

Algunas consideraciones sobre bobinas

¿Qué sabemos de las bobinas?

Generalmente a esta pregunta se responde sucintamente ya que este dispositivo no es nuevo para el radioaficionado.

: "Para adaptar una antena o hacer un acoplador o un filtro,..."

Cualquiera sabe que enrollando un hilo metálico sobre una forma, normalmente cilíndrica, se obtiene una bobina. Y que esa bobina tendrá una inductancia y ofrecerá una reactancia (resistencia a la corriente alterna) a una frecuencia determinada.

Bueno. Aquí vamos a escudriñar un poco más en el interior de esos dispositivos y descubriremos algunos conceptos nuevos que caracterizan a una bobina o inductor.

La figura 1 muestra los parámetros físicos que describen a una bobina.

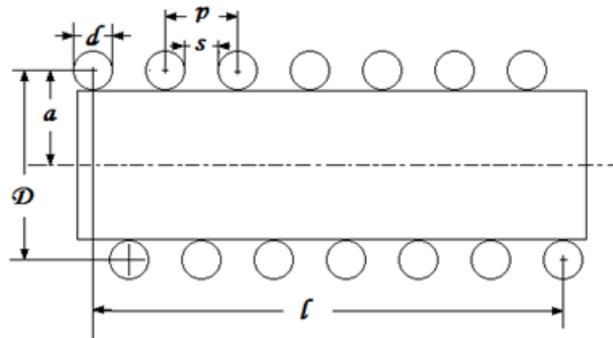


Fig. 1

En la cual,

d Es el diámetro del hilo

s Es la separación entre espiras

p Es el paso de la hélice que forman las espiras "pitch"

a Es el radio del inductor (desde el centro del conductor al eje de la forma)

D Es el diámetro de la bobina (entre centros del conductor)

l Es la longitud de la bobina (entre centros del conductor)

La formulación para calcular la inductancia que presenta una bobina a partir de estas dimensiones es muy variada, según el investigador que la haya deducido y todas ellas tienen unos condicionantes en lo que respecta a la relación diámetro/longitud.

Así podemos ver como ejemplo,:

Fórmula de Wheeler

$$L = 0'394 \frac{a^2 N^2}{9a + 10l} \mu H$$

Con un error del 1% para relaciones $D/l < 3$ o sea para bobinas que tengan un diámetro hasta tres veces mayor que su longitud, lo cual es válido para la mayoría de bobinas que por el contrario, suelen tener su longitud, mayor que su diámetro.

Esnault-Pelteire.-

Esta es una aproximación a la anterior

$$L = 0'0397 \frac{N^2 a^2}{0'92a + l} \mu H$$

Válida para relaciones de D/l entre 0'2 y 1'5 con un error del 0'1%

Otras fórmulas contemplan un factor de corrección "K" y el "factor de forma F" que dependen también de la relación D/l

Por otra parte, La inductancia así calculada también está afectada por la frecuencia de trabajo, de tal manera que esta inductancia se convierte en una "inductancia efectiva" L^* .

Así,

$$L^* = \frac{L}{1 - 10^{-6} (2\pi F)^2 L * Cd} \mu H$$

Aquí aparece el término "Cd" que se refiere a la capacidad distribuida de la cual hablaremos más adelante.

En la fórmula,

La frecuencia F, viene en MHz y

La capacidad distribuida, Cd, en pF

La operación inversa es el cálculo del número de espiras necesario para diseñar un inductor a partir de una inductancia prefijada y con un conductor y una forma de soporte con unos diámetros determinados.

Podemos usar este procedimiento

Primero averiguaremos el número de espiras "n" que cabe en un cm.

$$n = \frac{10}{2d}$$

Hacemos $X = \frac{50}{nD^2}$ y aplicamos:

$$N = LX \left(1 + \sqrt{1 + \frac{23}{\frac{D}{2} LX^2}} \right)$$

Siendo:

d= diámetro del hilo en m/m

L.- inductancia requerida en μH

D.- diámetro de la bobina entre centros del conductor en cm.

O también esta fórmula

$$N = \sqrt{\frac{1000 * l * L + 450LD}{D^2}}$$

En la que l y D vienen dados en m/m y L en μH .

Cualquiera de las dos da resultados con suficiente aproximación.

Resistencia óhmica de un inductor a la RF.

Es bien sabido que la resistencia que ofrece un conductor eléctrico al paso de la corriente alterna es diferente que la ofrecida cuando la corriente es continua y que además aumenta en función de la frecuencia. Esto es debido al "efecto piel" o efecto pelicular, dado que la corriente tiende a circular cerca de la superficie del conductor.

Ahora bien. La resistencia a la RF ofrecida por un conductor rectilíneo y cilíndrico de cobre, se determina por esta fórmula condensada.

$$R_{RF} = \frac{l * \sqrt{F}}{24a}$$

Siendo

l la longitud del conductor en metros

F la frecuencia en MHz

a= radio del conductor en m/m.

Pero cuando este conductor lo enrollamos para formar una bobina, esta resistencia aumenta drásticamente debido a una serie de parámetros a considerar como son:

El efecto de proximidad.-

La existencia de conductores situados muy próximos y paralelos, transportando corriente en el mismo sentido, como en el caso de una bobina, hace que el campo magnético generado por un conductor, se vea afectado por los adyacentes resultando un campo efectivo modificado que da lugar a un aumento a la resistencia a la RF que tendría si estuviera aislado como señalábamos al principio.

Capacidad distribuida.-

La proximidad entre las espiras de un inductor y de las espiras a tierra, da lugar a la aparición de una capacidad entre ellas, cuya combinada se convierte en una capacidad efectiva en paralelo con la bobina. También afecta a la resistencia efectiva de la bobina. Es función de la relación p/d (paso de la hélice y diámetro del conductor). Se determina mediante ábacos o experimentalmente.

La coexistencia de la inductancia de la bobina y la capacidad distribuida en paralelo con ella, da lugar a que a determinada frecuencia, la bobina se convierta en un circuito resonante en paralelo. A esa frecuencia, la bobina está en "auto-resonancia". Algunos diseñadores, aprovechan esta circunstancia para construir trampas de onda sin utilizar capacidades externas. Elevando esa frecuencia, se llega a otra, en que la bobina se convierte en una capacidad (presenta una reactancia resultante de carácter capacitivo).

Entorno.-

Es otra circunstancia que puede modificar el campo de la bobina, por cercanía de objetos metálicos sensibles al campo magnético, afectando también a la resistencia y capacidad distribuida.

Suponiendo aislada de perturbaciones, podemos ver en la siguiente gráfica (Figura 2) cómo afecta la proximidad de las espiras a la resistencia de la bobina en función de su resistencia si el conductor empleado no estuviera enrollado.

Factor multiplicador de la resistencia pelicular de un conductor rectilíneo a la RF, cuando este se enrolla en forma de bobina en función del diámetro del conductor d y del paso de hélice de la bobina p

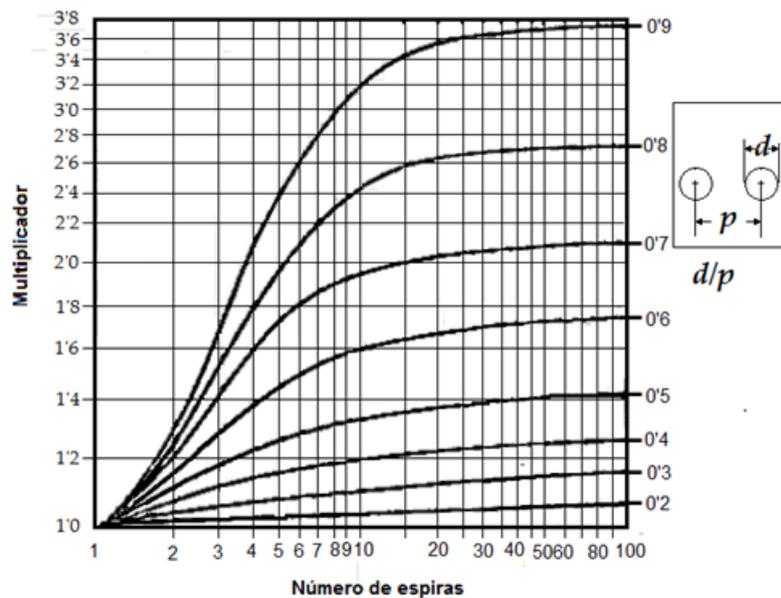


Fig. 2

Aquí podemos ver que por ejemplo, con 20 espiras prácticamente juntas $d/p = 0.9$ la resistencia de la bobina sería la de la longitud del conductor recto, multiplicada por 3.6.

También podemos observar en la condición usada más comúnmente, que la resistencia de un arrollamiento con espiras separadas una distancia igual a su diámetro, ($d/p = 0.5$ ó $s=d$) la resistencia es 1.4 veces (aprox.) la del mismo hilo, recto (entre 20 y 100 espiras. Depende del número de espiras que tenga la bobina). Esta resistencia se suele determinar a partir de un Q o factor de mérito de la bobina estimado a su vez y de la reactancia que presente a la frecuencia de interés, como vemos a continuación..

EA5ND (ex EA5BWL)