

Antenne raccorciate rispetto alla frequenza di lavoro

Specialmente nelle gamme a frequenza più bassa, e talvolta anche per i 7 MHz, non è possibile realizzare dipoli $\lambda/2$ e del resto anche nel caso delle "verticali" esiste il medesimo problema.

Un'antenna corta non risona naturalmente, perché presenta una reattanza capacitiva in serie che va compensata con una X_L e che può essere parzialmente sostituita da una X_C posta dove la tensione è massima.

Anzi, in proposito, per motivo dell'effetto corona, è bene mettere sempre un cappello capacitivo, più o meno grande, sulla cima di una "verticale"; ciò non sarebbe necessario per i dipoli orizzontali, ma se si decide di usare la capacità in testa anche con le antenne orizzontali, occorre che eguale artificio venga utilizzato ad entrambe le estremità.

La resistenza di radiazione di una antenna orizzontale molto distante dal suolo è tanto più bassa, quanto la sua lunghezza è minore di $\lambda/2$.

La resistenza di una verticale $\lambda/4$ è metà di quella di un dipolo $\lambda/2$ anche in questo caso.

L'accorciamento porta ad una R_i minore di tale metà, che per motivi didattici si assimila a 36 Ω .

Quando l'antenna orizzontale è vicina al suolo, la sua R_i (e quindi anche la sua Z_i) è un po' più bassa per effetto dell'impedenza mutua presentata dalla antenna immagine.

Tanto più bassa è l'antenna da terra (in frazioni di lunghezza d'onda λ), tanto maggiore è l'accoppiamento all'immagine e quindi minore è la Z_i ; questo effetto, come abbiamo già fatto notare, è molto marcato nelle gamme 1,8 e 3,5 MHz.

Il caso delle direttive raccorciate rientra nello stesso ordine di problemi: qui abbiamo una Z_i che, già nelle normali condizioni, è più

bassa dei circa 70 Ω del dipolo ordinario, per effetto dell'accoppiamento mutuo dei parassiti.

Perciò l'effetto della riduzione della lunghezza porta ad R_i ancora più basse, anche se con artifici (induttanza in serie e capacità in testa) si elimina la componente reattiva per ristabilire la risonanza.

Il fattore F_i della tabella 6.A sarà impiegato per conoscere orientativamente il valore di R_i . Si noterà allora che una "due elementi", ad esempio quella con carichi capacitivi ed induttivi di estremità (vedasi la fig. 6.1) realizzata da W8HRF (fig. 6.2), dovrebbe avere una R_i di 10 Ω , ma quando il radiatore viene ridotto al 40% della sua lunghezza il fattore $F_i = 0,14$ e quindi:

$$R_i = 10 \Omega \times 0,14 = 1,4 \Omega$$

Con R_i talmente basse, diventa importante esaminare il rendimento di radiazione, determinato dal confronto fra R_i e la "resistenza di perdita" (R_p), nella quale si conglobano tutte le perdite in alta frequenza del radiatore, che sono di gran lunga maggiori della semplice perdita causata dalla resistenza in corrente continua del conduttore.

La grandezza R_p è, secondo la teoria, il rapporto X/Q .

Il rendimento η è dato da:

$$\eta = \frac{R_i}{R_i + R_p}$$

In figura 6.3 è la situazione che ne deriva.

Tab. 6.A - Fattori di riduzione di R_i per antenne raccorciate

Dipolo $\lambda/2$ lunghezza reale $0,5 \lambda = l$	Verticale lunghezza reale $0,25 \lambda = 0,5 l$	Fattori di riduzione di R_i
accorciamento rispetto a l	accorciamento rispetto a $0,5 l$	F_i
0,892	0,45	0,720
0,825	0,412	0,591
0,76	0,382	0,481
0,7	0,35	0,389
0,65	0,338	0,318
0,58	0,29	0,248
0,5	0,24	0,189
0,45	0,232	0,142
0,38	0,191	0,133
0,54	0,127	0,045
0,19	0,09	0,025

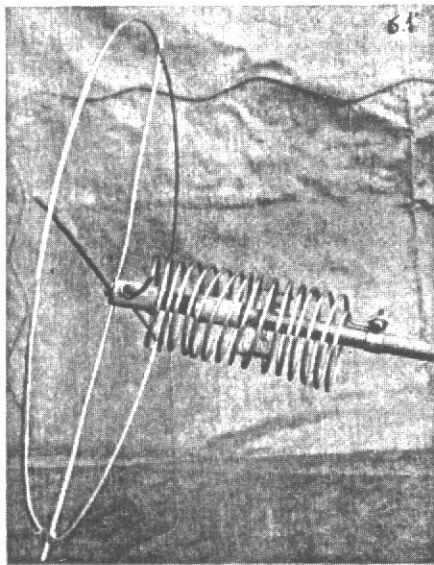


Fig. 6.1 - Carichi induttivo e capacitivo di estremità. Si osservino, all'interno della bobina, il segmento scuro della bacchetta isolante e i due collari bianchi alle sue estremità. Un blocchetto di plexyglas, forzato all'interno di L, ne sostiene tre spire centrali.

Perciò, dal punto di vista del rendimento, W8HRF avrebbe fatto meglio ad impiegare il suo parassita come "riflettore" spaziato $0,24 \lambda$, ed allora la originaria R_i di 53Ω si sarebbe ridotta a $53 \times 0,14 = 7,4 \Omega$ e le perdite sarebbero state minori.

In linea generale, l'effetto dei parassiti sulla R_i del dipolo ordinario non dovrebbe mai tradursi in una riduzione tanto marcata da abbassare tale R_i al di sotto del 30% di quella "naturale".

Le Yagi con elementi raccorciati

1 - L'ampiezza del lobo (α -3dB), quando si impiegano elementi più corti di $0,5 \lambda$ resta pressoché invariata. Quindi anche il guadagno "in avanti" non si degrada, però (caso di figura 6.1) si ha un minore rendimento.

2 - Fare gli elementi più lunghi che è possibile: in tal modo il rendimento e la banda-passante saranno migliori.

3 - Poiché le capacità in testa agli elementi offrono una compensazione, è bene impiegarle: in tal modo sarà minore la "carica induttiva" necessaria. Riguardo a questa X_c , la peggiore posizione è al centro dell'elemento, dove - come noto - si ha il cosiddetto "ventre di corrente".

Le bobine sono la principale fonte di perdite, l'inserzione al ventre di corrente può determinare perdite tali da annullare buona parte del guadagno del sistema.

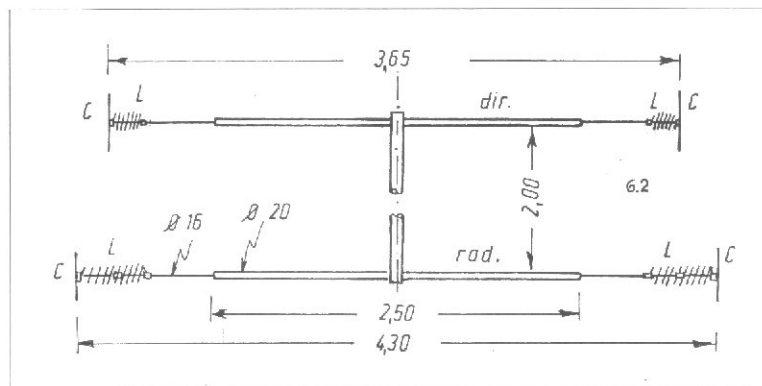
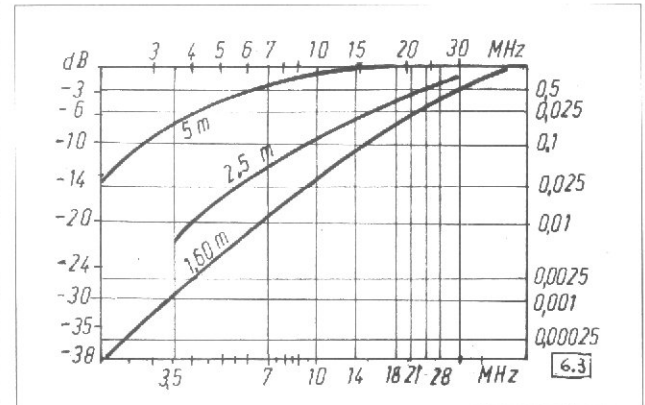


Fig. 6.2 - Antenna di W8HRF: il parassita è un direttore, spaziatura $0,1 \lambda$. La riduzione della lunghezza dei due elementi è ottenuta con induttanze in serie e capacità di estremità: rispettivamente, in figura, L e C. Il boom è lungo 2 metri.

Antenne

Fig. 6.3 - Antenne corte e loro adempienza. Se si aggiunge induttanza in serie, un conduttore, per quanto corto rispetto alla λ , può essere costretto ad assorbire energia dal generatore. Però, tanto più l'antenna è corta tanto minore l'energia irradiata. La curva 160 cm, riferita in particolare allo stilo dei mobili terrestri, è drammaticamente rivelatrice:

- può irradiare in 28 MHz metà dell'energia applicata, con una perdita che è quindi di 3 dB
- può anche irradiare qualcosa in 2 MHz, dove la sua lunghezza fisica è un centesimo di λ , però la potenza irradiata è -38 dB; ciò significa che su 63 W applicati a questo stilo, la parte irradiata, e quindi utile per la comunicazione, è solo 10 mW.



Con questo esempio non si vogliono condannare all'ostracismo le Yagi raccorciate, che conservano invece certi pregi, e che possono risolvere problemi d'installazione altrimenti non risolvibili.

Tubi di PVC per idraulica, lunghi due o tre metri per parte, sono migliori dei tubi di alluminio per fare elementi raccorciati in 10 e 14 MHz. Avvolgere sopra essi il conduttore spiralato, in ragione di 20 m di filo di 2 mm per ogni dipolo di 14 MHz.

Se il passo delle spire è più lungo al centro e più fitto verso le estremità di ciascun semidipolo, i salti d'impedenza sono meno accentuati, la corrente è distribuita più uniformemente; le perdite globali si possono così ridurre a valori di poco maggiori di quelle presentate da una Yagi senza riduzione di lunghezza negli elementi. Occorre avvolgere bene il filo sul tubo di 30 mm: circa 100 spire per ogni mezzo radiatore e circa 200 spire per ogni parassita.

Sono indispensabili i cappelli capacitivi alle estremità, perché l'effetto corona è molto marcato, essendo il filo una punta di 2 mm che presenta un'altissima impedenza all'aria che la circonda: qui abbiamo infatti una tensione E massima.

Per l'accordo di tali elementi spiralati occorre il dip-meter.

Dipoli raccorciati

Presentano gli stessi problemi delle direttive di cui dianzi. Si possono impiegare bobine sui due semidipoli, piuttosto lontane dal centro (fig. 6.4).

E' però preferibile la soluzione "spiralata", ad esempio 95 m di filo per un dipolo in gamma 3,5 MHz. Usando un mandrino del diametro di 10 cm, vi si avvolgono sopra circa 124 spire per ogni semidipolo.

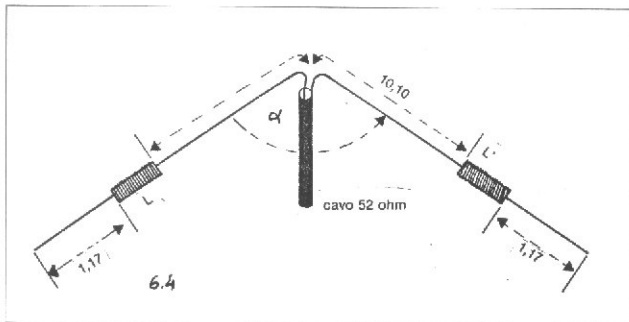
Si liberano le spire dal mandrino e si passano entro un cordino di nylon di 6 mm, lungo quanto lo spazio per l'antenna ben tesa, e munita di isolatori alle estremità, consente.

Si ancorano quindi le spire spaziate al cordino, teo provvisoriamente a circa 1 m da terra.

Se la lunghezza utile per l'antenna è 18 metri, il cordino sarà più lungo, però sui 18 metri si spazieranno le spire in ragione di 14 per metro, si legherà una spira su 6 per mezzo di uno sforzino di nylon, che re-

Antenne

Fig. 6.4 - La V rovesciata di I2CN, con angolo all'apice $\alpha = 120^\circ$. L'antenna lavora in 7 e 3,5 MHz. Le aggiunte per la seconda gamma sono due bobine di carico L - L' e due spezzoni di filo di 117 cm



siste alle intemperie, praticando una legatura ogni 50 cm circa. Al centro si blocca il filo con due fascette e si predispone un solido attacco per il cavo concentrico, che verrà poi saldato ai fili.

Ad ogni estremità si infila nel cordino un tubetto di rame con foro leggermente maggiore di 6 mm (1/4"). Sul tubetto saranno stati saldati prima dell'infilaggio i quattro raggi di filo che sostengono il "cerchio capacitivo", pure in filo \varnothing 2 mm del diametro di 25 cm.

Congiungere le estremità che formano il cerchio e saldare bene tutto: in antenne del genere, soggette alle oscillazioni da parte del vento, è indispensabile saldare ogni connessione e non fare mai affidamento su morsetti o fascette strette mediante vite.

Le estremità del cordino, guarnite con un paio di isolatori a noce per parte, vengono infine tese nello spazio disponibile.

Supponiamo che l'antenna venga montata a 10 metri dal suolo; siamo ad $h = 0,125 \lambda$; dalla tabella otteniamo i seguenti fattori $F_1 = 0,19$ per l'accorciamento ed $F_h = 0,6$ per l'altezza.

Applicando il principio della sovrapposizione (Tabella 5 - funzione di h) la più probabile resistenza al centro sarà:

$$R_1 \cdot F_1 \cdot F_h = 73 \cdot 0,19 \cdot 0,6 = 8 \Omega$$

Nel cavo da 50 Ω , vi saranno certamente apprezzabili onde stazionarie, che però - data la frequenza bassa - sono causa di modeste perdite. L'accordatore LC, con bobina in serie al cavo di discesa e capacità in parallelo al cavo di connessione al ricetrasmittitore, aggiusta ogni situazione sfavorevole entro tutta la gamma.

Chi abbia voglia di sperimentare può, in un caso simile, provare la connessione fra antenna e cavo fuori centro, come esemplificato in figura 6.5.

Una impedenza di valore più vicino a quello della linea concentrica dovrebbe trovarsi se essa si collega alla 121° spira di un semi-

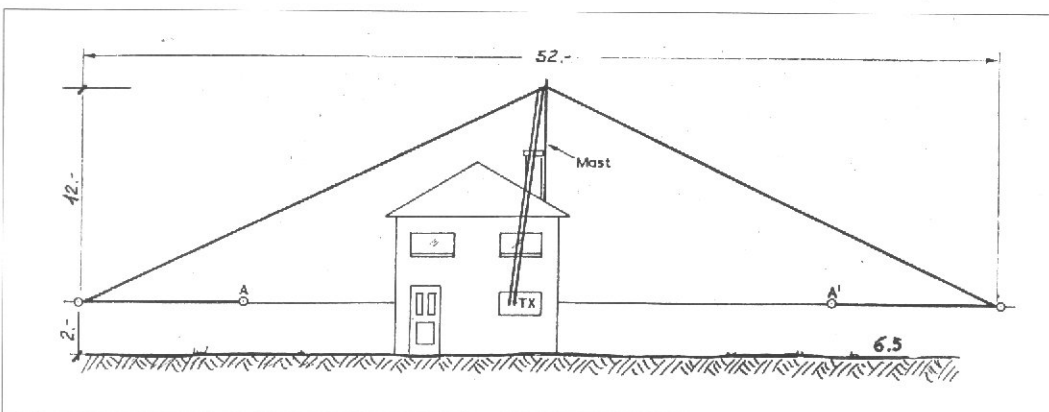


Fig. 6.5 - La "V" per i 1,8 MHz, alimentata "fuori centro" per ritrovare i 50 ohm. Osservare le aggiunte parallele al suolo a 2 m d'altezza (A ed A').

dipolo ed alla 127° dell'altro. Si tenga presente questa possibilità, prima di tagliare le due porzioni di filo da spiralarle.

La risonanza della lunga spirale, dopo l'applicazione delle due capacità di estremità, si verifica con il dip-meter, quando si è ad un metro da terra e non è ancora collegato il cavo. All'uopo si farà un ponticello provvisorio con due pinze di coccodrillo, per unire i due semidipoli. Se la frequenza fosse troppo bassa, si toglieranno eguali porzioni di filo da ciascun semidipolo.

Nota: poiché la frequenza del dip-meter è approssimativa, si controlli la frequenza in modo più preciso, facendo il "battimento zero" sul ricetrasmittitore sintonizzato sulla frequenza dove si intende far lavorare prevalentemente il dipolo.

Spirali sottili

Un'altra soluzione per i dipoli spiralati consiste nell'avvolgere fili \varnothing 0,6 + 0,9 mm, ricoperti in plastica e smaltati, su un supporto isolante di piccolo diametro.

Come supporto per un dipolo, è da preferire la corda di fibreglas e politene, diametro 6 mm. Per fare elementi rotativi sostenuti al centro, sono indicati i tubi PVC di alcuni centimetri di diametro.

Più piccolo è il diametro, più lungo sarà il filo da avvolgere: se si impiega la fune \varnothing 6 mm e si avvolgono 250 spire per metro, di corda, il fattore di conversione della spiralata è 86.

Per calcolare la lunghezza del supporto si divide questo fattore per la frequenza (in megahertz). Allora in gamma 3,5 MHz, il "dipolo spiralato" sarà steso su una lunghezza $86 : 3,6 = 24$ m.

Le spire, al passo di 250 per metro, saranno 6000 e richiederanno 114 metri di conduttore. Una spirale di filo sottile richiede dunque un conduttore lungo circa $1,5 \lambda$, mentre se le spire sono di grande diametro, come visto dianzi, la lunghezza del filo è di una lunghezza d'onda o poco più. Per l'avvolgimento del filo, se non si può tesare tutta la corda, a causa dello spazio limitato, s'immorsa una lunghezza di un paio di metri di corda per volta, tenendola tesa fra due tavoli su cui si sono montati i morsetti.

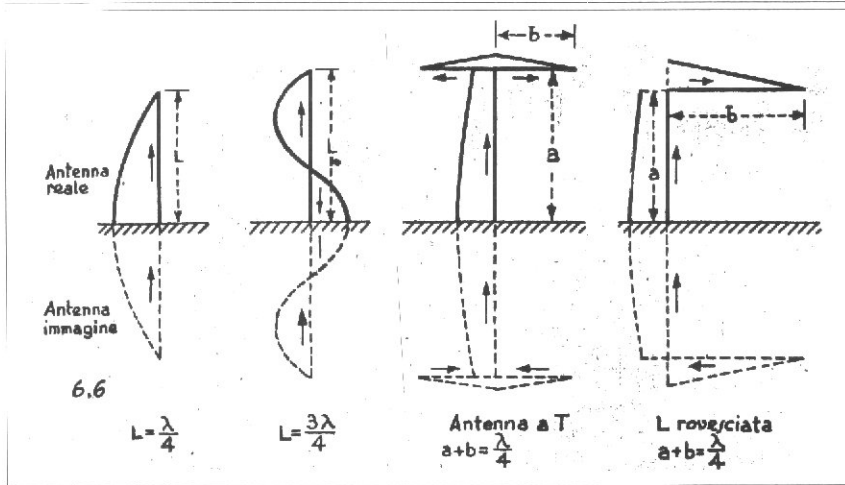
Un rocchetto di 60 metri di filo è abbastanza maneggevole: si fa girare il filo attorno alla corda tesa. Su questa, prima di iniziare il lavoro, si faranno dei riferimenti mettendo un pezzetto di nastro adesivo colorato ogni metro; quando si sono avvolte 250 spire, occorre un istante di riposo: fermare le spire con generosa nastratura (così esse non si sposteranno quando la parte tesa sarà esaurita) e si allentino i morsetti per tesare altri due metri di corda.

Adempienza dell'antenna spiralata

1 - Può lavorare anche sulle frequenze più alte: se dette frequenze sono correlate armonicamente, vi sono i problemi di alimentazione eguali a quelli del dipolo normale, però un'antenna per i 3,5

MHz lavorerà bene anche sui 10 MHz e quella di 7 MHz sui 21 MHz. In entrambi i casi, infatti, al centro dell'antenna esiste un ventre di corrente e quindi il cavo concentrico va bene.

2 - La R_1 al ventre di corrente di una "spirale" è apprezzabilmente più alta di quella di una antenna corta e ciò significa perdite minori.



Antenne verticali corte

Una "verticale" $\lambda/4$, come si vede in figura 6.6, può considerarsi un semidipolo, dove l'altra metà è costituita dall'antenna immagine.

L'impedenza complessa alla base è perciò una resistenza-pura che vale metà di quella del dipolo e cioè $36,5 \Omega$.

Anche la reattanza alla base dell'antenna è metà di quella di un dipolo non in perfetta sintonia sulla frequenza di lavoro. Altrettanto accade in una verticale in condizioni un pò diverse dalla risonanza: in essa la Z_0 alla base vale sempre $R_0 - jX$ se la sua lunghezza è inferiore a $\lambda/4$ (fig. 6.6).

Pertanto, come del resto si rileva dalla citata figura, una verticale minore d'un quarto d'onda esibisce sempre una reattanza capacitiva che cresce al diminuire della lunghezza.

R_0 , invece, diminuisce proporzionalmente alla lunghezza (veda si la precedente tabella).

Coniugazione delle impedenze

Il modo più semplice di alimentare la verticale è alla base.

Qui il palo, il pilone od il traliccio poggiano su un isolatore: l'interno del cavo da 50Ω si collega al radiatore verticale; la calza è collegata al sistema di terra.

Ciò presuppone, però, una resistenza pura alla base del "verticale": tale fatto si verifica solamente con $0,25 \lambda$ e $0,75 \lambda$ (una condizione valida quando la lunghezza è 10 m e le gamme di lavoro sono quelle dei 7 e 21 MHz, essendo 21 un multiplo dispari di 7).

Nel primo caso si avrà un r.o.s. moderato ma accettabile, nella gamma più alta siamo sui 50 ohm.

In ogni altra condizione è necessario interporre fra conduttore del cavo e radiatore verticale una reattanza, che generalmente è costituita da un induttore: infatti quando l'antenna è minore di un quarto d'onda, la reattanza alla base è di tipo capacitivo (fig. 6.7) e l'induttanza in serie è tanto maggiore quanto più piccola è l'antenna rispetto a λ .

Qui consideriamo le "antenne corte", perciò alla base delle stesse abbiamo sempre una impedenza $Z_0 = R_0 - jX$, in cui la parte jX cresce sempre più.

Per apprezzare la componente resistiva, abbiamo i dati della tabella. Riguardo alla reattanza, possiamo avere una indicazione piuttosto approssimata dalla figura 6.7.

Da essa deduciamo che la $-X$ (reattanza capacitiva X_c) può valere da qualche ohm a 500Ω , se la lunghezza del conduttore tubolare della verticale ha una lunghezza compresa fra un pò meno di $0,25 \lambda$ e $0,1 \lambda$.

Fig. 6.6 - L'alimentazione più difficile, con rendimento più basso, si ha quando il ventre di corrente è adiacente alla terra. Difatti, trattandosi di forti correnti, dipendenti dalla piccola resistenza di radiazione, il rendimento si riduce di parecchio a causa della relativamente alta resistenza di terra

Sperimentalmente su un'antenna lunga 10 m in tubo d'alluminio del diametro di 3 cm abbiamo trovato: $X_c = 375 \Omega$ in gamma 3,5 MHz, dove l'antenna è lunga $0,125 \lambda$. Questa reattanza viene cancellata da una bobina di $17 \mu\text{H}$ posta in serie alla connessione fra conduttore centrale del cavo e morsetto alla base (isolata) dello stilo. Per fare risuonare la stessa verticale su 1,8 MHz è stata necessaria un'induttanza di $70 \mu\text{H}$. Difatti in questa gamma la lunghezza del radiatore è $0,06 \lambda$ e la X_c è nell'ordine di 800Ω .

Però concentrare tutta la X_c in una bobina alla base del radiatore (e cioè proprio nel punto di massima corrente) non è razionale, tanto più che ad R_0 basse corrispondono correnti di parecchi ampere anche con le potenze radioamatoriali.

Se si pensa che la R_0 quando l'antenna è lunga $0,06 \lambda$ vale $1,65 \Omega$, ci si rende facilmente conto come, per la legge di Joule ($W = I^2 R$), la corrente alla base sia ben 11A.

Induttanza verso l'estremità

Per ridurre le perdite introdotte dall'induttore, è conveniente mettere la bobina lungo il radiatore: ad esempio a metà lunghezza.

Si ottiene così un rendimento migliore, per effetto della riduzione delle perdite, però essendo in quel punto la corrente minore di quella alla base (ove appunto essa ha un "ventre") per cancellare X_c occorre un'induttanza maggiore. La relazione matematica per calcolare l'induttanza necessaria è piuttosto complessa, comunque per un radiatore lungo la metà di quanto sarebbe necessario, se la bobina è a metà lunghezza, la X_L necessaria è circa 500Ω .

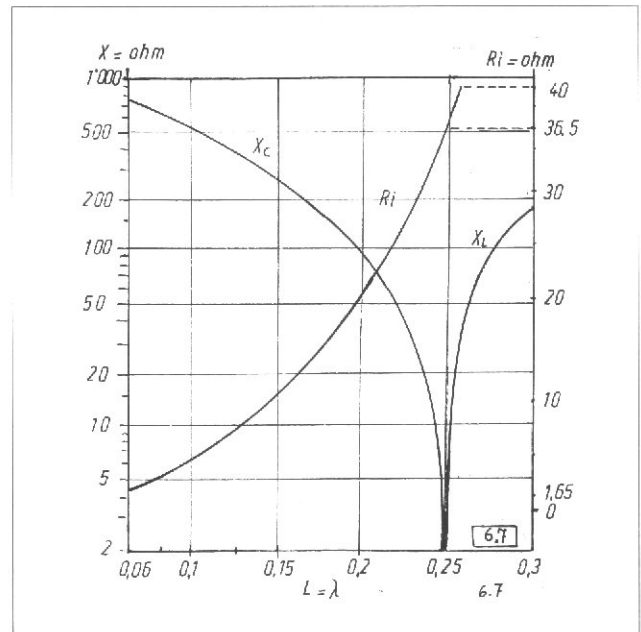


Fig. 6.7 - Resistenza di radiazione (R_i) e reattanze (X) presenti alla base di una verticale la cui lunghezza (L) è compresa fra $0,06 \lambda$ e $0,3 \lambda$.

Antenne

Quindi, se il radiatore dei 14 MHz, invece di essere lungo 5 m ($\lambda/4$) è soltanto 2,5 m (50% della lunghezza effettiva del radiatore) la bobina varrà:

$$\frac{500 \Omega}{2 \pi f} = 5,7 \mu\text{H}$$

Con un radiatore lungo soltanto il 10% della lunghezza effettiva (2 metri a 3,6 MHz, anziché 20 come sarebbe necessario per ottenere $\lambda/4$), la bobina posta ad un metro dalla base dovrà avere la induttanza di 87 μH , infatti la X_L richiesta è 2000 Ω .

Una piccola verticale da balcone

Questa semplice antenna è formata da due spezzoni di tubo d'alluminio di 2 cm, lunghi 125 cm ciascuno, uniti mediante un manicotto di PVC lungo 15 cm, del diametro di 25 mm (fig. 6.9). I due tubi sono infilati nel manicotto (ma non si toccano), l'unione avviene tramite la bobina avvolta sul cilindro di PVC (L).

La bobina di 5,7 μH avvolta sul diametro di 2,5 cm, risulta di 28 spire di filo 1,5 spaziate su una lunghezza di 6 cm.

Il manicotto di PVC reca quattro intagli ad ogni estremità, in modo da elasticizzare la connessione "a cannocchiale"; i tubi di alluminio sono inseriti nel manicotto e fermati con robuste fascette ferma-tubi da irrigazione.

Usare fascette con vite e dado: mediante rondella si serra (contro il dado) anche il capocorda a cui viene saldato il filo della bobina.

Il radiatore, che può essere anche inclinato come l'asta d'una bandiera, è applicato alla ringhiera del balcone mediante un morsetto a cui è stato saldato un canotto con vitone di serraggio a galletto.

L'estremità inferiore del tubo di alluminio (ove ha sede il già citato "ventre di corrente") è infilata in un altro pezzo di tubo PVC da 25, lungo 15 cm, che sostiene ed isola il radiatore. Per evitare che il tubo di PVC si frantumi, durante il serraggio entro il canotto, è stato guarnito con gomma all'esterno e rinforzato con un cilindro di legno all'interno.

Su questo tubo PVC di base, è avvolta un'altra bobina (L1) per la migliore coniugazione delle impedenze: trattasi di otto spire di filo 1,5, spaziate in modo da occupare una lunghezza di 6 cm.

Sulle otto spire, sono ricavate sei prese: un flessibile, collegato al piolo centrale del connettore per cavo concentrico RG58-U, si collega alla presa corrispondente al minor r.o.s.

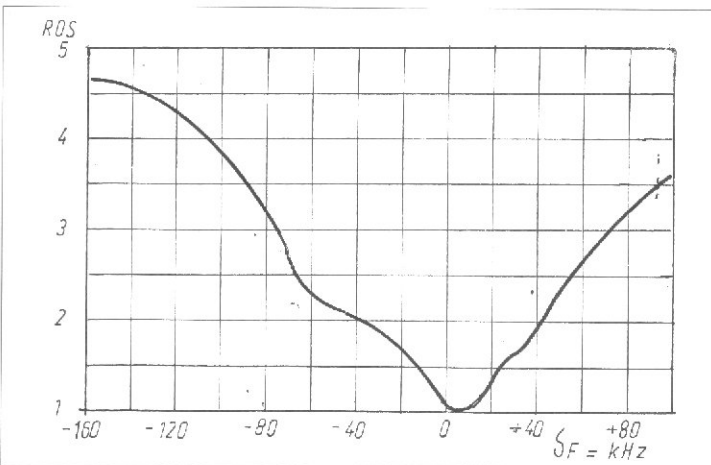
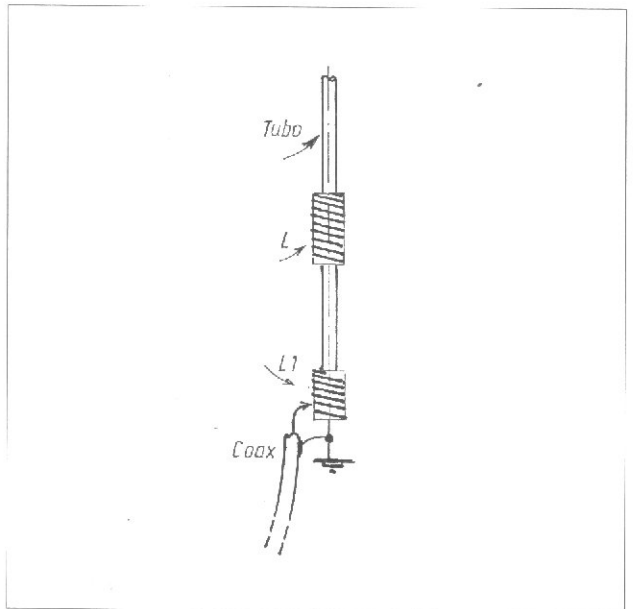


Fig. 6.8 - La verticale spiralata ha un Q più alto di antenne più sottili, quindi è più selettiva. Il suo fattore di merito potrebbe essere anche più alto se si disponesse di un piano di terra a bassa resistenza.

Fig. 6.9 - L'asta da bandiera.



Il connettore (da pannello) del cavo è fissato da una piccola L saldata sul canotto di sostegno; questa L reca, inoltre, un morsetto per il "piano di terra".

Con questo procedimento sono state costruite altre due antenne per i 10 ed i 21 MHz utilizzando spezzoni di tubo di alluminio.

Dall'antenna dei 14 MHz prima descritta ne resta un metro, perché la pezzatura è 350 cm.

Un altro metro viene prelevato da un pezzo di quattro metri, e forma la seconda metà dell'antenna per i 21 MHz.

I tre metri del tubo rimasto, divisi in due parti, costituiscono l'antenna dei 10 MHz.

Ogni antenna ha la sua L al centro e la L1 di base: il cambio di gamma avviene sfilando l'antenna dal canotto e sostituendola.

Il "piano di terra" è costituito da un dipolo spiralato (descritto in precedenza) senza interruzione al centro: un codino di filo, saldato al suo centro, si collega permanentemente al morsetto del supporto del connettore.

Il filo a spirale della terra è ancorato alla ringhiera: poiché il balcone è lungo quattro metri, ad ogni estremità è fissata un'appendice

costituita da un metro di tubo di PVC, quindi il filo spiralato (1λ per 10 MHz) è teso su una lunghezza di sei metri.

Sembra che questa "terra" lavori con molta efficienza perché si accoppia capacitivamente alla ringhiera e, attraverso questa, alla struttura in cemento armato dell'edificio.

Le bobine per le altre antenne, in filo da 1,5 mm smaltato, hanno i seguenti dati:

21 MHz

- L = 20 spire spaziate per occupare 5 cm di tubo
- L1 = bobina a prese, eguale a quella dei 14 MHz.

10 MHz

- L = 34 spire non spaziate avvolte su tubo PVC
- L1 = come le precedenti.

I risultati di questa antenna sono incoraggianti e non è affatto difficile lavorare DX in 14 e 21 MHz.

Continua - I