders ») insieme ai circuiti di accoppiamento. Vi sono due tipi generali di linee di alimentazione: le linee di alimentazione risonanti od accordate e le linee di alimentazione non risonanti o disaccordate. I feeders risonanti sono più facili a costruire e ad aggiustare per l'appropriato trasferimento del segnale all'antenna.

b) Il feeder di tensione a filo singolo in semionda è il tipo più semplice di feeder accordato. La lunghezza totale elettrica del filo (fig. 226) è una intera lunghezza d'onda della tensione a radiofrequenza applicata. Un impulso elettrico è applicato al filo nel punto P dal circuito accordato T . L'onda viaggerà lungo il filo verso E . Poichè la lunghezza del filo PSE è uguale ad una lunghezza d'onda della tensione applicata, l'onda raggiunge l'estre-

mità E ed è riflessa giusto nel momento in cui la seconda onda lascia il circuito accordato T . Entrambe le onde sono viaggianti verso il punto S . Avendo uguali distanze da percorrere, esse si incontreranno al punto S , provocando un arresto ed un addensamento degli elettroni in quel punto. Gli elettroni concentratisi nel punto S si dividono in una parte fluente verso l'estremità E e l'altra parte che ritorna indietro verso P . Quando quest'ultima onda raggiunge il punto P , la terza onda esce dal circuito serbatoio T e vi è ancora un arresto ed un addensamento di elettroni in questo punto P . Come risultato finale avremo la creazione di tensioni nei

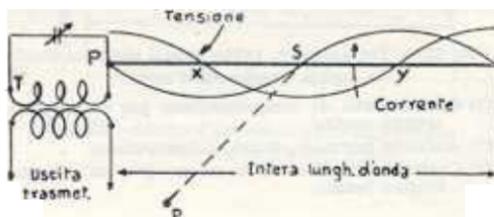


FIG. 226 - Ventri di corrente e di tensione su un'antenna di un'intera lunghezza d'onda.

punti P , S ed E . Questi punti di alta tensione a radiofrequenza saranno distanti fra di loro di una mezza lunghezza d'onda. In questo modo l'onda oscillerà fra i punti P ed S e fra i punti S ed E con le perdite dovute alle resistenze e per effetto dell'energia fornita dal circuito serbatoio T . Nei punti X ed Y vi è il movimento massimo di elettroni e pertanto sono punti di alta corrente. Se il filo di figura 226 è piegato nel punto S , come indicato dalla linea tratteggiata, e la sezione PS è connessa al circuito serbatoio del trasmettitore, come mostrato dalla figura 227, si ottiene una disposizione conosciuta col nome di antenna alimentata di tensione con filo singolo. Il termine *tensione* è applicato a questo tipo di alimentazione, poichè la sezione PS , che è considerata quale feeder, è connessa all'antenna vera e propria nel punto S che è un ventre di tensione. Poichè esiste un ventre di tensione nel punto P del feeder, esso deve essere connesso ad un punto di alta tensione nel circuito d'accoppiamento di antenna. Poichè vi sono correnti

sia nel feeder che nell'antenna vera e propria, entrambi avranno campi di radiazione e pertanto l'angolo fra di loro deve essere di circa 90° . Il feeder PS deve essere approssimativamente lungo mezza lunghezza d'onda. Tuttavia, piccoli errori nella lunghezza del feeder possono essere corretti regolando il condensatore del circuito d'accoppiamento. Errori più grandi debbono essere compensati ponendo in serie con il feeder dell'induttanza o della capacità. Il vantaggio di questo tipo di alimentazione è dovuto alla sua semplicità. Lo svantaggio sta nel fatto che il feeder irradia.

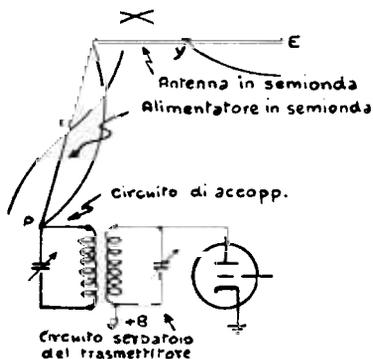


FIG. 227 - Antenna in semionda alimentata di tensione a singolo filo.

Poichè il feeder sarà usualmente installato vicino ad oggetti assorbenti, come alberi o costruzioni, questa radiazione rappresenta una perdita.

e) Un altro tipo di alimentazione di tensione è dato dal sistema di alimentazione Zeppelin (fig. 228). Sarà notato che le correnti in X ed Y di figura 226 sono di fase opposta fra di loro. Se il filo di figura 226 è piegato in S in modo che entrambe le metà risultino fra di loro parallele, i campi creati dalle correnti in ciascun filo saranno di fase opposta e quindi le radiazioni si canceleranno. Tale disposizione può essere usata per alimentare una antenna come mostrato nella figura 228. La tensione è applicata ad un punto corrispondente al punto S di figura 226, invece che

ad un punto corrispondente al punto P . Poichè il punto S è un punto di alta impedenza, viene usato, per l'accoppiamento, un circuito accordato parallelo onde fornire un'alta tensione a radiofrequenza. Il vantaggio dell'alimentazione Zeppelin è dato dalla riduzione di radiazione del feeder con conseguente diminuzione di perdite.

d) Un'antenna alimentata di corrente, è mostrata nella figura 229. Le sezioni ES e SP sono lunghe ognuna un quarto di lun-

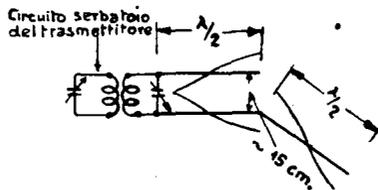


FIG. 228 - Antenna in semionda con alimentazione Zeppelin.

ghezza d'onda. Insieme esse formano una lunghezza di filo di mezza onda. Quando è applicata la tensione al punto P , esisteranno ventri di tensione e corrente come mostrati nella figura 229. Le sezioni P^1S^1 ed S^1E^1 sono pure lunghe un quarto di lunghezza di onda. Insieme, esse formano un filo lungo mezza lunghezza d'onda. Quando la tensione è applicata al punto P^1 esisteranno ventri di tensione e di corrente come indicato. Si confronti la distribuzione di tensione e corrente di ciascuna sezione in semionda con quella mostrata dalla sezione in semionda di figura 219. Poichè le sezioni SP ed S^1P^1 sono parallele fra di loro e le correnti sono in direzioni opposte, i campi creati da queste correnti si opporranno l'un con l'altro. Ciò determina la cancellazione della radiazione di queste sezioni, che agiscono come alimentatori per sezioni di antenna ES ed E^1S^1 . Questo tipo di alimentazione è conosciuto col nome di alimentazione di corrente poichè gli alimentatori si congiungono all'antenna nei punti S e S^1 di alta corrente. Poichè esistono ventri di tensioni nei punti P e P^1 , un circuito di accoppiamento accordato parallelo è usato per applicare la

tensione a questi punti. La lunghezza degli alimentatori può essere estesa a qualunque multiplo di un quarto di lunghezza d'onda. Tuttavia, sui multipli pari, come mostrato dalle linee tratteggiate, deve essere usato un circuito di accoppiamento accordato serie poichè esiste un'alta corrente alle estremità e ed e' degli alimentatori e soltanto un circuito accordato serie può fornire efficientemente questa corrente.

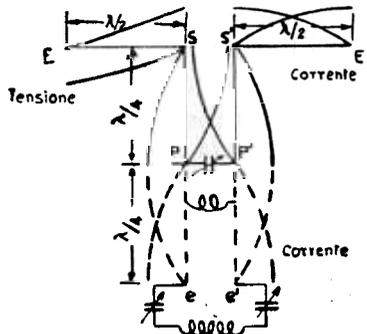


FIG. 229 - Antenna alimentata di corrente.

45. Linee di alimentazione non risonanti.

a) Le linee di alimentazione non risonanti hanno come principale caratteristica quella di non essere accordate. Una linea non risonante o non accordata è un alimentatore con trascurabili onde stazionarie. La tensione e la corrente hanno una distribuzione quasi costante lungo la linea, con ampiezze che vanno leggermente decrescendo verso l'estremità d'antenna per effetto delle perdite nella linea di alimentazione. Fisicamente, la linea stessa dovrebbe essere identica lungo tutta la sua lunghezza. La terminazione alla estremità d'antenna è la sola caratteristica critica della linea di alimentazione non accordata. Per l'appropriato funzionamento di una linea di alimentazione non risonante (ossia con le onde stazionarie eliminate) deve essere usata qualche forma di dispositivo di adattamento di impedenza fra la linea non risonante e e

l'antenna vera e propria, in modo che la resistenza di radiazione dell'antenna sia riflessa indietro nella linea di alimentazione determinando così un'impedenza uguale all'impedenza della linea. È importante che l'antenna sia tagliata alla lunghezza esatta per la risonanza; altrimenti non presenterà un puro carico resistivo alla linea di alimentazione non risonante.

b) Una linea di trasmissione a singolo filo è mostrata nella figura 230. Questa linea di alimentazione non accordata dipende dalla terra per il suo circuito di ritorno. L'impedenza all'energia a radiofrequenza di una linea di trasmissione a filo singolo è determinata dal diametro del filo e dalla distanza sopra la terra. Una linea non risonante tipica a filo singolo ha una impedenza di circa 600 ohm. Per il massimo trasferimento di potenza dalla unità di accoppiamento T all'antenna (fig. 230), il filo dell'alimentatore

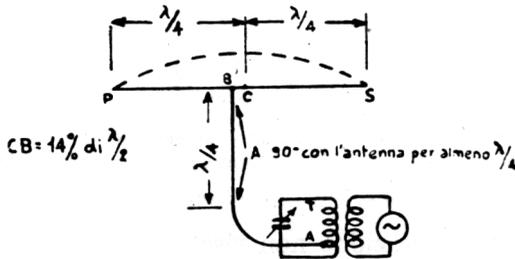


Fig. 230 - Antenna di Hertz in semionda con linea di trasmissione a singolo filo.

deve essere connesso al circuito di accoppiamento a qualche punto come A e all'antenna a qualche punto come B , dove l'impedenza di entrambi i punti sia uguale all'impedenza della linea di trasmissione. La figura 224 mostra che l'impedenza di un'antenna varia da un massimo (alle estremità) ad un minimo di circa 73 ohm (al centro). Nella figura 230 il punto B è posto a circa il 14 per cento di una mezza lunghezza d'onda dal centro di un'antenna in semionda. Un punto pratico per il funzionamento può essere determinato moltiplicando la lunghezza dell'antenna in semionda in metri per la costante 14: si ottiene allora la distanza in centimetri

dal centro C . Come esempio, assumiamo che la lunghezza SP sia uguale a 30 metri: CB sarà allora uguale a $30 \times 14 = 420$ centimetri. L'esatta posizione dei punti A e B sarà trovata sperimentalmente. È raggiunto il punto esatto quando le onde stazionarie sulla linea di alimentazione sono un minimo. La presenza delle onde stazionarie può essere rilevata a mezzo di un ondometro del tipo ad assorbimento facendolo muovere vicino all'alimentatore. Un ondometro ad assorbimento è semplicemente un circuito accordato e un milliamperometro a radiofrequenza, od una lampada al neon, per indicare la presenza delle radiofrequenze.

c) Una *linea di trasmissione a due fili* ha un'impedenza che dipende dal diametro dei due fili e dalla loro distanza. Quando si impiega il tipo di alimentatore con linea di trasmissione a due fili, le connessioni sono fatte sia sull'antenna che sul circuito di accoppiamento, nei punti in cui le impedenze si adattano alla impedenza della linea di trasmissione. Tale disposizione è mostrata nella figura 231. Quando gli adattamenti sono corretti, non si verificano

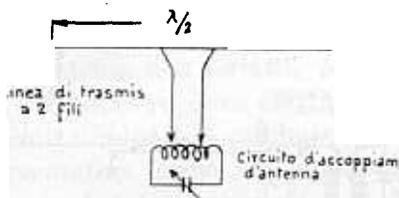


FIG. 231 - Antenna di Hertz in semionda con linea di trasmissione a due fili.

onde stazionarie lungo l'alimentatore. L'aggiustamento di questo tipo di linea di trasmissione è estremamente critico, e tale sistema di antenna può essere usato soltanto per trasmissioni con una sola frequenza. Questo metodo di alimentazione è qualche volta chiamato sistema di adattamento di impedenza a due fili.

d) Il *cavo coassiale* è un altro tipo di linea di trasmissione. Esso consiste in due conduttori concentrici, uno posto nell'interno dell'altro ed isolati fra di loro (fig. 232). L'impedenza a radiofrequenza dei cavi coassiali è bassa (usualmente intorno ai 75 ohm)

ed è determinata dai diametri dei due conduttori e dalla distanza fra di loro. Un'antenna Marconi alimentata a mezzo di un cavo coassiale è mostrata dalla figura 233. Questo metodo è occasional-

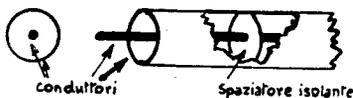


FIG. 232 - Costruzione del cavo coassiale.

mente usato quando l'antenna è distante dal trasmettitore e quando la radiazione dell'alimentatore sarebbe molto nociva. Il conduttore esterno del cavo coassiale è connesso al lato basso del circuito di

accoppiamento ed è posto a massa. Il conduttore interno collega l'estremità più bassa P dell'antenna verticale al circuito di accoppiamento. Il circuito di accoppiamento è accordato serie poichè è necessaria un'alta corrente nel punto P .

e) Una *linea di trasmissione a coppia spiralizzata* è una linea composta da due fili rivestiti di gomma ed avvolti a spirale, costruita per avere un'impedenza approssimativamente uguale a quella che presenta l'antenna nella sua parte centrale. Il metodo

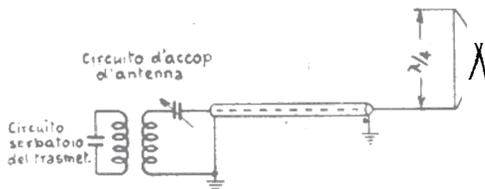


FIG. 233 - Antenna Marconi alimentata con cavo coassiale.

di connettere questa linea di trasmissione non accordata all'antenna è mostrato dalla figura 234. La discrepanza che può esistere fra l'impedenza della linea e l'impedenza dell'antenna può essere compensata allargando leggermente a ventaglio la linea nel punto in cui essa è connessa alle due metà dell'antenna (fig. 234). La linea spiralizzata è di conveniente impiego, poichè è facile ad installare e la tensione a radiofrequenza su di essa è bassa per effetto della bassa impedenza della linea. Ciò rende facile l'isolamento di essa. L'antenna vera e propria dovrebbe essere lunga mezza lun-

ghezza d'onda della frequenza di funzionamento. L'importo dell'allargamento (dimensione B di fig. 234) dipenderà dalla specie di cavo usato; il valore giusto sarà usualmente trovato fra 15 e 45 centimetri. Esso può essere controllato dall'inserzione di milliamperometri in ciascun braccio d'antenna nei punti di giunzione fra la linea di trasmissione e l'antenna: allora il valore di B che dà la corrente più forte è quello corretto. Oppure il sistema può essere fatto funzionare per un certo tempo con una potenza di ingresso a

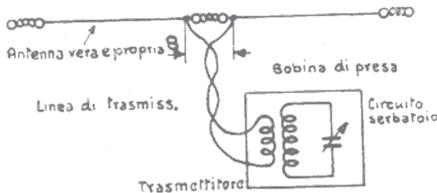


FIG. 234 - Antenna di Hertz in semionda con linea di trasmissione a coppia specializzata.

radiofrequenza abbastanza alta e dopo viene ispezionato (toccandolo) per sentire se vi sono macchie calde. Queste indicano un adattamento di impedenza non corretto ed allora l'allargamento alla sommità dell'alimentatore deve essere regolato sino a che le macchie calde siano eliminate o minimizzate. Ciascun lato del triangolo che l'alimentatore forma nel punto di giunzione all'antenna deve avere una lunghezza uguale a B .

16. Metodi di accoppiamento.

a) L'accoppiamento è usato per connettere l'uscita del trasmettitore. Se non vi è linea di trasmissione l'accoppiamento è usato per connettere direttamente l'uscita del trasmettitore all'antenna. L'accoppiamento serve ad isolare la linea di trasmissione e l'antenna dall'elevata tensione continua esistente all'uscita del trasmettitore. I dispositivi di accoppiamento sono pure usati per accordare alla risonanza i circuiti che essi connettono. Per questo scopo, essi sono generalmente provvisti di uno o più elementi variabili, tali come i condensatori variabili o gli induttori

variabili. Finalmente i dispositivi d'accoppiamento forniscono un mezzo per variare l'accoppiamento fra circuiti e pertanto possono essere usati come elementi di adattamento di impedenza onde poter effettuare il massimo trasferimento di potenza dal trasmettitore all'antenna. Vi sono parecchi metodi di accoppiamento fra il trasmettitore e le linee di trasmissione.

b) Il metodo di accoppiamento più semplice per un alimentatore a singolo filo è dato dall'accoppiamento diretto (fig. 235). Nell'accoppiamento diretto il sistema d'antenna è attaccato diret-

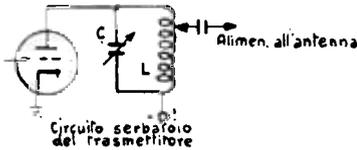


FIG. 235 - Antenna accoppiata direttamente.

tamente alla bobina del circuito accordato di placca. Poichè nel circuito accordato di placca è presente una tensione continua, un piccolo condensatore deve essere connesso in serie con l'alimentatore dell'antenna, come indicato dalla figura. Ciò impedisce al-

l'antenna di assumere un alto potenziale continuo, che sarebbe pericoloso per la vita umana. Il punto in cui è effettuata la connessione sulla bobina del circuito accordato di placca deve essere attentamente considerato. La bobina del circuito serbatoio di placca ha un punto di zero di tensione a radiofrequenza (nodo) o al centro o ad una estremità, a seconda del tipo di amplificatore usato. Il punto di zero di tensione a radiofrequenza si ha al centro della bobina in un amplificatore in «push-pull» come pure in un amplificatore neutralizzato di placca. Il nodo di tensione si ha all'estremità più bassa della bobina, sia nel caso di un amplificatore a terminazione singola che nel caso di un amplificatore neutralizzato di griglia a terminazione singola. Se la presa è troppo vicina al nodo di tensione, l'antenna non sarà sufficientemente caricata dall'amplificatore. Se la presa è troppo vicina all'estremità di placca della bobina, risulterà un eccessivo carico, accompagnato da sovrariscaldamento dei tubi e riduzione di rendimento. Questo tipo di accoppiamento ha inoltre lo svantaggio di consentire che le armoniche esistenti nel circuito accordato vengano irradiate dall'antenna.

e) Un secondo sistema di accoppiamento è l'*accoppiamento induttivo*, compiuto a mezzo di un trasformatore (fig. 236). In questo sistema un circuito accordato è accoppiato induttivamente al circuito serbatoio di placca. È consigliabile in questo tipo di accoppiamento di ubicare la bobina di accoppiamento d'antenna in

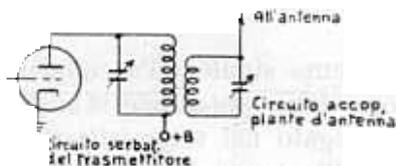


FIG. 236 - Antenna accoppiata induttivamente.

un punto di bassa tensione a radiofrequenza per impedire l'accoppiamento capacitivo fra il circuito accordato ed il circuito d'accoppiamento d'antenna. Questo sistema impedisce all'antenna di assumere un'alta tensione continua e nello stesso tempo, esso è più selettivo e riduce l'importo di radiazione armonica dell'antenna, poichè il circuito accoppiante d'antenna è accordato. Un altro metodo di accoppiamento induttivo è mostrato nella figura 237,

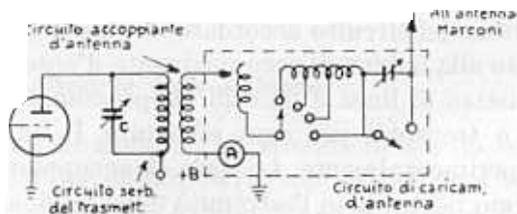


FIG. 237 - Antenna Marconi accoppiata induttivamente con circuito di caricamento.

dove un'antenna Marconi verticale alimentata di corrente, come impiegata nel trasmettitore BC-191, è accoppiata al circuito accordato del trasmettitore. L'accoppiamento all'antenna è nel punto più vicino a massa dove vi è un'alta corrente. Pertanto questo tipo di alimentazione è conosciuto col nome di alimentazione di

corrente. L'induttanza regolabile e la capacità racchiuse entro il rettangolo a linea tratteggiata servono per effettuare il caricamento; questo consente l'aggiustamento della lunghezza elettrica dell'antenna all'appropriata lunghezza d'onda o frequenza da trasmettere. L'accoppiamento induttivo è il metodo di accoppiamento più largamente usato, ed è impiegato in molti apparati militari.

d) Un terzo sistema simile all'accoppiamento induttivo, è conosciuto con il nome di *accoppiamento ad anello*. Questo metodo di accoppiamento è impiegato nei trasmettitori di alta potenza dove l'unità di accordo dell'antenna è distante dal trasmettitore. Un circuito tipico è mostrato nella figura 238. L'anello fra il trasmet-

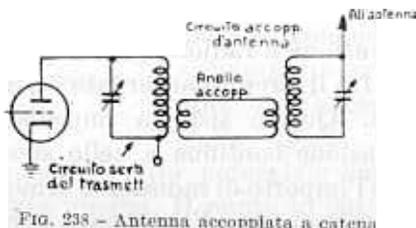


FIG. 238 - Antenna accoppiata a catena

tore e l'unità d'antenna è costituito da poche spire di filo avvolte attorno la bobina del circuito accordato di placca e da altre poche spire accoppiate alla bobina di accoppiamento d'antenna e connesse alle prime a mezzo di linea a due fili. Approssimativamente sono richieste due o tre spire per ogni estremità. Il numero esatto è determinato sperimentalmente. Le spire di accoppiamento in questo metodo sono poste verso l'estremità della bobina di bassa tensione a radiofrequenza, per impedire accoppiamenti capacitivi ed i loro nocivi effetti.

147. Sistemi d'accordo d'antenna.

Quattro tipiche unità d'accordo d'antenna sono mostrate nella figura 239. In (1) il trasmettitore alimenta il sistema d'antenna in un punto di alta tensione e l'unità d'accordo può adat-

tare l'uscita del trasmettitore ad un'antenna molto corta. In (2) il trasmettitore alimenta il sistema di antenna in un punto di alta corrente e l'unità d'accordo fornisce il caricamento d'antenna appropriato per una lunga antenna. Le disposizioni (3) e (4) forniscono l'accordo d'antenna appropriato per l'impiego con antenne corte, come quelle flessibili montate nei veicoli.

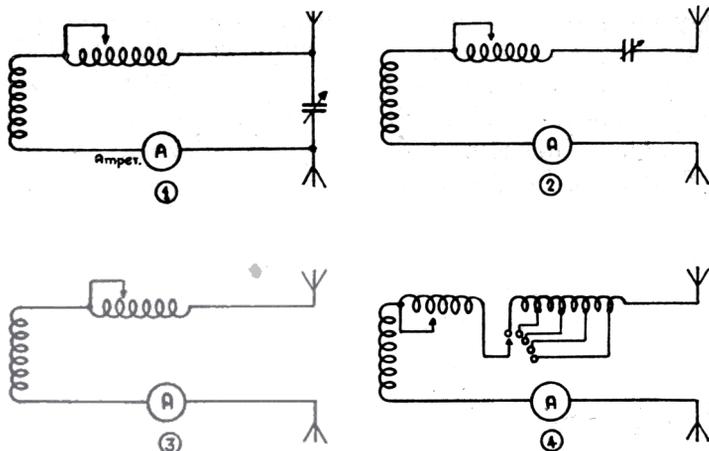


FIG. 239 - Unità d'accordo d'antenna.

48. Proprietà direttive delle antenne.

a) Nessuna antenna irradia energia in misura uguale in tutte le direzioni. Ciò per parecchie ragioni: primo, non vi è radiazione lungo la direzione del filo d'antenna; secondo, le onde riflesse dalla terra producono campi interferenti che possono maggiorare od attenuare la radiazione diretta normale; terzo, se nel radiatore vi è più di un ventre di corrente, la radiazione totale può essere riguardata come la risultante di un certo numero di componenti, ciascuna proveniente da un ventre di corrente di onda stazionaria. Finalmente, per una data direzione, queste varie componenti possono aver percorso distanze differenti e pertanto possono non arrivare al ricevitore con la stessa fase relativa che esse avevano

nel filo radiante. Queste componenti, possono pertanto sommarsi o sottrarsi fra di loro a seconda della direzione. Per queste ragioni le antenne posseggono proprietà direttive.

b) I sistemi di antenne direttive possono essere costruiti in due modi: primo, combinando un certo numero di antenne in semionda e, secondo, traendo profitto dalle conosciute proprietà direttive dei fili, eseguirne una conveniente disposizione. In ciascun caso le parti componenti sono alimentate in tale modo che i segnali si sommino nella direzione favorita e tendano a cancellarsi nelle altre direzioni. L'intensità del segnale nella direzione desiderata e l'acutezza del risultante fascio d'irradiazione aumenta con le dimensioni e la complessità del sistema. Degli elementi risonanti in semionda, combinati in modo tale che le componenti di radiazione di ciascun elemento siano coispiranti nella direzione favorita ed in opposizione o quasi nelle altre direzioni, costituiscono una cortina d'antenna a fascio.

149. Propagazione delle onde radio.

a) Come indicato dalle figure 219 e 226, la corrente lungo un'antenna non è uniforme, ma è massima al centro e minima alle estremità di ciascuna mezza lunghezza d'onda di filo. Questa corrente determina delle perturbazioni o radioonde che si propagano con la velocità della luce e possono essere rifratte o riflesse nello stesso modo delle onde luminose. Poichè la corrente è più grande nel centro dell'antenna in semionda che alle estremità, la massima radiazione ha origine da questo punto e praticamente non si ha radiazione dalle estremità. Se un'antenna in semionda fosse posta in uno spazio completamente libero dell'influenza della terra, questa radiazione sarebbe massima nelle direzioni ad angolo retto con l'antenna per l'intero angolo giro che ha centro sull'antenna. Il diagramma di irradiazione ha la forma corrispondente al solido di rivoluzione di cui alla figura 240 (dove ne è disegnato metà e la sezione generatrice). Da notare che il massimo di irradiazione ha luogo perpendicolarmente al centro dell'antenna e col decrescere

dell'angolo, che inizialmente ha il valore di 90° , decresce pure la radiazione. Tale perfetto diagramma di irradiazione ha soltanto scopo dimostrativo; esso non è mai trovato in pratica poichè le antenne radio operano in posti relativamente vicini alla terra. Il diagramma di irradiazione effettivo di un'antenna in semionda è di carattere completamente differente, poichè esso è distorto dagli effetti di riflessione della terra e del cielo. Questi effetti variano considerevolmente a seconda dell'altezza dell'antenna sopra la terra, delle condizioni solari e di altri fattori.

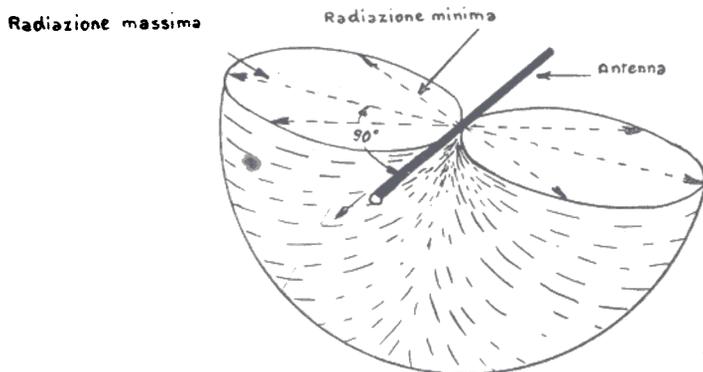


FIG. 240 - Diagramma di radiazione teorico per un'antenna in semionda.

b) Un'antenna trasmittente semplice irradia onde a radiofrequenza in quasi tutte le direzioni, benchè l'intensità delle onde possa essere più grande in certe direzioni e a certi angoli sopra la terra. Parte dell'energia irradiata viaggia lungo la superficie terrestre e costituisce l'onda terrestre o diretta. Nel viaggiare sopra la superficie terrestre, questa onda è rapidamente attenuata e per comunicazioni consistenti è utilizzabile solo per portare variabili da 20 a 50 chilometri. La rimanente parte dell'energia irradiata dall'antenna è trasmessa secondo direzioni sopra l'orizzontale, ed è chiamata onda indiretta. Questa energia è parzialmente rinviata alla terra dall'effetto riflettente prodotto dagli strati di elettroni

liberi che esistono fra 100 e 300 chilometri sopra la superficie terrestre. Questi strati ionizzati, costituenti la ionosfera, possono riflettere o rifrangere parte dell'onda indiretta verso la terra e produrre così dei segnali radio in punti distanti dall'antenna trasmittente. La figura 241 illustra l'onda diretta e l'azione delle onde indirette emananti da un'antenna trasmittente.

c) L'importo di incurvamento dell'onda indiretta prodotto dalla ionosfera dipende dalla frequenza dell'onda e dall'importo di

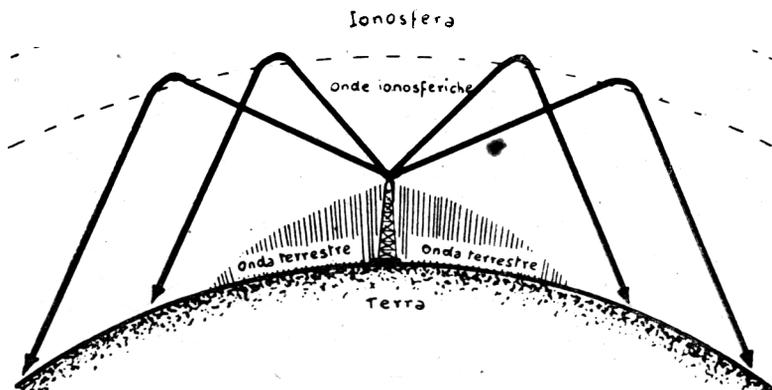


FIG. 241 - Onda terrestre a riflessione delle onde ionosferiche della ionosfera.

ionizzazione della ionosfera, che a sua volta dipende dalla radiazione solare. Il sole aumenta la densità degli strati ionosferici e ne abbassa l'effettiva altezza. Altre perturbazioni solari e magnetiche producono variazioni in questi strati. Per queste ragioni le radioonde si comportano in modo differente nelle diverse ore del giorno, nelle diverse stagioni dell'anno e in posti differenti sulla superficie terrestre. Più è alta la frequenza di una radioonda e più profondamente essa penetra nella ionosfera e meno essa tende ad incurvarsi per ritornare alla terra. Alle basse frequenze radio, le onde indirette sono incurvate più facilmente e poche penetrano nella ionosfera.

d) Quando si varia la direzione di un'onda radio, partendo dall'orizzonte ed avvicinandosi man mano alla verticale, viene ad un certo punto raggiunta una certa direzione chiamata critica. Se la direzione dell'onda è più prossima alla verticale essa penetra nella ionosfera. L'angolo fra questa direzione critica e la verticale, misurato al punto dove l'onda incontra la ionosfera, si chiama *angolo critico* (fig. 242). Le onde indirette che colpiscono la ionosfera secondo gli angoli minori di quello critico penetrano negli strati

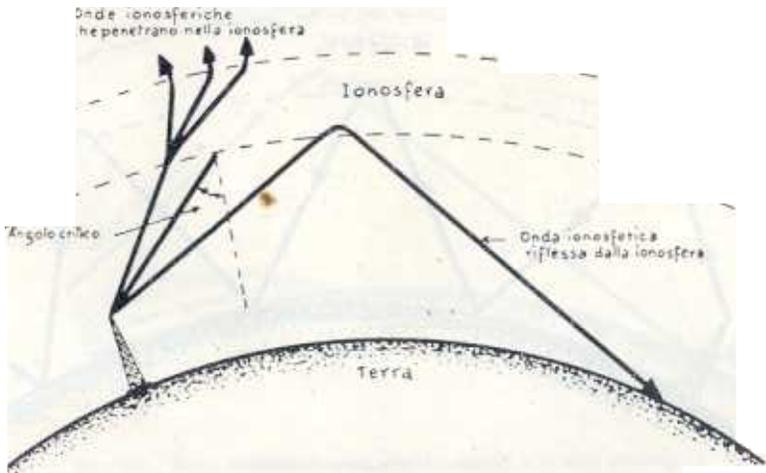


FIG. 242 - Angolo critico nella propagazione dell'onda ionosferica.

ionizzati e non ritornano più verso la terra. Le onde indirette che colpiscono la ionosfera secondo angoli maggiori dell'angolo critico sono riflessi verso la terra (fig. 242).

e) Le onde indirette che colpiscono la ionosfera secondo l'angolo critico sono rinviate alla terra ad una distanza del trasmettitore chiamata la distanza di silenzio. Le onde indirette non ritorneranno alla terra a distanze inferiori a quella del silenzio. Distanze di silenzio di parecchie centinaia di chilometri sono comuni alle più alte frequenze. La porzione dell'onda indiretta che è riflessa ed inviata alla terra non scende verticalmente giù ma è riflessa

secondo un angolo che è uguale a quello con cui quella particolare onda colpisce la ionosfera (fig. 243). L'onda indiretta dopo di essere riflessa dalla ionosfera, colpisce la terra, e può essere riflessa nuovamente dalla terra e quindi ancora dalla ionosfera. Questo procedimento continua sino a che l'onda radio non sia stata completamente assorbita.

f) Più grande è la frequenza dell'onda indiretta e più grande sarà sia l'angolo critico che la distanza di silenzio. Quando i raggi

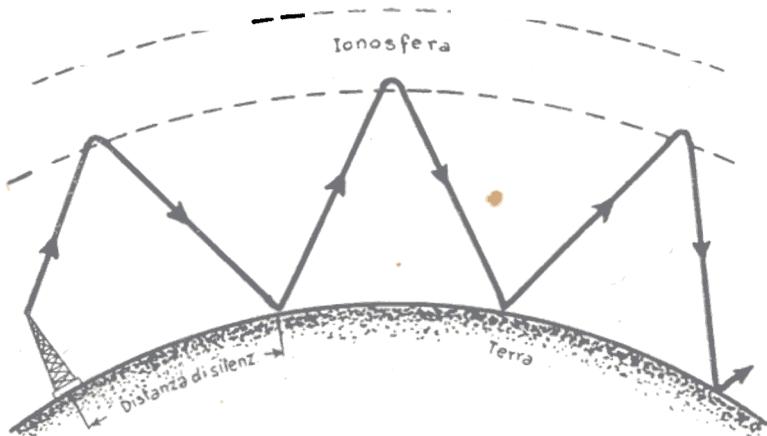


FIG. 243 - Distanza di silenzi

solari sono a piombo sulla superficie terrestre la densità della corrispondente ionosfera è più grande. Questa condizione fa diminuire la distanza di silenzio. Pure per questa ragione la distanza di silenzio è minore sia di giorno che di notte. Le variazioni stagionali nella posizione della ionosfera e le variazioni risultanti dall'attività delle macchie solari sono pure fattori determinanti la distanza di silenzio.

g) Parte dell'energia dell'onda indiretta è assorbita dalla ionosfera. L'assorbimento di giorno è più grande per le frequenze più basse. Pertanto, più è alta la frequenza e più forte è il segnale. Tuttavia, vi è un limite superiore nella frequenza che può essere

usata, poichè la distanza di silenzio aumenta pure con la frequenza.

h) È possibile l'esistenza di un intervallo fra il punto più distante raggiunto dall'onda diretta ed il punto dove l'onda indiretta è per la prima volta riflessa e rinvia a terra. Tale condizione è mostrata nella figura 244. Questo intervallo costituisce la *zona di silenzio*, ed a questa zona si deve il fatto che un segnale può essere ricevuto ad una distanza dal trasmettitore che è più

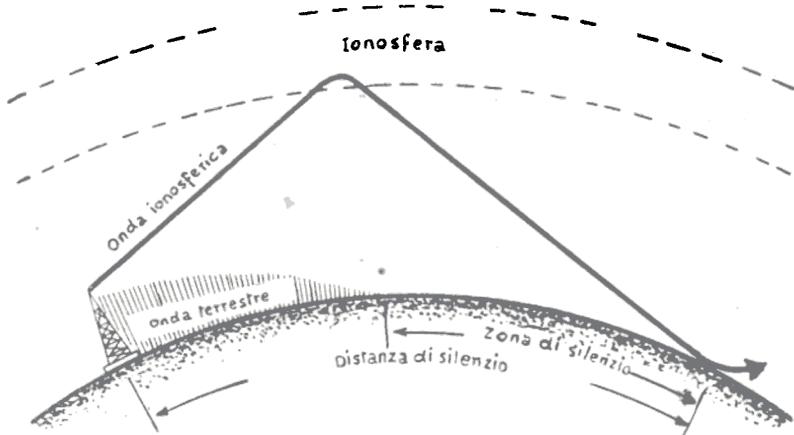


FIG. 244 - Zona di silenzio, nella quale i segnali non sono ricevuti.

grande di un'altra entro cui il segnale non può essere ricevuto. Occorre aver cura di non usare una frequenza di trasmissione che pone la stazione ricevente entro la zona di silenzio.

i) Un'onda a radiofrequenza che lascia un'antenna avrà una definita polarizzazione. La direzione della componente elettrica dell'onda radiata è nello stesso piano in cui giace il filo d'antenna, ed in radiotecnica si dice usualmente che l'onda è polarizzata in questo piano. Così, una radiazione proveniente da un'antenna verticale si dice che è polarizzata verticalmente, mentre la radiazione dovuta ad un'antenna orizzontale si dice che è polarizzata orizzontalmente.

l) Quando un'antenna è posta verticalmente, vi sarà un uguale importo di radiazione in un piano orizzontale (parallela alla superficie terrestre) in tutte le direzioni uscenti dall'antenna. Ma quando l'antenna è posta orizzontalmente, la più grande radiazione sarà verso l'alto. La radiazione lungo la terra sarà più grande lateralmente all'antenna.

150. Fading.

a) L'occasionale innalzamento ed abbassamento dell'intensità di ricezione di un segnale, chiamato *fading*, può essere attribuito all'interazione di componenti diverse dalla stessa radiazione che, per effetto di percorsi differenti, lungo il loro viaggio dal trasmettitore al ricevitore, giungono al ricevitore con relazioni di fase variabili, tendendo così a cancellarsi od a rinforzarsi fra di loro. Poichè la condizione della ionosfera è continuamente variabile, le varie componenti dell'onda ricevuta possono rinforzarsi fra di loro producendo in un dato istante un forte segnale, mentre un istante dopo le loro relazioni di fase possono essere tali che il loro effetto combinato dia luogo ad un segnale molto debole.

b) Una causa comune di fading, dovuta all'interazione di due componenti della stessa radioonda è mostrata nella figura 245. Ad una certa distanza (R) dal trasmettitore, possono essere ricevute sia l'onda diretta che quella indiretta. Poichè queste onde hanno eseguito percorsi diversi non sono in fase fra di loro. Quando ciò accade le due onde tendono a neutralizzarsi (cancellarsi) fra di loro nel punto R (fig. 245). Un'altra causa comune di fading è dovuta all'interferenza delle componenti di una singola onda indiretta. In questo caso, le varie componenti raggiungeranno il ricevitore R con differenze di fasi variabili per cui risulterà un segnale continuamente variabile (fig. 246). Variazioni violente nella ionosfera, chiamate tempeste ionosferiche, possono pure produrre un severo fading, specialmente per frequenze superiori a 1.500 chilocicli. Queste perturbazioni possono perdurare fino a parecchie settimane e sono causate da notevole attività delle macchie solari.

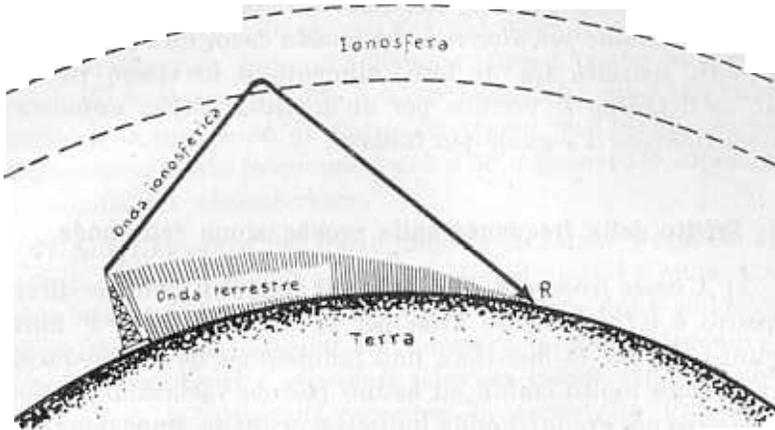


FIG. 245 - Fading causato dall'arrivo fuori fase dell'onda terrestre e dell'onda ionosferica nello stesso punto (R).

c) Il metodo più comune per superare gli effetti dannosi del fading consiste nell'accrescere la potenza del trasmettitore. L'impiego del controllo automatico di volume nel ricevitore compenserà le variazioni minori dell'intensità del segnale. Un altro metodo

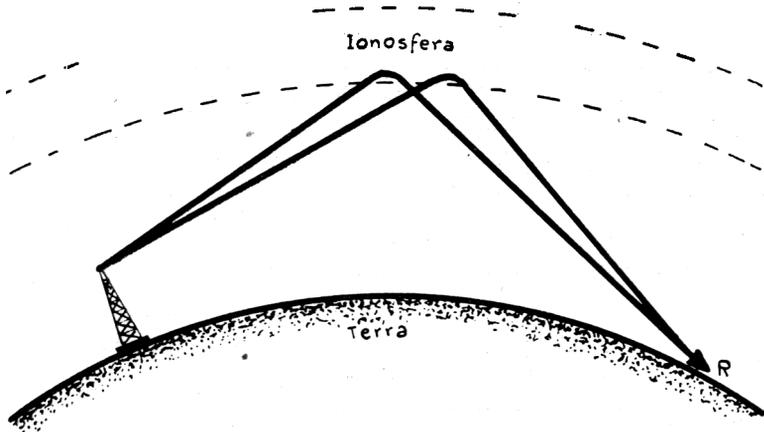


FIG. 246 - Fading causato dall'arrivo fuori fase di due onde ionosferiche nello stesso punto (R).

usato per vincere il fading nei ricevitori fissi è conosciuto con il nome di *ricezione per diversità*. In questo caso, due o più antenne riceventi, spaziate fra di loro, alimentano lo stesso ricevitore. Così, se il fading si verifica per un'antenna, l'altra antenna può ancora ricevere il segnale più intenso.

151. Effetto della frequenza sulla propagazione delle onde.

a) A *basse frequenze* (da 30 a 300 chilocicli) l'onda diretta o terrestre è estremamente utile per le comunicazioni a notevoli distanze. Poichè la ionosfera non influisce su queste frequenze, i segnali sono molto stabili ed hanno piccole variazioni stagionali. A distanze più grandi l'onda indiretta acquista importanza maggiore dell'onda diretta e si può impiegare con fiducia se sono scelte le frequenze convenienti.

b) Nella *banda delle medie frequenze* (da 300 a 3000 chilocicli), la portata dell'onda terrestre varia da circa 25 chilometri a 3000 chilocicli a circa 600 chilometri alle frequenze più basse della banda. La ricezione dell'onda indiretta è possibile durante il giorno o la notte a qualunque delle più basse frequenze di questa banda, ma l'assorbimento di giorno dell'onda indiretta, aumenta con l'aumentare della frequenza fino a 1400 chilocicli. Al di là di questo punto l'assorbimento decresce con l'aumentare della frequenza sino a che è raggiunta la banda delle frequenze molto alte (v.h.f.). Pertanto, alle più alte frequenze della banda delle medie frequenze, la ricezione durante il giorno dell'onda indiretta non è possibile, per effetto dell'alto assorbimento. Tuttavia, di notte, l'onda indiretta dà ricezione fino a distanze dell'ordine di 10.000 chilometri.

c) Nella *banda delle alte frequenze* (da 3 a 30 megacicli), la portata dell'onda terrestre diminuisce con l'aumentare della frequenza. In questa gamma le onde indirette sono principalmente governate dalle condizioni ionosferiche. Di notte vi può essere una zona di silenzio per frequenze così basse come 3 megacicli mentre le frequenze superiori a 8 o 10 megacicli penetreranno la ionosfera sotto tutti gli angoli. Tuttavia, di giorno, le condizioni

ionosferiche sono differenti. Frequenze di circa 3 megacicli saranno fortemente assorbite, di giorno, per cui sono di poco valore per qualunque distanza. Per corte distanze, fino a poche centinaia di chilometri, le frequenze, fra 5 e 10 megacicli, sono in grado di giungere a destinazione di giorno. Tuttavia, per lunghe distanze, possono essere usate frequenze da 15 a 30 megacicli, in dipendenza delle condizioni atmosferiche.

d) Alle frequenze più basse della banda delle *frequenze molto alte* (v. h. f.), ossia da 30 a 3000 megacicli non vi è onda diretta utilizzabile e la riflessione delle onde indirette dalla ionosfera è trascurabile. Si può eseguire con successo la comunicazione se le antenne trasmettenti e riceventi possono essere sufficientemente elevate sopra la superficie terrestre da consentire l'impiego di un'onda spaziale diretta. Per effetto delle sporadiche condizioni ionosferiche, la trasmissione per qualunque grande distanza è soltanto possibile per certi periodi di tempo.

e) Nella banda delle *ultra alte frequenze* (u. h. f.) ossia da 300 a 3000 megacicli ed oltre, l'onda spaziale deve essere usata per tutte le trasmissioni radio e la comunicazione è limitata a distanze leggermente superiori alle visuali d'orizzonte. La mancanza di statici e di fading in queste bande rende la ricezione entro la distanza di visuale diretta molto soddisfacente. Possono essere costruite antenne altamente direttive di piccole dimensioni che concentrano l'energia a radiofrequenza in un fascio molto stretto, accrescendo così l'intensità del segnale.

52. Antenne di prova.

Quando occorre provare degli apparati radio nella zona di combattimento, non è permesso impiegare un'antenna irradiante, perchè questa non solo permetterebbe l'individuazione del trasmettitore a mezzo dei radiogoniometri nemici, ma pure affollerebbe lo spazio di segnali non necessari. Per eliminare la possibilità di far giungere nello spazio segnali non autorizzati, è usata un'antenna di prova (od artificiale). Questo dispositivo agisce

come un carico per il trasmettitore senza irradiare segnali. Le antenne di prova consistono in un condensatore, di capacità sufficiente per far passare la richiesta uscita a radiofrequenza del trasmettitore, e in un resistore grande abbastanza da assorbire questa energia e dissiparla in calore. Questi elementi sono connessi in serie attraverso i terminali d'uscita del trasmettitore. Le antenne artificiali impiegate per prove sui trasmettitori sono dotate di parecchi condensatori in serie e di prese diverse, così da approssimare la reattanza capacitiva richiesta per coprire una larga banda di frequenze.

153. Antenne riceventi.

Qualunque buona antenna trasmittente è pure una buona antenna ricevente, specialmente quando deve ricevere la frequenza per cui è stata progettata. Per effetto di ciò il maggior numero di complessi militari impiegano la stessa antenna sia per trasmettere che per ricevere. In molti casi si può ottenere una buona ricezione con un'antenna di ripiego per effetto dei forti segnali esistenti nel punto di intercettazione. Tuttavia, più sono accurati il progetto e la costruzione dell'antenna ricevente, migliore sarà la ricezione.