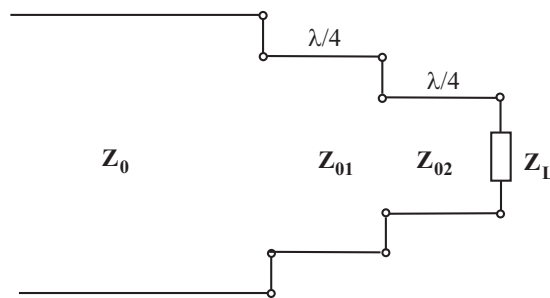


## II appello - Febbraio 2014

### Prova scritta

1. Il campo elettrico in un mezzo è dato da  $\vec{E} = 16 e^{-0.05x} \sin(2 \times 10^8 t - 2x) \hat{z} \text{ V/m}$ . Si trovi a) la costante di propagazione  $\gamma = \alpha + j\beta$ , b) la lunghezza d'onda, c) la velocità dell'onda, d) l'indice di rifrazione, e) il fasore campo magnetico.
2. Un'antenna, connessa ad una linea in aria e senza perdite a  $150 \Omega$ , produce un rapporto d'onda stazionaria  $S = 2.6$ . Se le misure sulla linea indicano che la distanza tra due massimi è pari a  $120 \text{ cm}$  e che il primo minimo di tensione è a  $100 \text{ cm}$  dal carico, si calcoli a) la frequenza di lavoro, b) l'impedenza di ingresso dell'antenna, c) il coefficiente di riflessione lungo la linea.
3. Una linea con  $Z_0 = 50 \Omega$  è connessa a due trasformatori a  $\lambda/4$  con impedenze caratteristiche  $Z_{01}$  e  $Z_{02}$  a loro volta chiusi su un carico  $Z_L = 75 \Omega$ , come riportato in figura. Determinare l'impedenza caratteristica  $Z_{01}$  che garantisce l'adattamento della linea se  $Z_{02} = 30 \Omega$ .



4. Si trovi l'ammettenza di ingresso di una linea a circuito aperto di impedenza caratteristica  $300 \Omega$  e lunghezza  $0.04 \lambda$ .
5. Un collegamento a microonde di  $16.09 \text{ km}$  a  $300 \text{ MHz}$  utilizza due parabole identiche con guadagno di  $30 \text{ dB}$ . La potenza dell'antenna trasmittente è di  $500 \text{ W}$ . Si calcoli la potenza ricevuta a) nel caso di massimo allineamento e b) nel caso in cui la direzione del collegamento coincida con gli estremi dell'HPBW per entrambe le antenne.
6. Un dipolo a mezz'onda irradia una potenza  $P = 36.54 I_0^2 \text{ W}$  si calcoli la sua resistenza di radiazione  $R_{irr}$ . Un semidipolo a quarto d'onda posto verticalmente su un piano conduttore, alimentato con la stessa corrente  $I_0$  che resistenza di radiazione presenta?
7. Le antenne di una schiera lineare uniforme sono spaziate di  $\lambda/4$  e alimentate con sfasamento  $\delta$ . Dato il fattore di schiera:

$$AF = \cos\left[\frac{1}{2}(KL \cos\theta + \delta)\right]$$

si trovino le direzioni di zero di  $AF$  quando a)  $\delta = 0$ , b)  $\delta = \pi/2$ , c)  $\delta = -\pi/2$ , d)  $\delta = \pi/4$ .

8. Una parabola con area efficace di  $9 \text{ m}^2$  irradia una potenza di  $5 \text{ kW}$  alla frequenza di  $3 \text{ GHz}$ . Se l'antenna presenta un rendimento dell'80% qual'è il suo EIRP e il suo ERP?

## Risposte

1. a)  $\gamma = (0.05 + j2) m^{-1}$ .  
 b)  $\lambda = 2\pi/\beta = 2\pi/2 = \pi m$ .  
 c)  $v_p = \omega/\beta = 10^8 m/s$ .  
 d)  $n = c/v_p = 3 \times 10^8/10^8 = 3$ .  
 e)  $\vec{H} = \frac{1}{\eta} \hat{i} \times \vec{E} = -\frac{3}{120\pi} 16 e^{-0.05x} e^{-j2x} \hat{j} A/m = -127 e^{-0.05x} e^{-j2x} \hat{j} mA/m$ .
2. a) Dal testo  $\lambda/2 = 120 cm$  ovvero  $\lambda = 240 cm$  e quindi  $\nu = c/\lambda = 125 MHz$ .  
 b) Per calcolare l'impedenza di carico si può ricorrere alla relazione

$$Z_L = Z_0 \frac{1 - jS \tan(\beta l_{min})}{S - j \tan(\beta l_{min})}$$

Essendo

$$\beta l_{min} = \frac{2\pi}{\lambda} l_{min} = \frac{2\pi}{240} 100 = 0.833\pi$$

si ha  $\tan(\beta l_{min}) \simeq -0.59$  e quindi

$$Z_L = 150 \frac{1 + j2.6 \cdot 0.59}{2.6 + j0.59} = 150 \frac{(1 + j1.5)(2.6 - j0.59)}{(2.6 + j0.59)(2.6 - j0.59)} = (73 + j70) \Omega$$

c) Il modulo del coefficiente di riflessione è:

$$|\rho| = \frac{S - 1}{S + 1} = \frac{2.6 - 1}{2.6 + 1} = 0.444$$

La fase del coefficiente di riflessione è invece:

$$\phi = -\pi - 2\beta l_{min} = -\pi - 2 \frac{2\pi}{240} (-100) = 0.666\pi = 120^\circ$$

e quindi

$$\rho_L = |\rho_L| e^{j\phi} = 0.444 e^{j120^\circ}$$

da cui

$$\rho = \rho_L e^{j2\beta l} = 0.444 e^{j0.666\pi} e^{j1.666\pi l}$$

Alternativamente, per risolvere l'esercizio utilizzando la carta di Smith, si traccia la circonferenza a modulo del coefficiente di riflessione costante,  $|\rho| = 0.444$  ottenuto da  $S$ , e si identifica l'intersezione con l'asse reale ove  $z = 0.38$ . Tale impedenza si trova ad una distanza  $l_{min} = 100/240 = 0.42 \lambda$  dal carico. Ruotando di tale quantità verso il carico si identifica  $z_L = 0.48 + j0.46$  da cui  $Z_L = (73 + j70) \Omega$ .

3. Il carico normalizzato vale  $z_L = 75/30 = 2.5$ . All'ingresso del trasformatore di impedenza  $Z_{02}$  viene visto come  $1/2.5 = 0.4$ , ovvero  $0.4 \cdot 30 = 12 \Omega$ . Per avere la linea adattata deve dunque essere  $Z_{01} = \sqrt{50 \cdot 12} = 24.5 \Omega$ .
4. Per una linea in circuito aperto si possono usare le relazioni  $Z_i = jZ_0 \cot \beta l$  o  $Y_i = j \tan \beta l / Z_0$  da cui si ricava  $Y_i = j0.867 mS$ . Alternativamente, utilizzando la carta di Smith delle ammettenze, ruotando in senso orario di  $0.04 \lambda$  dal punto di circuito aperto, si legge una suscettanza pari a  $0.26$  a cui corrisponde  $Y_i = j0.26/300 = j0.867 mS$ .

5. Si ha: a)

$$P_R = P_T G_T G_R \left( \frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 i_T i_R = 500 \cdot 1000^2 \left( \frac{3 \times 10^8 / 3 \times 10^8}{4\pi 16.09 \times 10^3} \right)^2 1 \cdot 1 = 12.23 \text{ mW}$$

ovvero  $P_R = 10.87 \text{ dBm} = -19.13 \text{ dBW}$ .

b)

$$P_R = P_T G_T G_R \left( \frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 i_T i_R = 500 \cdot 1000^2 \left( \frac{3 \times 10^8 / 3 \times 10^8}{4\pi 16.09 \times 10^3} \right)^2 0.5 \cdot 0.5 = 3.05 \text{ mW}$$

ovvero  $P_R = 4.85 \text{ dBm} = -25.15 \text{ dBW}$ .

6. Essendo  $P = (1/2)R_{irr}I_o^2$  si ha  $R_{irr} = 73.1 \Omega$ .

Per la presenza del piano conduttore la potenza irradiata dal semidipolo è la metà di quella che verrebbe irradiata dal dipolo intero e pertanto anche la sua resistenza di radiazione si dimezza:  $R_{irr} = 73.1/2 = 36.55 \Omega$ .

7. a) Con  $\delta = 0$  si ha  $AF = \cos((\pi/4) \cos \theta)$  e quindi il fattore di schiera non si può mai annullare.  
b) Con  $\delta = \pi/2$  si ha  $AF = \cos((\pi/4) \cos \theta + (\pi/4))$  che fornisce come unica soluzione  $\cos \theta = 1$  da cui  $\theta = 0$ .  
c) Con  $\delta = -\pi/2$  si ha  $AF = \cos((\pi/4) \cos \theta - (\pi/4))$  che fornisce come unica soluzione  $\cos \theta = -1$  da cui  $\theta = \pi$ .  
d) Con  $\delta = \pi/4$  si ha  $AF = \cos((\pi/4) \cos \theta + (\pi/8))$  che non si può mai annullare.

8. Applicando la

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

con  $\lambda = 3 \times 10^8 / 3 \times 10^9 = 0.1 \text{ m}$  si ottiene  $D = 11309$  da cui il guadagno  $G$ :

$$G = D\delta = 11309 \cdot 0.80 = 9047.2.$$

Si ha pertanto

$$EIRP = GP = 9047.2 \cdot 5 \times 10^3 = 45.236 \text{ MW} = 76.55 \text{ dBW}$$

$$ERP = EIRP - 2.14 = 74.41 \text{ dBW}$$