

Inductancias

Contenido:

1. Inductancias.
 2. Cálculos de Inductancias.
 3. Permeabilidad de bobinas con núcleo de hierro.
 4. Corrientes de Foucault e Histèresis.
-

Inductancias

Es posible demostrar que el paso de corriente por un conductor va acompañado de efectos magnéticos; la aguja de una brújula colocada cerca de un conductor, por ejemplo, se desviará de su posición normal norte-sur. La corriente crea un campo magnético.

La transferencia de energía al campo magnético representa trabajo efectuado por la fuente de FEM. Se requiere potencia para hacer trabajo, y puesto que la potencia es igual a la corriente multiplicada por la tensión, debe haber una caída de tensión en el circuito durante el tiempo en que la energía está almacenándose en el campo.

Esta caída de tensión que no tiene nada que ver con la caída de tensión de ninguna resistencia del circuito, es el resultado de una tensión opuesta inducida en el circuito mientras el campo crece hasta su valor final. Cuando el campo se vuelve constante,

La FEM inducida o fuerza contraelectromotriz desaparece, puesto que ya no se está almacenando más energía. Puesto que la FEM inducida se opone a la FEM de la fuente, tiende a evitar que la corriente aumente rápidamente cuando se cierra el circuito.

La amplitud de la FEM inducida es proporcional al ritmo con que varía la corriente y a una constante asociada con el circuito, llamada inductancia del circuito.

La inductancia depende de las características físicas del conductor. Por ejemplo, si se enrolla un conductor, la inductancia aumenta. Un arrollamiento de muchas espiras tendrá más inductancia que uno de unas pocas vueltas. Además, si un arrollamiento se coloca alrededor de un núcleo de hierro, su inductancia será mayor de lo que era sin el núcleo magnético.

La polaridad de una FEM inducida va siempre en el sentido de oponerse a cualquier cambio en la corriente del circuito. Esto significa que cuando la corriente en el circuito aumenta, se realiza trabajo contra la FEM inducida almacenando energía en el campo magnético. Si la corriente en el circuito tiende a descender, la energía almacenada en el campo vuelve al circuito, y por tanto se suma a la energía suministrada por la fuente de FEM. Esto tiende a mantener a la corriente circulando incluso cuando la FEM aplicada pueda descender o ser retirada. La energía almacenada en el campo magnético de un inductor se da por:

$$W = I^2 L / 2$$

donde:

W = energía en julios

I = corriente en amperios

L = inductancia en henrios

La unidad de inductancia es el henrio. Los valores de inductancia utilizados en equipos de radio varían en un amplio margen. En circuitos de radiofrecuencia, los valores de inductancia empleados se medirán en milihenrios (1 mH es una milésima de henrio) en frecuencias bajas, y en microhenrios (millonésima de henrio) en las frecuencias medias y altas. Aunque las bobinas para radiofrecuencia pueden bobinarse sobre núcleos de hierro especiales (el hierro común no es adecuado), muchas de las bobinas utilizadas por los aficionados son del tipo de núcleo de aire, o sea, bobinadas en un material de soporte no magnético .

Cualquier conductor tiene inductancia, incluso cuando el conductor no forma una bobina. La inductancia de una pequeña longitud de hilo recto es pequeña, pero no despreciable si la corriente a través de él cambia rápidamente, la tensión inducida puede ser apreciable. Este puede ser el caso de incluso unas pocas pulgadas de hilo cuando circula una corriente de 100 MHz o más. Sin embargo, a frecuencias mucho mas bajas la inductancia del mismo hilo puede ser despreciable, ya que la tensión inducida será despreciablemente pequeña.

Cálculos de inductancia

La inductancia aproximada de una bobina de una sola capa bobinada al aire puede ser calculada con la fórmula* simplificada:

$$L \text{ (microH)} = d^2 \cdot n^2 / 18d + 40 l$$

Donde:

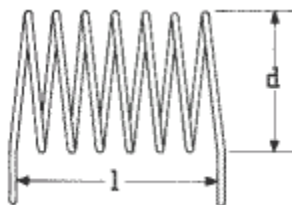
L = inductancia en microhenrios

d = diámetro de la bobina en pulgadas

l = longitud de la bobina en pulgadas

n = número de espiras

La notación se explica en la **figura 1**.



*** Para poder utilizar esta fórmula con las medidas en centímetros, debe multiplicarse el segundo miembro por el factor 0,394. Así**

$$L \text{ (microH)} = 0,394 \cdot (d^2 \cdot n^2 / 18d + 40 l)$$

Esta fórmula es una buena aproximación para bobinas que tengan una longitud igual o mayor que 0,4 d.

Ejemplo: Suponga una bobina que tiene 48 espiras bobinadas a razón de 32 espiras por pulgada y un diámetro de 314 de pulgada. Por tanto, $d = 0,75$ $l = 48/32 = 1,5$ y $n = 48$. Sustituyendo:

$$L = 0,75^2 \times 48^2 / (18 \times 0,75) + (40 \times 1,5) = 1.296 / 13,5 + 60 = 96 + 60 = 156 \text{ microH}$$

Para calcular el número de espiras requeridas en una bobina de una sola capa para obtener una determinada inductancia:

$$n = \text{raiz cuadrada de } (L (18d + 40l) / d$$

Ejemplo: Suponga que se requiere una inductancia de 10 microH.

La forma en que se va a bobinar la bobina tiene un diámetro de 1 pulgada y longitud suficiente para acomodar una bobina de 1- 1/4 de pulgada de largo.

Por tanto:

$$d = 1$$

$$l = 1,25$$

$$L = 10 \text{ microH.}$$

Sustituyendo:

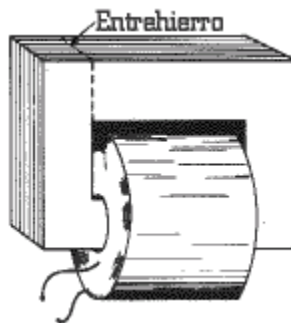
$$n = \text{raiz cuadrada de } (10. ((18 \times 1) + (40 \times 1,25))) / 1$$

$$n = \text{raiz cuadrada de } 680 = 26,1 \text{ espiras}$$

Una bobina de 26 espiras estaría lo suficientemente próxima a efectos prácticos. Puesto que la bobina tendrá 1,25 pulgadas de longitud, el número de espiras por pulgada será de $26,1/1,25 = 20,9$. Consultando la tabla de hilos, encontramos que un hilo del número 17 esmaltado (o cualquiera menor) es válido. Se obtiene la inductancia adecuada bobinando el número de espiras requeridas sobre la forma y ajustando la separación entre espiras hasta que se obtiene un espaciado uniforme con una longitud de 1,25 pulgadas.

Permeabilidad de bobinas con núcleo de hierro

Supóngase que la bobina de la **figura 2** se enrolla en un núcleo de hierro que tenga una sección de 2 pulgadas cuadradas.



Cuando se envía una cierta corriente a través de la bobina, se encuentra que hay 80.000 líneas de fuerza en el núcleo. Puesto que el área es de 2 pulgadas cuadradas, la densidad de flujo magnético es de 40.000 líneas por pulgada cuadrada. Ahora supóngase que se retira el núcleo y se mantiene la misma corriente en el núcleo. También supóngase que la densidad de flujo sin núcleo es de 50 líneas por pulgada cuadrada. **La relación entre estas dos densidades de flujo, hierro a aire, es $40.000/50 = 800$. Esto se llama permeabilidad del núcleo.**

La inductancia de la bobina ha aumentado 800 veces al insertar el núcleo de hierro, ya que la inductancia será proporcional al flujo magnético a través de las bobinas, si los otros parámetros se mantienen igual.

La permeabilidad de un material magnético varía con la densidad de flujo.

Para bajas densidades de flujo (o con núcleo de aire), el aumento de corriente a través de la bobina producirá un aumento proporcional del flujo. Pero con densidades de flujo muy altas, incrementar la corriente no causará un cambio apreciable en el flujo.

Cuando esto es así, se dice que el hierro está saturado. La saturación causa un rápido descenso de la permeabilidad puesto que desciende la relación de líneas de flujo con respecto a la misma corriente y núcleo de aire. Obviamente, la inductancia de una bobina con núcleo de hierro es, en gran medida, dependiente de la corriente que fluye en la bobina. En una bobina con núcleo de aire, la inductancia es independiente de la corriente porque el aire no se satura.

Las bobinas con núcleo de hierro como la mostrada en la **figura 2** se usan principalmente en fuentes de alimentación. Usualmente circula corriente continua a través la densidad de flujo está controlada por la separación en vez de por el hierro.

Esto reduce la inductancia, manteniéndola prácticamente constante independientemente del valor de la corriente.

Para radiofrecuencia, las pérdidas en los núcleos de hierro pueden ser reducidas a valores aceptables pulverizando el hierro y mezclando el polvo con un "ligante" de material aislante de tal forma que las partículas de hierro estén aisladas unas de otras. Por este sistema, se pueden construir núcleos que funcionarán satisfactoriamente incluso en el margen de VHF.

Puesto que una gran parte del recorrido magnético se produce a través de material no magnético (el ligante), la permeabilidad del hierro es baja comparada con los valores que se obtienen a las frecuencias de las fuentes de alimentación. El núcleo tiene generalmente la forma de una barra o cilindro que se coloca en el interior de la forma aislante sobre la que está bobinada la bobina. A pesar de que con esta construcción, la mayor parte del recorrido magnético del flujo es por el aire, la barra es bastante eficaz para aumentar la inductancia de la bobina. Empujando la barra hacia dentro y hacia fuera de la bobina, se puede variar la inductancia sobre un margen considerable.

Corrientes de Foucault e histéresis

Cuando circula corriente alterna a través de una bobina arrollada sobre un núcleo de hierro, se inducirá una FEM como se indicó anteriormente. Y, puesto que el hierro es un conductor, circulará una corriente en el núcleo. Dichas corrientes se llaman corrientes de Foucault y representan una pérdida de potencia puesto que circulan a través de la resistencia del hierro y, por tanto, producen calentamiento. Dichas pérdidas pueden reducirse laminando el núcleo (cortándolo en delgadas tiras). Estas tiras o láminas deben aislarse unas de otras pintándolas con algún material aislante como barniz o goma laca.

Hay otro tipo de pérdida de energía en los inductores. El hierro tiende a oponerse a cualquier cambio en su estado magnético, por tanto una corriente que cambie rápidamente, como lo es la CA, debe suministrar continuamente energía al hierro para vencer esa "inercia". Las pérdidas de este tipo se llaman pérdidas por histéresis.

Las pérdidas por corrientes de Foucault e histéresis aumentan rápidamente a medida que la frecuencia de la corriente alterna. Por esta razón los núcleos de hierro normales solo se pueden usar en las frecuencias de la línea de baja tensión doméstica y en audiofrecuencias -hasta unos 15.000 Hz-. A pesar de todo, se precisa hierro o acero de muy buena calidad si el núcleo debe trabajar eficazmente en las audiofrecuencias más altas. Los núcleos de hierro de este tipo son totalmente inútiles en radiofrecuencia.

Autor: Marcelo Chantre

Correo Electrónico: marcelocha@movi.com.ar