
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ANTENAS

1 de Julio de 2010

Duración: 60 minutos. Respuesta correcta: 1 punto, respuesta incorrecta: -1/3 puntos

CÓDIGO A

Publicación de las notas: 5 de julio

Revisión de exámen: 7 de julio

SOLUCIÓN: BDBAA ACBCD ABADA

- Un dipolo de 2 cm de longitud a la frecuencia de 300 MHz tiene una longitud efectiva máxima de
a) 2 cm b) 1 cm c) 1 m d) 1,5 m
- Una antena radia un campo $\vec{E} = E_0(j \cos \theta \hat{\theta} + \hat{\varphi})$. Indique cuál es el plano H de dicha antena:
a) Plano XZ
b) Plano YZ
c) Plano XY
d) No se pueden definir los plano E y H
- Junto a un dipolo de autoimpedancia $73 + j42\Omega$ se sitúa otro dipolo parásito de autoimpedancia $80 + j60\Omega$ para formar una antena Yagi. El parásito actúa como
a) director
b) reflector
c) ambas
d) no funcionará con esa impedancia
- La directividad de una agrupación broadside de $N=5$ elementos isótropos espaciados $d = \lambda/2$ y distribución de corriente binómica es
a) 5 dB b) 10 dB c) 12 dB d) 3 dB
- Una agrupación broadside cuyo polinomio es $z^2 + 1$, con $d = \lambda/2$, tiene una NLPS
a) 0 dB b) 2 dB c) 6 dB d) 8 dB
- Un dipolo se sitúa paralelo al suelo. Para favorecer su radiación en el plano H en la dirección 60° con respecto al suelo, la altura mínima sobre el suelo debe ser
a) $0,29\lambda$ b) $0,58\lambda$ c) $0,5\lambda$ d) λ
- Una bocina cónica óptima tiene una longitud L , y un radio de la apertura circular a . ¿En qué caso aumentará la directividad?
a) Al aumentar a
b) Al disminuir a
c) Al aumentar L
d) Al disminuir L

SOLUCIÓN

Cuestión 1 A 300 MHz la longitud de onda es:

$$\lambda = \frac{c_0}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{300 \cdot 10^6} = 1 \text{ m}$$

Por tanto un dipolo de $H=1$ cm es un dipolo corto ($H < \lambda/20=5$ cm). Y la longitud efectiva de un dipolo corto es igual a la mitad de su longitud, en este caso, 1 cm.

Cuestión 2 El plano H es el plano formado por la dirección de máxima radiación y la polarización del campo magnético en esa dirección. Primero averiguaremos cuál es la dirección de máxima radiación.

El diagrama de radiación de esta antena es:

$$t(\theta, \varphi) = \frac{|\vec{E}(\theta, \varphi)|^2}{|\vec{E}|_{\max}^2} = \frac{1 + \cos^2 \theta}{2}$$

Se puede observar que la dirección de máxima radiación es $\theta = 0$. En esa dirección el campo eléctrico es:

$$\vec{E}(\theta = 0) = E_0 (j\hat{\theta} + \hat{\varphi})$$

Por tanto la polarización del campo eléctrico (y por tanto también del campo magnético) en esa dirección es circular, lo que implica que no se puede definir el corte en el plano H del diagrama, puesto que sólo es posible cuando la polarización es lineal en la dirección de máxima radiación.

Cuestión 3 A la vista de la impedancia del dipolo parásito podemos deducir que es de mayor longitud que el dipolo activo. Por lo tanto el dipolo parásito actúa como reflector.

Cuestión 4 Una agrupación binómica de 5 elementos tiene el siguiente polinomio:

$$p(z) = \binom{4}{0}z^0 + \binom{4}{1}z^1 + \binom{4}{2}z^2 + \binom{4}{3}z^3 + \binom{4}{4}z^4$$
$$p(z) = 1 + 4z + 6z^2 + 4z^3 + z^4$$

Como los elementos de la agrupación están separados $\lambda/2$, la directividad se puede calcular de la siguiente forma:

$$D = \frac{\left| \sum_n a_n \right|^2}{\sum_n |a_n|^2} = \frac{(1 + 4 + 6 + 4 + 1)^2}{1^2 + 4^2 + 6^2 + 4^2 + 1^2} = 3,65 = 5,6 \text{ dB}$$

Cuestión 5 Una agrupación broadside ($\alpha = 0$) con $d = \lambda/2$ y polinomio $z^2 + 1$ tiene un factor de agrupación:

$$FA(\Psi) = e^{2j\Psi} + 1$$

como $\Psi = kd \cos \theta + \alpha = \pi \cos \theta$:

$$FA(\Psi) = e^{j2\pi \cos \theta} + 1$$

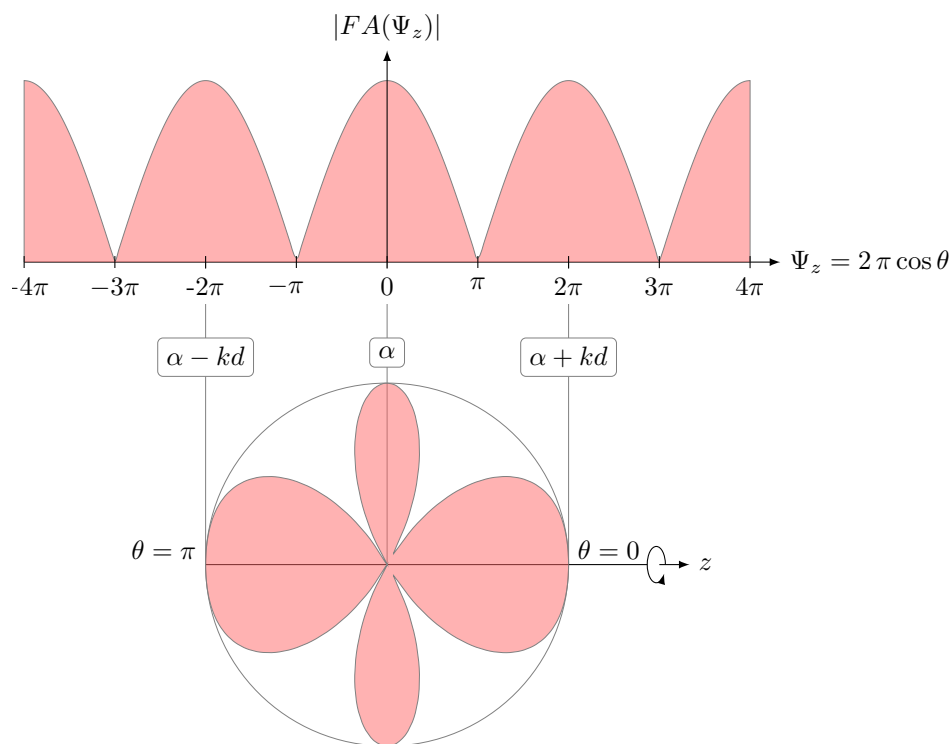
Y una agrupación broadside ($\alpha' = 0$) con $d' = \lambda$ y polinomio $z' + 1$ tendría un factor de agrupación:

$$FA(\Psi') = e^{2j\Psi'} + 1$$

como $\Psi' = kd' \cos \theta + \alpha' = 2\pi \cos \theta$:

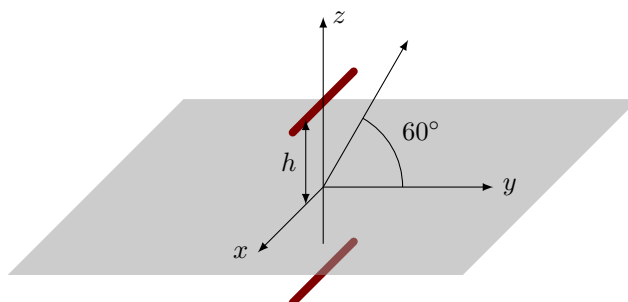
$$FA(\Psi) = e^{j2\pi \cos \theta} + 1$$

Es decir, que las dos agrupaciones son iguales. Y resulta más sencillo buscar el NLPS de la agrupación con polinomio $z' + 1$ que es una agrupación uniforme de 2 antenas. A continuación se muestra el diagrama de radiación de dicha agrupación.



Como se puede apreciar dentro del margen visible entra un lóbulo de difracción, y por tanto el NLPS es 0 dB.

Cuestión 6 En la siguiente figura se ilustra un dipolo situado paralelo a un suelo conductor:



En la figura se muestra tanto el dipolo como su imagen dentro del conductor. Dado el sistema de coordenadas elegido, se puede apreciar que la dirección de máxima radiación del dipolo (sin plano de suelo) es cualquier dirección del plano YZ . Y el campo magnético en ese plano está contenido en el plano YZ . Por tanto el plano H es el plano YZ . El dipolo está situado a una altura h sobre el suelo, de manera que el diagrama del dipolo (onmidireccional en el plano YZ), se verá modificado por el diagrama de radiación de la agrupación formada por el dipolo y su imagen. Y la altura h debe ser tal que el diagrama de la agrupación sea máximo en la dirección 60° (ver figura). El factor de agrupación será:

$$FA = e^{j k_z h} - e^{-j k_z h} = 2j \sin(k_z h) = 2j \sin(k h \cos \theta)$$

El factor de agrupación será máximo cuando:

$$|\sin(k h \cos \theta_m)| = 1 \rightarrow k h \cos \theta_m = \frac{\pi}{2} (2n + 1) \rightarrow h = \frac{\lambda}{4 \cos \theta_m} (2n + 1)$$

Teniendo en cuenta que $\theta_m = 30^\circ$:

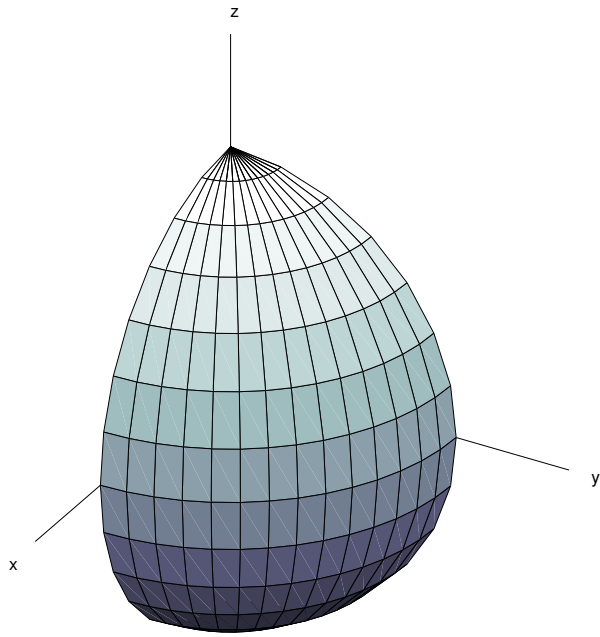
$$h = 0,29 \lambda (2n + 1)$$

Y tomando la altura h más pequeña posible ($n = 0$):

$$h = 0,29 \lambda$$

Cuestión 7 Como la bocina es óptima, la directividad es la máxima para la longitud actual de la bocina L . por tanto aumentar o disminuir a manteniendo L constante hará que disminuya la directividad. Por otro lado si mantenemos a pero aumentamos la longitud L de la bocina, el error de fase disminuirá, lo que hará que aumente la eficiencia de iluminación, todo ello manteniendo constante el área geométrica, por lo que al final la directividad aumentará.

Cuestión 8 Tal y como se muestra en la figura, el diagrama de radiación es constante en una cuarta parte del espacio. Por lo tanto en la dirección de máxima radiación la potencia radiada será 4 veces mayor que si la antena fuera isotrópica, y la directividad es 4.



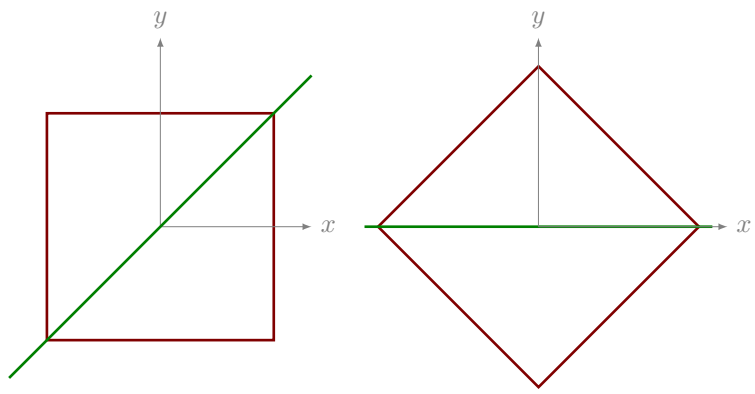
Matemáticamente:

$$D = \frac{4\pi}{\int_0^{2\pi} \int_0^\pi t(\theta, \varphi) \sin \theta \, d\theta d\varphi}$$

$$D = \frac{4\pi}{\int_0^{\pi/2} \int_0^\pi 1 \cdot \sin \theta \, d\theta d\varphi} = \frac{4\pi}{\frac{\pi}{2} \int_0^\pi \sin \theta \, d\theta} = \frac{8}{-\cos \theta \Big|_0^\pi} = 4$$

Cuestión 9 Queremos saber el NLPS del diagrama de la apertura cuadrada en el plano formado por la diagonal del cuadrado y la perpendicular a la apertura (ver figura).

Podemos girar los ejes x e y tal y como se muestra en la figura de la derecha de modo que lo que tenemos es una apertura uniforme con forma de rombo y queremos saber el NLPS del diagrama en el plano XZ . En este plano el diagrama de radiación será la transformada de Fourier de un pulso triangular, cuya NLPS es 26,4 dB.



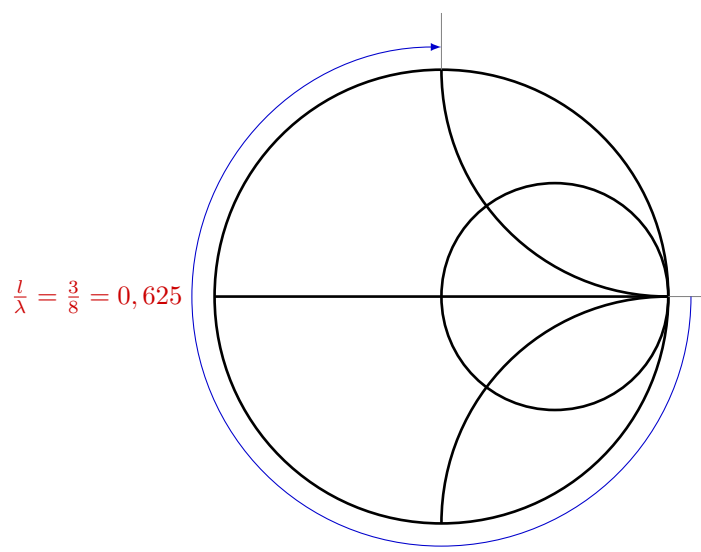
Cuestión 10 De entre las distribuciones de corriente, uniforme, triangular y binómica, la binómica es la que presenta un ancho de haz más ancho. Y de todas las opciones la distribución 1:4:7:4:1, es la que se parece más a la binómica.

Cuestión 11 En un dipolo la reactancia de entrada es muy parecida a la de una línea de transmisión de longitud H terminada en circuito abierto:

$$X_a \simeq X_{LT} = -jZ_0 \cotg(kH) = -jZ_0 \cotg\left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{3\lambda}{8}\right) = -jZ_0 \cotg\left(\frac{6\pi}{8}\right) = jZ_0$$

Por tanto la reactancia es positiva y el dipolo es inductivo.

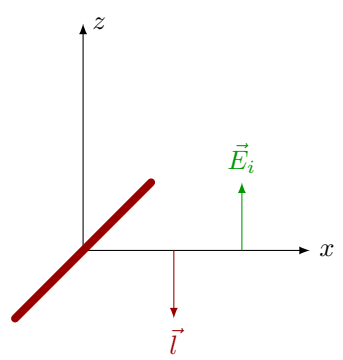
En lugar de utilizar la fórmula de la reactancia de la línea de transmisión se puede utilizar la Carta de Smith, tal y como se muestra en la figura, en la que se parte del circuito abierto y se desplaza $\frac{3}{8} \lambda$ hacia generador por un círculo de módulo de ρ constante hasta llegar a la reactancia de entrada, que es positiva.



Cuestión 12 Cuando una bocina plano H es óptima el parámetro t vale 0,375. Como actualmente el parámetro t vale 0,25, eso quiere decir que para hacer que la bocina sea óptima el error de fase debe aumentar. Eso lo podemos conseguir o bien reduciendo la longitud L de la bocina manteniendo la anchura a de la boca, o bien aumentando a y manteniendo L constante.

Cuestión 13 La onda incidente llega por el eje x con polarización lineal según \hat{z} . El dipolo receptor está orientado según $\hat{x} + \hat{z}$, lo que quiere decir que su longitud efectiva en la dirección del eje \hat{z} es $\vec{l} = A\hat{z}$ (ver figura). Por tanto el coeficiente de desacoplo de polarización será:

$$C_p = \frac{|\vec{E}_i \cdot \vec{l}|}{|\vec{E}_i|^2 \cdot |\vec{l}|^2} = \frac{|2j\hat{z} \cdot A\hat{z}|^2}{4 \cdot A^2} = 1 = 0 \text{ dB}$$



Cuestión 14 Todas las respuestas son correctas.

Cuestión 15 Si queremos que el máximo de la agrupación apunte en una dirección desviada 5° respecto de la dirección broadside (es decir, $\theta_m=85^\circ$ ó $\theta_m=95^\circ$), se debe cumplir que:

$$0 = k d \cos \theta_m + \alpha \rightarrow \alpha = -k d \cos \theta_m = -\frac{2\pi}{\lambda} \frac{\lambda}{2} \cos \theta_m = -\pi \cos \theta_m = -15^\circ$$