



Antenne verticali

di Angelo | BRUNERO

Si è detto in una precedente trattazione di come il dipolo, per funzionare correttamente, debba essere alto sul terreno, ovvero su una terra reale. Ovviamente nel campo del radioascolto si fa di necessità virtù, ben sapendo che se ci avviciniamo alla perfezione per un aereo su una certa banda, perderemo buona parte dei risultati faticosamente raggiunti se ci spostiamo su altra banda. Si diceva che il dipolo, per non vedere il suolo come un carico (resistivo e più spesso induttivo), deve essere alto sul terreno almeno una lunghezza d'onda e questo significa che l'altezza dal suolo è condizionata dalla frequenza di lavoro; se per la banda di 19 metri possiamo ancora ritenere accettabile un'altezza di 14 metri ($\frac{3}{4} \lambda$) o 9 metri ($\frac{1}{2} \lambda$)¹ per il centrale di un dipolo, non sarà facile trovare la giusta collocazione per un dipolo tagliato per esempio per la banda tropicale dei 120 metri.

Sarà allora il caso di parlare e sperimentare qualche antenna verticale; canne da pesca, tubi di alluminio, fruste ed altro sono da tempo compagne dei nostri spostamenti; chi non ha mai usato una canna da pesca correttamente elettrificata è solo perché non ha ancora trovato nel negozio la sua misura ideale (ma quale sarà? lo vedremo...). C'è chi riporta risultati miracolistici e c'è chi dice che è un "racconta QRM"; c'è chi dice che con 5 metri si ascolta di tutto e c'è chi (come lo scrivente) sta provando cose da oltre 15 metri.

Comunque: è vero che le antenne verticali in HF hanno basso angolo di radiazione/cattura, ottimo per il DX, così come è vero che – essendo a polarizzazione verticale – sono "rumorose", come è anche vero che non vanno bene per skip corti. Per intanto possiamo notare che i costi ed i problemi di installazione di un'antenna verticale sono abbastanza contenuti: se c'è spazio per un dipolo, ci sarà sicuramente anche spazio per i tiranti di una verticale, supposto che ce ne sia bisogno.

■ Impedenza

Abbiamo recentemente visto come nel punto di alimentazione di un dipolo orizzontale $\frac{1}{2} \lambda$ si ha il massimo di corrente e il minimo di impedenza, quella ottimale per collegare un cavo coassiale a 50-75 ohm. Se ruotiamo questo dipolo fino a fargli assumere una posizione verticale avremo ancora che il punto di alimentazione ottimale è sempre il suo centro; ma per realizzare un'antenna verticale facile da fare ed usare, a noi interessa trovare come alimentarla alla base... come fare? Per ottenere alla base della nostra antenna un punto con 50-75 ohm di impedenza occorre

utilizzare un braccio lungo solo $\frac{1}{4}$ d'onda, demandando al suolo o ad altro sistema di terra di immaginare un altro braccio di uguale lunghezza. La Fig.1 chiarisce sufficientemente come si arrivi dal dipolo verticale al quarto d'onda verticale: quando la terra è perfetta (coefficiente di riflessione unitario) le correnti nell'immagine sono uguali a quelle nelle corrispondenti parti dell'antenna reale, ed in fase tra esse; e la direzione delle correnti nelle parti dell'antenna immagine e reale (cioè nelle parti che sono sulla stessa linea verticale ad eguale distanza da terra) sono d'eguale ampiezza.

Fig.1 - In un'antenna $\frac{1}{2} \lambda$ posta in verticale il ventre di corrente sarà sempre al centro, così come al centro si troverà il punto più basso di impedenza, circa 75 ohm.

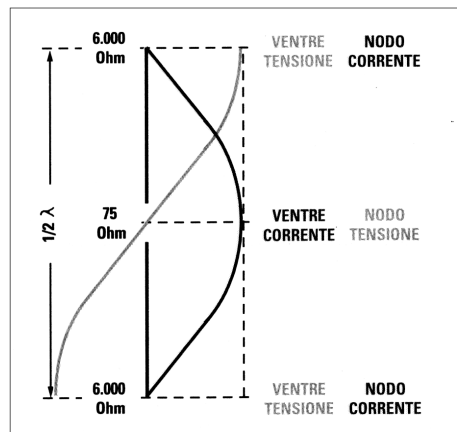


Fig. 2 - Volendo collegare un cavo coassiale a 75 ohm ad un'antenna verticale, occorrerà utilizzare uno stilo lungo solo $\frac{1}{4} \lambda$, per poter avere alla base un ventre di corrente e quindi una bassa impedenza.

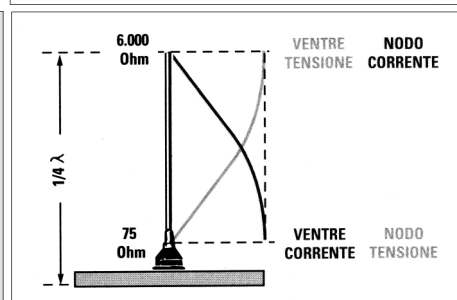
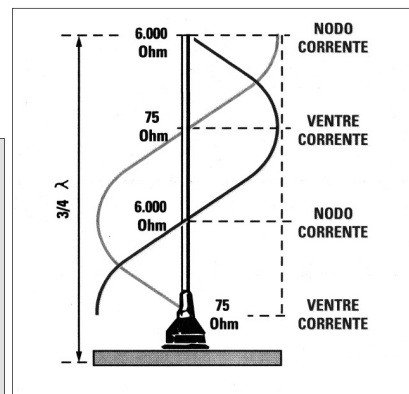


Fig. 3 - Dalla figura appare chiaro che si avrà un'impedenza di circa 75 ohm anche utilizzando uno stilo di $\frac{3}{4} \lambda$; infatti alla base avremo ancora un ventre di corrente ed una bassa impedenza.



Perché il radiatore verticale sia effettivamente efficiente occorre un sistema di terra ottimo, ovvero che si abbia terra (reale o artificiale) come ottimo conduttore per almeno $\frac{1}{4} \lambda$ dal centro dell'antenna; un cospicuo numero di fili elettrici stesi radialmente

1) Questi i calcoli: $300000:15500 = 19,35$ metri; $19,35 \times \frac{3}{4} = 14,51$ metri; $19,35 \times \frac{1}{2} = 9,67$ metri

ANTENNE

sul terreno a partire dall'antenna abbassa effettivamente la resistenza di terra ma la loro influenza non ha effetto sull'onda riflessa dal suolo.

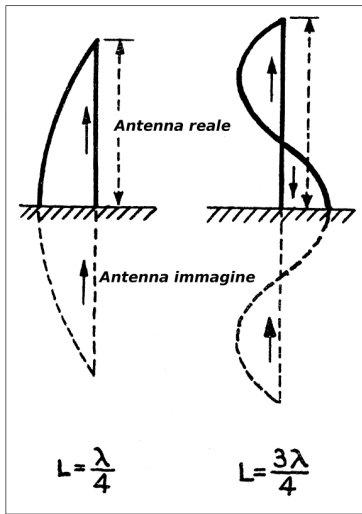


Fig. 4 - La distribuzione della corrente è sinusoidale e parte dal nodo di corrente dell'estremità lontana.

L'alimentazione di un'antenna verticale è più difficile da realizzare correttamente, infatti la resistenza di terra è solitamente piuttosto alta.

■ Radiazione

In condizioni di terra perfettamente conduttrice (ed allora, perdonatemi l'ossimoro, la migliore terra è il mare o uno specchio d'acqua) finché la lunghezza del monopolo verticale non oltrepassa $\frac{1}{2} \lambda$ abbiamo il massimo della radiazione con angolo verticale prossimo a zero. Al crescere della lunghezza del radiatore rispetto a λ cresce la radiazione sul piano orizzontale. Quando si va oltre a $\frac{5}{8} \lambda$ ($0,625 \lambda$) il lobo principale comincia ad avere una maggiore angolazione verticale e compaiono lobi secondari più deboli con più bassa angolazione: attorno a questa lunghezza il radiatore/captatore esibisce il migliore angolo verticale per i salti propagativi più lunghi, poi la situazione peggiora.

Ma l'effetto di un suolo mediocemente conduttore è perverso. Nel caso di antenna corte fino a $\frac{1}{2} \lambda$ il lobo unico più o meno panciuto si cancella sull'orizzontale ed il massimo presenta un certo angolo verticale. Orientativamente, ovviamente in funzione della conduttività del suolo, si ha:

- per $0,25 \lambda$ l'antenna verticale cattura la maggior parte dell'energia tra 1° e 55°
- per $0,375 \lambda$ la massima radiazione si ha per angoli verticali compresi tra 9° e 40°
- in configurazione $\frac{1}{2} \lambda$ il massimo del lobo sta tra 8° e 35°
- per $0,625 \lambda$ si ha l'angolo verticale minimo, essendo il lobo compreso tra 8° e 27° .

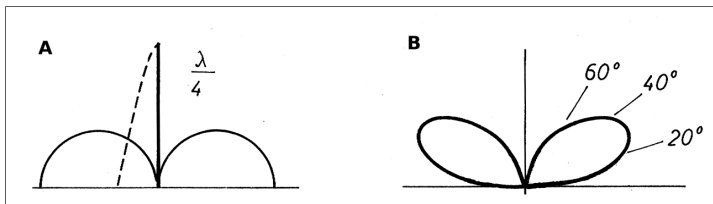


Fig. 5 - Diagramma di cattura/irradiazione di antenna $\frac{1}{4} \lambda$ su terra perfetta (A) e su suolo reale (B).

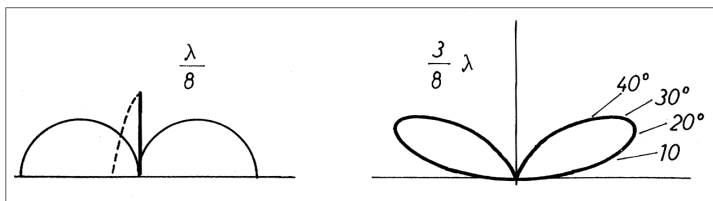


Fig. 6 - Diagramma di cattura/radiazione di antenna verticale in configurazione $\frac{1}{8} \lambda$ e $\frac{3}{8} \lambda$.

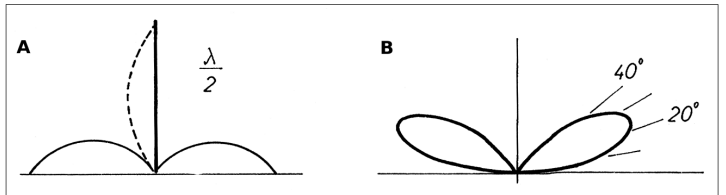


Fig. 7 - In $\lambda/2$ alla base dell'antenna avremo il ventre di tensione ed un'impedenza molto alta; in questo caso la resistenza di terra ha poca importanza. In A il diagramma teorica; in B i lobi sul suolo reale.

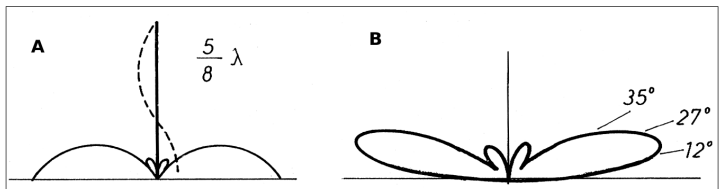


Fig. 8 - Diagramma di cattura/radiazione di verticale in configurazione $\frac{5}{8} \lambda$ per A = terra perfetta e per B = suolo reale.

La lunghezza ottimale per un'antenna verticale si dovrebbe avere quindi per la lunghezza di $0,625 \lambda$: un bel lobo concentrato tra 8° e 27° , ottimale per il DX ed elevato rendimento rispetto al quarto d'onda. Da notare che il ventre di corrente non è più alla base dell'antenna, dove infatti avremo circa 100 ohm di impedenza (con una certa componente di reattanza capacitiva).

Poi però occorre tenere conto che la condizione di ottima conducibilità del terreno è una chimera e nella pratica l'effetto del suolo cattivo conduttore sarà:

- per $0,25 \lambda$ il massimo della radiazione/captazione non si ha nel raggio radente ma oltre i 20°
- via via che aumenta la lunghezza del conduttore si abbassa l'angolo verticale della massima radiazione/cattura, fino ad un minimo che la letteratura centra di solito sui 12° , prodotto proprio da $0,625 \lambda$

In parole povere questo significa che i salti teorici via strato F di 4000 km sono pure questi una chimera: a 5° il salto massimo risulta di 3500 km, mentre a 12° è di soli 2500 km. Ma è pur sempre una condizione vantaggiosa rispetto a quella di un dipolo $\frac{1}{2} \lambda$ alto una lunghezza d'onda, come ad esempio 19 metri d'altezza a 15 MHz: in questo caso infatti l'angolo verticale d'irradiazione è di 17° , corrispondente ad un salto via F di 2200 km.

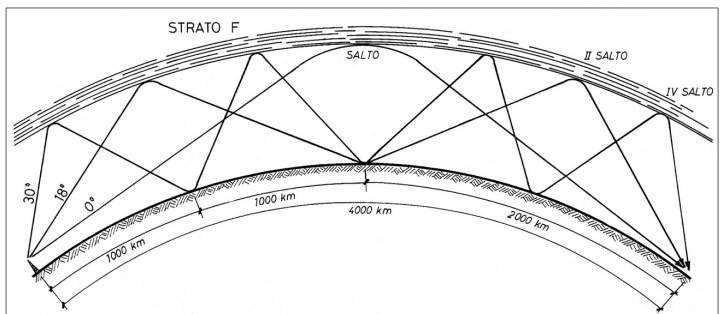


Fig. 9 - Per un angolo di radiazione/cattura di 0° si potrebbe in teoria sperare di catturare segnali in arrivo da 4000 km con un solo salto via F. Ma il minimo angolo praticabile è di circa 9° . Molto più realistico un salto di 2000 km dovuto ad un angolo di 13° , che i radioamatori realizzano per la maggior parte delle loro bande con antenne orizzontali alte 1λ dal suolo, oppure proprio con antenne verticali. Anche le stazioni broadcast, che pure impiegano antenne assai elaborate, considerano che nella pratica gli angoli minimi raggiungibili siano di 8° .

■ Resistenza di radiazione

La resistenza R di un aereo è il valore di una resistenza equivalente che, idealmente inserita al posto dell'antenna, dissiperebbe tutta l'energia che invece viene irradiata (resistori di potenza, opportunamente dissipati, vengono infatti adoperati per prove e tarature di trasmettitori); questo carico resistivo ha lo stesso valore della resistenza d'ingresso normalizzata ed ovviamente non irradia onde radio (se non in minima parte), ovvero non irradia potenza che viene viceversa convertita in calore (effetto Joule); si è visto che nel dipolo la R viene sempre riferita ad un ventre di corrente. Per le antenne verticali più corte di $\frac{1}{4} \lambda$ si fa invece riferimento alla corrente nella base, ossia nel ventre vicino a terra, e la R sarà il rapporto tra la potenza irradiata ed il quadrato della corrente al ventre: $R = W : I^2$.

È chiaro dunque che c'è un problema da risolvere...

Z (il simbolo dell'impedenza) è uguale ad R solo alla frequenza di risonanza; in tutte le altre condizioni all'alimentazione di una verticale si finge di avere una R , ma in realtà si ha $Z=R+jX$, ovvero l'impedenza dell'antenna avrà sempre una componente reattiva (reattanza induttiva X_L e/o reattanza capacitiva X_C). Per poter operare lontano dalla frequenza di risonanza occorre introdurre artifici che cancellino le componenti reattive, al fine di far vedere al ricevitore una R pura. Per antenne lunghe (o corte) fino a $\frac{1}{4} \lambda$ possiamo considerare l'effetto dell'antenna immagine come un complemento che tende al dipolo $\frac{1}{2} \lambda$; questo però si verifica solo nel caso della verticale a un quarto d'onda, dove il ventre di corrente è alla base e quindi la R vale circa 36 ohm. Per antenne più corte si ha una Z in cui la reattanza è di tipo capacitivo e quindi per ottenere una R pura occorre aggiungere reattanza induttiva sino ad ottenere la risonanza. Per antenne ancora più corte la R assume valori ancora più bassi. Viceversa, all'estremità alta della verticale l'aggiunta di reattanza capacitiva contribuisce ad allungare elettricamente l'antenna.

La presenza di una bassa R alla base dell'antenna fa sorgere il problema del rendimento; mentre nelle antenne orizzontali questo è quasi sempre molto elevato, nelle antenne verticali interviene la resistenza di terra: a meno che intorno all'antenna non si trovi una buona raggiera di fili (lungi da un quarto a mezz'onda) la resistenza di terra ha un valore tutt'altro che trascurabile ed influisce sul rendimento.

■ Considerazioni finali

Se non si ha la risonanza su una verticale, occorrerà aggiungere una reattanza alla R pura dell'antenna, arrivando ad avere una Z complessa; con questo artificio si rende risonante qualsiasi conduttore indipendentemente dalla sua lunghezza. È il caso della "carica induttiva" che si mette in serie ad uno stilo corto per cancellarne la componente X_C che prevale. È il caso degli accordatori, manuali o automatici che siano, che per i casi nostri (mi

riferisco alle 'canne da pesca') funzionerà tanto meglio quanto vi è un buon piano di terra.

Se presupponiamo una terra perfettamente conduttrice (come dire: se abbiamo come terra il mare o un lago o altro specchio d'acqua) un'antenna $\frac{1}{4} \lambda$ ha le stesse prestazioni di un dipolo orizzontale.

La resistenza R e le reattanze (capacitiva ed induttiva) di un'antenna lunga circa $\lambda/4$ sono metà di quelle del dipolo.

Se al centro del dipolo abbiamo una R teorica di 73 ohm, alla base di una verticale in quarto d'onda dovremmo avere una R di 36,5 ohm, che dovrebbe essere una R pura essendo nulle le reattanze.

La calza di un cavo coassiale assolve molto spesso la funzione di piano di terra; in questo suo compito non può essere, ovviamente, corto.

■ Bibliografia

- E.A. Laporte: Radio Antenna Eng., Mc Graw Hill, 1952
- Les Moxon: HF Antennas, RSGB, 1993
- Marino Miceli: Radioantenne, Ediradio, 1990
- Giovanni Turco: Il manuale delle antenne, Edizioni CD, 1998

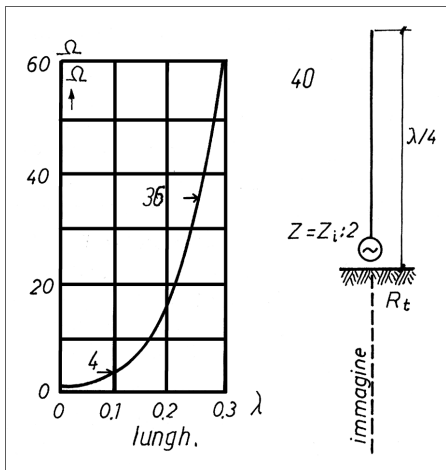


Fig. 10 - Resistenza alla base di una verticale con estremo prossimo a terra. Quando la lunghezza dello stilo è $\frac{1}{4} \lambda$ la Z è metà di quella del dipolo, ovvero circa 36 ohm; ed infatti l'antenna immagine rendere la verticale uguale ad un dipolo $\frac{1}{2} \lambda$.

In una verticale di $0,1 \lambda$ l'impedenza sarà circa 5 ohm (la R di un dipolo $1,2 \lambda$ risulterebbe di 10 ohm). Uno stilo di 4 metri per la banda dei 3,5 MHz - lungo $0,0475 \lambda$ - ha alla base una Z di 0,9 ohm.