

HamWeb - Antenne: Lunghezza dell'antenna

Quanto dev'essere lunga un'antenna? Le risposte a questa domanda possono essere varie, tutte diverse tra loro ma ugualmente corrette: in effetti, la lunghezza dell'antenna deve essere scelta secondo il tipo di funzionamento che si vuole ottenere; nel seguito vedremo appunto quali siano gli aspetti fondamentali dell'argomento.

L'antenna è un'interfaccia che consente ad un'onda elettromagnetica, contenuta o comunque guidata in una linea di trasmissione di qualche genere, di affrancarsi dalla linea per propagarsi nello spazio libero; scopo fondamentale dell'antenna è quindi adattare l'onda che si propaga nella linea, ed in particolare la sua impedenza caratteristica, che è determinata dalle caratteristiche fisiche della linea, alla propagazione nello spazio, in cui l'impedenza dell'onda non è più determinata dalla linea ma dalle caratteristiche dello spazio in cui l'onda si deve propagare.

Questo fenomeno avviene in realtà in maniera molto complessa; semplificando notevolmente, possiamo dire che nell'intorno all'antenna si genera un campo elettromagnetico stazionario (detto *Near field*, ovvero 'campo vicino'), che si attenua molto rapidamente via via che ci si allontana dall'antenna; a distanza dall'antenna invece si vede un campo viaggiante, che si attenua molto più lentamente del precedente (*Far field*, ovvero 'campo lontano').

Resistenza di radiazione ed impedenza dell'antenna

In ogni punto dello spazio, il campo è una combinazione della componente stazionaria e della componente progressiva, ma in pratica già a poche lunghezze d'onda di distanza il campo stazionario è sostanzialmente nullo. Dal punto di vista del generatore, cioè della linea che alimenta l'antenna, se l'antenna è posta nel vuoto (cioè abbastanza lontano da qualsiasi altro oggetto) ciò che si vede è una combinazione dei seguenti fenomeni:

- un accumulo di potenza reattiva, in misura pari alla potenza effettivamente contenuta nel Near field, che è visto come una reattanza, al pari di una capacità od un'induttanza;
- una dissipazione di potenza attiva, in misura pari alla potenza dell'onda progressiva del far field, che è visto come una resistenza, al pari di una qualsiasi dissipazione, ma in realtà nasconde il trasferimento dell'energia dell'onda radio nello spazio.

La prima componente, essendo reattiva, contribuisce all'impedenza dell'antenna sempre e solo per una parte immaginaria, mentre la seconda fornisce la parte reale dell'impedenza, che viene chiamata *resistenza di radiazione*.

L'impedenza dell'antenna è data dalla radice quadrata della somma dei quadrati delle componenti reattiva e resistiva (cioè secondo la regola del parallelogramma). la resistenza di radiazione è uno dei parametri fondamentali dell'antenna, in quanto caratterizza il trasferimento di potenza dal generatore all'onda radio: quanto più alta è la resistenza di radiazione, tanto più alta è la potenza dell'onda radio prodotta (a parità di corrente fornita dal generatore).

La resistenza di radiazione di un'antenna a filo aumenta al crescere della sua lunghezza in rapporto alla lunghezza dell'onda elettromagnetica: perciò, quanto più lunga è l'antenna, tanto migliore è la sua efficacia nel trasferire la potenza dalla linea allo spazio, mentre se un'antenna è corta rispetto alla lunghezza d'onda, questa sua efficacia sarà piuttosto ridotta.

Se consideriamo di alimentare l'antenna con una certa corrente a RF, le tensioni, e quindi le potenze, relative alle componenti attiva e reattiva sono ripartite proporzionalmente ai valori delle componenti; perciò, tanto più alta è la resistenza di radiazione rispetto alla componente reattiva, tanto maggiore è la parte della corrente che dà origine a potenza trasmessa. Per questo motivo, le antenne lunghe danno origine a segnali più intensi e quindi sono spesso preferibili alle antenne corte.

Risonanze dell'antenna

La reattanza dell'antenna varia in maniera più complessa della sua resistenza di radiazione, che cresce sempre; infatti, ad una data frequenza, per certe lunghezze del filo le potenze elettrica e magnetica accumulate nel near field sono esattamente uguali ed i relativi effetti si compensano tra loro; questo fenomeno è esattamente lo stesso che si verifica in un circuito accordato, e viene definito *risonanza* dell'antenna.

Le risonanze dell'antenna si verificano ogni volta che la sua lunghezza sia pari ad un multiplo esatto di mezza onda, la cui lunghezza va calcolata considerando la velocità effettiva di propagazione dell'onda radio in prossimità del filo; a causa della presenza di questo, l'onda viaggia un po' più lenta che nel vuoto assoluto (qualche % in meno, secondo la geometria del sistema), per cui la lunghezza d'onda sull'antenna va tipicamente dal 92% al 98% di quella che si avrebbe nel vuoto assoluto.

In condizioni di risonanza, l'impedenza dell'antenna è quindi puramente resistiva; se l'alimentazione è applicata in un nodo di tensione, cioè in un punto in cui la tensione si a minima (di conseguenza la corrente è massima!), l'impedenza vista è pari alla resistenza di radiazione; ma se l'antenna è alimentata in un altro punto, l'impedenza, pur restando resistiva, è pari ad un valore che è la trasformazione della resistenza di radiazione come si avrebbe in un autotrasformatore; ad esempio, se l'alimentazione è applicata in un ventre di tensione (cioè un punto in cui la tensione sia massima, e di conseguenza la corrente sia minima), l'impedenza vista può essere elevatissima (in realtà, per l'influenza di altri effetti, non sale oltre ad alcune migliaia di ohm).

Poiché; per ottimizzare il trasferimento di potenza dal generatore all'antenna è necessario che ci sia adattamento delle rispettive impedenze, i

Poiché; per ottimizzare il trasferimento di potenza dal generatore all'antenna è necessario che ci sia adattamento delle rispettive impedenze, i possibili scenari sono essenzialmente due: il generatore ha impedenza fissa e non si dispone di mezzi tecnici per effettuare l'accordo, ovvero si dispone della possibilità di variare l'impedenza propria del generatore (tramite un circuito *adattatore d'impedenza*, comunemente ma impropriamente detto 'accordatore').

Primo caso: senza adattatore d'impedenza

L'antenna dovrà essere realizzata in modo che la sua impedenza sia quanto più possibile simile a quella richiesta dal generatore; i trasmettitori e le linee sono prodotti di solito con impedenze caratteristiche standardizzate, tra le quali le più frequenti sono:

- 50 W , perché è l'impedenza caratteristica che permette un migliore sfruttamento in potenza dei cavi coassiali
- 75 W , perché è quella che consente di ottenere le minime perdite nei cavi coassiali

Un semplice dipolo a mezz'onda, alimentato al centro, presenta un'impedenza caratteristica di circa 72 W e quindi si presta benissimo ad essere alimentato con un cavo a 75 W , mentre si adatta un po' meno bene ad uno a 50 W (in questo caso il ros è di 1,5:1, che è ancora del tutto accettabile).

La lunghezza dell'antenna dovrà essere quindi mezza onda elettrica; la lunghezza d'onda si può calcolare con la formula:

$$L = F_v * 300 / F(\text{MHz})$$

dove F_v è il fattore di velocità dell'antenna e, come si è visto sopra, ha valori compresi di solito tra il 92% ed il 98%, più alti per fili nudi di piccolo diametro, più bassi per fili rivestiti in plastica e/o di diametro più grande (tubi).

In pratica, poiché è sostanzialmente impossibile sapere in anticipo quale sia l'effettivo fattore velocità, a meno di non ricorrere a sofisticati strumenti di simulazione, conviene tenersi larghi, usando il massimo, e poi accorciare via via, rosmetro o grid-dip alla mano.

Secondo caso: con adattatore d'impedenza

Se si dispone di un adattatore d'impedenza, la risposta è senz'altro: la massima lunghezza possibile! Provvederà poi l'adattatore a sistemare le cose dal punto di vista delle impedenze 'strane' che si ottengono, ed anche ad eliminare il malefico influsso delle eventuali componenti reattive. In questo caso, per limitare altri problemi, è opportuno che la linea di trasmissione abbia impedenza caratteristica più alta possibile ed, ovviamente, le perdite minime possibili (ma questo è sempre vero).

