

HamWeb - Antenne collineari e Yagi-Uda

Le antenne che esaminiamo questa volta sono delle schiere, e come tali sono già state trattate in una delle puntate precedenti; però ci torniamo su, per aggiungere qualche informazione più specifica su queste strutture che sono tra le più usate nelle bande alte, ma sono parecchio utilizzate anche in HF. Per chi non lo avesse già fatto, consiglio di leggere il [capitolo 5](#) di questa serie, che tratta delle schiere di antenne, prima di leggere questo.

Antenne collineari

Le antenne collineari sono delle schiere in cui le antenne elementari sono dei dipoli disposti lungo una stessa linea, che è la direttrice della schiera. L'asse di radiazione principale è perpendicolare a questa linea, vale a dire che si tratta di sistemi broad-side che, come si è già visto, presentano una direttività più spinta dei loro fratelli end-fire.

Consideriamo la realizzazione più comune, che è quella verticale, realizzata con un certo numero di dipoli a mezz'onda (di solito sono quattro) disposti verticalmente tutti in linea tra loro. La distanza tra i dipoli è pari a mezza lunghezza d'onda (il che significa che gli estremi dei dipoli arrivano praticamente a toccarsi) con alimentazione in fase per tutti i dipoli.

Un'antenna di questo genere, se fosse realizzata con delle isotropiche, avrebbe un lobo di radiazione simmetrico avanti/indietro, con un'apertura di circa 30 gradi; se a questo aggiungiamo il fatto che i dipoli hanno già un lobo a forma di otto, ciò che si ottiene da questa antenna è un lobo stretto, che ha la forma di una sottile ciambella 'infilata' lungo la direttrice della schiera. Poiché la schiera è disposta verticalmente, questo solido di radiazione è posto orizzontalmente e l'antenna risulta omnidirezionale, con emissione che sparisce rapidamente spostandosi verso l'alto e verso il basso rispetto

all'orizzontale.

Sul piano orizzontale, dove i campi dei dipoli si sommano praticamente in fase (ricordiamo sempre che stiamo parlando del campo lontano! Da vicino, la faccenda è molto più complicata...), il campo totale è pari ad oltre cinque volte quello di un'antenna isotropica, ed il guadagno teorico arriva a circa 14 dB, che non sono pochi, specialmente considerando l'omnidirezionalità.

L'antenna si presta quindi particolarmente bene sia per le comunicazioni fisso/mobile, sia per la radiodiffusione, sia per i collegamenti tra radioamatori nell'ambito di tratte in visibilità ottica.

C'è da fare una considerazione abbastanza importante sulla lunghezza dei dipoli: le estremità adiacenti dei dipoli presentano in ogni momento tensioni uguali ed opposte; inoltre, proprio perché si tratta degli estremi, le tensioni sono *molto* alte, per cui gli effetti capacitivi in questa disposizione sono esaltati e possono abbassare la frequenza di risonanza dei dipoli. Una prima soluzione può essere quella di ruotare i dipoli intorno al palo, cosicché si recupera qualche centimetro di distanza che riduce un po' l'inconveniente.

Una possibile, e più drastica, alternativa è quella di aumentare leggermente la spaziatura tra i dipoli; questa soluzione introduce una variazione sui lobi principali di radiazione, che diventano significativamente più stretti, facendo nel contempo aumentare i lobi secondari rivolti verso l'alto e verso il basso. Se la spaziatura, che non è molto critica, resta minore di circa $0,8 \lambda$, i lobi secondari sono rivolti a 30 e 60 gradi, e sono molto piccoli, ma se la distanza supera questo valore si hanno due lobi rivolti verticalmente, che crescono molto velocemente, fino ad assumere la stessa ampiezza dei lobi principali quando la distanza è pari a λ . La distanza tra i dipoli dovrà quindi essere praticamente contenuta entro $0,8 \lambda$.

Per quanto riguarda l'alimentazione dei dipoli, che deve avvenire in fase, sarebbe necessario utilizzare quattro linee, una per ciascuna antenna, esattamente della stessa lunghezza tra loro; poiché in pratica questo risulta difficoltoso da ottenere, la soluzione più semplice è alimentare ciascun dipolo in parallelo al precedente usando un tratto di cavo di lunghezza pari alla lunghezza d'onda *elettrica* nel cavo (od un suo multiplo); l'impedenza caratteristica della linea utilizzata per questi raccordi è irrilevante (perché sono lunghi un'onda intera).

Infine, per quanto riguarda la resistenza di radiazione, va considerato che le quattro antenne sono poste in parallelo tra loro, per cui l'impedenza è un quarto di quella di ciascuna singola antenna; per non avere valori troppo bassi, si può realizzare la schiera con dipoli ripiegati, che hanno anche il vantaggio di una migliore efficienza, ottenendo una impedenza finale di circa 72 W , perfettamente gestibile con il solito cavo SAT o RG59.

Questa antenna, che è piuttosto facile da realizzare, si presta in maniera eccellente anche al DX, dati i bassi angoli di radiazione. Per chi avesse l'idea di provarla in sei metri, aggiungerò che, realizzando una collineare a soli due elementi, con spaziatura di $0,6 \lambda$, si ottiene un guadagno teorico di 8 dB (6 dB sul dipolo, il che non è poi da buttare, è nettamente migliore di una $5/8 \lambda$), ed un angolo di radiazione nel lobo principale di circa 50 gradi (+/- 25° sull'orizzonte), mentre i lobi secondari, che sono ora verticali, stanno ancora a circa 20 dB sotto al lobo principale, con un'altezza complessiva di 6,6 metri, che è ancora accettabile senza grosse difficoltà.

Per la realizzazione, si possono ad esempio infilare i dipoli dentro ad un bel tubo di plastica per idraulica, così sono anche protetti dalle intemperie. In questo caso, però, sarà necessario accorciare opportunamente i dipoli per tenere conto della velocità di propagazione, che è minore a causa del dielettrico aggiunto. Per l'adattamento, può convenire utilizzare un trasformatore a doppio secondario in toroide, che può essere infilato nello stesso tubo plastico.

Antenne Yagi-Uda

Le antenne Yagi-Uda sono arcinote, per cui non starò qui a dilungarmi oltre misura. Dal punto di vista teorico, si tratta di schiere del tipo end-

Le antenne Yagi-Uda sono arcinote, per cui non starò qui a dilungarmi oltre misura. Dal punto di vista teorico, si tratta di schiere del tipo end-fire, nelle quali l'irradiazione avviene lungo la direttrice della schiera stessa.

La particolarità delle antenne Yagi-Uda consiste nel fatto che uno solo degli elementi è alimentato direttamente dalla linea (viene detto 'elemento attivo'), mentre tutti gli altri sono alimentati per induzione dall'elemento attivo. In linea di massima quindi nelle antenne Yagi-Uda lo sfasamento tra le correnti nei vari dipoli è dettato dalla distanza tra di essi. Poiché è lo sfasamento delle correnti che determina la forma e l'ampiezza dei lobi di radiazione, per ottenere il risultato che si vuole ci sono due possibili maniere:

- si fanno tutti gli elementi lunghi mezz'onda e si distanziano in maniera variabile secondo necessità;
- si mantiene costante la spaziatura e si fanno gli elementi un po' più lunghi, per aggiungere uno sfasamento induttivo, oppure un po' più corti, per introdurre uno sfasamento capacitivo.

Attualmente entrambi i metodi sono spesso applicati contemporaneamente, facendo così elementi di lunghezza diversa e a spaziatura variabile.

Nelle antenne end-fire, si possono ottenere lobi simmetrici (cioè con rapporto avanti/indietro circa pari ad uno) spaziando gli elementi di circa mezza lunghezza d'onda; se invece si spaziano gli elementi di circa un quarto d'onda, i lobi risultano molto asimmetrici, con una marcata differenza tra avanti ed indietro, però il lobo principale è largo circa il doppio che nel caso precedente (in pratica, è come se i due lobi principali si affiancano diventando uno solo).

Ad esempio, una schiera end-fire con spaziatura e sfasamento costanti ad un quarto d'onda, a due elementi presenta un guadagno teorico di circa 6 dB sul dipolo, ma il lobo di radiazione ha una ampiezza a -3 dB dell'ordine di 150°, una 5 elementi va sui 14 dB/90°, mentre una 11 elementi va sui 20 dB/60°; oltre gli 11 elementi, il guadagno cresce molto lentamente (24 dB per una 16 elementi).

Naturalmente, questi sono i limiti superiori delle schiere; in realtà la Yagi presenta guadagni e direttività peggiori, in quanto l'alimentazione per induzione peggiora mano a mano che ci si allontana dall'elemento attivo, per cui l'effetto dei radiatori più distanti è relativamente minore di quello di radiatori più vicini; inoltre le tolleranze costruttive cominciano a minare seriamente la correttezza delle relazioni di fase; per questi motivi, 15-16 elementi sono considerati il limite ragionevole delle Yagi-Uda, anche se talora si vedono realizzazioni più complesse.

Per risparmiare sulla lunghezza è anche possibile disporre un certo numero di elementi a mo' di schiera broad-side dietro all'elemento attivo; questa soluzione fa aumentare il rapporto avanti/indietro, senza però causare un ulteriore allungamento del boom dell'antenna.

La progettazione di un'antenna Yagi equivale dal punto di vista matematico alla progettazione di un filtro complesso; le possibili strade sono due: la prima, percorsa di solito dalle industrie del settore, consiste nell'utilizzare sofisticati software di simulazione per ottenere i risultati voluti mediante metodi a tentativo e correzione; l'altra, più adatta ai radioamatori, consiste nel servirsi di una tabella (in bibliografia ne esistono numerose) che fornisca le lunghezze e le distanze degli elementi in funzione dei risultati desiderati, procedendo poi sperimentalmente a correggere per tentativi il progetto (un tempo facevano così anche alcune piccole aziende).

Un accenno anche alla resistenza di radiazione dell'antenna: gli elementi passivi, alimentati dal dipolo attivo, sono visti in pratica come dei carichi posti in parallelo ad esso: l'impedenza totale quindi si abbassa, e parecchio, potendo arrivare a pochi ohm per i sistemi più complessi. Anche per limitare questo effetto, molto spesso l'elemento attivo è costituito da un dipolo ripiegato, che già di suo presenta una resistenza di radiazione di 300 W, contribuendo così a mantenere più elevato il valore finale.

Un'ultima nota su un argomento spesso discusso: la lunghezza dell'antenna. In effetti, con opportuni ritocchi della fase di alimentazione, è possibile ottenere un buon comportamento dell'antenna, dal punto di vista della direttività, anche con spaziature relativamente ridotte (fino a 0,15 λ); le antenne così ottenute presentano quindi buone caratteristiche generali ma... il guadagno complessivo dell'antenna è minore! In effetti, quanto più la spaziatura tra gli elementi si riduce, tanto più cala il guadagno ottenibile.

Con questo, io sarei arrivato alla fine: se avete qualche idea per proseguire, nel limite delle mie possibilità, resto a disposizione; spero che qualcun altro oltre a me si sia divertito!

Ciao a tutti e buone autocostruzioni!.

