Monopolos cargados capacitivamente

El otro método para anular la reactancia de entrada, consiste en situar una capacidad en el tope del radiador.

Esta capacidad, se puede construir con cualquier estructura metálica que presente una capacidad estática, bien en el espacio libre o frente al plano de tierra, y que presente una reactancia capacitiva igual a la del tramo de radiador que falta a continuación del tope del monopolo, para conseguir la longitud de radiador deseada.

. Este es el caso más común y recibe el nombre de "sombrero capacitivo" y si está constituido por una estructura plana circular o por una esfera, los cálculos matemáticos, proporcionan resultados más fáciles de hallar que si se emplean estructuras más complejas, como pude ser los radiales horizontales o inclinados (umbrellas) o mallas de hilos de composición más complicada.

Estudiemos el sistema compuesto por un radiador vertical corto, de radio "a" y altura H.

A este sistema radiante le falta una porción de conductor para conseguir la resonancia a la frecuencia de trabajo, a la cual le llamaremos H'.

Esta porción que falta, H', considerada como línea de transmisión abierta, debería presentar en el extremo de radiador una impedancia característica Zo, igual a la de dicho radiador para mantener la uniformidad del sistema así como una reactancia capacitiva (la que presenta una línea de transmisión abierta, de longitud menor de un cuarto de onda) y que viene dada por

$$Xc = -j\frac{Zo}{\tan(\beta H')}$$

Vamos a añadir al extremo del radiador un disco conductor de un radio tal, que ofrezca la misma reactancia capacitiva que H'. Ver figura: 1

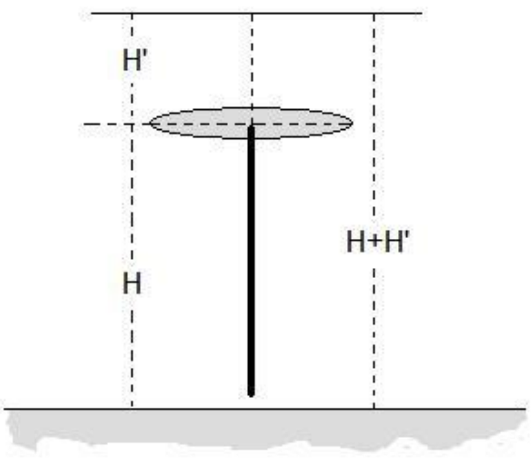

Fig. 1

Aquí vemos el caso del monopolo cuya longitud eléctrica H ha sido alargada virtualmente, otra longitud H’, hasta conseguir una longitud eléctrica total de H+H’, con la inclusión de una disco plano de radio “r “.

Vamos a determinar el radio del disco preciso que cumpla la condición de alargamiento requerida.

Se ha determinado que la capacidad estática de un disco conductor aislado, tratado como un esferoide aplastado, vale

$$C = \frac{20r}{9\pi}\ \text{pF}\ \ \text{(el radio del disco“r”, en centímetros)}$$

La fórmula, expresada en Faradios y el radio en metros será:

$$C = \frac{20R \cdot 10^{-10}}{9\pi}\ \text{Faradios (R es el radio del disco en mts)}$$

La reactancia que presente esta capacidad debe ser igual a la presentada por H’ en el tope del radiador.

Las fórmulas anteriores son válidas en el caso de que el radio del disco sea pequeño respecto a H (*r*<<H). En caso contrario, habrá que considerar la presencia del plano de tierra (perfectamente conductora) y la capacidad del disco, será la básica entre dos placas paralelas, o sea,

$$C = \varepsilon \frac{A}{d}$$

Siendo A.- el área de las placas

d.- la separación

ε.- Permitividad del vació (8’854 x 10^{-12} Faradios/metro)

y en este caso,

$$C = \frac{8'854 * 10^{-12} * \pi * r^2}{H} Faradios$$

H y r en metros.

Por otra parte, según el método aproximado de Howe la impedancia característica de un conductor aislado, en función de su longitud y capacidad estática, viene dada por:

$$Z_o = \frac{L \times 10^{-8}}{3C_a}\ \text{ohmios}$$

siendo en este caso “L”, la longitud en metros del conductor y Ca su capacidad estática en Faradios. Luego en nuestro caso, la Z_0 de la porción de radiador que falta, H’, es

$$Z_0 = \frac{H'*10^{-8}}{3Ca}$$

Como Ca debe ser igual a la capacidad del disco, sustituimos la expresión de C en Z_o y simplificando, obtenemos:

$$Zo = \frac{15\pi H'}{R} \text{ de donde } H' = \frac{RZo}{15\pi} \text{ mts}$$

Y de aquí, deducimos que $$R = \frac{15\pi H'}{Z_0}$$

Ahora bien, como esta Z_0 debe ser la misma que la de H' que a su vez debe ser la misma que la de la porción física del radiador de altura H y de radio " a ", igualamos las dos expresiones

$$60\left(\ln\left(\frac{2H}{a}\right)-1\right) = \frac{15\pi H'}{R}$$

de donde

$$R = \frac{\pi * H'}{4*\left(\ln\left(\frac{2H}{a}\right)-1\right)} \text{ mts}$$

Como se puede observar, aquí, hemos calculado el radio del disco en función de la altura (o longitud) y el radio, de H y H'

La capacidad en el extremo de un radiador vertical corto se puede conseguir por otros métodos.

Conectando uno o varios hilos horizontales en el extremo formando una "T" o una "L invertida" según se ve en la figura 2

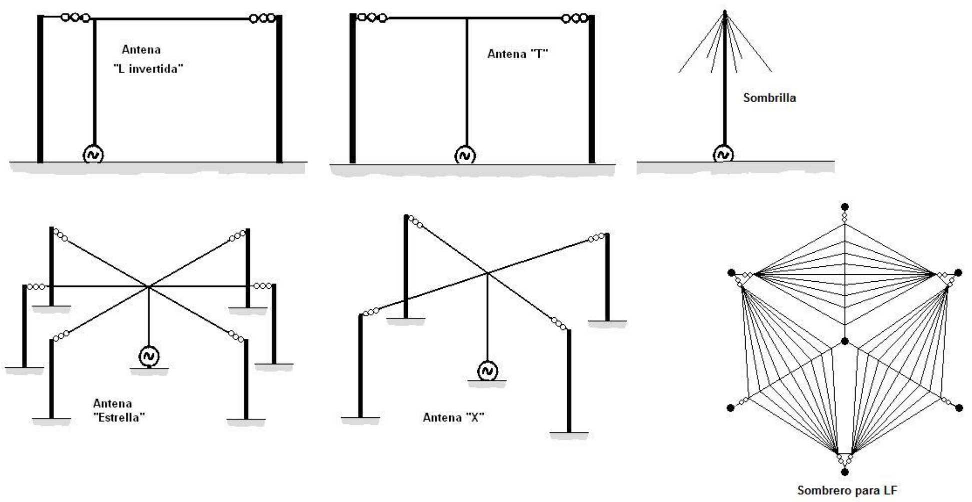

Fig. 2

Analizaremos las antenas en L invertida, T, y sombrilla por ser las más comunes de este tipo.

Asimismo el procedimiento de diseño de las antenas T y L invertida, se desarrollan al mismo tiempo, dada su analogía.

La distribución de la corriente en el radiador vertical es prácticamente trapezoidal en lugar de la distribución triangular que tendría sin carga. Iz varía de forma lineal desde el valor Io en la Base a It en el tope. Asimismo, en L, la corriente puntual Iρ varía desde It hasta cero en el extremo de L.

La figura 3 muestra una antena L invertida con la distribución de corriente y además se contempla la imagen de la antena ante la presencia del plano de tierra

La impedancia característica de H es:

$$Z_{OH} = 60\left(\ln \frac{H}{a}\right)$$

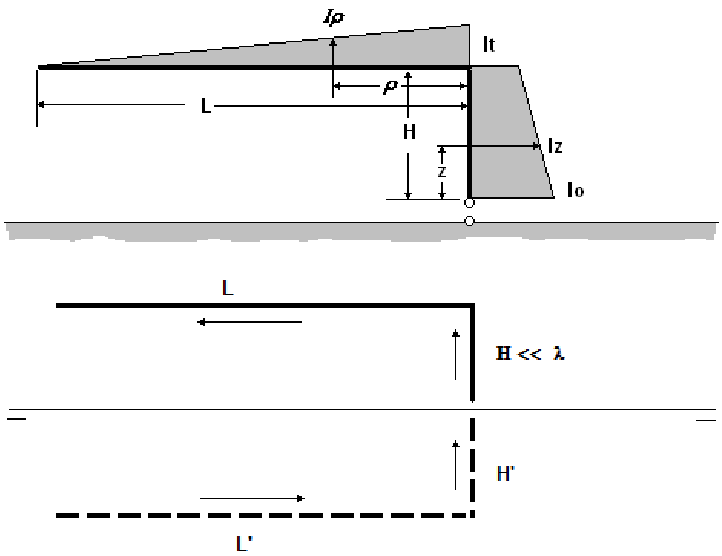

Fig. 3

y la de la carga L (línea de transmisión unifilar en presencia de tierra)

$$Z_{OL} = 60\left(\ln \frac{2h}{a}\right)$$

siendo h la altura de L sobre tierra que en este caso, h=H. y "a" es el radio del conductor

Si debemos disminuir Z_{OL}, podemos conectar en el tope varios (n) conductores en paralelo y repartidos uniformemente en el espacio (caso de una antena en T en la que n=2, o en Estrella (n>2). También podemos considerar un solo conductor, formado a su vez por varios conductores paralelos entre sí y en un mismo plano paralelo al plano de tierra o formando un poliedro dispuestos en las aristas del mismo que se pueden convertir en un solo conductor con su radio equivalente al conjunto como se puede ver en la figura 4

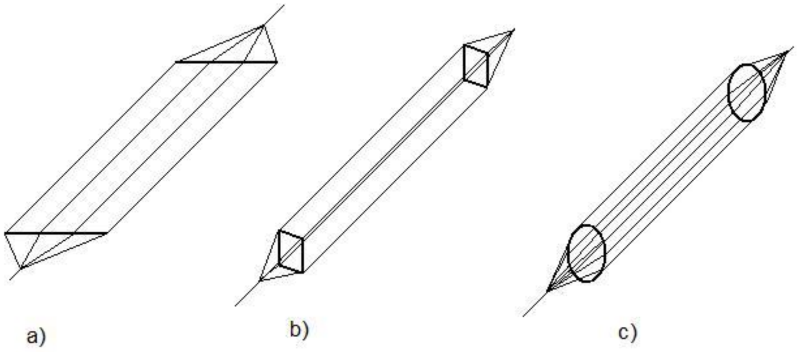

Fig. 4

La reactancia en el tope del radiador vertical mirando hacia la o las líneas horizontales, será la de una línea de transmisión corta y abierta en su extremo. Si hay varias líneas, será su equivalente paralelo.

$$Xt = -j\frac{Z_{OL}}{n\tan(\beta L)}$$

(n es el número de conductores conectados al tope como hemos reseñado anteriormente y en este caso, n=1)

Y como hemos visto anteriormente, la reactancia en la entrada, Xe, será

$$Xe = Z_{OH}\,\frac{Z_{OH}\tan(\beta H) + Xt}{Z_{OH} - Xt * \tan\beta H)}$$

Si llevamos la antena a resonancia, Xe = 0 y la longitud de L_{RES} para conseguirlo, deberá ser:

$$L_{RES} = \frac{\arctan\left(\frac{Z_{OL}}{Z_{OH}}\, n\tan(\beta H)\right)}{\beta}$$

Por otro lado si $L \neq L_{RES}$ la parte vertical H se habrá alargado por encima del tope una longitud H’ de valor

$$H' = \frac{\arctan\left(\frac{Z_{OH}}{Z_{OL}}\, n\tan(\beta L)\right)}{\beta}$$

Si observamos la antena y su imagen en presencia del plano de tierra, vemos que las corrientes en H y su imagen, están en fase mientras que las de L y la suya, están en oposición.

Esto significa que si H es pequeño respecto a la longitud de onda de la frecuencia de trabajo, L estará lo suficientemente cerca del plano de tierra para que su corriente sea anulada por la de la imagen y en L no habrá radiación. Solo radiará H que al aumentar el área delimitada por la corriente (respecto a la de un monopolo sin cargar de igual altura H), habrá aumentado su resistencia de radiación y por lo tanto su eficiencia.

Asimismo, siempre que está dispuesta horizontalmente, la carga L se podrá plegar sobre sí misma si la disposición del espacio lo requiere.

Por otra parte, si la carga que supone L no es suficiente para llevar la antena a resonancia, se deberá añadir la inducción necesaria para conseguirlo, considerando que la altura del monopolo será H'.

Armando García

EA5ND