

Práctico de Laboratorio N° 6

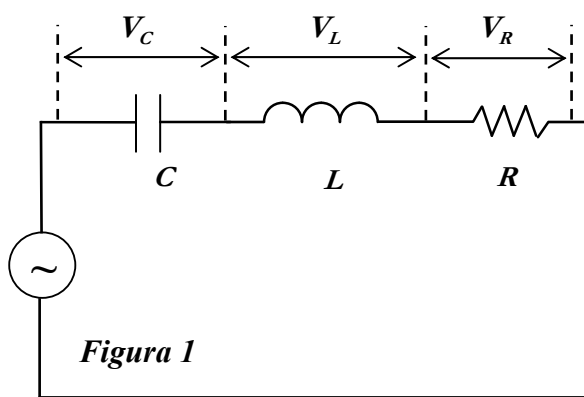
Resonancia en un Circuito Serie RLC.

Objetivos:

1. Medir la frecuencia de resonancia en un circuito serie RLC.
2. Estudiar las características de la respuesta de frecuencia de un circuito resonante serie.

I) Introducción teórica.

Dado el circuito serie RLC de la Fig.1, al que alimentamos con una tensión alterna senoidal de la forma: $v = V_m \text{sen}(wt)$, cuyo valor eficaz es V , generando una corriente alterna senoidal de valor eficaz I , por lo que: $I = V/Z$, donde Z es la impedancia del circuito para una frecuencia determinada.



Las caídas de tensión y la corriente serán:

$$V_R = IR, \quad V_L = IX_L, \quad V_C = IX_C$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

Tenga presente que si cambia la frecuencia del generador (dejando V constante), la corriente I y las caídas de tensión en R , L y C cambiarán.

Tomando a I como referencia por el ser el elemento común en el circuito serie, los diagramas de fases serán:

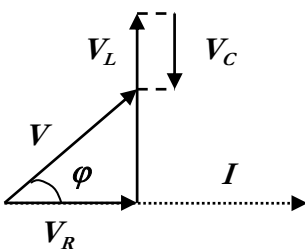


Figura 2a: Este diagrama de fase representa un circuito **Inductivo**, ya que $V_L > V_C$, ó, lo que es lo mismo: $X_L > X_C$ en el triángulo de impedancia

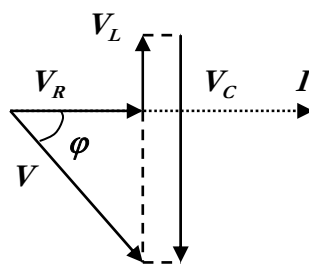


Figura 2b: Este diagrama de fase representa un circuito **Capacitivo**, ya que $V_L < V_C$, ó, lo que es lo mismo: $X_L < X_C$ en el triángulo de impedancia

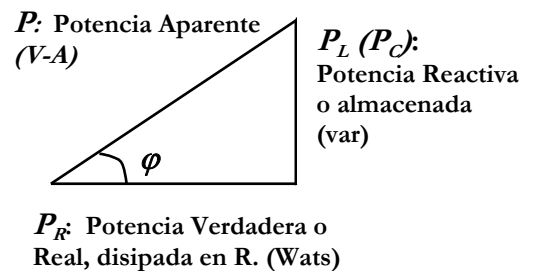


Figura 2c: Triángulo de potencia para un circuito Inductivo ($V_L > V_C$). El cateto opuesto representa la energía media por unidad de tiempo almacenada en el campo magnético del inductor. (O en el campo eléctrico del capacitor)

Resonancia Serie†:

En el circuito de la Fig. 1 es interesante tratar el caso cuando $V_L = V_C$ en el diagrama de fase (o cuando $X_L = X_C$ en el triángulo de impedancia), es decir cuándo el ángulo de fase φ es cero ($\varphi = 0 \Rightarrow \cos \varphi = 1$). Por definición, un circuito serie que contiene elementos resistivos y reactivos es resonante cuando el factor de potencia del circuito, $\cos \varphi$, vale 1. En este caso se cumple que:

$$X_L = X_C \Rightarrow 2\pi f_0 L = \frac{1}{2\pi f_0 C} \Rightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

La frecuencia f_0 es la frecuencia de resonancia del circuito serie RLC .

Bajo condiciones de resonancia: la tensión de entrada y la corriente están en fase. La impedancia no tiene componente reactiva $Z = R$ (es decir toma el mínimo valor), por lo que la corriente en resonancia la nombraremos como I_0 y su valor está dado por:

$$I_0 = \frac{V}{R} \quad (\text{En resonancia, la corriente toma el máximo valor})$$

Si tomáramos el caso ideal sin resistencia externa, una inductancia pura ($R_L = 0$) y una capacitor en serie, tendríamos para la frecuencia de resonancia que $Z = 0$, con lo que la corriente tomaría un valor infinitamente grande. Es decir, para el caso ideal que no se tenga resistencia en el circuito serie, la resonancia actúa como un cortocircuito. Pero esto nunca ocurre ya que, como se dijo en el Práctico anterior, siempre estará presente la resistencia del bobinado R_L que no se puede eliminar y que limita la I a un valor finito.

Como la corriente en resonancia es $I_0 = V/R$, tenemos que en resonancia:

$$V_R = I_0 R = \frac{V}{R} R = V$$

$$V_L = V_C = I X_L = I X_C$$

Haciendo el cociente obtenemos:

$$\frac{V_L}{V_R} = \frac{I_0 X_L}{I_0 R} = \frac{X_L}{R} = Q \Rightarrow V_L = Q V_R \quad \text{ó, lo que es lo mismo : } V_L = Q V$$

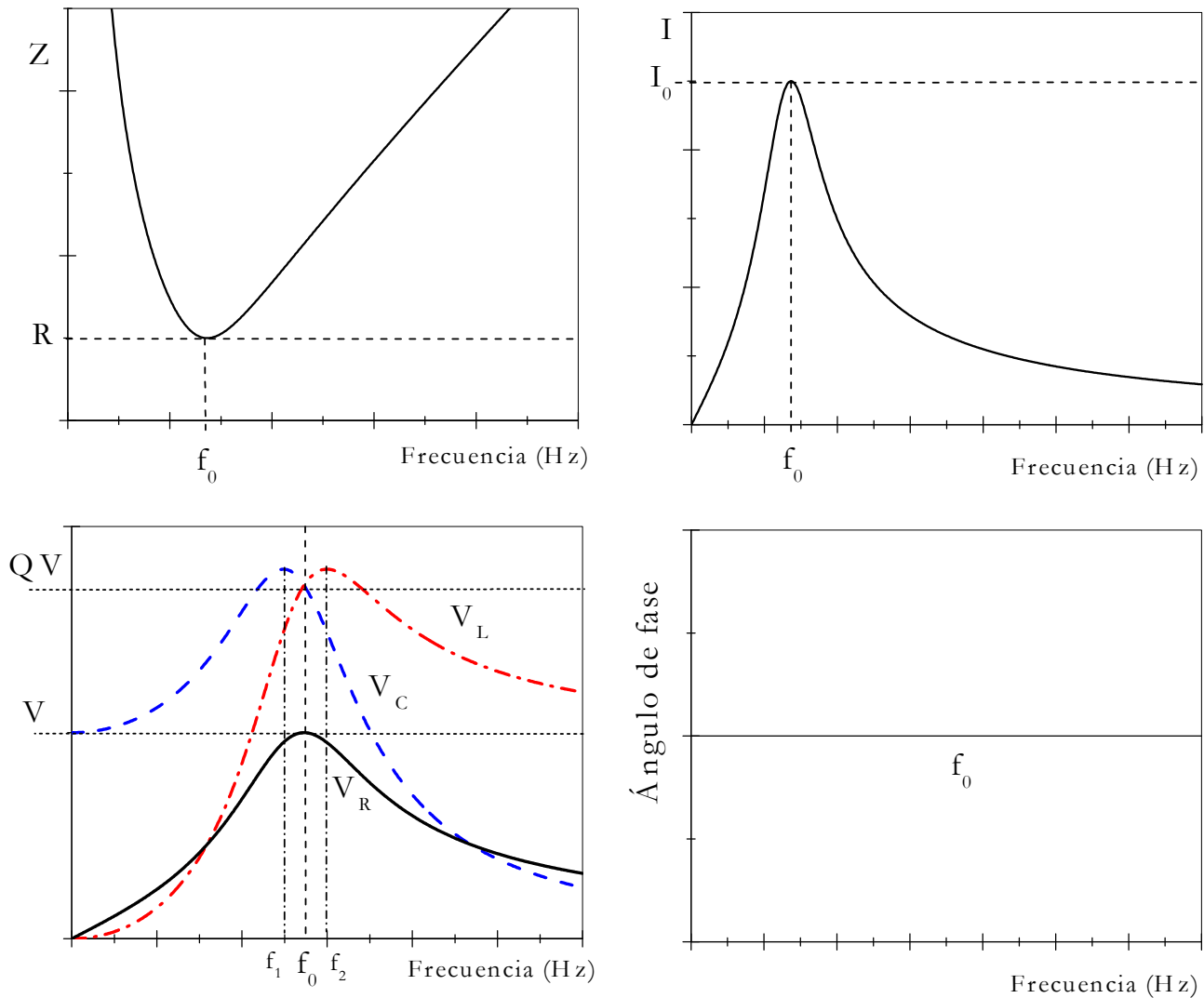
$$\frac{V_C}{V_R} = \frac{I_0 X_C}{I_0 R} = \frac{X_C}{R} = \frac{X_L}{R} = Q \Rightarrow V_C = Q V_R \quad \text{ó, lo que es lo mismo : } V_C = Q V$$

Donde Q , es el factor de calidad.

- **En la frecuencia de resonancia, la tensión generada tanto en el capacitor como en la bobina es Q veces la tensión de la fuente.**

Por ejemplo: Si un circuito serie se conecta a una tensión de 220 V y si Q es 20, la tensión a través de la bobina y el capacitor será de 4400 V en resonancia. Por lo tanto hay que tener extremo cuidado cuando se trabaja con circuitos serie que pueden llegar a resonar cuando se conecta la fuente de tensión.

† Para más detalles, ver apuntes de teoría.



En estas figuras se muestra como varía la impedancia, la corriente, las tensiones: V_R , V_C y V_L y en el ángulo de fase con la frecuencia, **este último lo debe completar el alumno**.

En las gráficas se observa que la corriente toma el máximo valor exactamente a la frecuencia de resonancia f_0 , lo mismo que la tensión en la resistencia. No ocurre lo mismo con V_C y V_L , como se aprecia en la gráfica, el valor máximo alcanzado por V_C y V_L es ligeramente mayor a QV y se produce a una frecuencia f_1 apenas menor a la frecuencia de resonancia en el capacitor y a una frecuencia f_2 apenas mayor que f_0 en el inductor. Como se demostró en teoría[‡]:

$$V_{C(Máx)} = V_{L(Máx)} = QV \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}}$$

y que:

$$f_1 = f_0 \sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}} \quad \text{y} \quad f_2 = \frac{f_0}{\sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}}}$$

Si se toma $Q > 10$ es estas expresiones, prácticamente $V_{C(Máx)} = V_{L(Máx)} = QV$ y $f_1 = f_2 = f_0$.

[‡] Para más detalles, ver apuntes de teoría.

Parte Experimental

Materiales Necesarios:

- Generador de Onda Senosoidal, Osciloscopio, Tester, Puntas de prueba. (2)
- Resistencia de 390 Ω, capacitor de 0.0068 μF y una bobina con núcleo de aire.

1. Arme el circuito de la Fig. 1 y aliméntelo con 5 V eficaz, a circuito cargado. Verifique con el osciloscopio.
2. Determine usando Lissajous la frecuencia de resonancia. Explique el procedimiento.
3. Desactive el modo **XY** y arme el circuito para **medir V_y y V_R con el osciloscopio y la corriente con el tester digital**. En el informe debe estar el esquema del circuito con todos los instrumentos, las puntas y la tierra.
4. Complete la Tabla 1, con los valores de f propuestos y con otros valores, de modo de poder realizar el punto 5.
5. Efectúe las gráficas[§] de: (V_R vs f), (I vs f), (Z vs f) y (ϕ vs f).

Nota: Controle que la tensión aplicada sea de 5 Volts cada vez que cambie la frecuencia, ya que esta puede variar cuando mueve el selector de frecuencia del generador.

Tabla 1:

F [Hz]	V_R [Volts]=		I [mA] =		Z	ϕ [Grados]	
	Analít.	Exp	Analít.	Exp		Analít.	Exp.
100							
$f_0 =$							
10000							

6. Dibuje los circuitos que usaría para medir la tensión máxima en la bobina y en el capacitor. Mida dichas tensiones y verifique que aproximadamente es QV . ¿A qué frecuencia se obtienen esos valores? Compare con las frecuencias teóricas.

- Pregunta i:** ¿Por qué el valor de V_R medido en resonancia es apreciablemente menor a V ?
- Pregunta ii:** Calcule la frecuencia de resonancia del circuito y compárela con el valor obtenido en el punto 2.
- Pregunta iii:** ¿Cuál es el Q del circuito?
- Pregunta iv:** ¿Qué sucedería con la curva de la respuesta en frecuencia de V_R si el valor de la resistencia fuera de $R = 1k\Omega$? Dibujelá cualitativamente superpuesta a la gráfica del punto 5. ¿La frecuencia de resonancia sería modificada? ¿Por qué?
- Pregunta v:** ¿Qué peligro corren los componentes del circuito a la frecuencia de resonancia?

Nota: el informe debe contener todas las expresiones que utilizó para calcular las diferentes magnitudes.

[§] Se recomienda hacerlo en la computadora.