

Alcune considerazioni sulle antenne

2^a parte

Continuiamo le dissertazioni sulle antenne iniziate in una precedente puntata, questa volta illustrando alcune interessanti questioni sui lobi secondari irradiati dalle antenne a schiera in disposizione collineare.

*Ing. e Prof. Incaricato
Compatibilità Elettromagnetica
Università di Ferrara
giovannella@libero.it

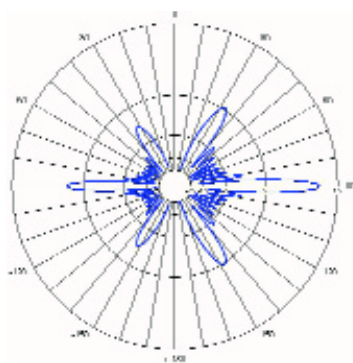
Si definisce schiera un insieme di radiatori disposti con un certo ordine nello spazio, al fine di ottenere un sistema radiante caratterizzato da una certa direttività o da un particolare diagramma di radiazione. Le schiere più utilizzate sono le "end fire" e le "broadside". Nel primo caso la direzione di massimo

guadagno è coincidente con quella di allineamento degli elementi radianti mentre nel secondo risulta ortogonale. In quest'ultima categoria rientrano i sistemi "collineari", largamente utilizzati sia nel broadcast Tv che FM e che tratteremo più dettagliatamente in questa puntata. Introduciamo l'argomento enunciando un teorema di validità

generale: "la funzione di direttività di una schiera di radiatori simili è il prodotto della funzione di direttività del radiatore singolo per la funzione di direttività della corrispondente schiera di radiatori isotropici" (principio o teorema di composizione dei diagrammi d'irradiazione). Tale teorema è valido, si noti, solo se i radiatori sono simili tra loro (è il caso comune di sistema collineare). Il modello che utilizziamo prevede, inoltre, che gli elementi radianti, oltre che simili, siano anche equispaziati ("passo della

schiera" costante). Nel caso più comune la schiera è unidimensionale e lineare, ovvero gli elementi radianti si estendono in un'unica dimensione, per l'appunto lineare. In altri casi potremmo avere schiere circolari (con radiatori disposti lungo una circonferenza), conformi (con radiatori disposti secondo un particolare profilo). Se la schiera (che quindi supponiamo broadside, unidimensionale, lineare, di elementi simili ed equispaziati)

Figura 1
Spaziatura = 1,7 lunghezza d'onda



prevede una potenza di alimentazione identica per tutti gli elementi radianti, allora si dice anche uniforme. In questo caso è possibile estrapolare dalla espressione generale del campo elettrico da essa generato in condizioni di campo lontano il coefficiente A, detto coefficiente di alimentazione, che rappresenta il valore comune assunto da tutti i coefficienti di alimentazione A_i relativi a ciascun dipolo i -esimo. Si definisce fattore di schiera il diagramma di radiazione della schiera che si ottiene da quella

iniziale sostituendo i radiatori effettivi con altrettanti radiatori isotropici a parità di tutte le altre caratteristiche (alimentazione, distanza tra gli elementi, ecc.). Il termine di fondamentale importanza all'interno del fattore di schiera è il coefficiente di alimentazione. Senza scendere nei dettagli matematici possiamo fornire alcuni dati, validi in prima approssimazione, che ci consentono di prevedere alcune proprietà basilari della schiera uniforme. Possiamo intanto ricavare l'ampiezza massima dei lobi secondari nell'ipotesi che N , che rappresenta il numero degli elementi radianti, sia molto grande, mentre m rappresenta l'ordine del generico "massimo" di lobo secondario (m può raggiungere il numero totale degli elementi radianti "meno 2": ad esempio, se N vale 8 m vale 6); sotto queste ipotesi si ha:

$$A_{\max} = \frac{1}{N \operatorname{sen} \left(\frac{\pi}{2} \frac{2m+1}{N} \right)}$$

L'angolo di apertura sul piano verticale, ovvero l'angolo in corrispondenza del quale la potenza irradiata subisce un'attenuazione di 3 dB, vale:

$$\vartheta_{3\text{dB}} \cong 0,88 \frac{\lambda}{Nd} \text{ rad}$$

Da quest'ultima relazione si nota come l'angolo di apertura diminuisce in modo proporzionale all'aumentare del numero N degli elementi della schiera, e della loro distanza d . La direttività, che coincide con il guadagno nel caso in cui le

perdite nel sistema siano nulle, può essere calcolata, nell'ipotesi che N sia abbastanza grande e che la distanza d tra gli elementi sia inferiore alla lunghezza d'onda, con l'espressione:

$$D_{\max} = G_{\max} \cong \frac{2Nd}{\lambda}$$

Entro certi limiti, il prodotto tra il guadagno e l'angolo di apertura a -3 dB è una costante data da (se gli angoli sono espressi in gradi):

$$G_{\max} \vartheta_{3\text{dB}} \cong 100$$

È interessante altresì notare che all'aumentare del numero degli elementi radianti, N , l'ampiezza massima dei lobi secondari diminuisce fino ad un valore limite al di sotto del quale non si può scendere.

Se ad esempio consideriamo il primo lobo secondario ($m=1$), al crescere di N si ha:

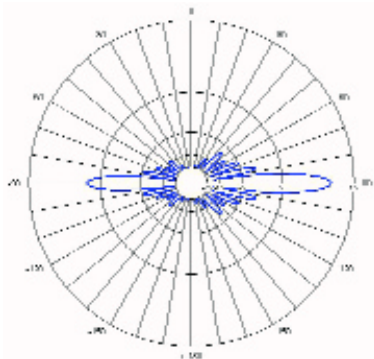
$$A_{\max 1} = \frac{1}{N \operatorname{sen} \frac{3\pi}{2N}} \cong 0,21$$

In altre parole, il primo lobo secondario presenterà un'ampiezza, all'aumentare di N , non inferiore a 0.21 volte il lobo principale, ovvero -13.5 dB. Abbiamo fino ad ora ipotizzato che la distanza d tra gli elementi radianti sia inferiore ad una lunghezza d'onda. Cosa succede al variare della distanza (passo della schiera) tra gli elementi? Quale valore adottare?

Naturalmente, il passo della

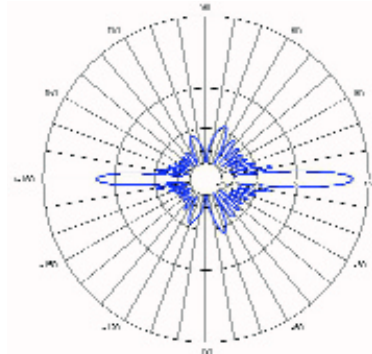


Figura 3
Spaziatura = 0,8 lunghezza d'onda



schiera influenza in modo significativo il diagramma di radiazione verticale. In effetti, il comportamento da evitare è quello che si presenta quando d è maggiore di una lunghezza d'onda. In queste condizioni, si originano dei lobi secondari di

Figura 2
Spaziatura = 1 lunghezza d'onda



notevole ampiezza ("grating lobes") i quali, oltre che sottrarre potenza dal lobo principale, possono produrre elevati valori di campo nelle immediate vicinanze del sistema d'antenna ad altezza del suolo, causando, in certi casi, problemi di "inquinamento elettromagnetico". In corrispondenza di una spaziatura pari ad una lunghezza d'onda si ottiene il massimo guadagno, il più

piccolo valore di angolo di apertura verticale del lobo principale e lobi secondari piuttosto pronunciati. Al diminuire della spaziatura si ha una leggera diminuzione del guadagno, un aumento dell'angolo di apertura verticale del lobo principale, una riduzione dell'ampiezza dei lobi

secondari. Il valore di d tradizionalmente considerato un buon compromesso è pari a 0,8 lunghezze d'onda. Nelle immagini 1, 2, 3 e 4 sono riportati i diagrammi di radiazione sul piano verticale per d che vale, rispettivamente, 1,5, 1, 0,8 e 0,5 lunghezze d'onda. Il sistema di antenna simulato è costituito da una collineare di 8 dipoli. ■

Figura 4
Spaziatura = 0,5 lunghezza d'onda

