

CAMPOS Y ONDAS (E0202) – 2023

ELECTROMAGNETISMO APLICADO (E1202) - 2023

TRABAJO PRÁCTICO Nº 12

LÍNEAS DE TRANSMISIÓN. RADIACIÓN. ANTENAS. GUÍAS DE ONDA.
CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS Y SALUD

PROBLEMA 1

Una línea coaxial muy larga está compuesta por dos cilindros concéntricos perfectamente conductores. El interior tiene un radio R_0 ; y el exterior, de espesor despreciable, tiene un radio R_1 . El dieléctrico aislante tiene permitividad relativa ϵ_r y permeabilidad relativa μ_r . Despreciando las pérdidas y el flujo interno de los conductores, obtener: (a) la impedancia característica Z_0 de la línea. (b) la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas en la línea.

PROBLEMA 2

Una cierta línea de transmisión opera a $\omega=10^6$ rad/seg, tiene una constante de propagación $\gamma= \alpha+ j\beta$, siendo $\alpha=0.921$ 1/m, y $\beta=1$ rad/m, longitud de la línea = 2m, impedancia característica $Z_0=60+j40$ Ohm, está conectada a una fuente $U=10$ e^{j0}, y a una impedancia de carga $Z_c=20+j50$ Ohm

Calcule: (a) la impedancia de entrada de la línea. (b) la corriente en el nodo emisor. (c) la corriente en la mitad de la línea (d) la corriente en la carga (e) Considere la impedancia de carga igual a la característica y calcule los mismos ítems anteriores, ítems (a) a (d).

PROBLEMA 3

Sea una línea de longitud = 100 m, impedancia característica $Z_0=50$ Ohm, velocidad de propagación=10⁸ m/seg, impedancia de carga 200 Ohm, impedancia de fuente 100 Ohm, y una fuente de continua que se conecta en $t=0$. Calcule la tensión y la corriente en el extremo de la carga y el generador para un intervalo de tiempo de $0 < t < 6\mu\text{seg}$.

PROBLEMA 4

Sea una antena de tipo dipolo elemental, construida con un conductor cilíndrico, y sea el eje de la antena el eje de dicho conductor. El dipolo se ubica en el origen de un sistema de coordenadas esféricas (r, θ, ϕ) , donde θ se mide desde el eje del dipolo, y ϕ desde un eje perpendicular al dipolo. Sea θ_{max} la dirección en la que, para una dada distancia $r=R$, el módulo del campo eléctrico es máximo. Entre qué valores de θ el módulo del vector campo eléctrico resulta mayor o igual a 0,5 veces el valor máximo correspondiente a θ_{max} .

PROBLEMA 5

Sea una antena corta, de longitud $l \ll \lambda$ con una distribución triangular de corriente de valor I_0 en el punto de alimentación. A partir de las expresiones en coordenadas esféricas de los campos \mathbf{E} y \mathbf{H} para el dipolo elemental, se pide: (a) Obtener las expresiones de \mathbf{E} y \mathbf{H} para un punto ubicado a una distancia r de la antena; (b) la longitud efectiva de la antena, indicando su significado físico; (c) obtener la potencia media emitida; (d) obtener la expresión de la resistencia de irradiación, e indique su significado físico; (e) indicar, en base a las expresiones obtenidas, un método para obtener la forma de los diagramas polares de radiación de la antena.

Referencia: H.H.Skilling, *Los Fundamentos de las Ondas Eléctricas*, pp.210-218; Ediciones Librería del Colegio, 1975.

PROBLEMA 6

Una nave espacial a una distancia de la Tierra de $3,8 \cdot 10^8$ m, transmite señales con una frecuencia $f = 2$ GHz, irradiando una potencia de 10 W en forma isotrópica. Encuentre: (a) el vector de Poynting medio en la Tierra; (b) el valor eficaz del campo eléctrico en la Tierra; (c) el tiempo que tarda la señal en llegar a la Tierra.

PROBLEMA 7

En un punto ubicado a 90° del eje de una antena en aire y a 2 km de la misma, se precisa una intensidad de campo magnético H de 5 $\mu\text{A/m}$. Sin considerar las pérdidas óhmicas, cuanta potencia debe transmitir la antena si se trata de:

- Un dipolo de Hertz de longitud igual a 1/25 de la longitud de onda.
- Un dipolo corto longitud igual a 1/5 de la longitud de onda (suponer distribución de corriente triangular).
- Un dipolo de media longitud de onda.

PROBLEMA 8

Una intensidad de campo E de $10 \mu\text{V/m}$, se medirá en un punto de observación a 90° del eje de la antena y a 500 km de un dipolo de media longitud de onda, que opera a 50 MHz.

- ¿Cuál es la longitud del dipolo en metros?
- ¿Cuál es la corriente con la que debe ser alimentada la antena?
- ¿Halle la potencia promedio irradiada por la antena.
- Si la antena se conecta a una línea de transmisión de impedancia característica $Z_0 = 75 \Omega$, y la antena tiene una impedancia de entrada de $Z_a = 73 + j42.5 \Omega$; determine la relación de onda estacionaria.

PROBLEMA 9

Sean dos placas planas infinitas, e infinitamente conductoras que guían dos frentes de ondas planas, cuyas direcciones forman un ángulo $2\theta = 120^\circ$; siendo el medio dieléctrico dentro de la guía el aire. **(a)** Calcular la velocidad de grupo. **(b)** Calcular la velocidad de fase.

PROBLEMA 10

Considere una guía de ondas rectangular, en la que se propaga una onda $\text{TE}_{1,0}$. **(a)** Dibujar las líneas de \mathbf{E} y \mathbf{H} . **(b)** Mostrar mediante flechas las direcciones de los vectores de Poynting instantáneos. **(c)** Indicar las direcciones instantáneas del flujo de corriente en todas las paredes de la guía. **(d)** ¿Dónde podrían cortarse ranuras en la guía, sin afectar su funcionamiento.

PROBLEMA 11

La caída de un rayo puede modelarse como un pulso de corriente de intensidad I_0 que, durante un tiempo muy corto (considerar 10 ms) incide sobre el suelo. Admitiendo que la corriente se distribuye por el suelo en todas las direcciones por igual y no se produce acumulación de carga en ningún punto. La conductividad del suelo es σ . Si $I_0 = 50 \text{ kA}$, $\sigma = 10^{-2} \text{ S/m}$ y $a = 10 \text{ m}$. **(a)** Si una persona toca un equipamiento con carcasa metálica puesta a tierra tal que la distancia de esta tierra al punto de impacto es " a ", ver Figura 1, calcular la **tensión de contacto** U_c a la que se verá sometido (ver definición de tensión de contacto). **(b)** Si dicho equipamiento es de gran tamaño y el punto donde una persona puede hacer contacto con la carcasa metálica está alejado de la puesta a tierra de dicho equipamiento a una distancia $c = 6 \text{ m}$, ver Figura 2, ¿cuál será la **tensión de contacto** U_c ? (Nota: Asuma que toda la carcasa metálica adquiere el mismo potencial, es decir el potencial del punto donde se conecta a tierra). **(c)** Calcular la **tensión de paso** U_p a la distancia del punto de impacto " a ", (Tensión de paso: es decir para una persona caminando con distancia entre ambos pies de $b = 1 \text{ m}$). **(d)** Si la persona en lugar de estar dando un paso, se encuentra parada (considerar distancia entre ambos pies $b = 0,2 \text{ m}$) ¿cuál será la diferencia de potencial entre ambos pies, a la que la persona se verá sometida, es mayor o menor a la **tensión de paso** U_p en dicho punto? **(e)** Calcular la corriente I_A por el cuerpo de las personas en las situaciones **a**, **b**, **c** y **d** considerando a la persona con y sin calzado para las cuatro situaciones, ver Figura 3. Comparar los valores de corriente por el cuerpo obtenidos con los correspondientes a la curva Corriente/tiempo, ver Figura 4. La resistencia de las piernas es de 250Ω cada una, la del brazo y torso 250Ω y la del calzado es de 2000Ω cada uno, ver Figura 5.

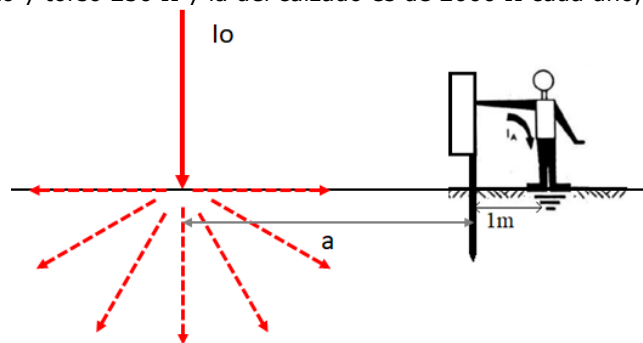


Figura 1

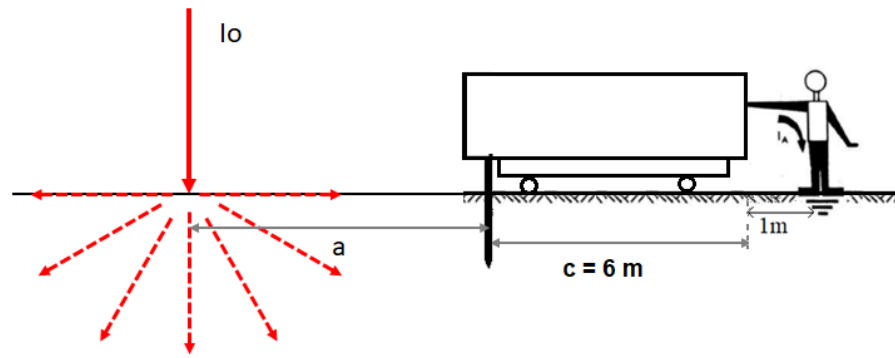


Figura 2

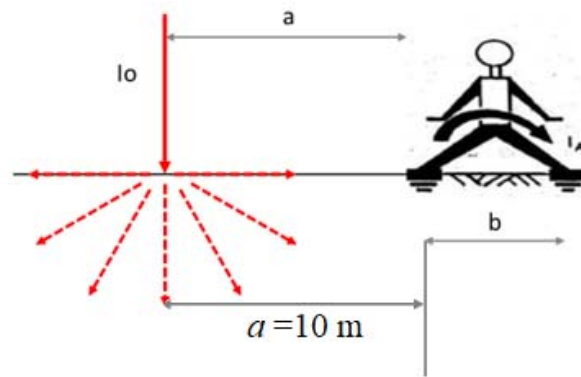


Figura 3

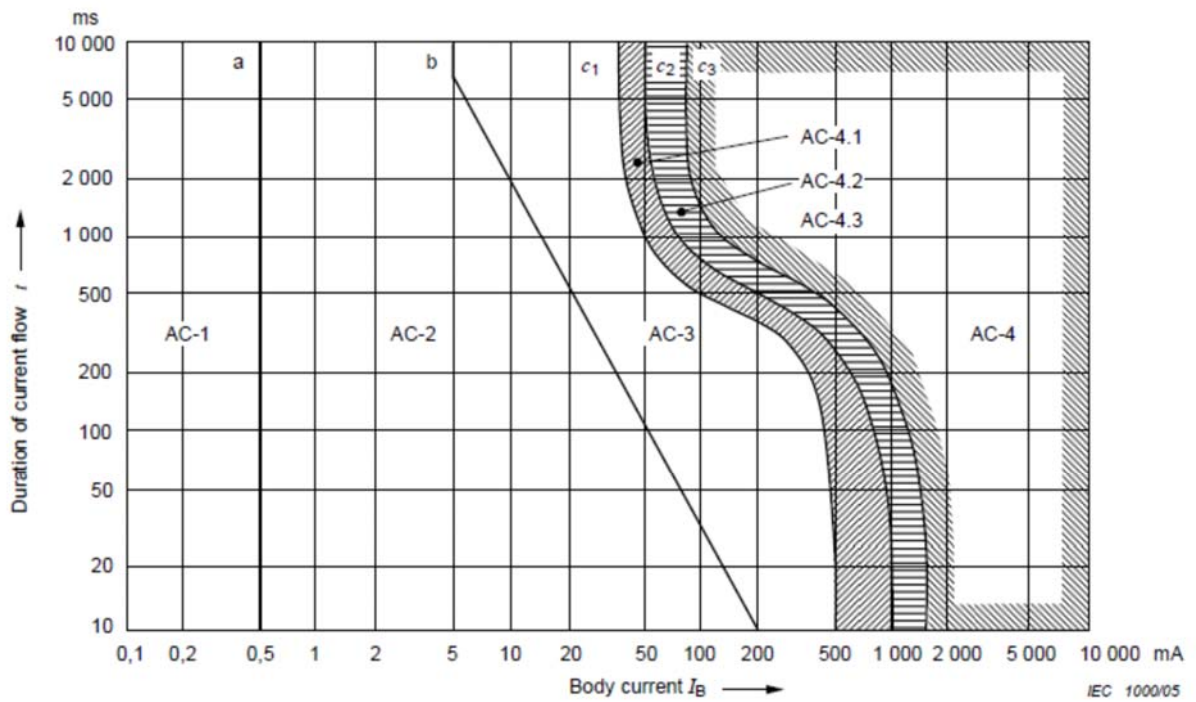


Figura 4

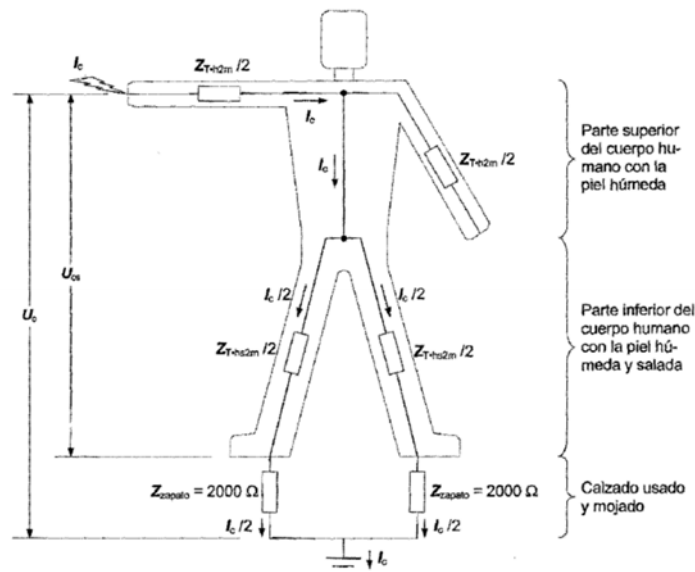


Figura 5

PROBLEMA 12

Se ha instalado en una población rural una antena de transmisión de telefonía móvil en la banda de 1900 MHz. La misma se ha ubicado a una altura de 30 metros del nivel del suelo. Se desea conocer cuáles son los valores máximos admisibles de exposición a la radiación de campos electromagnéticos recomendados por la normativa internacional ICNIRP 2020, para los vecinos que viven en los alrededores de la antena (no analizaremos la exposición para las condiciones de uso del teléfono). *(a)* Indicar los niveles de referencia según el tipo de exposición (ver tablas 5, 6 y 7 de ICNIRP 2020) *(b)* ¿A qué se llama efectos por exposición de corto término y a qué de largo término? *(c)* ¿Cuáles son los mecanismos de interacción entre los campos y el cuerpo, tanto para baja frecuencia como para radiofrecuencia? *(d)* ¿Qué diferencia conceptual hay entre "restricciones básicas" y "niveles de referencia"? *(e)* ¿Qué tipos de efectos predominan en baja frecuencia y cuáles en radiofrecuencia?

PREGUNTAS TEÓRICAS

- (a)* Dibuje las líneas de los campos **B** y **H** para una línea de transmisión bipolar, constituida por dos conductores cilíndricos de radio R_0 , separados por una distancia D , con una diferencia de potencial V entre ambos, por los que circula una corriente estacionaria I .
- (b)* Discuta la existencia de ondas TEM en guías de ondas huecas.
- (c)* Discuta las fuentes que preponderan en los campos eléctrico y magnético lejanos originados por una antena transmisora.