

BANDA PASSANTE DEL DIPOLO SEMPLICE

L'ANGOLO
DEL TECNICO
TV

Continuiamo il nostro panorama sulle antenne occupandoci questa volta della banda passante del dipolo semplice, del diagramma direzionale delle antenne a dipolo e del fattore di direzionalità di un'antenna.

Nell'articolo che abbiamo pubblicato in precedenza, è già stato mostrato che il comportamento di un'antenna corrisponde fino a un certo punto con quello di un circuito serie consistente in una sorgente di tensione, una resistenza, un'autoinduttanza e una capacità.

Questo significa che si può tracciare una curva di risonanza anche per una antenna. Una curva di questo tipo, rappresentata in fig. 1 può essere misurata ponendo il dipolo in un campo elettromagnetico omogeneo, in cui la corrente resta costante, ma in cui la frequenza (e dunque anche la lunghezza d'onda) varia.

La tensione E_R è allora la tensione che è data dall'antenna a dipolo allo strumento di misura. Dalla fig. 1 si può vedere che questa tensione E_R è massima per la frequenza f_0 . Questa è la frequenza per la quale la lunghezza del dipolo è uguale alla metà della lunghezza d'onda del campo elettromagnetico indotto.

Dunque $l = 1/2 \lambda$.

Se la frequenza viene aumentata E_R diminuisce di valore, questo è anche il

caso di quando la frequenza diventa inferiore a f_0 .

Per definizione, la banda passante di un circuito (e dunque quella di un'antenna) è la differenza di frequenza per la quale la tensione E_R discende a 0,7 (3 dB) del valore massimo. La banda passante del dipolo la cui curva di risonanza è riportata in fig. 1, è dunque di $(f_2 - f_1)$ Hz.

Vediamo ora quale influenza può avere una barretta di diametro maggiore sulla banda passante del dipolo.

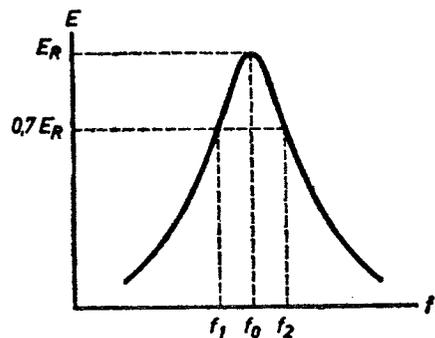


Fig. 1 - Diagramma della curva di risonanza di un'antenna.

Per poter spiegare il comportamento di un dipolo con barrette più grandi, si deve considerare una antenna come composta di un certo numero di barrette sottili montate in parallelo. La corrente che

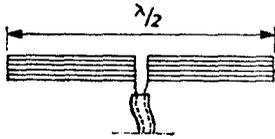


Fig. 2 - Esempio di antenna a dipolo in mezz'onda.

passa nella barretta più grossa si divide in questo caso nelle barrette sottili montate in parallelo. A titolo d'esempio, in fig. 2 abbiamo riportato un'antenna a dipolo il cui spessore è uguale a quello

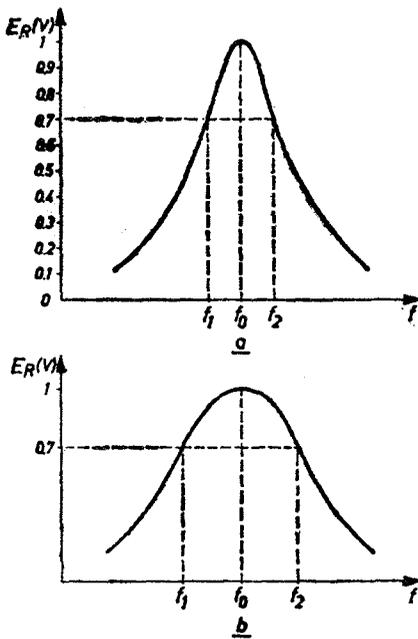


Fig. 3 - Curve di risonanza di antenna a dipolo in mezz'onda: a) con barrette sottili, b) con barrette più grosse.

di un'antenna a 5 barrette estremamente sottili. Ciò significa che l'autoinduttanza di questa barretta è 5 volte più bassa di quella di un'antenna a barrette sottili, perché essa può essere considerata co-

me 5 autoinduttanze montate in parallelo (quelle delle barrette sottili).

L'autoinduttanza dell'antenna a barrette grosse è in questo caso $L/5$ Henry (l'autoinduttanza di una barretta estremamente sottile è L Henry). La capacità dell'antenna a dipolo a barrette grosse è al contrario aumentata, perché essa è uguale alla somma delle capacità delle barrette sottili. In questo esempio, la capacità dell'antenna è dunque di $5C$ farad (la capacità di un dipolo a barrette sottili è C farad). Se X_L e X_C sono rispettivamente l'induttanza e la capacità dell'antenna a dipolo sottile ($X_L = 2\pi f L$ e $X_C = 1/2\pi f C$), queste reattanze si montano per l'antenna nel nostro esempio rispettivamente a $X_L/5$ e $X_C/5$.

Si può mostrare che la curva di risonanza di un montaggio serie che consiste in una autoinduttanza, una capacità e una resistenza è tanto maggiore quanto l'autoinduttanza è minore e la capacità maggiore. Si suppone sotto questo punto di vista che la frequenza di risonanza e la resistenza ohmica non varia più. Si capisce così che la banda passante, e dunque la larghezza di banda dell'antenna a dipolo, aumenta con il diametro della barretta. La curva di risonanza disegnata in fig. 3a si riferisce dunque a una antenna a dipolo a semionda a barrette sottili, mentre la curva di fig. 3b si riferisce a un dipolo a barrette grosse. Si deve notare ancora che la tensione E_R è la tensione ai capi dell'antenna ed è uguale a

$$E_R = E \times \frac{R_s}{\sqrt{R_s^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}}$$

dove

$$E = F \times h_{\text{eff}}$$

R_s = resistenza di irradiazione dell'antenna

L = autoinduttanza dell'antenna

C = capacità dell'antenna

$\omega = 2\pi f$, dove f è la frequenza secondo la quale varia l'intensità del campo elettromagnetico.

Nel caso d'impiego di barrette grosse, si produce ancora un altro fenomeno, dato che una corrente passa ugualmente dalle estremità di queste barrette (questo è valido anche per delle barrette cave, purché siano chiuse alle estremità,

Diagramma direzionale dell'antenna a dipolo

Per poter soddisfare all'esigenza « sensibilità massima per il segnale desiderato e insensibilità agli altri segnali » la

Il trasmettitore è allora accordato in modo tale che la lunghezza d'onda delle vibrazioni elettromagnetiche emesse sia doppia della lunghezza elettrica del dipolo ricevente. Se si fa girare questo dipolo attorno al suo asse verticale (l'an-

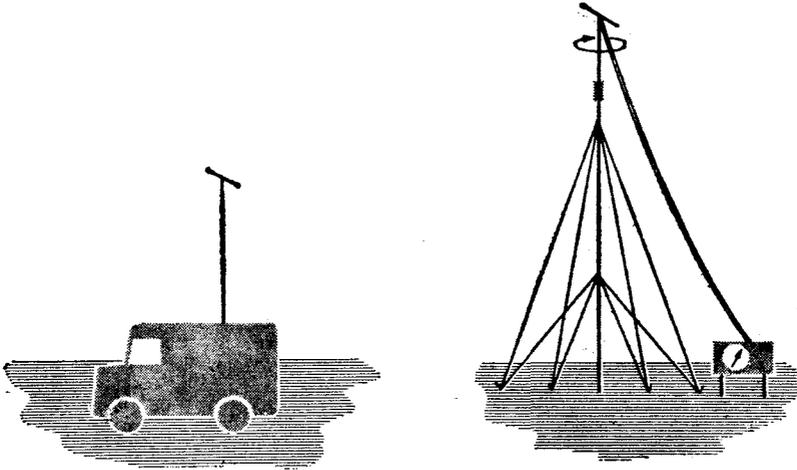


Fig. 5 - Metodo pratico per l'accoppiamento esatto delle antenne trasmittente e ricevente.

antenna deve possedere una certa sensibilità direzionale.

Questo implica anche che una vibrazione elettromagnetica proveniente da un'altra direzione rispetto al segnale desiderato, anche di lunghezza d'onda identica, deve indurre nell'antenna una tensione più bassa o nulla. Si studierà quindi il modo in cui l'antenna a dipolo reagisce ai segnali provenienti dalle diverse direzioni. Per questo, si mette nel campo libero una antenna a dipolo collegata a un generatore RF. L'antenna a dipolo esaminata è poi installata a qualche distanza dall'antenna trasmittente citata in precedenza a una altezza di 10-20 metri al di sopra del suolo, questo per poter effettuare la misura per quanto possibile in un campo elettromagnetico omogeneo, per ridurre al minimo certe complicazioni, come: assorbimento, riflessione ecc. All'antenna ricevente è collegato un apparecchio che indice la tensione indotta nell'antenna. Questa disposizione è rappresentata schematicamente in fig. 5.

TABELLA I

Angolo di rotazione in gradi	Deviazione dell'apparecchio di misura in graduazioni
0	56
30	50
60	28
90	0
120	28
150	50
180	56
210	50
240	28
270	0
300	28
330	50
360	56

tenna propriamente detta gira dunque in un piano orizzontale), si constata che la deviazione dell'apparecchio di misura dipende dalla posizione dell'antenna ricevente rispetto all'antenna trasmittente.

per esempio con dei tappi metallici). Di conseguenza la capacità di un dipolo a barrette grosse supera le indicazioni riportate sopra. Nell'esempio citato, la capacità non è più di 5 C farad. Di con-

La lunghezza meccanica di un dipolo è determinata moltiplicando la lunghezza elettrica ($\lambda/2$) per un certo coefficiente (chiamato k). Questo coefficiente k , che dipende tanto dal diametro della barretta

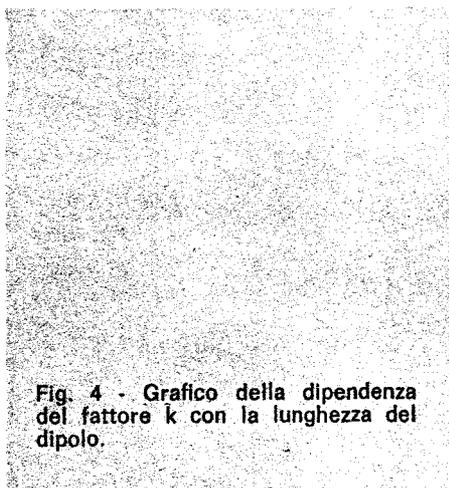
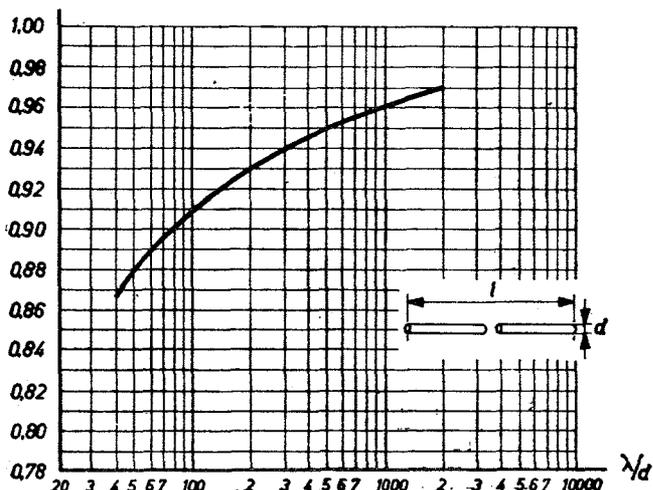


Fig. 4 - Grafico della dipendenza del fattore k con la lunghezza del dipolo.



seguenza X_L non è più uguale a X_C ma è ad essa superiore vale a dire che la frequenza del dipolo varia e, di conseguenza, la tensione che è fornita dall'antenna diminuisce, in quanto la lunghezza elettrica dell'antenna non è più uguale a $l = \lambda/2$.

Per compensare questo aumento di capacità, la lunghezza delle due barrette non è più uguale a $\lambda/4$ ma è leggermente più corta. Con un'antenna a dipolo, si fa anche una distinzione fra la lunghezza meccanica e la lunghezza elettrica. Fino ad ora, si è sempre trattato della lunghezza elettrica. Questo è esatto per un diametro delle barrette estremamente piccolo, perché in questo caso l'effetto è annullato alle estremità delle due barrette. Per delle barrette molto sottili, la lunghezza elettrica è uguale alla lunghezza meccanica, mentre la differenza fra le due aumenta con il diametro delle barrette, a condizione che la lunghezza meccanica sia inferiore alla lunghezza elettrica.

che dalla lunghezza d'onda delle onde da ricevere, è generalmente dato in funzione del quoziente λ/d . Nella fig. 4, questa funzione è rappresentata graficamente.

Esempio

Si domanda di determinare la lunghezza di una antenna a dipolo conveniente per la ricezione di una portante avente una frequenza di 100 MHz. Il diametro delle barrette dell'antenna è di 10 mm.

La lunghezza d'onda della portante da ricevere è di

$$\lambda = c/f = 300.000.000/100.000.000 = 3 \text{ metri}$$

La lunghezza elettrica dell'antenna è dunque $l = \lambda/2 = 1,5$ m.

$$\text{Il quoziente } \lambda/d = 3/0,010 = 300.$$

Ciò significa che il coefficiente k è uguale a 0,94 (vedere fig. 4). La lunghezza meccanica dell'antenna è data dunque dal prodotto del coefficiente k per la lunghezza elettrica e quindi si ha $0,94 \times 1,5 = 1,41$ m

Se le due antenne sono parallele, si constata che l'apparecchio di misura devia al massimo, vale a dire che la tensione indotta nel dipolo di ricezione è massima. La grandezza assoluta della tensione indotta, che dipende dunque dall'intensità di campo al posto dell'antenna rice-

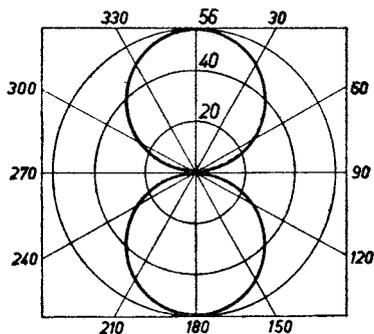


Fig. 6 - Diagramma direzionale di un'antenna.

vente e della altezza effettiva, non è più importante, perché questa tensione non deve essere confrontata che alla tensione che è indotta nell'antenna quando quest'ultima è girata rispetto all'antenna trasmittente. Supponiamo che lo strumento di misura indichi una tensione di 56 graduazioni per la posizione delle antenne menzionate in precedenza (antenna trasmittente e ricevente parallele). Se l'antenna ricevente gira verso destra di un angolo di 30°, si constata che l'apparecchio di misura indica ancora 50 graduazioni, cioè 6 di meno. Se si fa girare ancora una volta l'antenna di un angolo di 30° (l'antenna fa dunque un angolo di 60° rispetto alla posizione di uscita) l'apparecchio di misura non indica che 28 graduazioni. Agendo così, si avranno i risultati di misura riportati nella tabella 1.

I risultati di misura riportati nella tabella sono generalmente pubblicati dal fabbricante d'antenne sotto forma di un diagramma. Nella fig. 6 è rappresentato un diagramma di questo genere fatto con i risultati delle misure riportati nella tabella. Esso rappresenta dunque la sensibilità direzionale dell'antenna ed è chiamato diagramma direzionale.

Per i diversi tipi di dipoli semplici come quello studiato per il momento, si avrà che diversi valori della tensione fornita possono essere misurati, ma che

il rapporto reciproco di questi risultati di misura è sempre uguale, di modo che il diagramma direzionale ha sempre la stessa forma, quella di un otto.

In questa misura, si fa girare l'antenna sul piano orizzontale; è anche per questo

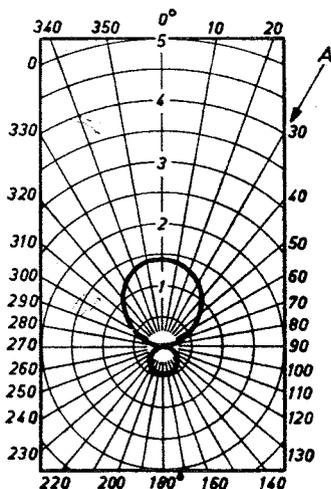


Fig. 7 - Diagramma direzionale di un'antenna con fattore di 0,795.

che si parla di diagramma direzionale orizzontale. Oltre a questa sensibilità, l'antenna a dipolo possiede una sensibilità direzionale verticale che può essere misurata facendo girare l'antenna ricevente nel piano verticale rispetto all'antenna trasmittente.

I costruttori di antenne pubblicano spesso, oltre al diagramma orizzontale, anche il diagramma verticale che può essere utilizzato in certi casi per la sospensione dei rumori parassiti.

Il fattore di direzionalità di un'antenna

Con questo termine si intende il rapporto fra la tensione fornita dall'antenna quando questa fa un angolo determinato e la tensione massima può essere fornita dall'antenna (vale a dire se i dipoli trasmittente e ricevente sono paralleli). Questo fattore è di 0.795 per una antenna il cui diagramma di direttività è rappresentato in fig. 7 per un segnale proveniente dalla direzione A.