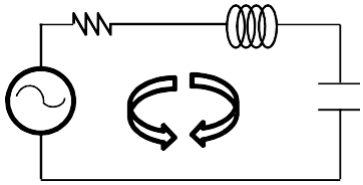
Práctica número 5

Cálculo experimental de la respuesta en frecuencias en un circuito resonante

Dentro de los circuitos de corriente con elementos eléctricos pasivos, es decir, resistencias (R), condensadores (C) y bobinas (L), una de las combinaciones más simples se denomina circuito resonante RLC en serie. Este circuito presenta una respuesta en frecuencias con unas características muy interesantes ya que forman parte de los sistemas de sintonización. En estos sistemas es necesaria una respuesta muy selectiva en frecuencias con la finalidad de dejar pasar exclusivamente el intervalo de frecuencias útil.

Introducción teórica

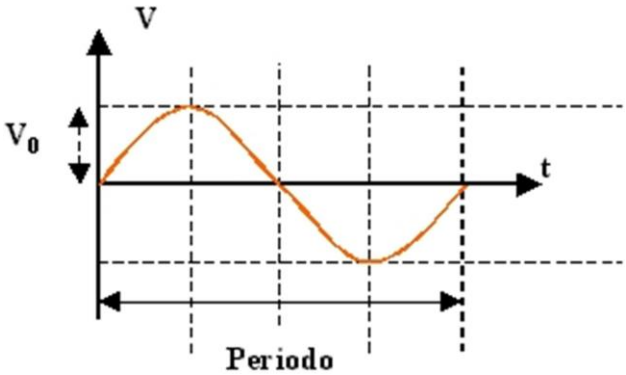
En esta práctica estudiaremos un circuito de corriente alterna en serie. Al contrario que en los circuitos de corriente continua donde la corriente tiene siempre el mismo valor, en los circuitos de corriente alterna la corriente va variando de forma periódica y circula alternativamente en un sentido y el opuesto, tal y como nos muestra la figura.



En este tipo de circuito no sólo es importante la fuerza electromotriz suministrada por la fuente sino que también es importante la frecuencia (f) en que el voltaje cambia de positivo a negativo.

En nuestra práctica la corriente alterna nos será suministrada por un generador de funciones y tendrá dependencia sinusoidal con la frecuencia.

Gráficamente,



Matemáticamente,

$$V = V_{máximo} sen(\omega t + \delta)$$

El periodo de la señal, T(s), está relacionado con la frecuencia f(Hz) y la frecuencia angular ω (rad/s) mediante las siguientes expresiones:

$$m = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

Si en un circuito de corriente alterna medimos con un multímetro el valor del voltaje o la corriente medimos los valores eficaces. El valor eficaz de una magnitud nos viene dado por:

$$Valor_{eficaz} = \sqrt{\langle Valor^2 \rangle}$$

Si la dependencia es de tipo senoidal (o cosenoidal) los valores máximos y los valores eficaces están relacionados por:

$$Valor_{eficaz} = \frac{1}{\sqrt{2}} Valor_{máximo}$$

Si suministramos una fuerza electromotriz alterna sinusoidal a un circuito RLC en serie obtendremos que la corriente tiene la misma frecuencia que la fuerza electromotriz pero está desfasada un ángulo δ.

$$tag\delta = \frac{X_L - X_C}{R}$$

Donde X_L es la reactancia inductiva de la bobina y X_C la reactancia capacitiva del condensador:

$$X_L = \omega L$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

La ley de Ohm para este circuito la podemos escribir de la siguiente manera:

$$V_{aplicada\ eficaz} = Z\ I_{eficaz}$$

Donde Z es la impedancia del circuito y nos viene dada por:

$$z = \sqrt{R^2 + (XL - Xc)^2}$$

Existe una frecuencia, la frecuencia de resonancia para la que la impedancia es mínima y la corriente eficaz y la transmisión de potencia al circuito es máxima. En la frecuencia de resonancia se cumple:

$$X_L = X_C$$

Si despejamos la frecuencia de la igualdad anterior obtenemos la frecuencia de resonancia:

$$f_R = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC}}$$

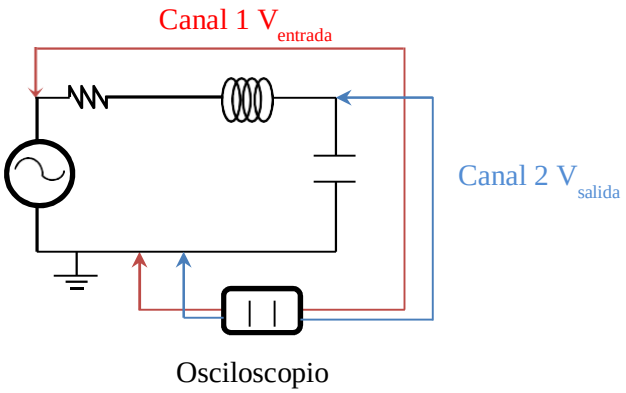
Procedimiento experimental

El material que se va a utilizar es el siguiente:

- Bobina (L = 10 mH).
- Condensador (C = 1 nF)
- Resistencias (1 Ω y 500 Ω)
- Generador de señales
- Osciloscopio
- Multímetro
- Material auxiliar: Placas de montaje, cables, sondas osciloscopio…

Antes de montar el circuito se medirá el valor de las resistencias y del condensador y se calculará la frecuencia de resonancia teórica.

La práctica consiste en montar el circuito de la figura y mediante el osciloscopio determinar su respuesta en frecuencias para cada una de las dos resistencias. En primer lugar montaremos el circuito con la resistencia de 1 Ω, tomaremos las medidas y repetiremos el proceso con la otra resistencia.



En el canal 1 del osciloscopio mediremos el voltaje de entrada y en el 2 el voltaje de salida (es el voltaje en los bornes del condensador).

Antes de iniciar las medidas se fijará el voltaje de entrada del circuito (canal 1) a 1 V para una frecuencia bastante alejada de la de resonancia, por ejemplo: 30 kHz, **la amplitud del voltaje del generador se mantendrá constante en toda la práctica**.

Mediremos la respuesta en frecuencias del circuito e iremos elaborando la siguiente tabla con la ayuda de una hoja de cálculo para cada una de las dos resistencias.

Tabla 1: Respuesta en frecuencias del circuito

f (Hz)	$V_{entrada}$ (V)	V_{salida}(V)	$V_{salida}/V_{entrada}$	20* log($V_{salida}/V_{entrada}$)

La última columna es el cociente (en decibelios) entre el voltaje de salida y el de entrada.

El rango de frecuencias será lo más amplio posible. A la hora de planificar la toma de datos hay que tener presente que cuando nos alejemos de la frecuencia de resonancia la respuesta del

circuito variará de una manera lenta mientras que en las proximidades de la frecuencia de resonancia la frecuencia variará de una manera mucho más abrupta.

Se tomarán medidas para las frecuencias de la tabla siguiente además de medidas complementarias alrededor de la frecuencia de resonancia (por ejemplo de 100 en 100 Hz).

Tabla 2: Valores de frecuencias para tabla 1

f(Hz)
100
200
500
1000
2000
5000
10000
20000
25000
30000
35000
40000
45000
47500
50000
52500
55000
60000
65000
70000
75000
80000
85000
95000
100000

Además de la frecuencia de resonancia otro factor importante es la anchura de banda b, que se define como el intervalo de frecuencia en los que la respuesta (última columna de la tabla 1) está situada 3 dB por debajo del máximo. La relación que hay entre la frecuencia de resonancia y la anchura de banda se denomina factor de calidad Q, y se define como:

$$Q = \frac{f_R}{b}$$

El factor de calidad da idea de la selectividad en frecuencias del circuito resonante. Un factor de calidad alto implica mucha selectividad y por el contrario un factor de calidad bajo indica que el circuito es poco selectivo.

La manera más efectiva de observar la resonancia es tener en la pantalla del osciloscopio tanto la señal de entrada (canal 1) como la de salida (canal 2) e ir midiendo la amplitud de ambas señales en función de la frecuencia. Con el generador de funciones iremos cambiando la frecuencia de ambas señales y completando la tabla 1. Cuando observemos que la señal de salida sea mucho mayor que la de entrada es que estamos en la frecuencia de resonancia.

Para la frecuencia de resonancia, medir el valor del desfase entre la señal de entrada y la señal de salida.

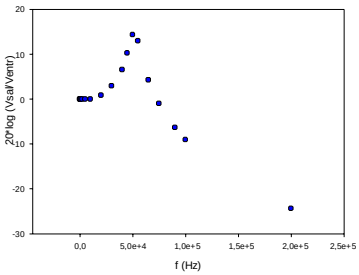
Con la finalidad de determinar bien b tendremos que asegurarnos de tener las medidas suficientes en las proximidades de la frecuencia de resonancia (variando la frecuencia en 100 0 200 Hz hasta que la respuesta en decibelios, última columna de la tabla 1, esté situada 3 db por debajo del máximo). Es importante que vayamos rellenando la tabla 1, utilizando una

hoja de cálculo, a la vez que vamos haciendo las medidas para ver si tenemos suficientes valores en las proximidades de la resonancia o tenemos que realizar más medidas.

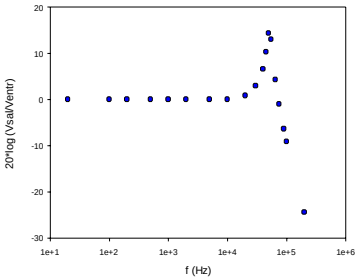
Resultados

a) Dos tablas (Una por cada una las dos resistencias suministradas en la práctica, 1 Ω y 500 Ω) con la respuesta en frecuencias del circuito (tabla 1).

b) 4 Gráficas (2 por cada resistencia). En las gráficas se representará la respuesta en decibelios del circuito (última columna de la tabla 1) en función de la frecuencia. Se harán dos gráficas (1 por cada resistencia) con la frecuencia en escala lineal y dos con la frecuencia en escala logarítmica.



Gráfica 1: Respuesta en frecuencias escala lineal de frecuencias



Gráfica 2: Respuesta en frecuencias escala logarítmica de frecuencias

c) Determinar a partir de las gráficas anteriores el valor experimental de la frecuencia de resonancia y comparadlo con el valor teórico calculado a partir de los valores de L y C.

d) Determinar, a partir de las gráficas, la anchura de banda y el factor de calidad. ¿Cómo dependen estos parámetros de la resistencia del circuito?

e) ¿Cuál es el valor del desfase en entre la señal de entrada y la señal de salida a la frecuencia de resonancia? Medidlo con la ayuda de los cursores del osciloscopio.