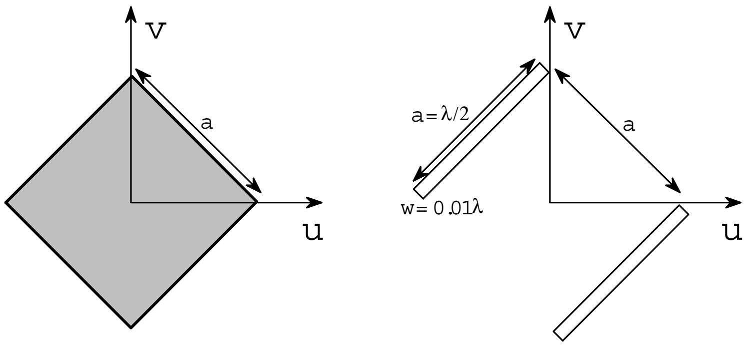
Agrupación de ranuras inclinadas

Los elementos radiantes de una estación base de telefonía GSM son radiadores planos, tipo antena de parche (microstrip) de forma cuadrada, de lado a=λ/2, e inclinados 45º.

La antena se comporta como dos ranuras de anchura w en un plano conductor, estando alimentadas con un campo uniforme E_0 , tal y como se indica en la figura,.



a) Obtener una expresión para los campos radiados por una ranura con iluminación uniforme de longitud a=λ/2, situada en el origen y orientada en la dirección del eje x.
b) Obtener los campos radiados en cualquier dirección del espacio por la pareja de ranuras inclinadas de la figura.
c) Particularice las expresiones para los planos E y H y dibuje los diagramas es dichos planos.
d) Determine cuál es el vector de polarización en el eje z
e) En la dirección del eje z llega una onda plana de la forma $\vec{E} = E_p e^{jkz}\hat{v}$. Calcule el desacoplo de polarización

Solución

Campos radiados por una ranura

Una ranura orientada en el eje x presenta un campo en la apertura de la forma $\vec{E}_{ap} = E_0\hat{y}$. La corriente magnética equivalente es $\vec{M} = -2\hat{n}\times\vec{E} = 2E_0\hat{x}$. El vector de radiación es

$$\vec{L} = 2E_0 wa \frac{\operatorname{sen}\left(k_x \frac{a}{2}\right)}{k_x \frac{a}{2}}\hat{x},$$ que pasado a esféricas se expresa como

$$\vec{L} = L_x \cos\theta \cos\phi\, \hat{\theta} - L_x \operatorname{sen}\phi\, \hat{\phi}$$

El campo total radiado por la ranura es

$$E_\phi = j\omega\eta \frac{\varepsilon}{4\pi} \frac{e^{-jkr}}{r} \cos\theta \cos\phi \left(2E_0 wa \frac{\operatorname{sen}\left(k_x \frac{a}{2}\right)}{k_x \frac{a}{2}} \right)$$

$$E_\theta = j\omega\eta \frac{\varepsilon}{4\pi} \frac{e^{-jkr}}{r} \operatorname{sen}\phi \left(2E_0 wa \frac{\operatorname{sen}\left(k_x \frac{a}{2}\right)}{k_x \frac{a}{2}} \right)$$

Agrupación de ranuras inclinadas

Para realizar este apartado situamos el sistema de ejes x-y del modo más conveniente. Siguiendo la indicación del apartado anterior elegimos $\hat{x} = \hat{u} + \hat{v}$ e $\hat{y} = -\hat{u} + \hat{v}$.

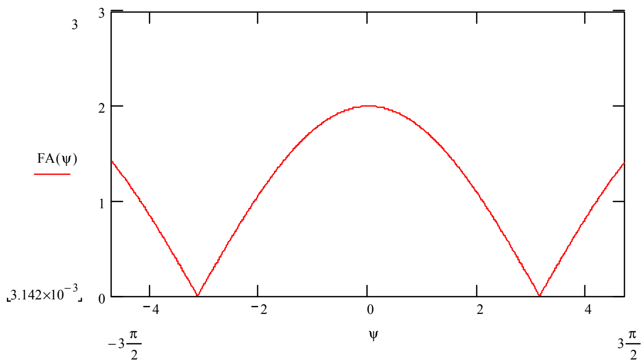
Así el diagrama es el obtenido en el apartado anterior multiplicado por el factor de array

$\vec{E} = \vec{E}_{ranura} FA(\theta,\phi)$, siendo

$$FA(\theta,\phi) = e^{-jk_y \frac{a}{2}} + e^{jk_y \frac{a}{2}} = 2\cos\left(k \frac{a}{2} \operatorname{sen}\theta \operatorname{sen}\phi \right)$$

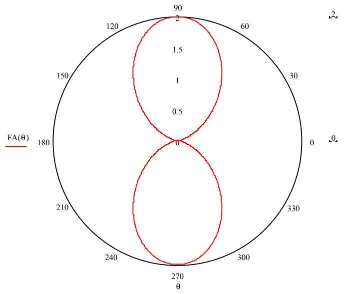
Diagramas de radiación

El plano E es el que contiene al vector de campo en la apertura de la ranura y al máximo de radiación. Se trata del plano YZ (ϕ=90º). En este plano la ranura tiene un diagrama omnidireccional y domina el factor de array. Se trata de un array de dos elementos separados λ/2



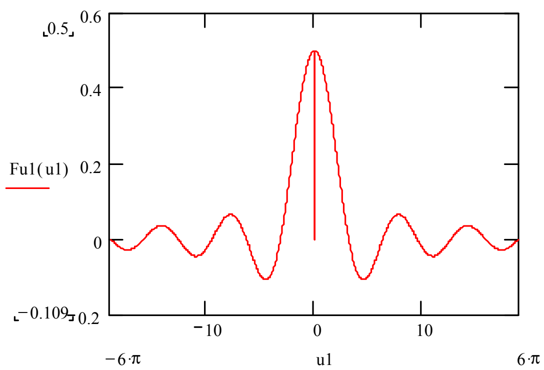
y con sus elementos en fase (α=0)

El plano H es el ortogonal al E, es decir el plano XZ (ϕ=0). En este plano el array presenta un diagrama omnidireccional al estar colocado en el eje y. La ranura presenta un diagrama ligeramente directivo ya que se trata de una antena pequeña.

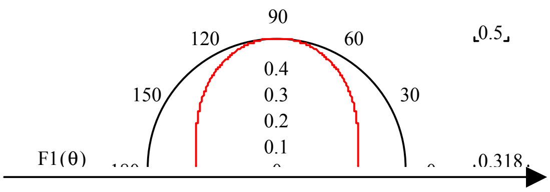


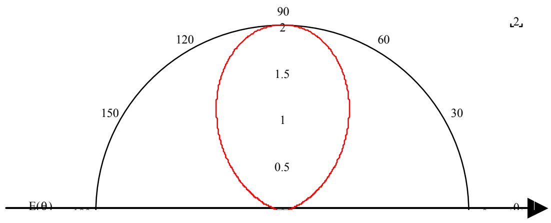
El diagrama se obtiene tras tomar el margen visible en

$$|E_\phi| \propto \left|\cos\theta \frac{\operatorname{sen}\left(k_x \frac{a}{2}\right)}{k_x \frac{a}{2}}\right| \quad \text{siendo } k_x = k\operatorname{sen}\theta \text{ y } -\frac{\pi}{2}<\theta<\frac{\pi}{2}$$



El diagrama es el producto de dos términos. El debido a la sinc (izquierda) y el debido a cos(θ) (derecha)





Polarización

La polarización en la dirección del eje z viene dictado por el campo en la apertura de la ranura. Por lo tanto es $\hat{p} = \hat{y}$

Desacoplo de polarización

$$C_p = \left|\hat{y}\cdot\frac{\hat{x}+\hat{y}}{\sqrt{2}}\right|^2 = \frac{1}{2}$$