

Reflexiones sobre antenas cortas cargadas con bobina

La inserción de una inducción en una antena, es uno de los procedimientos usados comúnmente para llevar a resonancia antenas cortas, principalmente, en antenas verticales y las usadas en vehículos para bandas bajas en las que su altura hace inviable su uso si el vehículo está en circulación, aunque también en alguna ocasión se emplea para insertar en dipolos.

Pero, ¿qué efecto tiene en una antena corta, para la frecuencia de trabajo (menor de $\frac{1}{4}$ de onda), la inserción de una bobina en algún punto de la misma?

Bien. El efecto más visible como ya hemos indicado, es que podremos llevar a la resonancia a dicho antena

¿Eso significa que una antena corta para la frecuencia de interés, la hemos convertido en una vertical de $\frac{1}{4}$ de onda? Pues no. Eso, significa lo que hemos dicho. Que hemos llevado la reactancia de entrada de la antena al valor cero.

Considerada simplemente, una antena corta y sin carga, presenta en su impedancia de entrada una reactancia capacitiva, tanto mayor cuanto más corta es, en relación con un radiador de $\frac{1}{4}$ de onda y la presencia de la bobina, que es una reactancia inductiva, compensa dicha reactancia capacitiva por lo que en los terminales de entrada de la antena sólo tenemos la parte resistiva de la impedancia de entrada, que seguirá siendo tanto más pequeña cuanto más corta es la antena y que si no tiene el valor esperado de 50Ω (valor normalizado) deberemos añadir los dispositivos de adaptación necesarios.

.

En este punto, surgen **dos teorías** en cuanto al efecto de la presencia de la bobina en la antena, referidas sobre todo a la distribución de la corriente a lo largo del radiador, que es motivo de controversia entre los estudiosos..

1.- La bobina es un elemento de constantes concentradas. Elimina la reactancia de la antena, aumenta la resistencia de radiación y la potencia radiada.

En lo que respecta a la distribución de la corriente en la antena en los supuestos de "sin carga" (a) y "con carga" (b), ésta es de la forma de la figura 1

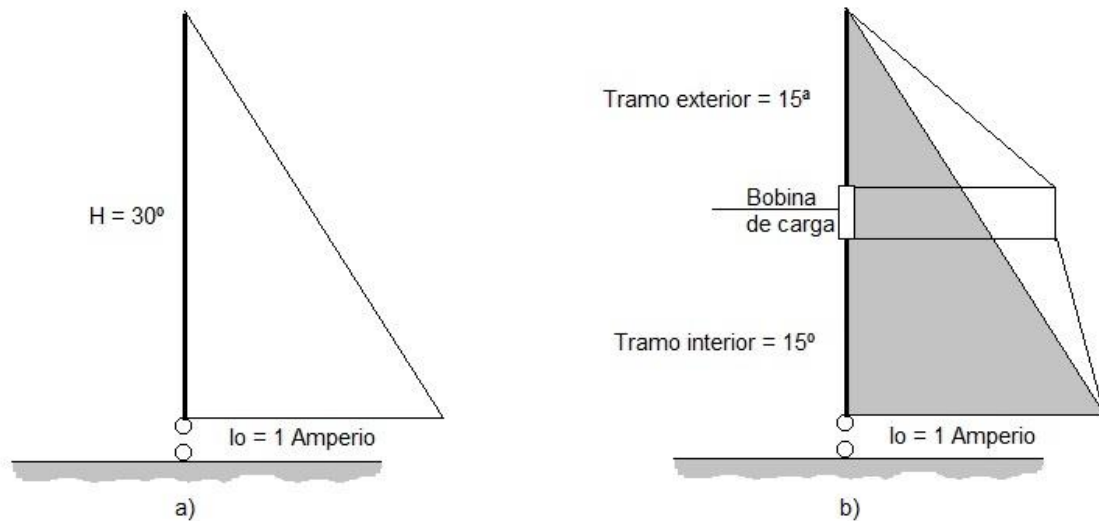


Fig 1

En esta figura, hacemos un supuesto con una antena corta de 30° ($0'084 \lambda$ o un tercio de una antena de $\frac{1}{4} \lambda$)

En a), vemos la distribución de la corriente del radiador sin carga y alimentada en la base con 1 Amperio. La corriente, con la altura de la antena en grados, forman un triángulo cuya área será $\frac{I_0 \times H^0}{2}$ y la mediremos en grado-amperios (g-a). A este concepto se le denomina "momento de corriente". Este es un término bastante usado por diversos autores cuando tratan de la dependencia que tienen de él, diversos parámetros de la antena; principalmente la resistencia de radiación y por consiguiente, la potencia radiada. Obviamente, cuanto mayor sea el momento de corriente, mayor será la potencia radiada.

En nuestro caso, utilizaremos este concepto para comparar las dos antenas.

En a) vemos que tenemos un área de $\frac{1 \times 30}{2} = 15$ g-a.

Pero, ¿qué ha pasado en b) al insertar una bobina en el centro del radiador? Pues vemos que la distribución de la corriente en la antena ha cambiado. Desde el punto de alimentación donde la corriente vale 1 Amperio, irá variando en función del coseno de ésta, como si la antena tuviera una longitud de 90° , hasta alcanzar los 15 grados y llegar a la base de la bobina. En este tramo, la corriente en la base vale 1 Amperio y en la base de la bobina vale el coseno de 15 grados, o sea, $0'966$ Amperios lo que significa que la intensidad se ha mantenido prácticamente "constante" en este tramo, despreciando un error menor del 5% por lo que diremos que el área en g-a ahora la delimita un cuadrado de 15 g-a. (1×15)

La bobina se considera adimensional (este es el principal motivo de discusión) por lo que la corriente a través de ella, se mantiene constante y en su tope, seguirán estando los $0'966$ A.

Dado que en el tope de la antena, la intensidad siempre es cero, la corriente desde el tope de la bobina, disminuirá linealmente hasta el tope de la antena como se ve en b).

En este tramo, los grado-amperios son el área del triángulo $\frac{0'966 \times 15}{2} = 7'245$ g-a.

Lo que nos dá un total de $22'245$ g-a.

Al aumentar los g-a respecto a a), ($22'245$ frente a 15), hemos aumentado la resistencia de radiación y por lo tanto la potencia radiada y hemos puesto en resonancia a la antena.

Todos estos valores dependen de la posición de la bobina en el radiador ya que como se ha visto, a cada posición le corresponde una distribución diferente. También el valor de la inducción de la bobina, debe ser mayor conforme su posición se aleja de la base de la antena para conseguir su resonancia.

Un punto especial es la propia base de la antena. Cuando se coloca la bobina en ese punto, la distribución de corriente no es afectada, ya que según la teoría, en el tope de la bobina seguiría estando 1 Amperio como en la base. El momento de corriente sería el mismo que sin la presencia de la bobina, quedando dispuesta como en a) y por lo tanto, no varía la resistencia de radiación ni la potencia radiada. Sólo hemos puesto en resonancia al radiador.

2.- La bobina añade la longitud que le falta a la antena para tener 90°.

Esta afirmación responde a la analogía de la antena con una línea de transmisión abierta en su extremo y por lo tanto a una red de constantes distribuidas ya que sus cuatro parámetros fundamentales, R , L , C y G se encuentran distribuidos a lo largo de su longitud.

Se supone que al llevar a resonancia la antena, esta se comporta como si fuera una línea de cuarto de onda eléctrica o su equivalente monopolo de 90° obteniéndose todos los parámetros de una antena de esta longitud.

Bien. Pues ninguna de las dos teorías, es completamente cierta, ni completamente falsa.

Respecto a la primera, he de aseverar que considero una temeridad (intelectual) tratar de teorizar, dándole carácter adimensional a la bobina, algo que a todas luces no lo es. Una bobina de carga es un dispositivo físico que tiene dimensiones físicas y se comporta como una línea de transmisión de carácter "guía-ondas helicoidal" con una longitud eléctrica y una impedancia característica determinadas que modifican las características del sistema de antena y dificultan obviamente la sencillez de cálculo que supone la asunción de la 1ª teoría. Así pues, deberemos estudiar este sistema, considerando a la bobina de carga como tal guía-ondas helicoidal.

En cuanto a la segunda teoría, que a primera vista parece muy lógica intuitivamente, nos presenta un detalle que la desmonta, respecto a la resistencia de entrada en la base. Si tiene una longitud eléctrica de 90°, debería tener un valor de 36Ω , pero no los tiene. Habremos llevado a la antena a resonancia pero no se comporta como una antena de cuarto de onda,

Algo está fallando en estas teorías.

Así que surge la 3ª teoría.-

Una guía de ondas helicoidal es una bobina cuyo arrollamiento tiene un diámetro, un número de espiras y una longitud total. La aplicación de las fórmulas existentes nos indican cual es su inductancia. Pero en función de la frecuencia a la que tiene que trabajar, para determinar su comportamiento como guía de ondas debemos averiguar otros dos parámetros muy importantes:

Su constante de fase o número de onda β y

Su impedancia característica.

La constante de fase β al igual que en una línea de transmisión normal, es el número de radianes o grados que ocupa cada metro de longitud de onda de la frecuencia de trabajo.

Recordemos que

$\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$ ó $\frac{360}{\lambda}$ radianes o grados /metro. Algunos autores, denominan a esta constante con la letra " k ". La longitud angular de la línea viene dada por el producto βl o $k l$ siendo " l " la longitud en metros, del tramo de línea considerado.

En el caso de una guía de ondas helicoidal la determinación de β es más complicada, aunque el concepto sea el mismo.

Así pasa con el cálculo de la impedancia característica que aquí no vamos a detallar por su misma complicación. Pero debemos quedarnos con el concepto.

Hagamos un ejemplo:

Empalmamos 3 mástiles de 3 mts y 50 m/m de diámetro. El conjunto medirá 8'80 mts, ya que vamos a dejar el tramo superior aislado de los dos inferiores para insertar una bobina de carga que nos lleve a resonancia el conjunto para una frecuencia de 3'5 MHz. Los 20 cm que faltan para los 9 mts se pierden en el empalme de los tramos inferiores.

Empleando la formulación existente determinamos que:

Los 3 tramos y sin carga, con una altura de 8'60 mts (9 mts – 40 cm perdidos en los dos empalmes), presentan en la base una impedancia de $4'65 -j434'5$.

Ahora insertaremos la bobina de carga debajo del tramo superior.

El tramo inferior medirá 5'80 mts y el superior 3 mts.

Estamos ante un monopolo corto de una altura de $0'11 \lambda$

Calcularemos la bobina de carga para eliminar los $434'5 \Omega$ de reactancia capacitiva de la base. El resultado es una bobina de $45'3 \mu\text{H}$.

Vamos a construir la bobina sobre una forma de 4 cm y utilizaremos hilo de cobre de 1'5 mm de diámetro.

Los resultados son:

Diámetro de la forma.-	40 mm
Diámetro del hilo.-	1'5 mm
Número de espiras.-	85 (separadas 1'5 mm)
Longitud de la bobina.-	0'255 mts
Reactancia de la bobina.-	994 Ω
Resistencia de la bobina.-	2'08 Ω
Q de la bobina.-	447'5
β de la bobina.-	1'136 rad/m $\equiv 65^\circ/\text{m}$
Impedancia característica.-	3602 Ω

Hemos utilizado el más minucioso y exacto calculador de bobinas para RF que esté a nuestro alcance, de libre disposición y presente en la WEB gracias al colega ON4AA.

<http://www.hamwaves.com>

Si nos fijamos en el valor de β , nos dice que una bobina de estas características y a esa frecuencia equivale a un tramo de antena de

$$1'136 \text{ rad/m} \times 0'255 \text{ mts} = 0'29 \text{ radianes} \equiv 16'6^\circ \equiv 3'95 \text{ mts}$$

Luego con esta bobina el sistema de antena equivale a un radiador de $5'8 + 3 + 3'95 = 12'75$ mts. sin reactancia.

Un radiador de esta altura y con su reactancia compensada tiene una resistencia en la base mayor que la anterior ($10'65 \Omega$ que tiene un monopolo de $12'75$ mts para $3'5$ MHz frente a los $4'65 \Omega$ del monopolo sin carga) y el esquema de ese radiador equivalente será como la figura 2

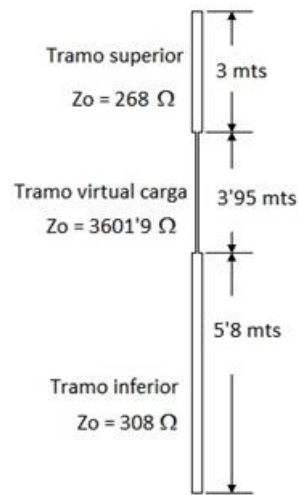


Fig.2

Esta última teoría, está a caballo de las dos primeras ya que considera a la bobina de carga como un elemento de constantes distribuidas como en una línea de transmisión, por lo que los valores de la corriente en los extremos de la bobina no son iguales. En la figura 3, podemos ver la supuesta distribución de la corriente según esta última teoría expuesta, destacando los valores de la corriente en los puntos de interés, suponiendo que la intensidad en la base, vale 1 Amperio.

Ve mos que los g-a han aumentado respecto al radiador sin carga, pero aunque aumenta la resistencia de radiación en la entrada, no se alcanzan los 36Ω teóricos esperados en un monopolo de $1/4$ de onda como supone la segunda teoría.

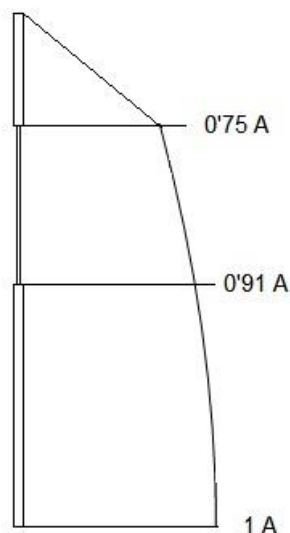


Fig. 3

Estos cálculos se podrían determinar con más exactitud, dado que para dar la mayor sencillez, se ha obviado por ejemplo la no uniformidad del radiador debido a sus diferentes impedancias características que modificarían esta distribución de corriente así como otros parámetros, pero eso, añadiría más complejidad sin añadir mayor comprensión de este tema.

Armando García

EA5ND (ex EA5BWL)