Onde Elettromagnetiche e Mezzi Trasmissivi 3 Marzo 2017

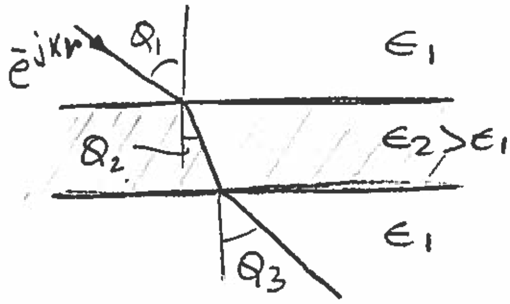
Domanda 1 (7 punti)

Si discuta la differenza tra un cavo coassiale e una linea bifilare (doppino telefonico) in termini di prestazioni e caratteristiche elettriche. In particolare, perché i due fili del doppino vengono intrecciati? Perché il periodo con cui sono intrecciati è diverso per coppie dello stesso cavo? Quale è il motivo per cui l'impedenza caratteristica dei cavi coassiali è in genere 50 ohm? Cosa possono provocare le piccole variazioni di impedenza caratteristica lungo la linea dovute a deformazioni o danneggiamenti del cavo? A cosa sono dovute le perdite? E che dipendenza hanno dalla frequenza? ....
Giustificare ogni affermazione.

Si vedano gli appunti alle lezioni sull'argomento.

Esercizio 2 (8 punti)

Si consideri una lastra dielettrica piana, senza perdite e di spessore D, e un'onda piana exp(-jkr) incidente su di essa con un angolo θ_1 come in figura. La frequenza è pari a 1GHz, k è il vettore d'onda e r è la direzione di propagazione. La lastra ha costante dielettrica ε_2 mentre il materiale che la circonda ha costante dielettrica $\varepsilon_1 < \varepsilon_2$.
Discutere le relazioni di continuità del campo elettrico all'interfaccia tra i due dielettrici ε_1 e ε_2.
Dimostrare che la relazione $\theta_1=\theta_3$ è valida per qualsiasi frequenza, polarizzazione e direzione dell'onda incidente.
Infine si verifichi se esista un valore di θ_1 per cui l'angolo θ_2 sia uguale o maggiore dell'angolo critico e quindi l'onda si può propagare guidata nella lastra.



legge di Snell:

sulla superficie inferiore

$$\sin\theta_3 = \frac{n_2}{n_1}\sin\theta_2 = \frac{n_2}{n_1}\sin\theta_2$$

$$\sin\theta_3 = \frac{n_2}{n_1}\cdot\frac{n_1}{n_2}\sin\theta_1 \rightarrow \theta_1 = \theta_3$$

non è possibile avere $\theta_2 \geq \theta_{critico} = \sin^{-1}\frac{n_1}{n_2}$

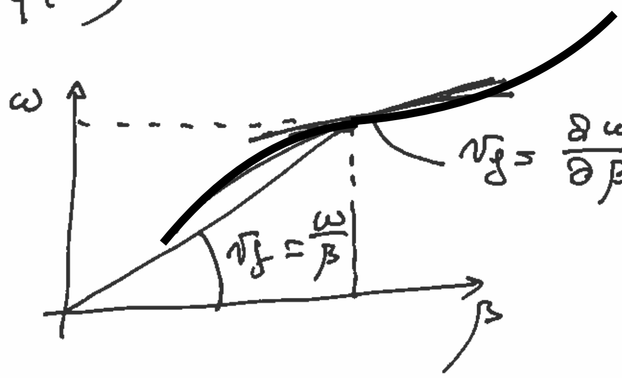
[Per dare più valore alla soluzione si potrebbe ricavare la legge di Snell e spiegare meglio perchè non è possibile avere teta_2>teta_c.]

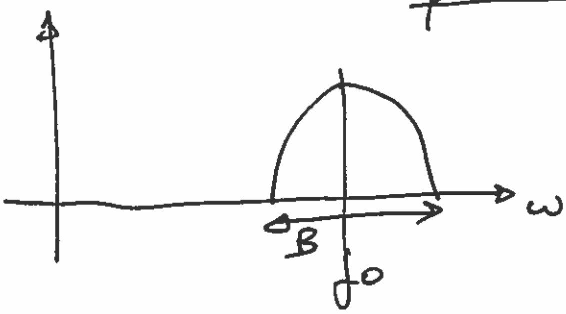
Domanda 3 (8 punti)

Spiegare quali sono le condizioni per cui un mezzo trasmissivo si può considerare non distorcente e perché. Disegnare il diagramma di dispersione ω–β e indicare chiaramente come ricavare la velocità di fase e di gruppo.
Si consideri un mezzo trasmissivo dispersivo caratterizzato da una costante di fase β(ω) e di lunghezza totale L. Calcolare il massimo ritardo relativo con cui arrivano a destinazione le componenti spettrali di un segnale di banda B centrato attorno alla frequenza f_0.

$$H(\omega) = H_0 \cdot e^{j\varphi(\omega)} \qquad \varphi(\omega) \text{ lineare in } \omega$$

$$\tau_g = -\frac{1}{2\pi}\frac{\partial}{\partial\omega}\varphi(\omega) = \text{costante}$$





Tempo di propagazione della componente a ω_1

$$T = \frac{L}{v_g(\omega_1)}$$

La differenza del tempo di arrivo tra le due frequenze agli estremi della banda:

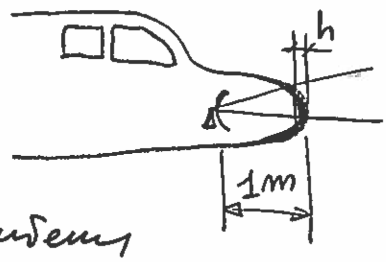
$$\Delta T = \frac{L}{v_g(f_0 - B/2)} - \frac{L}{v_g(f_0 + B/2)}$$

$$= L\left(\frac{1}{\left.\partial\omega/\partial\beta\right|_{f = f_0 - B/2}} - \frac{1}{\left.\frac{\partial\omega}{\partial\beta}\right|_{f = f_0 + B/2}}\right)$$

$$= L\frac{\partial}{\partial\omega}\left(\frac{\partial\beta}{\partial\omega_1} - \frac{\partial\beta}{\partial\omega_2}\right)\Delta\omega = L\frac{\partial^2\beta}{\partial\omega^2}B$$

Esercizio 4 (10 punti)

Un'antenna direttiva con guadagno G=13dB e operante a 6GHz è posta nella parte frontale di un aereo e coperta da una protezione detta muso o radome. La distanza tra l'antenna e il muso è pari a 1 metro.
Il materiale di protezione si può considerare un dielettrico senza perdite con costante dielettrica pari a 4. Il suo spessore per resistere alla pressione dell'aria deve essere almeno pari a 2 cm. Dimensionare lo spessore *h* del materiale del muso dell'aereo tale per cui la riflessione sia nulla.
Calcolare la direttività D sapendo che il rendimento dell'antenna è pari a 80% e quindi l'angolo solido di radiazione.
Infine calcolare l'intensità massima di campo elettrico incidente sul muso dell'aereo nel caso l'antenna trasmetta una potenza pari a 20 dBm.



Essendo $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\cdot 10^8}{6\cdot 10^9} = 5\text{ cm}$ l'antenna e il muso sono in campo lontano

Per non avere riflessione deve essere $\beta h = M\pi$ (M intero) ; $\beta = \frac{\omega}{c}\sqrt{\varepsilon_r}$

$$h = \frac{M\lambda}{2\sqrt{\varepsilon_r}} = M\cdot 1{,}25\text{ cm}$$

Visto che lo spessore minimo è 2 cm, scegliendo $M=2 \Rightarrow h = 2{,}5\text{ cm}$

$$D = G/\xi = \frac{20}{0{,}8} = 25 \rightarrow \Omega_p = 4\pi/D=0.5\text{sterad}$$

La massima densità di potenza irradiata alla distanza R è

$$S_{max} = \frac{P_t\cdot G}{4\pi R^2}$$ dove $R = 1\text{m}$, P_t = potenza trasmessa = 100 mW

$S = \frac{1}{2}E^2/\eta$ dove $\eta = 377\Omega\ (120\pi)$

quindi $$E = \sqrt{2S\eta} = \left[\frac{2\cdot P_t\cdot G\,\eta}{4\pi R^2}\right]^{1/2} = \left[\frac{2\cdot 20\cdot 0{,}1\cdot 120\pi}{4\pi\, 1^2}\right]^{1/2} = 11\text{ V/m}$$