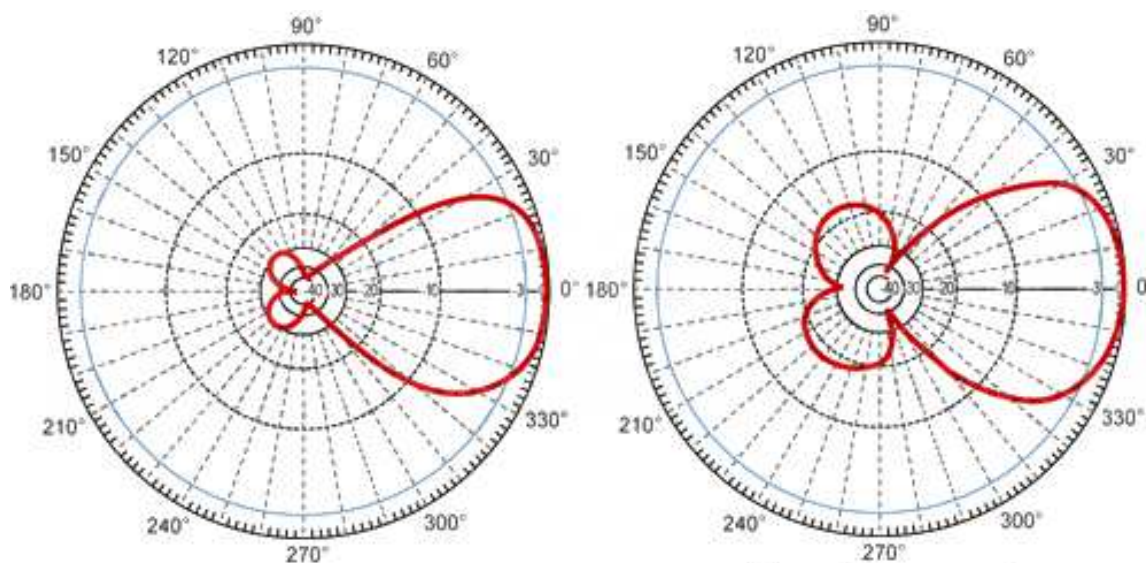


# Elettromagnetismo Applicato - 8/1/2019

1. In un cavo a basse perdite con  $Z_0 = 50 \Omega$  si propaga un'onda diretta sinusoidale con ampiezza di  $4 V$ . Si trovi la potenza dall'onda riflessa in corrispondenza del carico se (a)  $Z_L = (75 + j50) \Omega$ , (b)  $Z_L = 50 \Omega$  e (c)  $Z_L = 20 \Omega$ .
2. Utilizzando la carta di Smith si trovi (a) il coefficiente di riflessione corrispondente all'impedenza di carico normalizzata  $z_L = (2 - j2)$ . Se il valore di reattanza al punto (a) si ha per una linea che opera a  $1 GHz$ , si calcoli il nuovo valore della reattanza di carico e del coefficiente di riflessione quando la linea opera a (b)  $2 GHz$ , (c)  $5 GHz$  e (d)  $10 GHz$ .
3. Una linea di trasmissione senza perdite è lunga  $80 cm$  ed opera ad una frequenza di  $600 MHz$ . I parametri della linea sono  $L = 0.25 \mu H/m$  e  $C = 100 pF/m$ . Si trovi a) l'impedenza caratteristica  $Z_0$ , b) la costante di fase  $\beta$ , c) la velocità di fase  $v_p$  e d) l'impedenza di ingresso  $Z_i$  quando la linea è chiusa su un carico  $Z_L = 100 \Omega$ .
4. Una linea di trasmissione a  $50 \Omega$  è connessa ad una antenna parabolica di impedenza pari a  $35 - j25 \Omega$ . Si adatti la linea tramite un adattatore a  $\lambda/4$ .
5. Il satellite geostazionario *Eutelsat Hot-Bird 13B* orbita ad una quota di  $36000 km$  sul livello del mare e diffonde un segnale televisivo sull'Europa alla frequenza di  $12 GHz$ . Si calcoli il guadagno che deve avere l'antenna a terra per garantire la corretta decodifica del segnale televisivo con un tipico ricevitore domestico di sensitivity  $-50 dBm$ : (a) in Italia, dove la copertura satellitare garantisce EIRP pari a  $53 dBW$ ; (b) in Irlanda, dove l'EIRP dell'antenna trasmittente è  $48 dBW$  e deve essere considerata un'attenuazione atmosferica supplementare pari a  $3 dB$ .
6. Un satellite irradia una potenza di  $20 W$  da una distanza di  $37000 Km$  dalla terra con un'antenna che presenta un guadagno di  $15 dB$ . Si trovi (a) la densità di potenza del campo elettromagnetico sulla terra e (b) la potenza captata da una antenna con area efficace di  $8.5 m^2$ .
7. In figura sono riportati, sui due piani ortogonali, in scala logaritmica, i diagrammi di radiazione in intensità di una antenna d'apertura. Si determini l'HPBW dei due lobi e la direttività dell'antenna.



8. Un dipolo hertziano lungo  $7.5 cm$  lavora ad una frequenza di  $75 MHz$ . Si calcolino: (a) la sua area efficace; (b) la sua resistenza di radiazione; (c) la potenza emessa, nel caso sia alimentato con una corrente di  $5 A$ .

## Risposte

1. La potenza riflessa è data da:

$$P_a^r = -|\varrho|^2 \frac{|V_+|^2}{2Z_0} = -|\varrho|^2 P_a^d.$$

È necessario calcolare il coefficiente di riflessione al carico la cui espressione è:

$$\varrho_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{z_L - 1}{z_L + 1}.$$

Si ottiene:

(a)

$$\varrho_L = \frac{(1.5 + j) - 1}{(1.5 + j) + 1} = \frac{0.5 + j}{2.5 + j} = 0.31 + j0.28$$

e quindi  $|\varrho_L|^2 = 0.17$  da cui

$$P_a^r = -0.17 \frac{4^2}{2 \cdot 50} = -27 \text{ mW}.$$

(b)  $\varrho_L = 0$  e quindi  $P_a^r = 0$ .

(c)

$$\varrho_L = \frac{0.4 - 1}{0.4 + 1} = \frac{-0.6}{1.4} = -0.43$$

e quindi  $|\varrho_L|^2 = 0.18$  da cui

$$P_a^r = -0.18 \frac{4^2}{2 \cdot 50} = -29 \text{ mW}.$$

2. (a) In corrispondenza del carico  $z_L = 2 - j2$ , sulla carta si legge:  $\varrho = 0.62e^{-j29.7^\circ}$ .

Da  $z_L = r + jx = 2 - j2 = r - j/(\omega C)$ , e considerando  $\nu = 1 \text{ GHz}$  si ottiene  $C = 0.08 \text{ nF/m}$ .

Variando la frequenza, varia il solo termine  $jx = -j/(\omega C) = -j/(2\pi\nu C)$ :

(b) per  $\nu = 2 \text{ GHz}$  si ha  $x = -1/(2\pi\nu C) = -1$  e  $\rho = 0.45 e^{-j26^\circ}$ ;

(c) per  $\nu = 5 \text{ GHz}$  si ha  $x = -1/(2\pi\nu C) = -0.4$  e  $\rho = 0.35 e^{-j14^\circ}$ ;

(d) per  $\nu = 10 \text{ GHz}$  si ha  $x = -1/(2\pi\nu C) = -0.2$  e  $\rho = 0.34 e^{-j7^\circ}$ .

3. (a)  $Z_0 = \sqrt{L/C} = \sqrt{0.25 \cdot 10^{-6}/100 \cdot 10^{-12}} = 50 \Omega$ .

(b)  $\beta = \omega\sqrt{LC} = 2\pi 600 \cdot 10^6 \sqrt{0.25 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 10^{-12}} = 18.85 \text{ rad/m}$ .

(c)  $v_p = \omega/\beta = 2\pi 600 \cdot 10^6/18.85 = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

(d)

$$Z_i = Z_0 \frac{Z_L \cos \beta l + j Z_0 \sin \beta l}{Z_0 \cos \beta l + j Z_L \sin \beta l} = 50 \frac{100 \cos(18.85 \cdot 0.8) + j 50 \sin(18.85 \cdot 0.8)}{50 \cos(18.85 \cdot 0.8) + j 100 \sin(18.85 \cdot 0.8)} = (49 + j35) \Omega.$$

4. L'impedenza normalizzata vale  $z_L = (35 - j25)/50 = 0.7 - j0.5$ .

Con tale punto di carico, sulla carta di Smith si identificano subito le possibili soluzioni:

-  $d = 0.5 \lambda - 0.396 \lambda = 0.104 \lambda$  e  $Z'_0 = \sqrt{0.5 \cdot 50 \cdot 50} = 35.5 \Omega$ .

-  $d = 0.104 \lambda + 0.25 \lambda = 0.354 \lambda$  e  $Z'_0 = \sqrt{2 \cdot 50 \cdot 50} = 70.7 \Omega$ .

Inoltre

$$S = \frac{1 + |\varrho|}{1 - |\varrho|} = 1.98$$

da cui  $Z_{max} = Z_0 S = 99 \Omega$  e  $Z_{min} = Z_0/S = 25.25 \Omega$ .

5. Dalla formula di trasmissione di Friis:

$$G_r^{dB} = P_{R,min}^{dBW} - EIRP^{dBW} - 20 \text{ Log} \left( \frac{\lambda}{4\pi R} \right)$$

sostituendo i dati forniti e  $\lambda = (3 \cdot 10^8)/(12 \cdot 10^9) = 0.025 \text{ m}$  si trova:

$$G_r^{dB} = -80 \text{ dBW} - 53 \text{ dBW} + 205 \text{ dB} = 72 \text{ dB} \quad (a)$$

La risposta al secondo quesito si ottiene in maniera analoga, introducendo il termine di attenuazione supplementare:

$$G_r^{dB} = -80 \text{ dBW} - 48 \text{ dBW} + 205 \text{ dB} + 3 \text{ dB} = 80 \text{ dB} \quad (b)$$

6. a) Si può utilizzare la relazione:

$$S = \frac{P_T G_T}{4\pi R^2} = 0.037 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2.$$

b) La potenza intercettata dall'antenna si ottiene moltiplicando il valore trovato per la sua area efficace:

$$P = S \cdot A_{eff} = 0.31 \cdot 10^{-12} \text{ W}.$$

7. Dai diagrammi si ricavano i due seguenti valori di HPBW:  $\theta_1 = 46^\circ = 0.8 \text{ rad}$  e  $\theta_2 = 50^\circ = 0.87 \text{ rad}$  da cui:

$$D = \frac{4\pi}{\theta_1 \theta_2} = \frac{4\pi}{0.8 \cdot 0.87} = 18 = 12.57 \text{ dBi}.$$

8. Essendo nota la direttività del dipolo hertziano ( $D = 1.78 \text{ dB} = 1.5$ ), l'area efficace si ricava immediatamente una volta nota la lunghezza d'onda:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \cdot 10^8}{75 \cdot 10^6} = 4 \text{ m}$$

$$A_{eff} = \frac{\lambda^2 D}{4\pi} = \frac{4^2 \cdot 1.5}{4\pi} = 1.91 \text{ m}^2 \quad (a)$$

La resistenza di radiazione del dipolo corto vale:

$$R_{rad} = \frac{2\pi}{3} \eta_0 \left( \frac{l}{\lambda} \right)^2 = \frac{2\pi}{3} \cdot 377 \cdot (0.01875)^2 = 0.2775 \Omega \quad (b)$$

da cui è possibile ricavare la potenza irradiata:

$$P_{rad} = \frac{1}{2} R_{rad} I_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 0.2775 \cdot 5^2 = 3.47 \text{ W}. \quad (c)$$

Alternativamente si ha anche:

$$P_{rad} = \frac{\pi}{3} \eta \left( \frac{I_0 d}{\lambda} \right)^2 = \frac{\pi}{3} 377 \left( \frac{5 \cdot 0.075}{4} \right)^2 = 3.47 \text{ W}. \quad (c)$$