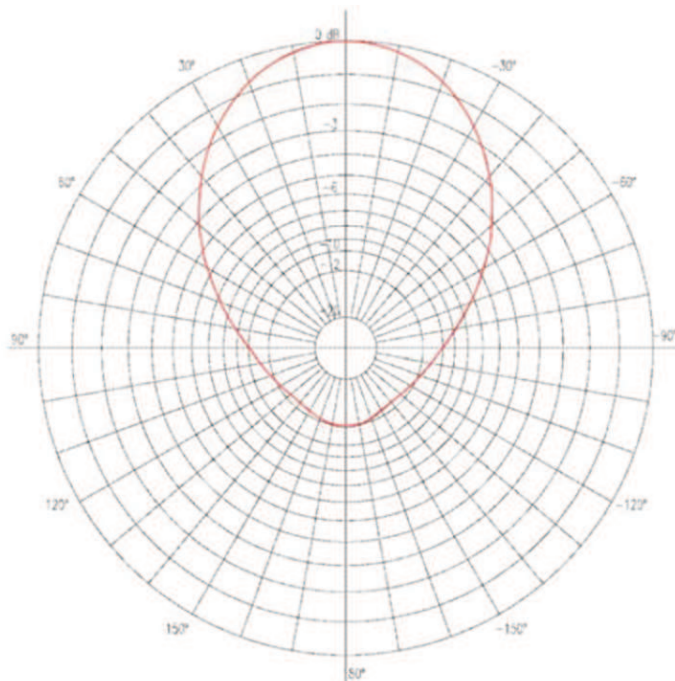


Elettromagnetismo Applicato

Prova scritta del 31 gennaio 2018

1. Un campo elettrico a $\nu = 100 \text{ MHz}$, si propaga in un mezzo con $\mu_r = 1$, $\epsilon_r = 8$ e la conducibilità $\sigma = 6 \text{ S/m}$. Si indichi (a) se il mezzo è un buon conduttore o un buon dielettrico e si determini il valore (b) della costante di attenuazione α , (c) della costante di fase β , (d) dell'impedenza intrinseca del mezzo.
2. Utilizzando la carta di Smith si trovi (a) l'impedenza di ingresso (b) il coefficiente di riflessione al carico e (c) il rapporto d'onda stazionaria di una linea senza perdite a $\nu = 2 \text{ GHz}$ con impedenza caratteristica $Z_0 = 50 \Omega$ lunga $l = 1.5 \text{ m}$ e chiusa su un carico $Z_L = 150 \Omega$.
3. Si trovino le possibili lunghezze di uno stub cortocircuitato in parallelo e le relative distanze dal carico per adattare una linea a 50Ω chiusa su un carico $Z_L = 20 - j55 \Omega$.
4. Si consideri una linea di trasmissione con $R_g = 300 \Omega$, $R_L = 50 \Omega$, $Z_0 = 100 \Omega$, $v_p = 200 \text{ m}/\mu\text{s}$, $L = 400 \text{ m}$, $V_g = 200 \text{ V}$. Si rappresentino il diagramma a rimbalzo per la tensione $V(z, t)$ e l'andamento della tensione nel tempo a fine linea tra 0 e $10 \mu\text{s}$.
5. Un'astronave in viaggio nello spazio spedisce dati verso la terra da una distanza $R = 1.6 \cdot 10^{11} \text{ m}$. L'antenna trasmittente ha un guadagno $G_T = 27 \text{ dB}$ e opera ad una frequenza $\nu = 2.3 \text{ GHz}$. La potenza del trasmettitore è 25 W . La stazione di terra lavora con una antenna parabolica avente diametro $d = 64 \text{ m}$ e rendimento $\delta = 0.55$. Se la temperatura di sistema della stazione di terra è pari a $T_{sys} = 290 \text{ K}$ e il canale trasmissivo occupa una banda di 3 GHz calcolare il rapporto segnale rumore SNR che si ha al ricevitore.
6. Un dipolo Hertziano lungo 5 cm lavora ad una frequenza di 150 MHz . Si calcolino (a) la sua area efficace, (b) la resistenza di radiazione e (c) la potenza emessa nel caso sia alimentato con una corrente di 15 A .
7. Un'antenna di un ponte radio trasmette $P_T = 150 \text{ W}$ avendo un HPBW sul piano orizzontale e su quello verticale rispettivamente di 45° e 30° . Si determini il suo EIRP ed ERP sapendo che il suo rendimento è $\delta = 0.8$.
8. Un'antenna parabolica che lavora a 150 MHz presenta il diagramma di radiazione in figura su entrambi i piani ortogonali di emissione. Se ne calcoli il diametro supponendo la sua efficienza d'apertura sia $\epsilon_{ap} = 0.7$.



Risposte

1. (a) Poichè si ha

$$R = \frac{\sigma}{\omega\varepsilon} = \frac{\sigma}{\omega\varepsilon_r\varepsilon_0} = \frac{6}{2\pi \cdot 10^8 \cdot 8 \cdot 10^{-9} / (36\pi)} = 135 \gg 1$$

il mezzo è un buon conduttore. (b) Di conseguenza la costante di attenuazione è data da:

$$\alpha = \frac{1}{\delta} = \sqrt{\frac{\omega\mu\sigma}{2}} = \sqrt{\frac{2\pi \cdot 10^8 (4\pi \cdot 10^{-7}) 6}{2}} = 15.5\pi \text{ Np/m};$$

(c) la costante di fase è uguale, $\beta \approx \alpha = 15.5\pi \text{ rad/m}$ mentre (d) l'impedenza intrinseca:

$$\eta_c = (1+j)\frac{\alpha}{\sigma} = (1+j)\frac{15.5\pi}{6} = (1+j)8.11 = 8.11e^{j\pi/4} \Omega.$$

2. (a), (c) L'impedenza di carico normalizzata vale $z_L = 150/50 = 3$. Il punto rappresentativo del carico giace sull'asse reale in corrispondenza della intersezione col cerchio $r = 3$ che rappresenta anche il valore del rapporto d'onda stazionaria $S = 3$. Dato che la linea è lunga un multiplo intero di lunghezze d'onda ($l = 10\lambda$) si ha $Z_i = Z_L$. (b) Sulla carta si misura $|\rho| = 0.5$ e fase nulla.

3. L'impedenza di carico normalizzata vale $z_L = Z_L/Z_0 = 0.4 - j1.1$ a cui corrisponde una ammettenza normalizzata di $0.3 + j0.8$.

Ruotando da tale punto, in senso orario con il modulo del coefficiente di riflessione costante, fino ad incontrare la circonferenza $g = 1$, si ottengono le distanze cercate: $d_1 = 0.186\lambda - 0.112\lambda = 0.074\lambda$ e $d_2 = 0.314\lambda - 0.112\lambda = 0.202\lambda$.

Per annullare le suscettanza residua bisogna scegliere uno stub lungo: $l_1 = 0.324\lambda - 0.25\lambda = 0.074\lambda$ oppure $l_2 = 0.186\lambda + 0.25\lambda = 0.436\lambda$

4. I dati del problema permettono di ottenere:

$$\rho_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{50 - 100}{50 + 100} = -\frac{1}{3};$$

$$\rho_g = \frac{Z_g - Z_0}{Z_g + Z_0} = \frac{300 - 100}{300 + 100} = \frac{1}{2};$$

$$T = \frac{L}{v_p} = \frac{400}{200 \cdot 10^6} = 2 \cdot 10^{-6} = 2 \mu s;$$

$$V_1^+ = \frac{V_g Z_0}{Z_g + Z_0} = \frac{200 \cdot 100}{300 + 100} = 50 \text{ V}.$$

Le onde dovute alle riflessioni successive sono di ampiezza $V_1^- = 50(-1/3) = -16.67 \text{ V}$, $V_2^+ = 50(-1/3)(1/2) = -8.33 \text{ V}$, $V_2^- = 50(-1/3)(1/2)(-1/3) = 2.78 \text{ V}$, $V_3^+ = 50(-1/3)(1/2)(-1/3)(1/2) = 1.39 \text{ V}$, $V_3^- = 50(-1/3)(1/2)(-1/3)(1/2)(-1/3) = -0.463 \text{ V}$ e così via.

Il diagramma della tensione è nullo fino a $t = 2 \mu s$, assume il valore di 33.34 V fino a $t = 6 \mu s$ e quello di 27.78 V sino a $10 \mu m$. Si lascia allo studente il disegno.

5. La lunghezza d'onda di lavoro vale $\lambda = 3 \times 10^8 / 2.3 \times 10^9 = 13 \text{ cm}$. Il rumore alla stazione di terra è

$$N = KT_{sys}B = 1.38 \times 10^{-23} \times 290 \times 3 \times 10^9 = 12 \times 10^{-12} \text{ W} = -109.2 \text{ dBW}.$$

Il guadagno dell'antenna ricevente è:

$$G_R = \delta D = \delta \frac{A_{eff} 4\pi}{\lambda^2} = 0.55 \frac{\pi(64/2)^2 4\pi}{0.13^2} = 1.3156 \times 10^6 = 61.19 \text{ dB}.$$

Dalla formula di Friis si ha poi:

$$P_R = \frac{P_T G_T G_R}{A_0} = \frac{25 \times 10^{2.7} \times 1.3156 \times 10^6}{(4\pi 1.6 \cdot 10^{11} / 0.13)^2} = 6.89 \times 10^{-17} \text{ W} = -161.6 \text{ dBW}.$$

Il rapporto segnale rumore è quindi

$$SNR = \frac{P_R}{N} = \frac{6.89 \times 10^{-17}}{12 \times 10^{-12}} = 5.75 \times 10^{-6} = -52.4 \text{ dB}$$

o anche $-161.6 - (-109.2) = -52.4 \text{ dB}$.

6. Dato

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{150 \times 10^6} = 2 \text{ m},$$

si ha:

$$A_{eff} = \frac{3}{8\pi} \lambda^2 = \frac{3}{8\pi} 2^2 = 0.48 \text{ m}^2;$$

$$R_{irr} = \frac{2}{3} \pi \eta \left(\frac{d}{\lambda}\right)^2 = \frac{2}{3} \pi \eta \left(\frac{0.05}{2}\right)^2 = 0.5 \Omega;$$

$$W_a = \frac{\eta \pi}{3} \left(\frac{d}{\lambda}\right)^2 I_0^2 = \frac{\eta \pi}{3} \left(\frac{0.05}{2}\right)^2 15^2 = 55.5 \text{ W}.$$

7. Vale:

$$D = \frac{4\pi}{(\pi/4)(\pi/6)} = 30.55 = 14.85 \text{ dBi} = 12.71 \text{ dBd}$$

da cui:

$$EIRP = P_T G_T = P_T D_T \delta_T = 150 \cdot 30.55 \cdot 0.8 = 3666 \text{ W} = 35.64 \text{ dBW}.$$

$$ERP = EIRP - 2.14 \text{ dBi} = 33.5 \text{ dBW}.$$

8. Dal diagramma si evince che l'HPBW è circa $84^\circ = 1.466 \text{ rad}$. La direttività può essere approssimata come:

$$D = \frac{4\pi}{HPBW_1 \cdot HPBW_2} = \frac{4\pi}{1.466 \cdot 1.466} = 5.8 = 7.6 \text{ dB},$$

da cui

$$A_{eff} = \frac{\lambda^2 D}{4\pi} = \frac{(3 \times 10^8 / 150 \times 10^6)^2 5.8}{4\pi} = 1.84.$$

L'area geometrica risulta quindi $A_{geom} = A_{eff} / \epsilon_{ap} = 2.57$ da cui il diametro $d = 1.84 \text{ m}$.