III appello - Febbraio 2014

Prova scritta

1. 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) $10\,GHz$. Si riportino sulla Carta di Smith i punti corrispondenti a quattro coefficienti di riflessione trovati.

2. In un cavo a basse perdite con $Z_0 = 50\,\Omega$ si propaga un'onda diretta sinusoidale con ampiezza di $2\,V$. Si trovi la potenza dall'onda riflessa in corrispondenza del carico se (a) $Z_L = (50+j50)\,\Omega$, (b) $Z_L = 50\,\Omega$ e (c) $Z_L = 30\,\Omega$.

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 β, 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 $35-j47,5\,\Omega$. Si trovino le possibili lunghezze e posizioni di uno stub cortocircuitato in parallelo necessario per adattare la linea.

5. Sia dato un collegamento tra due antenne operante a $3\,GHz$ e soggetto ad una attenuazione supplementare di $20\,dB$. L'antenna trasmittente è una parabola di diametro pari a $50\,cm$ con efficienza dell'apertura pari a 0.85, mentre l'antenna ricevente ha un guadagno pari a $10\,dB$, sensibilità di $-40\,dBm$ e lungo la direzione di allineamento il suo diagramma di radiazione raggiunge un valore pari al $63\,\%$ del valore massimo. Si determini la minima potenza che si deve trasmettere se le due antenne sono distanti $R = 5\,km$.

6. Un sistema radar operante alla frequenza di $5\,GHz$ emette una potenza pari a $40\,dBW$. L'antenna del radar è un paraboloide con efficienza di apertura dell'80% e rendimento unitario. (a) Calcolare il diametro minimo per rilevare un oggetto con sezione radar equivalente pari a $1\,m^2$, alla distanza di $10\,km$, nell'ipotesi che la sensibilità del ricevitore sia pari a $-90\,dBW$. (b) Usando questo risultato, calcolare a che distanza è possibile rilevare un oggetto avente una sezione radar pari a $3\,m^2$.

7. Un'antenna parabolica ha il diametro $d = 50\,cm$ e l'efficienza dell'apertura $\varepsilon_{ap} = 0.75$ a $\nu = 3\,GHz$. Si determini la sua direttività in dBi e dBd. Supponendo il diagramma di radiazione simmetrico rispetto all'asse dell'antenna, si dia un valore per gli angoli HPBW θ_1 e θ_2.

8. Data una schiera lineare uniforme di tipo broadside costituita da 8 elementi e operante a $300\,MHz$, si indichi, nel caso di progetto ottimo, (a) la spaziatura tra i dipoli e (b) l'ampiezza Δu e $\Delta\psi$ del lobo principale del fattore di schiera.

Risposte

1. (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 $\nu = 1GHz$ si ottiene $C = 0.08\,nF/m$.
Variando la frequenza, varia il solo termine $jx = -j/(\omega C) = -j/(2\pi\nu C)$:
(b) per $\nu = 2\,GHz$ si ha $x = -1/(2\pi\nu C) = -1$ e $\rho = 0.45\,e^{-j26^\circ}$;
(c) per $\nu = 5\,GHz$ si ha $x = -1/(2\pi\nu C) = -0.4$ e $\rho = 0.35\,e^{-j14^\circ}$;
(d) per $\nu = 10\,GHz$ si ha $x = -1/(2\pi\nu C) = -0.2$ e $\rho = 0.34\,e^{-j7^\circ}$.

2. La potenza riflessa è data da:
$$P_a^r = -|\varrho|^2 \frac{|V_+|^2}{2Z_0}.$$
È necessario calcolare il coefficiente di riflesssione 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)
$$\varrho_L = \frac{(1+j) - 1}{(1+j) + 1} = \frac{j}{2+j} = 0.2 + j0.4$$
e quindi $|\varrho_L|^2 = 0.2$ da cui
$$P_a^r = -0.2\frac{2^2}{2 \cdot 50} = -8\,mW.$$
(b) $\varrho_L = 0$ e quindi $P_a^r = 0$.
(c)
$$\varrho_L = \frac{0.6 - 1}{0.6 + 1} = \frac{-0.4}{1.6} = -0.25$$
e quindi $|\varrho_L|^2 = 0.0625$ da cui
$$P_a^r = -0.0625\frac{2^2}{2 \cdot 50} = -2.5\,mW.$$

3. (a) $Z_0 = \sqrt{L/C} = \sqrt{0.25 \cdot 10^{-6}/100 \cdot 10^{-12}} = 50\Omega$.
(b) $\beta = \omega\sqrt{LC} = 2\pi 600 \cdot 10^6 \sqrt{0.25 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 10^{-12}} = 18.85\,rad/m$.
(c) $v_p = \omega/\beta = 2\pi 600 \cdot 10^6/18.85 = 2 \cdot 10^8\,m/s$.
(d)
$$Z_i = Z_0\frac{Z_L cos\beta l + jZ_0 sin\beta l}{Z_0 cos\beta l + jZ_L sin\beta l} = 50\frac{100cos(18.85 \cdot 0.8) + j50sin(18.85 \cdot 0.8)}{50cos(18.85 \cdot 0.8) + j100sin(18.85 \cdot 0.8)} = (49 + j35)\Omega.$$

4. Dai dati del problema si ha: $z_L = (35 - j47.5)/50 = 0.7 - j0.95$ e quindi $y_L = 1/(0.7 - j0.95) = 0.5 + j0.68$. Con tale punto di carico, sulla carta di Smith si identificano subito le possibili soluzioni:
- $d_1 = 0.168\,\lambda - 0.108\,\lambda = 0.06\,\lambda$ e $l_1 = 0.362\,\lambda - 0.25\,\lambda = 0.112\,\lambda$.
- $d_2 = 0.332\,\lambda - 0.108\,\lambda = 0.224\,\lambda$ e $l_2 = 0.25\,\lambda + 0.138\,\lambda = 0.388\,\lambda$.

5. Si applici la formula di Friis:
$$P_R = P_T G_T G_R \frac{1}{A_0 A_S} i_T i_R\,.$$

Sono direttamente noti i dati seguenti:

$$\begin{aligned} P_R &= -40\,dBm = 10^{-4}\,mW = 10^{-7}\,W, \\ G_R &= 10\,dB = 10\,, \\ A_S &= 20\,dB = 100. \end{aligned}$$

Per calcolare l'attenuazione isotropica si consideri che $\lambda = c/\nu = 0.1\,m$ e quindi:

$$A_0 = (\frac{4\pi R}{\lambda})^2 = (\frac{4\pi\ 5 \cdot 10^3}{0.1})^2 = 3.95\,10^{11} = 115.9\,dB.$$

Assumendo il rendimento δ_T dell'antenna trasmittente unitario, si ha:

$$G_T = D_T\,\delta_T = D_T = A_{geom}\epsilon_{ap}\frac{4\pi}{\lambda^2} = 0.2 \cdot 0.85\,\frac{4\pi}{0.1^2} = 209.73 = 23.2\,dB.$$

Pertanto:

$$P_T = \frac{P_R A_0 A_S}{G_T G_R i_T i_R} = \frac{10^{-7}\,3.95 \cdot 10^{11} \cdot 100}{209.73 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 0.63} = 3\,kW = 34.7\,dBW.$$

Preferendo lavorare direttamente in dB si ha:

$$P_T[dBm] = P_R[dBm] + A_0[dB] + A_S[dB] - G_T[dB] - G_R[dB] - i_T[dB] - i_R[dB]$$

$$P_T = -40 + 115.9 + 20 - 23.2 - 10 - 0 + 2 = 64.7\,dBm = 34.7\,dB = 3\,kW.$$

6. Utilizzando la formula del radar si ottiene: (a) $3.27\,m$; (b) $13.159\,km$.

7. Ricordando la relazione

$$\frac{A_{eff}}{D} = \frac{\lambda^2}{4\pi},$$

si ha:

$$D = \frac{A_{eff}\,4\pi}{\lambda^2}$$

da cui

$$D = \frac{\pi(d/2)^2\varepsilon_{ap}\,4\pi}{\lambda^2} = \frac{\pi 0.25^2 \cdot 0.75 \cdot 4\pi}{(3\times10^8/3\times10^9)^2} = 185 = 22.67\,dBi.$$

Infine

$$D_{dBd} = D_{dBi} - 2.14\,dBi = 22.67\,dBi - 2.14\,dBi = 20.53\,dBd.$$

Utilizzando la relazione:

$$D = \frac{4\pi}{\theta_1\theta_2}$$

si ottiene

$$\theta_1\theta_2 = 4\pi/D = 4\pi/185 = 0.068$$

da cui $\theta_1 = \theta_2 = 0.26\,rad = 15°$.

8. (a) La spaziatura tra gli elementi di una schiera broadside nel caso di progetto ottimo è data da $l = \lambda/2$. Pertanto:

$$l = \frac{3\times10^8}{2\cdot300\times10^6} = 0.5\,m.$$

(b) Il lobo principale del fattore di schiera è compreso tra $u = -\pi/8$ e $u = \pi/8$ e presenta pertanto un'ampiezza di $\Delta u = \pi/4 = 45°$. Essendo $u = (\pi l/\lambda)\,cos\psi$ si ha $\Delta\psi = 2\,arcsin(2/N) = 2\,arcsin(2/8) = 30°$.