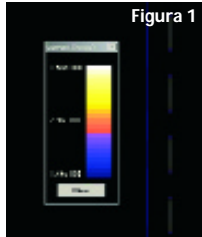


a cura di Antonello Giovannelli\*

# Ancora sulle antenne...

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



Nella due precedenti puntate abbiamo riportato alcune semplici formule e qualche criterio di massima per progettare un sistema di antenne a schiera. Ora prenderemo in considerazione un tipo di soluzione adottabile a livello progettuale per risolvere eventuali problemi di

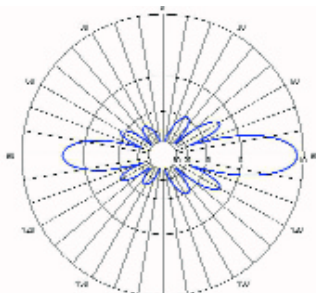


Figura 2

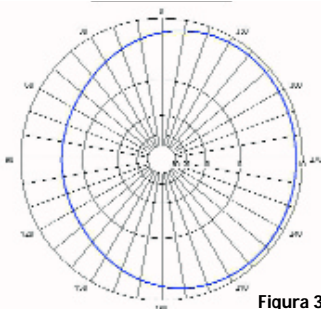


Figura 3

"inquinamento elettromagnetico". In particolare, cerchiamo di analizzare il caso più tipico, che è quello in cui uno o più lobi secondari producono un elevato valore di campo elettrico in corrispondenza delle abitazioni poste nelle immediate vicinanze dell'impianto. A tal proposito, occorre precisare un dettaglio: nelle

immediate vicinanze dell'antenna potrebbero non ancora essere verificate le condizioni per poter parlare di "campo lontano" e quindi di diagramma o lobi di radiazione. In tali condizioni la previsione di campo (e spesso anche la misura) può risultare affetta da un certo errore, a meno che non si utilizzi un simulatore di campo vicino (come il nostro) che tenga conto anche delle componenti reattive, che risultano tanto più importanti quanto più ci si avvicina alla sorgente di emissione. Il principio che illustreremo vale sia per sistemi d'antenna Tv che Fm, anche se è più probabile, a causa delle più elevate potenze impiegate e della minore direttività sul piano verticale, che un sistema Fm dia luogo ad un più elevato valore di campo in corrispondenza del suolo e che quindi si debba ricorrere ad una soluzione come quella che descriveremo. Dobbiamo trovare un metodo per attenuare quanto più possibile i lobi secondari che puntano verso terra. Supporremo, nel nostro esempio, di avere un sistema d'antenna costituito da una collineare di 4 dipoli posizionato a 28 metri di altezza da terra (centro del sistema radiante), alimentato con una potenza di 10 KW tramite ripartitore di potenza che divide equamente per i quattro dipoli la potenza del trasmettitore (schiera "uniforme"). La **fig.1** mostra la distribuzione della corrente nei dipoli, mentre i diagrammi di radiazione sul piano verticale ed orizzontale che ne conseguono sono riportati in **fig.2** e **fig.3**. Si può notare la presenza di forti lobi secondari sul diagramma verticale che puntano verso l'alto e verso terra. In **fig.4** e **fig.5** sono rappresentati i diagrammi dei valori assoluti di campo elettrico sul piano verticale ed orizzontale, in corrispondenza della sorgente. L'esposizione al campo elettrico in prossimità del suolo è valutabile invece mediante il grafico di **fig.6**, che mostra l'andamento delle sue componenti X, Y e Z (misurate in V/m) ad un'altezza di 2 metri sul suolo ed ad una distanza dall'antenna

Figura 4

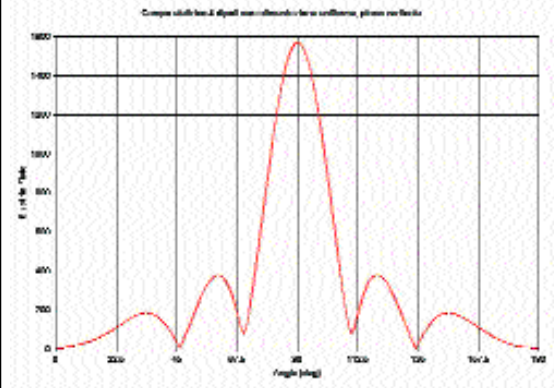


Figura 5

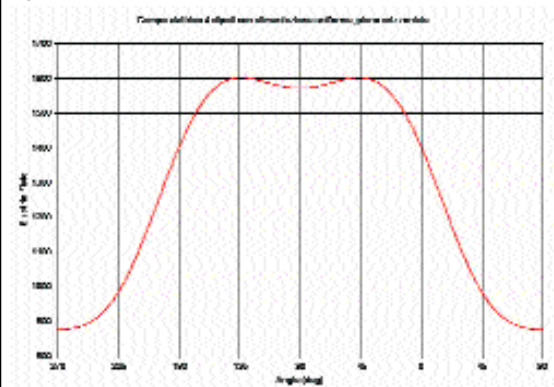
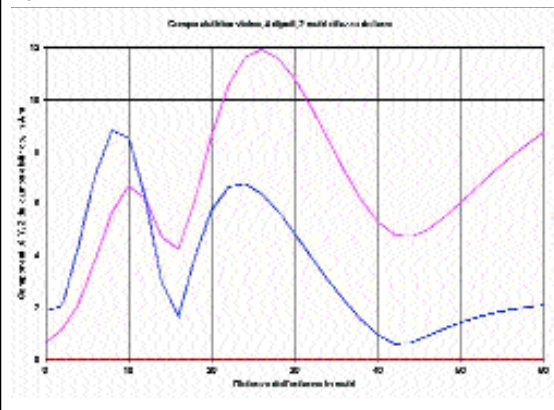
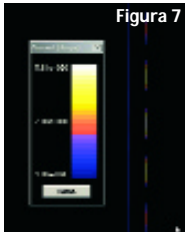


Figura 6



che va da 0 a 60 metri. Un metodo efficace e relativamente semplice per attenuare i lobi secondari è progettare una schiera non uniforme, ovvero con alimentazione (intesa, in genere, in termini di corrente) dei singoli elementi radianti che segue un

certo "tapering", ovvero una riduzione di entità che va dal centro verso gli elementi periferici. Esistono criteri precisi di sintesi che, partendo dal diagramma di irradiazione del fattore di schiera, consentono di ottenere un diagramma di



radiazione con lobi secondari del tutto assenti o fortemente attenuati. Un possibile criterio è quello della schiera "binomiale", in cui, se la spaziatura tra gli elementi è pari a mezza lunghezza d'onda, i lobi secondari sono del tutto eliminati. Lo svantaggio è una certa riduzione del guadagno nella direzione di massima radiazione (ed un allargamento del lobo principale sul piano verticale). Un altro possibile criterio è quello della schiera "triangolare", in cui l'ampiezza delle alimentazioni segue un andamento, per l'appunto, triangolare, decrescente linearmente dall'elemento centrale a quelli di bordo. La sintesi, dal punto di vista matematico, si ottiene elevando al quadrato la funzione di radiazione del fattore di schiera: si passa da una funzione del tipo (sistema a 4 elementi):

$$A(\alpha) = 1 + \alpha + \alpha^2 + \alpha^3$$

ad una funzione del tipo:

$$A(\alpha) = 1 + 2\alpha + 3\alpha^2 + 4\alpha^3 + 3\alpha^4 + 2\alpha^5 + \alpha^6$$

in cui i coefficienti di alimentazione

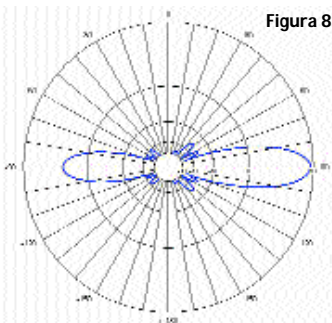


Figura 8

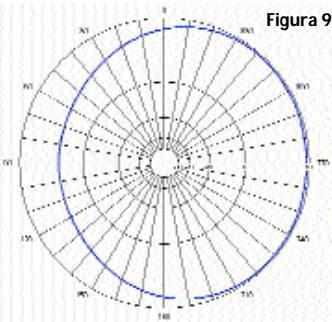


Figura 9

sono 1-2-3-4-3-2-1. Si può notare come il numero degli elementi sia passato da 4 a 7, e come si ottenga, con questo metodo, una schiera che ha sempre un numero dispari di elementi.

Analiticamente sarebbe già possibile verificare che, elevando al quadrato la funzione di radiazione che presenta lobi secondari di ampiezza pari a 0.21 volte (-13.5 dB) il lobo principale (cioè sarebbe vero, come valore limite, per schiere con un elevato numero di elementi), si passa ad una funzione di radiazione con lobi secondari di ampiezza elevata al quadrato, ovvero 0.045 volte (-27 dB) il lobo principale.

Certamente, passare da 4 a 7 elementi non è cosa indolore: difficilmente si dispone di spazio sufficiente per operare in tal senso. Ipotizziamo, allora, di adottare, a partire dalla nostra schiera uniforme a 4 elementi, una schiera triangolare "dei poveri" con 5 elementi, certamente meno onerosa dal punto di vista economico e più facilmente realizzabile. Manteniamo la stessa spaziatura tra gli elementi ed applichiamo una potenza di 677 W, 2112 W, 3431 W, 2112 W, 677 W ai dipoli.

In **fig.7** è visibile la distribuzione delle correnti, in **fig.8** e **fig.9** i diagrammi di radiazione rispettivamente sul piano verticale ed orizzontale, in **fig.10** e **fig.11** la distribuzione angolare di campo elettrico sul piano verticale ed orizzontale. Sono evidenti alcuni risultati:

- a) il diagramma di radiazione presenta lobi di radiazione secondari fortemente attenuati: si passa da 12.35 dB a 24.7 dB (attenuazione rispetto al lobo principale esattamente doppia)
- b) il guadagno nella direzione di massima radiazione passa da 9.18 a 9.66 dB, rimane cioè praticamente immutato a meno di un leggero incremento, e ci consente la riduzione del 10% della potenza in trasmissione per conservare il medesimo valore di campo a distanza (la somma delle potenze applicate ai dipoli era in realtà 9 KW, forse ve ne sarete già accorti.....)
- c) l'apertura del lobo principale sul piano verticale passa da 18 gradi a 17 gradi, rimanendo quindi

Figura 10

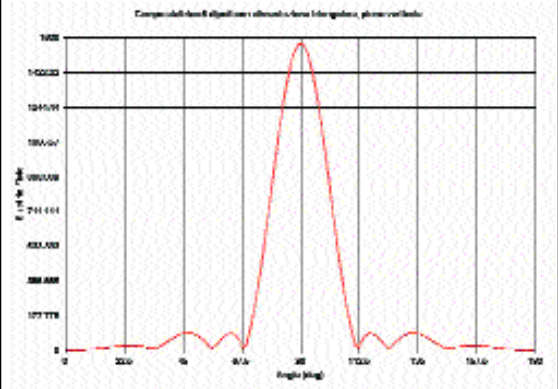


Figura 11

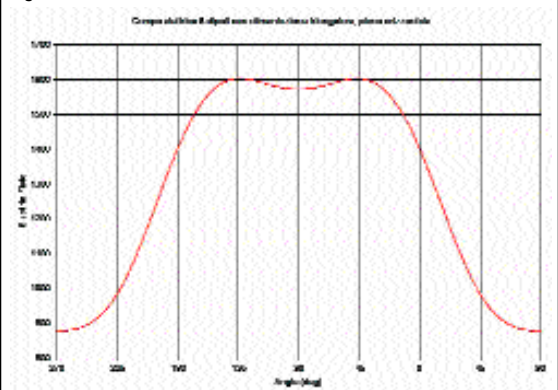
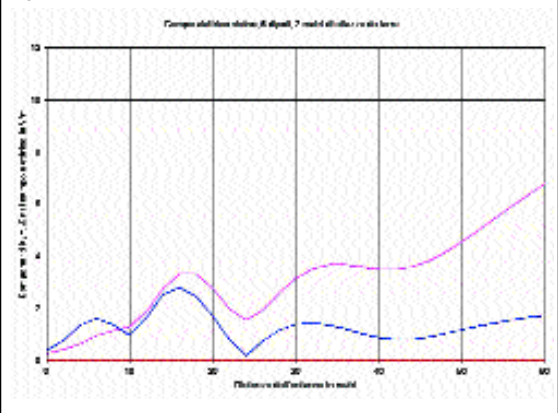


Figura 12



sostanzialmente immutata  
**d)** il diagramma di radiazione sul piano orizzontale non ha subito alcuna modifica  
 In **fig.12**, infine, si può notare il raggiungimento dell'obiettivo principale, che era quello di ridurre il valore di campo elettrico vicino al suolo nelle immediate vicinanze dell'antenna: il campo elettrico risulta notevolmente attenuato, passando da valori dell'ordine dei 12 V/m (raggiunto a 25 metri di distanza) a valori inferiori ai 4 V/m (per qualsiasi distanza inferiore ai 47 metri).

In conclusione, dobbiamo aggiungere, per amore della precisione, che nel progettare la schiera triangolare "dei poveri", ovvero a 5 elementi invece che a 7, abbiamo dovuto riaggiustare un po' la distribuzione delle alimentazioni dei dipoli che alla fine risulta non proprio triangolare, ma ulteriormente attenuata per gli elementi di bordo. Avremmo potuto giocare anche sul passo della schiera per ottenere il diagramma di radiazione ottimo, ma avremmo rischiato di appesantire troppo la trattazione.