

Laboratorio – Trabajo Práctico N°3: Circuitos RLC.**I.- OBJETIVOS**

- ✓ Familiarización con las prestaciones de un *osciloscopio* para registrar (y medir) la forma de onda de tensiones rápidamente variables.
- ✓ Estudio de la respuesta en frecuencia de ciertas combinaciones de *resistencias*, *capacitores* e *inductores*, al operar en régimen de *corrientes alternantes*.

II.- INTRODUCCIÓN

En la presente experiencia se estudian las *corrientes alternantes* que se generan en los circuitos formados por combinaciones de un *resistor* R , un *capacitor* C , y una *inductancia* L , cuando se aplica una *fem* (fuerza electromotriz) ε que varía con el tiempo en la forma

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cos(\omega t), \quad (1)$$

donde ε_0 es la amplitud de la tensión alternante proporcionada por la fuente de excitación, $\omega (= 2\pi f)$ es la frecuencia angular (*pulsación*) fija de excitación, y ωt , el argumento de la función sinusoidal (cosenoidal), es la fase de la tensión.

Dada la analogía directa existente entre las oscilaciones electromagnéticas en un circuito LC (formado por la combinación entre un *condensador* y una *inductancia*) y el oscilador armónico simple (sistema mecánico formado por una masa m unida a un resorte de constante k), el agregado de una *resistencia* R en el circuito tiene el efecto de establecer un amortiguamiento de la amplitud de las oscilaciones, extendiendo la analogía hasta abarcar la similitud entre el circuito RLC y el oscilador armónico amortiguado (establecido cuando al sistema masa-resorte anterior se lo somete a la acción de una fuerza amortiguadora proporcional a la velocidad v de la masa m , y en oposición a ésta). Adicionalmente, la aplicación en el circuito RLC de una sola malla de una *tensión de excitación* del tipo expuesto en la ecuación (1), establece la analogía final con los sistemas mecánicos, remitiendo el análisis al del oscilador amortiguado forzado (sometido a una fuerza impulsora que genera las oscilaciones forzadas del sistema masa-resorte amortiguado).

Lejos de promover la caracterización del oscilador amortiguado forzado, el objetivo de este práctico de laboratorio es el estudio de la respuesta en frecuencia de los circuitos RLC ; es decir, el estudio de las condiciones que se establecen en un circuito RLC dado (básicamente, la forma de la *intensidad de corriente*), cuando la frecuencia angular ω de la fuente de excitación^[1] varía dentro de un cierto intervalo. Las

¹ La frecuencia angular ω de la fuente de excitación no es en general igual a la frecuencia natural característica ω_0 de las oscilaciones libres del circuito LC .

propiedades de amortiguamiento del circuito *RLC* están relacionadas muy directamente con su respuesta en frecuencia; por ejemplo, en el circuito *RLC* serie, pequeños amortiguamientos (*resistencia* total mínima) indican una curva de respuesta (*amplitud de corriente vs. frecuencia*) muy estrecha, y viceversa.

En resumen, se pretende obtener la resolución de dos configuraciones habituales en los circuitos *RLC*. Por resolución se entiende la obtención de la impedancia que las distintas combinaciones de elementos de circuito oponen a la tensión sinusoidal de excitación, y posteriormente la determinación de la dependencia de la corriente establecida en el circuito, con la frecuencia $\omega (= 2\pi f)$ de la fuente de excitación. La mecánica de resolución de los circuitos *RLC* propuestos se basará en la *representación fasorial*, en la cual a cada magnitud relevante del circuito (la *fem* de excitación del sistema, las intensidades de corriente que circulan a través de los elementos del circuito, y las caídas de tensión en los extremos de los mismos) se le asigna una longitud proporcional a su amplitud, y una orientación respecto de un eje de referencia que indica la diferencia de fase entre la magnitud representada y la magnitud asociada al eje de referencia.

III.- PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se estudiarán dos arreglos *RLC* particulares; es decir, dos combinaciones usuales en los circuitos excitados por una *tensión alternante*. En ambos se utiliza un *generador de onda* como fuente de tensión, y un *osciloscopio* para efectuar las mediciones de *intensidad de corriente* (las mismas se realizan en forma indirecta, registrando la amplitud de tensión V_R en los extremos del *resistor* presente en el circuito, y dividiendo entre su valor de *resistencia* R).

CASO 1 – CIRCUITO *RLC* SERIE

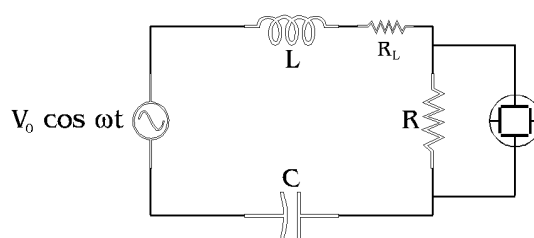


Figura 1

Mediante el uso de la *representación fasorial*, determinar las expresiones para la *impedancia* Z y la *amplitud de corriente* I_0 para el circuito de la *Figura 1*, en términos de los parámetros R , R_L (la *resistencia* interna propia de la *inductancia*²⁾, L , C , la frecuencia de excitación ω y la *amplitud de tensión* V_0 . Considerar que, dado que la combinación de los elementos de circuito es en serie, la corriente que circula por cada uno de ellos es idéntica. Así, se concluye que,

² R_L corresponde a la resistencia del cable con que se construye la *bobina*.

$$(2) \quad Z = \sqrt{(R + R_L)^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2},$$

$$I_0 = \frac{V_0}{Z} = \frac{V_0}{\sqrt{(R + R_L)^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}}. \quad (3)$$

Experimental:

- ✓ Medir los parámetros R , R_L , L y C , a utilizar en el circuito RLC de la *Figura I*, y armarlo.
- ✓ Con el *generador de onda sinusoidal conectado* al circuito, utilizar el *osciloscopio* para registrar el valor V_0 de la amplitud de la tensión de excitación.
- ✓ Determinar teóricamente la frecuencia angular ω ($=1/\sqrt{LC}$) de las oscilaciones libres para el circuito, y la *frecuencia de resonancia* f_0 ($=\omega/2\pi$).
- ✓ Variar la frecuencia f del generador de onda, dentro de un rango de frecuencias adecuado que abarque el valor f_0 , y registrar con el *osciloscopio* la *amplitud de tensión* V_R en los extremos de la *resistencia* R . Se recomienda utilizar un arreglo como el de la *Tabla I* para tabular los datos.
- ✓ Graficar la relación experimental I_0 ($=V_R/R$) vs. f . Ubicar el *pico de resonancia* (máximo valor de I_0 en el circuito), y comparar la posición de dicho pico con la *frecuencia de resonancia* teórica f_0 .
- ✓ Utilizar la expresión (3) para determinar la curva teórica $I_0 = I_0(f)$, dentro del intervalo de frecuencias considerado.
- ✓ Cotejar la curva experimental obtenida con la curva teórica.

f (Hz)	V_R (volt)	I_0 (mA)

Tabla I

CASO 2 – CIRCUITO RLC TANQUE

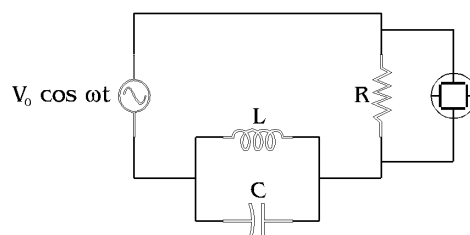


Figura II

En el circuito de la *Figura II*, la *resistencia* R se halla conectada en serie con la combinación paralelo entre una *inductancia* L y un *condensador* C . Emplear la *representación fasorial* y demostrar que las expresiones para la *impedancia* Z y la *amplitud de corriente* I_0 en esta configuración circuital, en términos de los parámetros R , L , C , la frecuencia de excitación ω y la amplitud de tensión V_0 , son de la forma,

$$(4) \quad Z = \sqrt{R^2 + \frac{\omega^2 L^2}{(1 - \omega^2 CL)^2}}$$

$$I_0 = \frac{V_0}{Z} = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + \frac{\omega^2 L^2}{(1 - \omega^2 CL)^2}}} \quad (5)$$

Experimental:

- ✓ Medir los parámetros R , L y C , a utilizar en el circuito RLC de la *Figura II*, y armarlo.
- ✓ Con el *generador de onda sinusoidal* conectado al circuito, utilizar el *osciloscopio* para registrar el valor V_0 de la amplitud de la tensión de excitación.
- ✓ Determinar teóricamente la frecuencia angular ω ($=1/\sqrt{LC}$) de las oscilaciones libres para el *circuito tanque*, y la frecuencia crítica f_0 ($=\omega/2\pi$).
- ✓ Variar la frecuencia f del generador de onda, dentro de un rango de frecuencias adecuado que abarque el valor f_0 , y registrar con el *osciloscopio* la *amplitud de tensión* V_R en los extremos de la *resistencia* R . Se recomienda utilizar un arreglo como el de la *Tabla I* para tabular los datos.
- ✓ Graficar la relación experimental I_0 ($=V_R/R$) vs. f . Determinar la frecuencia para la cual la *amplitud de corriente* I_0 disminuye a cero, y comparar la posición de dicho pico con la frecuencia crítica teórica f_0 .
- ✓ Utilizar la ecuación (5) para determinar la curva teórica $I_0 = I_0(f)$, dentro del intervalo de frecuencias considerado.
- ✓ Cotejar la curva experimental obtenida con la curva teórica.

f (Hz)	V_R (volt)	I_0 (mA)

Tabla II

IV.- CUESTIONARIO

Responder la siguiente pregunta:

- ✓ Los receptores de radio se basan en la existencia de los circuitos RLC . ¿Cómo se consigue sintonizar la frecuencia ω de la señal emitida por la antena de una central transmisora?

BIBLIOGRAFÍA

[1] *Kip*. Fundamentos de Electricidad y Magnetismo.
 [2] *Resnick-Halliday*. Física. Parte 2.