

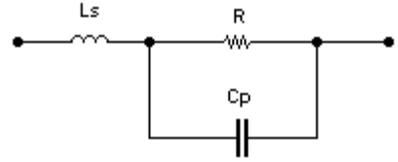
INDUCTORES (versión 1.0)

Introducción:

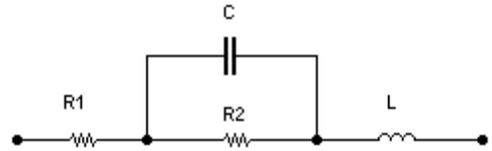
Resistencias, capacitores y bobinas reales

Es importante tener en cuenta que cuando se trabaja con componentes pasivos reales (resistencias - capacitores - inductores) ninguno es puro.

Una resistencia real tiene en primera aproximación el siguiente circuito equivalente, por lo tanto la impedancia que presenta dependerá de la frecuencia de trabajo. Los materiales constructivos determinan los valores de elementos parásitos L_s y C_p .

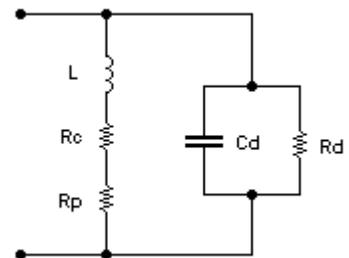


Un capacitor real tiene en primera aproximación el siguiente circuito equivalente, por lo tanto la impedancia que presenta dependerá de la frecuencia de trabajo. Los materiales constructivos determinan los valores de elementos parásitos.



C: valor del capacitor
R1: resistencia en los electrodos y chicotes
R2: dieléctrico
L: inductancia en electrodos y chicotes

Un inductor real tiene en primera aproximación el siguiente circuito equivalente, por lo tanto la impedancia que presenta dependerá de la frecuencia de trabajo. Los materiales constructivos determinan los valores de elementos parásitos.



L: inductancia
Rc: resistencia ohmica del arrollamiento a la corriente continua
Rp: Resistencia de pérdida por efecto skin. Es función de la frecuencia, por lo tanto solo aparece cuando se aplican señales alternas.
Cd: capacidad distribuida entre espiras y entre estas y el blindaje que las rodea.
Rd: resistencia de pérdidas debido al carrete donde de arrolla el inductor y al aislante entre espiras.

Inductancias

Se define autoinducción o inductancia L a la relación entre el flujo concatenado (rodeado) por el inductor y la corriente que lo produce. Recordemos que se denomina flujo magnético a la cantidad de líneas de campo magnético por unidad de área que hay en una zona del espacio donde existe campo magnético.

La energía almacenada en el campo magnético de un inductor esta dada por:

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

W = energía en joules
I = corriente en amperes
L = inductancia en henrios

La unidad de inductancia es el henrio o henry. 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 uH (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 frecuencia es alta. Sin embargo, a frecuencias mucho mas bajas la inductancia del mismo hilo puede ser despreciable.

Bobinas con núcleo de hierro

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



También supóngase que la densidad de flujo sin núcleo (núcleo de aire) 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, si el hierro se satura entonces el flujo ya no aumenta, por lo cual si varía la corriente entonces variará L .

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 se usan principalmente en fuentes de alimentación

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. 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 aumenta 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.

Como conclusión podemos decir, que según los materiales empleados y su método de construcción, un capacitor o una bobina se pueden comportar muy diferentes de acuerdo a la frecuencia de trabajo, por lo cual puede no servir para nuestro circuito.

Por ejemplo una resistencia de potencia (5W, 10W, 20W, etc) suele ser bobinada sobre un soporte cerámico, esto en continua o frecuencias de red puede no ser importante, pero a frecuencias altas(RF) el bobinado puede contribuir con su reactancia inductiva y perjudicar el funcionamiento del circuito.

Construcción de inductores

Para obtener distintos valores de inductancias, podemos manipular los siguientes parámetros:

- Diámetro del alambre
- Diámetro de las espiras
- Cantidad de espiras
- Cantidad de capas de bobinados
- Núcleo de la bobina (aire, hierro, ferrite, etc).

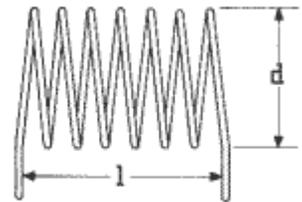
Algunos cálculos de inductancias

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

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

Donde:

- L = inductancia en microhenrios**
- d = diámetro de la bobina en centímetros**
- l = longitud de la bobina en centímetros**
- n = número de espiras**



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

Al igual que la formula presentada puede verse en textos especializados otros métodos con fórmulas o ábacos que permiten diseñar determinadas bobinas.