INSTRUCCIONES GENERALES: Deben contestarse de forma razonada las preguntas indicadas más abajo. Se permite el uso de calculadora científica no programable, compás y regla. **Cualquier otro material está prohibido**.

Cuestiones

Q1. (1 punto) En internet se pueden ver vídeos que muestran un imán cayendo dentro de un tubo estrecho. El imán frena su velocidad sin tocar las paredes del tubo, de forma que parece que esté cayendo a través de un líquido viscoso. ¿A qué principio físico se debe este fenómeno? ¿Por qué se frena el imán y cae a velocidad constante? ¿De qué material tiene que estar hecho el tubo para que esto suceda? Razone las respuestas.

Q2. (1 punto) Defina qué es una transformación de norma y qué utilidad tiene.

Q3. (1 punto) ¿cual es el objetivo de realizar una adaptación en una línea de transmisión? Describa algún mecanismo para llevarla a cabo.

Q4. (1 punto) Discuta y justifique la veracidad de la siguiente afirmación: no existen antenas isotrópicas.

Ejercicios

E1. (3 puntos) Para alimentar una antena se utiliza una sección de guía de onda rectangular de dimensiones transversales $a \times b$ con $a > b$ y rellena de un material dieléctrico $\varepsilon = 9\varepsilon_o$. Por la guía se propaga el modo TE_{10} con un factor de seguridad del 20 %. El campo eléctrico máximo que puede soportar la guía es de 30,000 V/m. La potencia promedio que recibe la antena es de 1690 W. La frecuencia de trabajo es $f = 1$ GHz. La antena se supone acoplada a la guía. Determinar:

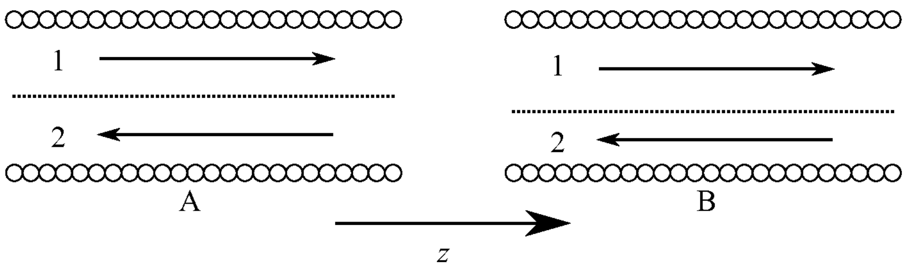
(a) La dimensión a de la guía.

(b) la constante de propagación en la guía.

(c) La impedancia de onda TE de la guía.

(d) Las expresiones fasoriales para el campo eléctrico y magnético, y la dimensión b de la guía a partir de la potencia promedio entregada a la antena.

E2. (3 puntos) En un solenoide inicialmente vacío, con una densidad de espiras n, se establece una corriente I. Bajo las premisas habituales de solenoide infinito, y aplicando el Teorema de Ampère, el campo en su interior es $\mathbf{H} = +nI\,\mathbf{u}_z$. A continuación, y manteniendo la corriente constante, introducimos un material ferromagnético que ocupa todo el volumen, v, del solenoide. El material está compuesto de dos dominios magnéticos cuya magnetización es paralela al eje del solenoide; también la frontera entre ambos dominios es paralela al eje (ver figura adjunta). En el dominio 1, $\mathbf{M}_1 = M_o\,\mathbf{u}_z$, y en el dominio 2, $\mathbf{M}_2 = -M_o\,\mathbf{u}_z$.



En la disposición A ambos dominios ocupan el mismo volumen. En la disposición B el dominio 1 ocupa el doble de volumen que el dominio 2.

(a) Aplicando correctamente las condiciones de frontera entre dos medios calcule los campos $\mathbf{H}$ y $\mathbf{B}$ en ambos dominios, tanto en la disposición A como en la disposición B.

(b) Calcule la energía magnética del conjunto tanto en la disposición A y como en la disposición B.

(c) Razone qué proceso es más probable que suceda: introducimos el material cuyos dominios están dispuestos según A y evoluciona a B. O bien lo contrario: introducimos la disposición B y evoluciona hasta A.

FORMULARIO

$$\varepsilon_o = 8{,}854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m} \quad ; \quad \mu_o = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$$

ECUACIONES DE MAXWELL

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho; \qquad \nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0; \qquad \nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$$

$$\nabla \mathbf{J} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$$

PROPAGACION LIBRE

$$\widehat{\mathbf{H}} = \frac{1}{Z}\hat{k} \times \widehat{\mathbf{E}} \quad ; \quad Z = \sqrt{\mu/\varepsilon} \quad ; \quad \varepsilon_c = \varepsilon' - j\frac{\sigma}{\omega} \quad ; \quad k = \omega\sqrt{\mu\varepsilon}$$

$$\alpha = \omega\left[\frac{\mu\varepsilon'}{2}\sqrt{1 + \left(\frac{\varepsilon''}{\varepsilon'}\right)^2} - 1\right]^{1/2} \quad ; \quad \beta = \omega\left[\frac{\mu\varepsilon'}{2}\sqrt{1 + \left(\frac{\varepsilon''}{\varepsilon'}\right)^2} + 1\right]^{1/2}$$

$$Z_c = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon'}}\left(1 - j\frac{\varepsilon''}{\varepsilon'}\right)^{-1/2} \quad ; \quad v_{ph} = \omega/\beta \quad ; \quad \lambda = 2\pi/\beta \quad ; \quad \langle S \rangle = \frac{1}{2}\Re\left[\widehat{\mathbf{E}} \times \widehat{\mathbf{H}}^*\right]$$

Si $\varepsilon''/\varepsilon' \gg 1 \Rightarrow \delta = 1/\alpha$; $Z_c = (1+j)\frac{\alpha}{\sigma}$

$$\Gamma = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad ; \quad \tau = 1 + \Gamma$$

PROPAGACIÓN GUIADA

$$\beta^2 = k^2 - k_c^2$$

$$\widehat{E}_x = \frac{-j}{k_c^2}\left[\beta\frac{\partial \widehat{E}_z}{\partial x} + \omega\mu\frac{\partial \widehat{H}_z}{\partial y}\right] \quad ; \quad \widehat{E}_y = \frac{j}{k_c^2}\left[-\beta\frac{\partial \widehat{E}_z}{\partial y} + \omega\mu\frac{\partial \widehat{H}_z}{\partial x}\right]$$

$$\widehat{H}_x = \frac{j}{k_c^2}\left[\omega\varepsilon\frac{\partial \widehat{E}_z}{\partial y} - \beta\frac{\partial \widehat{H}_z}{\partial x}\right] \quad ; \quad \widehat{H}_x = \frac{-j}{k_c^2}\left[\omega\varepsilon\frac{\partial \widehat{E}_z}{\partial x} + \beta\frac{\partial \widehat{H}_z}{\partial y}\right]$$

Líneas de transmisión

$$\widehat{V}(z) = V_o^+ e^{-j\kappa z} + V_o^- e^{j\kappa z}$$

$$Z(z) = \frac{\widehat{V}(z)}{\widehat{I}(z)}$$

$$\widehat{I}(z) = \frac{V_o^+}{Z_o} e^{-j\kappa z} - \frac{V_o^-}{Z_o} e^{j\kappa z}$$

Guías de ondas

$$\beta^2 = \omega^2\mu\varepsilon - \left[\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2\right]$$

Modos TE	Modos TM
$\widehat{H}_z = H_o \cos\left(\frac{m\pi x}{a}\right)\cos\left(\frac{n\pi y}{b}\right)e^{-j\beta z}$	$\widehat{E}_z = E_o \sin\left(\frac{m\pi x}{a}\right)\sin\left(\frac{n\pi y}{b}\right)e^{-j\beta z}$
$\widehat{E}_x = \frac{j\omega\mu}{k_c^2}\frac{n\pi}{b}H_o \cos\left(\frac{m\pi x}{a}\right)\sin\left(\frac{n\pi y}{b}\right)e^{-j\beta z}$	$\widehat{E}_x = \frac{-j\beta}{k_c^2}\frac{m\pi}{a}E_o \cos\left(\frac{m\pi x}{a}\right)\sin\left(\frac{n\pi y}{b}\right)e^{-j\beta z}$
$\widehat{E}_y = \frac{-j\omega\mu}{k_c^2}\frac{m\pi}{a}H_o \sin\left(\frac{m\pi x}{a}\right)\cos\left(\frac{n\pi y}{b}\right)e^{-j\beta z}$	$\widehat{E}_y = \frac{-j\beta}{k_c^2}\frac{n\pi}{b}E_o \sin\left(\frac{m\pi x}{a}\right)\cos\left(\frac{n\pi y}{b}\right)e^{-j\beta z}$
$\widehat{H}_x = -\widehat{E}_y/Z_{TE} \quad ; \quad \widehat{H}_y = \widehat{E}_x/Z_{TE}$	$\widehat{H}_x = -\widehat{E}_y/Z_{TM} \quad ; \quad \widehat{H}_y = \widehat{E}_x/Z_{TM}$
$Z_{TE} = Z\left[1-(f_c/f)^2\right]^{-1/2}$	$Z_{TM} = Z\left[1-(f_c/f)^2\right]^{1/2}$

$$\langle P\rangle_{TE} = \frac{1}{2}Z_{TE}\frac{\beta^2}{k_c^2}\int H_z H_z^* ds \quad ; \quad \langle P\rangle_{TM} = \frac{1}{2Z_{TM}}\frac{\beta^2}{k_c^2}\int E_z E_z^* ds$$

RADIACIÓN

$$D = 4\pi/\Omega_p \qquad ; \qquad A_e = P_{int}/S_i$$

Dipolo corto

$$\widehat{\mathbf{A}} = \frac{\mu_o}{4\pi}I_o l\frac{e^{-jkr}}{r}\mathbf{u}_z \quad ; \quad \widehat{E}_\theta = j\frac{Z_o}{4\pi}I_o lk\frac{e^{-jkr}}{r}\sin\theta \quad ; \quad \widehat{H}_\phi = \widehat{E}_\theta/Z_o$$

$$D = 1,5 \quad ; \quad A_e = 3\lambda^2/8\pi$$

Antena lineal

$$\widehat{E}_\theta = \frac{jZ_o I_o}{2\pi r}e^{-jkr}\left[\frac{\cos(kh\cos\theta)-\cos kh}{\operatorname{sen}\theta}\right] \quad ; \quad \widehat{H}_\varphi = \frac{\widehat{E}_\theta}{Z_o}$$

Factor de agrupación de radiadores verticales

$$f(\theta) = \frac{\operatorname{sen}(N\psi/2)}{\operatorname{sen}(\psi/2)} \quad ; \quad \psi = \delta + kd\cos\theta$$