

## LA ANTENA FUNCIONANDO COMO RADIADOR

Cuando una antena es alimentada con una señal de radiofrecuencia, se genera en ella una corriente que circula desde los terminales de entrada hacia los extremos, a la velocidad de la luz, pero cuando esa señal llega a dichos extremos, la corriente se refleja en su totalidad hacia los terminales en un viaje de regreso encontrándonos a lo largo del radiador, dos corrientes: una directa hacia los extremos y otra reflejada. Estas dos corrientes, en un instante determinado y en cada punto del radiador, se suman, teniendo en cuenta su fase temporal y dan lugar a unos valores en cada punto del radiador, cuya envolvente tiene un perfil supuestamente senoidal. Decimos entonces que la distribución de la corriente resultante, es estacionaria y de carácter senoidal. Lógicamente, en los extremos, los valores de esta corriente serán en todas las circunstancias, de valor cero.

Dada la similitud de un dipolo y un monopolo, nos referiremos en adelante a este último sabiendo que en el dipolo todos los valores a los que nos referamos valdrán el doble que en el monopolo.

En la figura 1 vemos el ejemplo de algunos monopolos con su distribución de corriente, en los que se señala el punto de máxima corriente (vientre) “z” y la denominación de la corriente en la entrada “ $I_0$ ”.

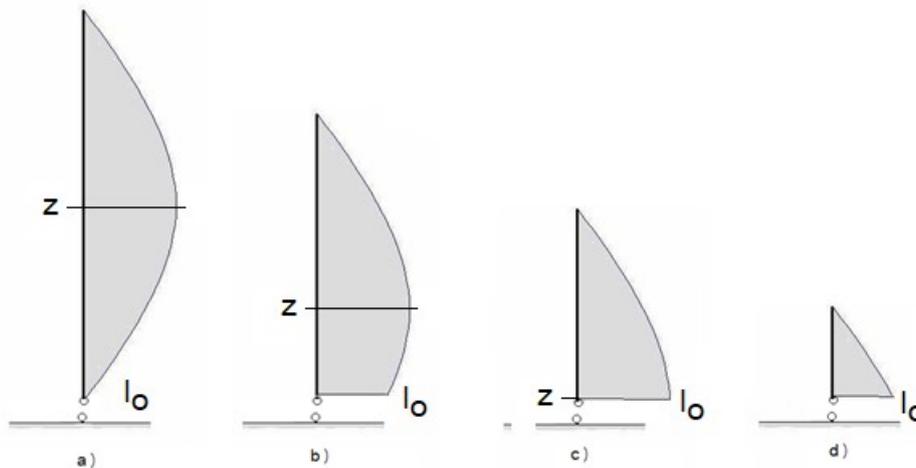


Figura 1

- a) Perfil de la distribución de corriente en un monopolo de media onda
- b) Perfil de distribución de corriente en un monopolo de 5/8 de onda
- c) Perfil de distribución de corriente en un monopolo de ¼ de onda
- d) Perfil de distribución de corriente de un monopolo “MENOR” de 1/8 de onda  
(pierde su característica senoidal para convertirse en prácticamente lineal)

La tensión aplicada presenta también una distribución puntual de carácter senoidal pero con valores opuestos respecto a la corriente, correspondiendo valores máximos en el extremo y nulos en el vientre como se ve en la figura 2 en la que se ve la distribución de la tensión en los mismos ejemplos de monopolo de la figura 1

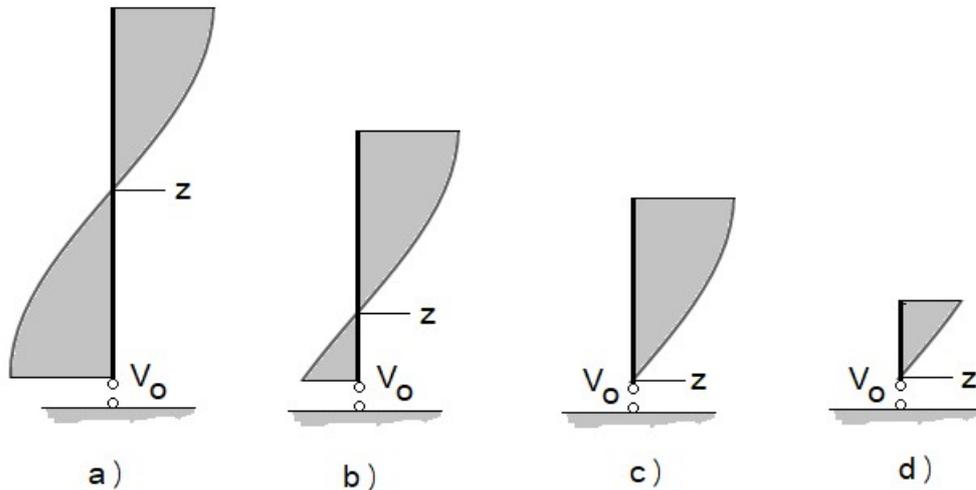
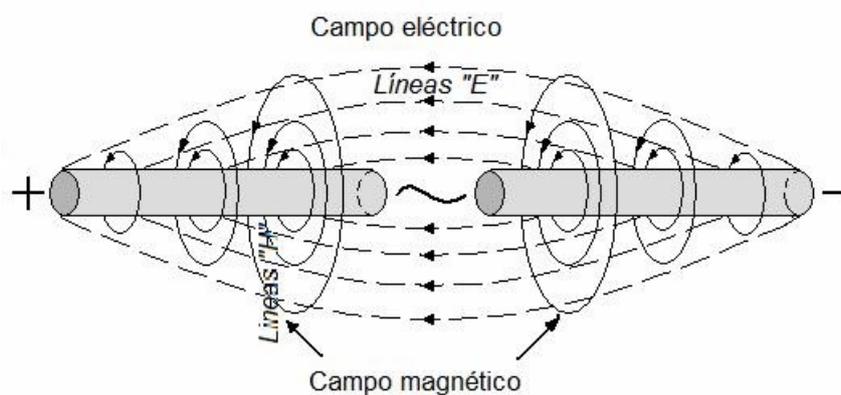


Figura 2

Las corrientes variables (por ser corriente alterna aunque de alta frecuencia) al recorrer el conductor de la antena, genera un campo eléctrico en la misma dirección del conductor y un campo magnético, que envuelve a dicho conductor y es perpendicular al mismo. Se ilustra en la figura 3

La combinación de ambos campos, da como resultante un campo electromagnético que se radia al espacio



Aquí la figura 3

Como breve ilustración, diré que este campo electromagnético variable, fue definido por el matemático Maxwell a partir de las leyes emitidas por otros matemáticos anteriores que fueron Gauss, Coulom, Ampère y Faraday respecto a los campos eléctricos y magnéticos. Su formulación fue demostrada físicamente por Hertz en

1885 y finalmente, llevada a la practica por Marconi como científico más popular aunque hubieron otros científicos contemporáneos que se disputan los descubrimientos de la comunicación inalámbrica, como Tesla en Norteamérica, Popov en Rusia y Julio Cervera en España. (Este último, desgraciadamente, poco conocido, transmitió la voz humana entre Jávea -Alicante e Ibiza, en 1902).

Este campo electromagnético se propaga por el espacio formando un frente de onda, que a grandes distancias (por ejemplo, a más de 3 longitudes de onda), se puede representar como una reja plana que avanza de frente en el que las varillas suponen el campo eléctrico y las otras, el magnético. En la figura 4 se hace una simulación gráfica de ese frente de onda.

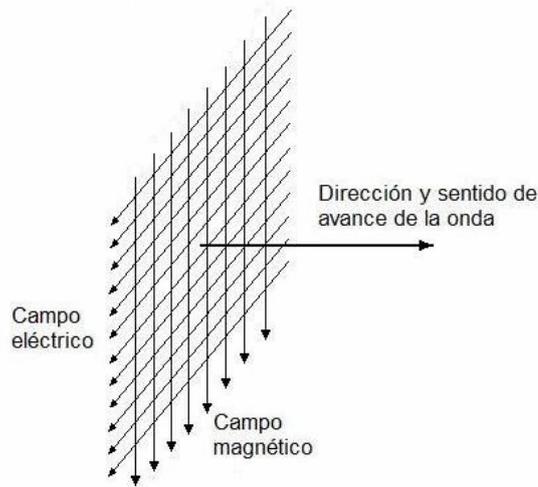


Figura 4

Los vectores que representan el campo eléctrico corresponden, en este ejemplo, a un radiador horizontal.

Durante un ciclo de la onda electromagnética, en el tiempo "T" (periodo) de la frecuencia de la misma, la intensidad del campo varía a lo largo del periodo, según el perfil senoidal de la frecuencia según se muestra en la figura 5 en la que se ve que desde un valor cero al comienzo del tiempo T va aumentando de valor hasta que en mitad del periodo ( $T/2$ ) vuelve a llegar a valor cero y a partir de ahí, comienza a variar otro semiciclo con valores negativos hasta completar el ciclo con un nuevo valor cero

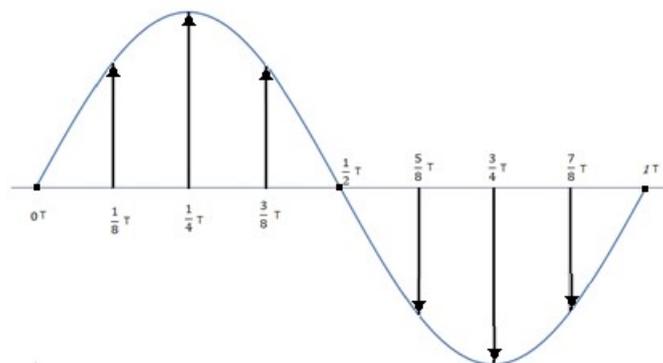


Figura 5

La característica principal de un campo electromagnético es que es capaz de transportar energía a través del espacio. Así vemos que el campo eléctrico tiene naturaleza de voltaje y se mide en VOLTIOS/METRO y lo denominamos "E" y el campo magnético tiene naturaleza de corriente y se mide en AMPERIOS/METRO y lo denominamos "H". El producto (vectorial) de estos dos campos, da lugar a una POTENCIA (recordemos que  $P = V \times I$ ) distribuida en una superficie que llamaremos DENSIDAD DE POTENCIA (vatios /metro cuadrado) que debido al fenómeno de dispersión irá disminuyendo con el cuadrado de la distancia al radiador origen.

Por otra parte, la división de E por H siempre es constante y nos determina una resistencia (como especifica la Ley de Ohm) que es la "Impedancia característica del espacio". Su valor es  $120\pi$  (prácticamente  $377 \Omega$ )

La potencia original es la radiada por la antena en su origen y se determina por el producto de la intensidad (al cuadrado) y la resistencia de radiación, ambas existentes en el vientre de corriente (punto "z" en la figura 1).

El campo de radiación de una antena transmisora a una distancia "r" en el espacio, de la misma, es caracterizado por el "vector de Poynting" que es el producto de los vectores complejos E x H en donde E es el campo eléctrico y H es el campo magnético y marca el sentido de propagación del frente de onda como hemos visto en la figura 4.

En la figura 6 se muestran las distintas regiones en las que se divide el espacio alrededor de una antena en la que se considera que su máxima dimensión es "D"

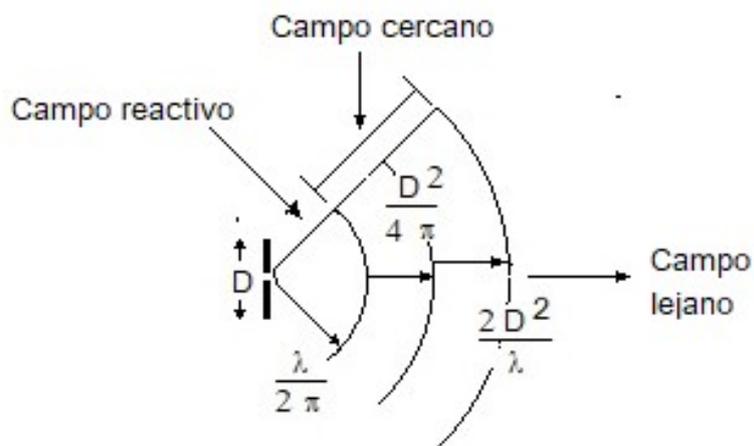


Figura 6

Cerca de la antena, el vector de Poynting es imaginario (reactivo) y el campo en esta región del espacio, no se propaga al mismo. Los campos E y H se atenúan más rápidamente que la inversa de la distancia a la antena.

A partir de una distancia de la antena igual a:

$$r = \frac{\lambda}{2\pi}$$

da comienzo otra región en la que sí se produce radiación al espacio y se conoce como ZONA DE FRESNEL o CAMPO CERCANO. Pero esta radiación se caracteriza por la existente en dos subregiones. Una que abarca desde el citado anteriormente valor de "r" hasta otro valor:

$$r = \frac{D^2}{4\pi}$$

Y otra que abarca desde este nuevo valor de "r" hasta :

$$r = \frac{2D^2}{\lambda}$$

En esta primera subregión existe un fenómeno de transición entre el campo reactivo visto anteriormente y la siguiente subregión, en la que el campo radiado ya es estable. Comienza a haber radiación al espacio pero no se cumple la relación constante de  $E/H = 120 \pi$  ó  $377 \Omega$  de impedancia característica del espacio y la atenuación sigue siendo mayor que la inversa de la distancia a la antena, igual que en el campo reactivo.

En la otra subregión, comprendida entre:

$$\frac{D^2}{4\pi} \text{ y } \frac{2D^2}{\lambda},$$

el campo, comienza a ser más estable. No existe componente reactiva del mismo por lo que el campo es radiado en su totalidad. Ya se cumple que la relación  $E/H$  es constante y a partir de  $10 \lambda$  del límite de esta subregión, se considera que el frente de onda presenta una superficie plana en su avance, como se ha visto en la figura 4. Para las medidas de los diseñadores, en realidad, consideran este tipo de campo a partir de  $3 \lambda$ . En la región del espacio, la atenuación depende de la inversa de la distancia.

El valor del campo eléctrico existente en un punto del espacio, originado por una antena isotrópica, viene dado por la siguiente fórmula

$$E = \frac{\sqrt{30P_r}}{d}$$

En la que la

E.- Valor del campo eléctrico en V/m

Pr.- Potencia radiada en watios

d.- distancia del punto de observación a la antena origen en metros.

Ahora bien. Es más práctico manejar otras unidades, como la potencia en Kw, la distancia en Km y el campo en mV/m. De esta manera y contemplando una antena en

general dotada de una ganancia absoluta (respecto a la isotrópica), la fórmula anterior se convierte en:

$$E = \frac{173\sqrt{P_r \times G_{iso}}}{D}$$

En la que:

E.- Valor del campo eléctrico en mV/m

Pr.- Potencia radiada en el vientre de corriente en Kw

G<sub>iso</sub>.-Ganancia absoluta respecto a la isotrópica

D.- Distancia desde el punto de observación a la antena en Km.

Bien. Hasta aquí hemos descrito el mecanismo de radiación de una antena. Otro tema es contemplar las características de esta radiación y qué parámetros de la misma, intervienen en las características de dicha radiación, como son la resistencia de radiación, la ganancia de radiación en sus distintas acepciones, su diagrama de radiación, su polarización y su distribución de corriente que son objeto de otros estudios aunque aquí hayamos hecho mención a alguno de ellos.

Armando García

EA5ND