

# Inductor y Capacitor

Alcocer David y Arevalo Katherine

**Resumen** – Explicación teórica y práctica de que es un inductor y un capacitor, y cómo se comporta en un circuito de corriente alterna mediante la simulación de dos circuitos a analizar. Tener presente que lo estudiado anteriormente se puede aplicar para el análisis de circuito que consta de capacitores e inductores tener presente que ya se inicia con la manipulación de números complejos,

**Índice de Términos** –capacitor ,inductor, corriente alterna.

## I. INTRODUCCIÓN

Este artículo está implementado para observar cómo se comporta un capacitor y un inductor en el circuito de corriente alterna. Se tiene en conocimiento de un capacitor y un inductor son elementos de un circuito que almacenan energía por lo cual se los conoce como elementos de almacenamiento. Un capacitor es un elemento que está diseñado para almacenar energía, consta de dos placas conductoras separadas por un aislante. Un inductor es un elemento que consta de un alambre conductor. A un capacitor e inductor se los puede estudiar de una manera similar a la estudiada anteriormente en circuito puramente resistivos.

## II. MARCO TEÓRICO

### Capacitor

El capacitor es un dispositivo eléctrico, el cual almacena energía eléctrica. Está constituido de dos placas paralelas, las cuales son conductoras y las separa un material aislante, cuyo nombre es dieléctrico.

Mientras más cerca estén las placas o sus mientras más grande sea su superficie mayor va a ser la capacitancia.

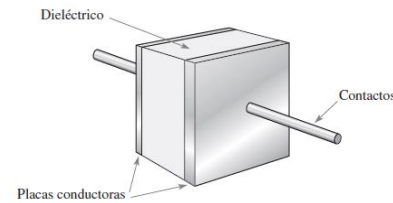


Figura 1. Capacitor y sus componentes.

Capacitancia es la medida de la capacidad del capacitor, su unidad de medida es el faradio ( $F$ ).

Un faradio es la capacitancia cuando se ha guardado un coulomb ( $C$ ) con un volt entre las placas. Por lo cual la expresión para encontrar la capacitancia es:

$$C = \frac{Q}{V} \quad (1)$$

Otra manera de calcular la capacitancia es utilizando la constante dieléctrica o permitividad relativa ( $\epsilon_r$ ), la cual es la medida de la capacidad del material de establecer un campo eléctrico. Esto se debe a que la capacitancia es directamente proporcional a la constante dieléctrica.

$$C = \frac{A \epsilon_r (8.85 \times 10^{-12} F/m)}{d} \quad (2)$$

$A$  es el área,  $d$  es la separación entre placas,  $\epsilon_r$  es la permeabilidad relativa la cual se multiplica por ( $8.85 \times 10^{-12}$ ) que es la permeabilidad del aire o vacío para obtener la permeabilidad absoluta del material.

**Carga del capacitor en CD**

Cuando el capacitor se encuentra en estado neutro, ambas placas tienen el mismo número de electrones libres. Cuando se conecta el capacitor a una fuente, se lo debe hacer por medio de una resistencia. Los electrones de una placa, la que llamaremos A, serán liberados y se depositarán, el mismo número de electrones, en la placa B. Esto causa que la placa A se vuelva positiva respecto a B. Esto ocurre cuando el voltaje acumulado llega a ser igual al voltaje aplicado. Hay que recordar que por el dieléctrico no fluye nada ya que es aislante, entonces el flujo se va a llevar a cabo en los contactos. Cuando se desconecta el capacitor de la fuente la carga va a permanecer por un tiempo definido por cada tipo de capacitor. Entonces, podemos evidenciar que el capacitor se comporta como una batería.

### Capacitores en serie

Cuando los capacitores están dispuestos en serie, la separación entre placas aumenta, por lo cual el valor de la capacitancia total es menor que el valor de la capacitancia mas pequeña. Una conexión de capacitores en serie actúa

como un divisor de voltaje. La capacitancia total se calcula de la siguiente manera:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots \quad (4)$$

Capacitores en paralelo

Si los capacitores están en paralelo el área de las placas incrementa, por lo cual la capacitancia total es la suma de todas las capacitancias.

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots \quad (5)$$

Voltaje en el capacitor

El voltaje entre las terminales de un capacitor en serie viene dado por la siguiente expresión:

$$V_X = \left( \frac{C_T}{C_X} \right) V_T \quad (6)$$

Medición de la capacitancia

Para medir la capacitancia se utiliza un medidor LCR o multímetros que cuenten con la función de medición de un capacitor.

Expresiones para las curvas exponenciales de carga y descarga:

$$v = V_F + (V_i - V_F) e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (7)$$

$$i = I_F + (I_i - I_F) e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (8)$$

$V_F$  e  $I_F$  y  $V_i$  e  $I_i$  son los valores finales e iniciales, respectivamente, del voltaje y corriente.  $v$  e  $i$  son los valores instantáneos del voltaje y corriente en un tiempo  $t$ . Y  $\tau$  es el producto de los valores de la resistencia y la capacitancia.

Capacitores en CA

La corriente instantánea en el capacitor va a ser igual al producto de la capacitancia por la razón de cambio del voltaje presente entre los terminales del capacitor.

$$i = C \left( \frac{dv}{dt} \right) \quad (9)$$

Otro concepto importante dentro de los capacitores en CA es la reactancia capacitiva ( $X_C$ ), la cual es la oposición a la corriente sinusoidal, y se la expresa en ohms.

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad (10)$$

Ley de Ohm estará dada por:

$$I = \frac{V}{X_C} \quad (11)$$

La potencia reactiva es la manera en la que el capacitor guarda o regresa energía, es bastante similar a la potencia en cd.

$$P_r = V_{rms} I_{rms} = \frac{V_{rms}^2}{X_C} = I_{rms}^2 X_C \quad (12)$$

Entre sus usos está el almacenamiento de voltaje para circuitos de baja potencia, en un circuito con fuente de potencia elimina las fluctuaciones del voltaje hasta hacerlo idealmente de cd de valor constante, bloquear el voltaje cd, reducir el voltaje ca, desacoplar los pulsos estrechos o transitorios, filtrar señales, hacer de desvío del voltaje de ca, en circuitos temporizadores, en memorias de computador, entre otros.

## INDUCTOR

Un inductor es un tramo de alambre dado la forma de una bobina. La corriente que fluye a través de una bobina produce un campo electromagnético.

Alrededor de cada espiral del devanado se forman líneas de fuerza electromagnética. Todas estas líneas de fuerza se suman con las de las espiras que están juntas y forman un fuerte campo electromagnético dentro y alrededor de la bobina. La dirección de este campo electromagnético total crea un polo norte y un polo sur.

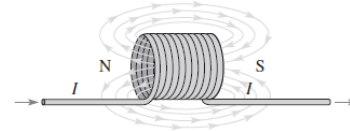


Figura 2. Líneas de fuerza electromagnética del inductor.

La inductancia es cuando en la bobina fluye corriente a una razón de un amper por segundo e induce un volt a través de la bobina. Su unidad de medida es el henry o henrios ( $H$ ).

$$L = \frac{N^2 \mu A}{l} \quad (13)$$

$L$  es la inductancia,  $N$  es la cantidad de vueltas de alambre,  $\mu$  es la permeabilidad del alambre,  $A$  es el área de la sección transversal y  $l$  es la longitud del núcleo.

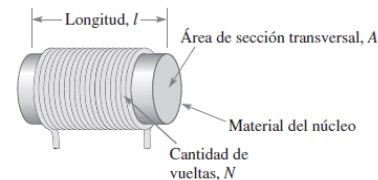


Figura 3. Partes del inductor.

Si se utilizan muchas vueltas de alambre al construir la bobina la resistencia llega a ser significativa. Esa resistencia es inherente y se llama resistencia de cd o de devanado (RW) y aparece en serie con la inductancia de la bobina. También aparece una inductancia y se la llama capacitancia de devanado o parasita (CW) y se encuentra en paralelo a la resistencia de devanado y a la bobina.

Un inductor se caracteriza por la permeabilidad el material el núcleo, el numero de vueltas de alambre, su longitud y el área de la sección transversal del núcleo. El material del núcleo puede ser ferromagnético, por ejemplo: hierro, níquel, cobalto o aleaciones de materiales magnéticos. O puede ser de materiales no magnéticos como el cobre. Existen inductores fijos, variables, de núcleo de aire, núcleo de hierro y núcleo de ferrita.

Dentro del estudio de los inductores la ley de Faraday es muy importante. Esta establece que la cantidad de voltaje inducido en una bobina es directamente proporcional a la razón de cambio del campo magnético con respecto a la bobina.

$$V_{ind} = N \left( \frac{d\phi}{dt} \right) \quad (14)$$

Si los inductores están dispuestos en serie se los suma para obtener la inductancia total. Si están en paralelo la expresión para obtener la inductancia total es:

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots \quad (15)$$

En un inductor su campo electromagnético guarda energía cuando se conecta a una fuente de voltaje de cd. Esta acumulación de corriente a través del inductor depende de la constante de tiempo determinada por la inductancia ( $L$ ) y la resistencia ( $R$ ) presente en el circuito.

$$\tau = \frac{L}{R} \quad (16)$$

Expresiones para las curvas exponenciales de carga y descarga:

$$v = V_F + (V_i - V_F)e^{-\frac{Rt}{L}} \quad (17)$$

$$i = I_F + (I_i - I_F)e^{-\frac{Rt}{L}} \quad (18)$$

$V_F$  e  $I_F$  y  $V_i$  e  $I_i$  son los valores finales e iniciales, respectivamente, del voltaje y corriente.  $v$  e  $i$  son los valores instantáneos del voltaje y corriente en un tiempo  $t$ . Y  $\tau$  es el producto de los valores de la resistencia y la capacitancia.

Inductores en CA

Un inductor deja pasar corriente alterna con una cantidad de oposición llamada reactancia inductiva que depende de la frecuencia de la corriente alterna.

Reactancia inductiva es la oposición a la corriente sinusoidal. Su expresión es:

$$X_L = 2\pi fL \quad (19)$$

Ley de Ohm

$$I = \frac{V}{X_L} \quad (20)$$

Potencial real ( $P_{real}$ ) de un inductor:

$$P_{real} = I_{rms}^2 R_W \quad (21)$$

Potencia reactiva ( $P_r$ ) es la rapidez a la cual el inductor guarda o regresa la energía.

$$P_r = V_{rms} I_{rms} = \frac{V_{rms}^2}{X_L} = I_{rms}^2 X_L \quad (22)$$

Factor de calidad de una bobina es la razón de la potencia reactiva presente en un inductor a la potencia real que hay en la resistencia de devanado de la bobina o en la resistencia que esta en serie con la bobina.

$$Q = \frac{\text{potencia creativa}}{\text{potencia real}} = \frac{X_L}{R_W} \quad (23)$$

Entre sus usos esta eliminar el ruido eléctrico no deseado ya sea conductivo o radiado, están las bobinas de RF o radiofrecuencia y los circuitos sintonizados.

### III. DISEÑO Y CALCULO

#### A. Circuito experimental

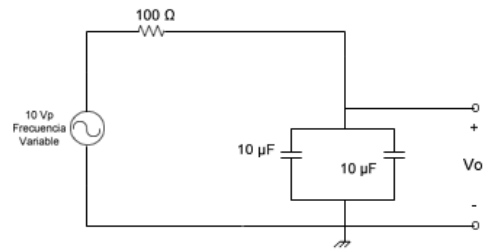


Figura 1.

Datos

Fuente de corriente alterna 10VP

1 Resistencia 100 Ohm

2Capacitores 10 uF

La frecuencia varia de 0,10,50,100,500,100 Hz

Para una frecuencia de cero la reactancia capacitiva se hace cero por lo cual su voltaje y corriente es 0.

Para la frecuencia de 10Hz

Reactancia capacitiva

$$C_T = 10 + 10 = 20\mu F$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi(10Hz)(20\mu F)} = 795.77\Omega$$

Impedancia total

$$Z_T = 100 - j795.77$$

Voltaje pico  $802.03\angle -82.83^\circ$

Divisor de voltaje

$$V_{pc} = \left( \frac{795.77\angle -90^\circ}{100 - j795.77} \right) * 10\angle 0^\circ = 9.92\angle -7.76^\circ$$

Voltaje Vrms

$$V_{rms} = 0.707V_p$$

$$V_{rms} = 0.707(10) = 7.07V$$

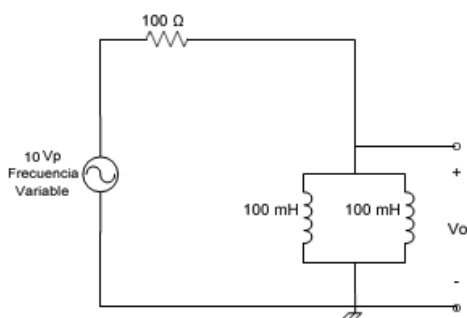
Divisor de voltaje

$$V_{pc} = \left( \frac{795.77\angle -90^\circ}{100 - j795.77} \right) * 7.07\angle 0^\circ = 7.01\angle -7.76^\circ$$

Corriente

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{7.07\angle 0^\circ}{100 - j795.77} = 8.82\angle 82.83^\circ mA$$

Segundo Circuito para analizar con bobinas

**Figura 2.**

Datos

Fuente de corriente alterna 10VP

1 Resistencia 100 Ohm

2Capacitores 10 uF

La frecuencia varia de 0,10,50,100,500,100 Hz

Para una frecuencia de 10Hz

Capacitancia total

$$L_T = \frac{(100 \times 10^{-3})(100 \times 10^{-3})}{100 \times 10^{-3} + 100 \times 10^{-3}} = 0.05H$$

Reactancia inductiva

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi(10)(0.05) = 3.14\Omega$$

Impedancia total

$$Z_T = 100 + j3.14$$

Forma polar  $100.05 \angle 1.79^\circ$

Voltaje pico

Divisor de voltaje

$$V_{pc} = \left( \frac{3.14 \angle 90^\circ}{100 + j3.14} \right) * 10 \angle 0^\circ = 0.31 \angle 89.97^\circ$$

Voltaje Vrms

$$V_{rms} = 0.707V_p$$

$$V_{rms} = 0.707(10) = 7.07V$$

Divisor de voltaje

$$V_{pc} = \left( \frac{3.14 \angle 90^\circ}{100 + j3.14} \right) * 7.07 \angle 0^\circ = 0.22 \angle 89.97^\circ$$

Corriente

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{7.07 \angle 0^\circ}{100 + j3.14} = 70.6 \angle -1.79mA$$

## B. TABLAS

Mediciones del circuito con capacitores

Tabla1.1.Datos medidos con osciloscopio

Frecuencia(Hz)	Voltaje calculado	Voltaje medido
0	0	0
10	9.92	9.90
50	8.36	8.35

100	6.23	6.15
500	1.57	1.55
1000	0.7	0.775

Tabla1.2.Datos medidos con multímetro

Frecuencia(Hz)	Voltaje calculado(V)	Voltaje medido
0	0	0
10	7.01	7.02
50	6	6
100	4.40	4.38
500	1.10	1.10
1000	0.55	0.55

Tabla1.3.Datos de la corriente en el circuito figura 1

Frecuencia(Hz)	Corriente calculada(mA)	Corriente medida(mA)
0	0	0
10	8.8	8.8
50	37.6	37.7
100	55.3	55.4
500	69.8	69.8
1000	70.4	70.5

Mediciones de circuito con inductores

Tabla2.1.Datos medidos con osciloscopio

Frecuencia(Hz)	Voltaje calculado(V)	Voltaje medido(V)
0	0	0
10	0.22	0.23
50	1.55	1.56
100	3	3
500	8.47	8.4
1000	9.48	9.50

Tabla2.2.Datos medidos con multímetro

Frecuencia(Hz)	Voltaje calculado(V)	Voltaje medido
0	0	0
10	0.22	0.23
50	1.10	1.11
100	2.12	2.14
500	5.96	5.98
1000	6.70	6.74

Tabla2.3.Datos de la corriente en el circuito figura 2

Frecuencia(Hz)	Corriente calculada(mA)	Corriente medida(mA)
0	0	0
10	70.6	70.4
50	69.8	69.9
100	67.44	67.5
500	38	37.6
1000	21.3	21.2

ERROR RELATIVO

$$e\% = \frac{|\text{valor teorico} - \text{valor calculado}|}{\text{valor teorico}} * 100$$

Error Absoluto del Capacitor			
Frecuencia (Hz)	Valor pico	Vrms	Corriente

0	0%	0%	0%
10	0.20%	0.14%	0%
50	0.12%	0%	0.2%
100	1.28%	0.45%	0.18%
500	1.27%	0%	0%
1000	1.28%	0%	0.14%

Error Absoluto del Inductor			
Frecuencia (Hz)	Valor pico	Vrms	Corriente
0	0%	0%	0%
10	4.34%	4.34%	0.28%
50	0.64%	0.9%	0.14%
100	0%	0.9%	0.08%
500	0.8%	0.33%	1.05%
1000	0.2%	0.59%	0.46%

#### IV. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

##### A. Materiales y Equipos

Se analizara dos circuitos que constan de una fuente de voltaje de ca , una resistencia de 100 Ohm y para el primer análisis se encuentra conectado a dos capacitores de 10uF que se encuentran en paralelo; para el segundo estudio la fuente de voltaje se encuentra conectado a la resistencia y a dos inductores en paralelo de 100 mH.

##### Primer Análisis con capacitores

Se arma el circuito en el simulador a continuación se hace uso de un voltímetro ,amperímetro y osciloscopio para obtener los valores de voltaje pico medido por el osciloscopio , el voltaje eficaz medido por el voltímetro y la corriente por medio del amperímetro se realiza este proceso cambiando la frecuencia de la fuente de voltaje.

##### Segundo Análisis para los inductores

Se procede a armar el circuito en el simulador de igual manera se hace uso de un voltímetro, amperímetro y osciloscopio para medir los valores picos del voltaje, el voltaje eficaz y la corriente que posteriormente se ubicara en tablas.

#### V. CONCLUSIONES

De manera experimental se observó como en el mismo circuito al instante de realizar cambios en la frecuencia para la fuente de energía los mismo iban variando cuando el circuito consta de capacitores se pudo observar que el valor del voltaje pico iba disminuyendo mientras que en el circuito conformado por inductores, el mismo valor pico iba aumentando, dependiendo de las frecuencias que se analizó.

El voltaje eficaz en las mismas condiciones se observó que cuando el circuito está compuesto de capacitores el voltaje

va aumentando y a continuación disminuye cosa que no pasa en el voltaje eficaz en los inductores este va aumentando dependiendo del aumento de frecuencia, en cuestión a la corriente en el circuito con capacitores esta va aumentando mientras que en los inductores va disminuyendo

#### VI. RECOMENDACIONES

Tener presente que existe un fallo cuando se desea simular el segundo circuito usando los dos inductores en paralelo por lo cual se debe obtener una inductancia total para que se pueda realizar la medición.

Tener presente el uso de voltímetro y amperímetro para corriente alterna.

#### APÉNDICE

Proteus es una aplicación para la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño del esquema electrónico, programación del software, construcción de la placa de circuito impreso, simulación de todo el conjunto, depuración de errores, documentación y construcción.

#### RECONOCIMIENTO

D.A. agradece al Sr. Ingeniero Edwin Alulema por impartir las clases de Fundamentos de Circuitos Electrónicos procurando la plena comprensión de los estudiantes.

K.A. agradecimientos del autor para el ingeniero por facilitar su conocimiento sobre el tema

#### REFERENCIAS

- [1] Floyd, Thomas L., (2007). Principios de circuitos eléctricos. México. PEARSON EDUCACIÓN
- [2] Sadiku.M,(2006).Fundamentos de circuito electrico.Mexico.McGraw-Hill.

#### Biografía Autor(es)

David Alcocer Ojeda, nació en Quito, Ecuador el 4 de julio de 1998. Actualmente está estudiando la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Katherine Arevalo Aguilar nació en Ibarra, Ecuador el 1 de abril de 1999. Cursando la carrera de ingeniería mecatrónica en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.