ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

**ANTENAS**

12-enero-2004

**PROBLEMA 1**

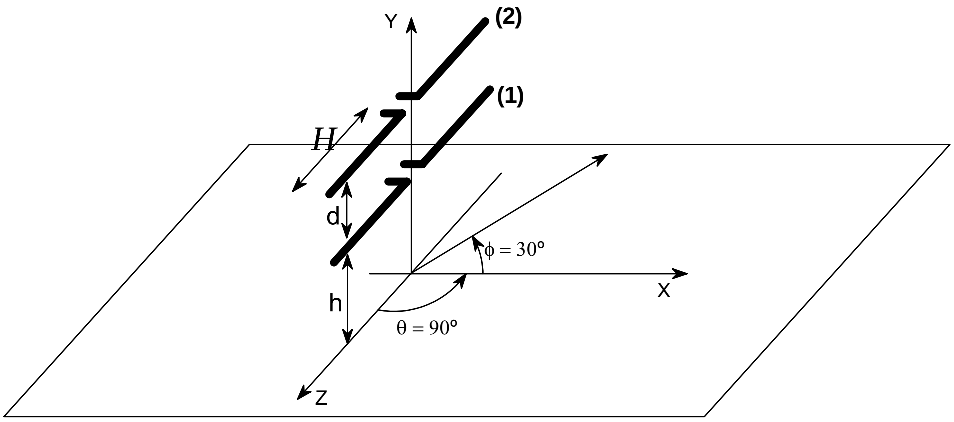
Considere la antena de la figura formada por dos dipolos de semibrazo $H=\lambda/4$ separados $d=\lambda/2$ y alimentados en paralelo por sendas líneas de longitudes $l_1$ y $l_2$. La antena se monta a una altura $h$ sobre el suelo, como muestra la figura y se pretende que radie su máximo en la dirección $\phi_{max} = 30º$.
*NOTA: a lo largo del problema emplee el método gráfico para obtener los diagramas pedidos.*

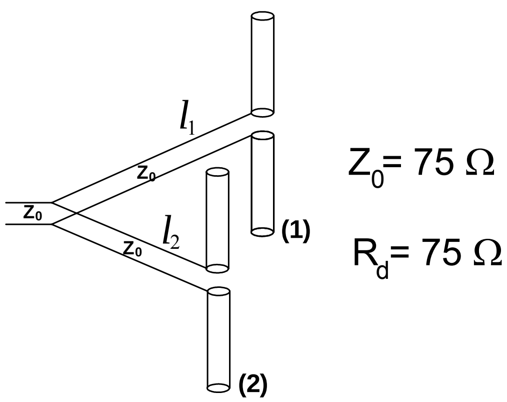
**Considere inicialmente la antena en ausencia del suelo**

a) Obtenga el desfase que debe aplicar entre los dipolos para favorecer un máximo en la dirección $\phi_{max} = 30º$. Indique si $l_1$ debe ser mayor o menor que $l_2$ y determine la diferencia de longitudes $\Delta l$. Suponga que la velocidad de propagación en la línea es la de espacio libre. (2 puntos)
b) Calcule la impedancia de entrada de la antena. La resistencia de entrada del dipolo incluyendo efectos mutuos es $R_d$=75 Ω y $Z_0$=75 Ω. (1 punto)
c) Indique cuáles son los planos E y H. Dibuje el diagrama de radiación plano H. (1 punto)

**Considere ahora la antena en presencia del suelo, siendo éste un conductor perfecto**

d) Calcule la altura $h$ de la antena sobre el suelo de manera que se favorezca la radiación en la dirección $\phi_{max} = 30º$. (2 puntos).
e) Obtenga el diagrama de radiación plano H completo de la antena. (2 puntos)
f) Obtenga la directividad máxima de la antena. Suponga que la $R_{in}$ del dipolo no se modifica respecto al caso sin suelo. (2 puntos)



PROBLEMA 2

El objetivo de este problema es analizar una agrupación plana de 12 aperturas circulares uniformes alimentadas con la misma amplitud y fase, calculando los diagramas de radiación de las antenas individuales, de la agrupación y del conjunto. La frecuencia es 10 GHz.

a) Calcule la Directividad de una apertura circular uniforme de radio 3 cm. (1 punto)
b) Calcule el ancho de haz entre ceros de dicha apertura. (1 punto)
c) Escriba el polinomio de la agrupación P(z,w). $z = e^{j\psi_x} = e^{j(k_x d_x + \alpha)}$, $w = e^{j\psi_y} = e^{j(k_y d_y + \beta)}$. (1 punto)
d) Para analizar el diagrama de radiación en el plano XZ, se puede simplificar el polinomio, haciendo $k_y = 0$. Escriba el polinomio $P_1(z)$ y calcule sus ceros. (2 puntos)
e) Obtenga el Factor de la Agrupación $FA_x$ correspondiente al polinomio $P_1(z)$. Represente gráficamente el diagrama de la agrupación para $d_x=2\lambda$, utilizando el método gráfico. (2 puntos)
f) Calcule el ancho de haz entre ceros de la agrupación para el lóbulo principal del eje z. (1 punto)
g) Represente gráficamente el diagrama en el plano XZ de la antena teniendo en cuenta el efecto de la apertura y de la agrupación. (2 puntos)

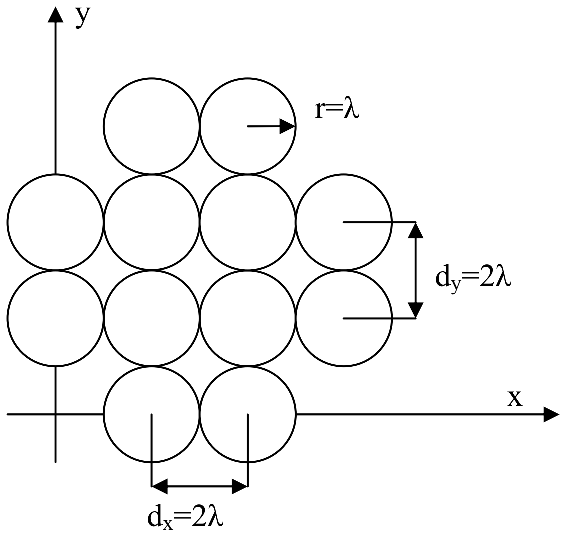



Fig. 1 Agrupación de 12 aperturas circulares uniformes

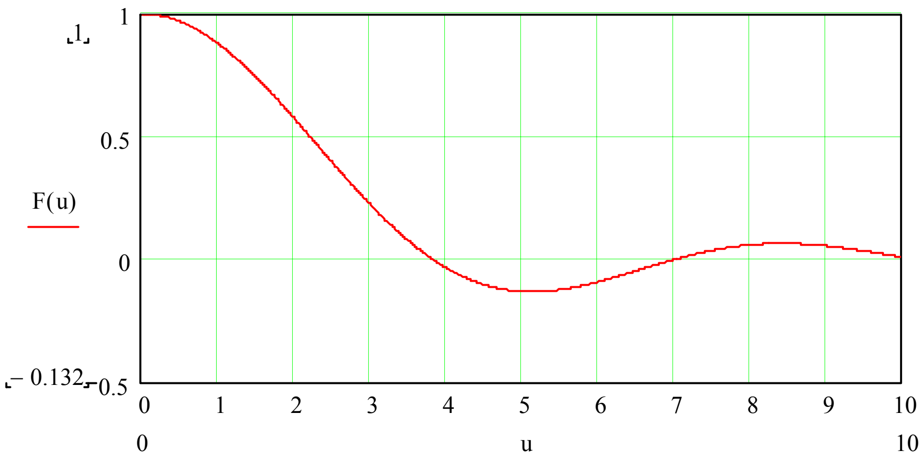



Fig 2. Representación gráfica de $F(u) = \dfrac{2J_1(u)}{u}$

PROBLEMA 1 (solución)

a) El array de dos elementos en espacio libre tiene la forma

$$FA(\psi)=\left|\frac{\operatorname{sen}(\psi_y)}{\operatorname{sen}(\psi_y/2)}\right| \quad \text{siendo } \psi_y = kd\operatorname{sen}(\phi)+\alpha \text{ en el plano de interés (XY)}$$

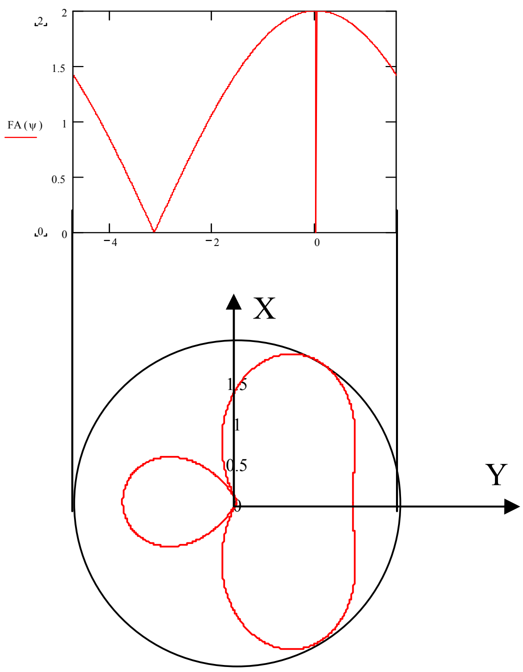
Para que el máximo apunte en la dirección ϕ=30º debemos obligar a que $0 = kd\operatorname{sen}(30^{o})+\alpha$ de donde α=-π/2.

Para conseguir ese desfase la diferencia de longitud de las líneas debe ser tal que $\alpha=-k\Delta l$ y por tanto $\Delta l=\lambda/4$. Para que el máximo apunte hacia ϕ=30º la antena (2) tiene que estar retrasada respecto a la antena 1, por tanto $l_2 > l_1$.

b) Dado que las líneas presentan la misma impedancia que las cargas la impedancia de entrada de la antena se puede calcular directamente como el paralelo de ambas: $Z_{in}$=37.5Ω

c) Teniendo en cuenta que en la dirección del máximo el campo eléctrico está orientado en $\hat{z}$, el plano E de la antena es el plano ϕ=30º. El plano H es uno ortogonal a éste y que contiene también el máximo por tanto debe ser el plano XY.

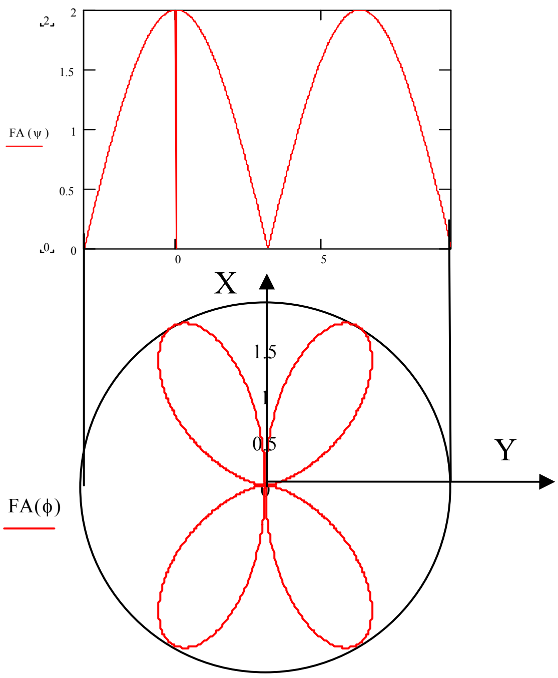
Dado que el diagrama de la antena es omnidireccional en el plano H, el diagrama de la antena lo fija el factor de array. Tomando el factor de array del apartado (a) y calculando el margen visible con *d* y α se obtiene



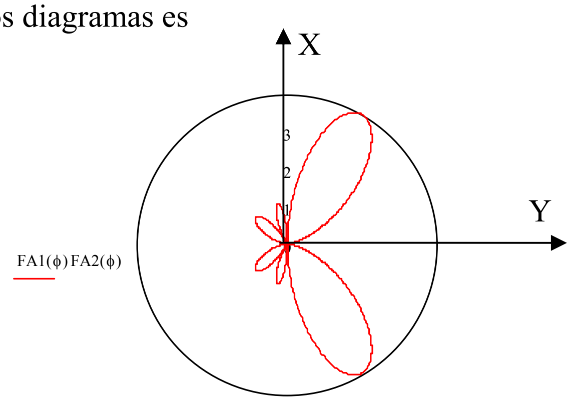

d) Para considerar la influencia del suelo suponemos la existencia de una antena imagen cuyas corrientes son opuestas a las originales. La suma de la contribución de la antena debe estar en fase con la contribución de la imagen. Si consideramos a la antena y su imagen como un nuevo array de dos elementos separados *d+2h* y desfasados α= π entonces

$2\pi = k(2h+d)\sin(30^{\circ})+\pi$ y la altura resultante es $h=\lambda/4$.

e) El diagrama de radiación final es el producto del calculado en el apartado c) y el resultante de considerar la antena y su imagen




El resultado de multiplicar ambos diagramas es




Donde solo los valores y>0 tienen sentido físico

f) La directividad máxima se calcula mediante

$$D_{\max} = \frac{P_{\max}}{W_{rad}} 4\pi r^2 = \frac{\left(\frac{60I}{r} 2\cdot 2\right)^2 \frac{1}{\eta}}{2\cdot 75 I^2} 4\pi r^2 = 12.8 \quad (11\, dB)$$

**SOLUCIÓN**

a) La Directividad de una apertura circular uniforme es

$$D = \frac{4\pi}{\lambda^2} A_{ef} = \frac{4\pi}{\lambda^2}\pi a^2 = 4\pi^2 = 39.48 \rightarrow 15.96dB$$

b) El primer cero del diagrama de radiación se tiene para u=3.75

$$u = ka\sin\theta = 2\pi\sin\theta = 3.75$$

$$\theta = \arcsin\frac{3.75}{2\pi} = 36.64^{o}$$

$$\Delta\theta = 73.28^{o}$$

El ancho de haz entre ceros será el doble , dado que el máximo está en el eje z,

c) El polinomio de la agrupación se puede escribir como:

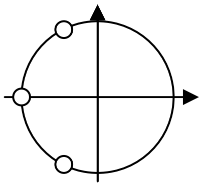
$$p(z,w) = \left(z+z^2\right) + w\left(1+z+z^2+z^3\right) + w^2\left(1+z+z^2+z^3\right) + w^3\left(z+z^2\right)$$

Otra posibilidad es

$$p(z,w) = \left(1+z+z^2+z^3\right)\left(1+w+w^2+w^3\right) - \left(1+z^3\right)\left(1+w^3\right)$$

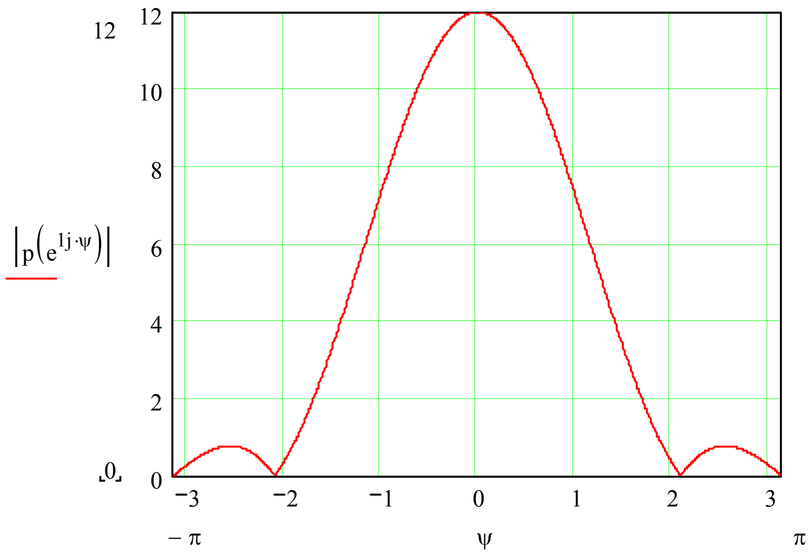
d) Particularizando en w=1

$$p_1(z) = \left(2+4z+4z^2+2z^3\right) = 2(z+1)\left(1+z+z^2\right)$$

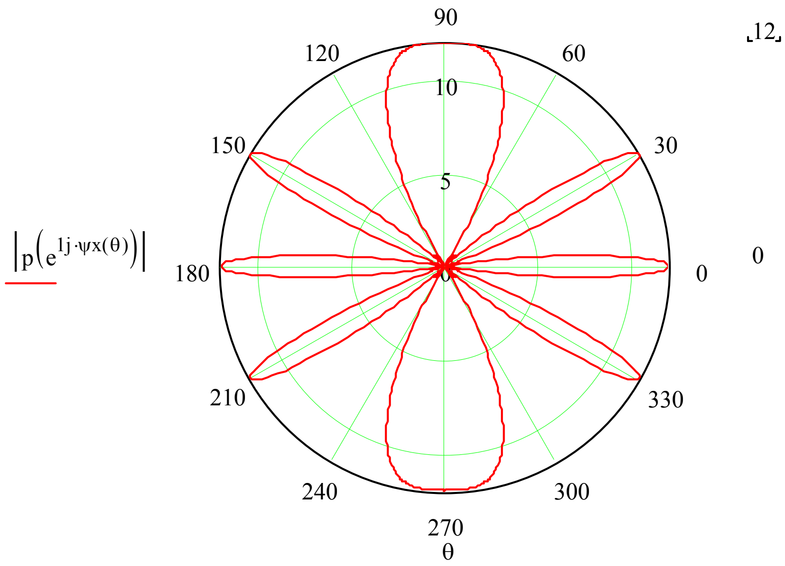


Los ceros del polinomio están en ψ=π,+π/3,- π/3

El factor de la agrupación es $FA(\psi) = 2\cos\frac{\psi}{2}\left(1+2\cos\psi\right)$




El espaciado es de 2λ. El diagrama tiene 8 máximos.




$$z = e^{j\psi_x} \quad \psi_x = k_x d + \alpha = \frac{2\pi}{\lambda} 2\lambda \sin\theta \cos\phi + 0 = 4\pi \sin\theta$$

El primer cero está en

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{2\pi}{3\cdot 4\pi}\right) = 9.594^{\circ}$$

El ancho de haz entre ceros es el doble.

$$\Delta\theta = 2\cdot 9.594^{\circ} = 19.188^{\circ}$$

El diagrama es el producto de los dos diagramas anteriores, y tendrá los ceros de los dos casos. La representación, teniendo en cuenta el diagrama de la apertura elemental es