Universidad de Concepción

Facultad de ciencias fisícas y matemáticas

Laboratorio 4

Proyecto laboratorio termodinámica

Autores:
Martina Contreras, Noemí De La Peña, Benjamín Opazo.

Profesor:
Juan Pablo Staforelli

Carrera:
Ciencias fisícas

Ayudante:
Fernanda Paz Vera

Noviembre 2022

Índice

1. Introdución

- Conocer el funcionamiento de un osciloscopio.
- Concocer el funcionamiento de un generador de señales alternas.
- Aprender a medir voltaje y tiempo con osciloscopio.
- Comprobar experimentalmente las ecuaciones de carga y descarga de condensadores. *Circuito RL*
- Comprobar experimentalmente las ecuaciones de conexión y desconexión de bobinas de autoinducción. *Circuito RC*
- Obtener oscilaciones de carga y medir la mfrecuencia propia del sistema oscilante. *Circuito RLC*

2. Marco teórico

1. Características de ondas de voltaje y corriente alternas sinusoidales.
   Conmsideremos las siguientes definiciones:
   - $v(t) = V_m sin(wt)$: valor instantáneo de voltaje alterno sinusoidal,
   - $i(t) = I_m sin(wt)$: valor instantáneo de corriente alterna sinusoidal,
   - V_m: amplitud o valor máximo de la onda de voltaje,
   - I_m: amplitud o valor máximo de la onda de corriente,
   - $w = 2\pi f$,
   - $f = \frac{1}{T}$: frecuencia de oscilación,
   - T: período de la alternancia.

   Para comparar valores de voltaje y corriente continuos con los correspondientes alternos se definen los llamados valores efectivos. El valor efectivo de un voltaje o una corriente alterna, resulta de igualar la energía eléctrica de corriente continua con la energía eléctrica de corriente alterna, cuando ambas se transforman en calor Q en una misma resistencia R. Si la comparación se efectúa durante un lapso de tiempo igual a un periodo T, se tendrá la igualdad:

   $$Q_{cc}(R, T) = Q_{cA}(R, T)$$

   Cantidades que se pueden expresar en términos del voltaje aplicado sobre R o de la corriente que circula por R. Así, para el primer caso, se tiene:

   $$\frac{V^2}{R}T = \int_0^T \frac{v^2(t)}{R}dt \Rightarrow V = \left(\frac{1}{T}\int_0^T V_m^2 sin^2(wt)dt\right)^{1/2}$$

   de donde $V = \frac{1}{2}\sqrt{2}V_m$: voltaje efectivo y para la corriente:

   $$I^2RT = \int_0^T i^2(t)Rdt \Rightarrow I = \left(\frac{1}{T}\int_0^T I_m^2 sin^2(wt)dt\right)^{1/2}$$

   De donde $I = \frac{1}{2}\sqrt{2}I_m$: corriente efectiva.
   Los instrumentos medidores de voltaje y corriente alternos están calibrados para medir valores efectivos.

2. Circuitos RC, RL, RLC en condición transitoria.

   a) **Circuito RC**
   Para el circuito de la figura 1 y a partir del instante ($t = 0$) de conexión de S en 1, estando C completamente cargado ($q = 0$), la ecuación diferencial y su solución para la carga $q(t)$ se escriben

   $$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = \frac{V_0}{R} \Rightarrow q(t) = V_0C(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

de donde resultan los voltajes $v_C(t)$ en el condensador y $v_R(t)$ en el resistor, siguientes:

$$v_C(t) = \frac{q(t)}{C} = V_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

$$v_R(t) = \frac{i(t)}{R} = R\frac{dq}{dt} = V_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

Cuando C ha alcanzado el estado estacionario ($t \to \infty$), su carga ha llegado al valor $Q = V_0C$. Se cambia ahora S a la posición 2 para efectuar la descarga de C. Al quedar excluida la fuente V_0, lam ecuación diferencial y su solución, resultan ser:

$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = 0 \Rightarrow q(t) = V_0C(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

entonces:

$$v_C(t) = V_0e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$v_R(t) = -V_0e^{-\frac{t}{RC}}$$

b) **Circuito RL**
En el circuito de la figura 2, al cerrar S en 1 se obtiene la ecuación diferencial para la conexión de L. La ecuación y su solución resultan:

$$\frac{di}{dt} + \frac{R}{L}i = \frac{V_0}{L} \Rightarrow i(t) = \frac{V_0}{R}(1 - e^{\frac{-R}{L}t})$$

desde donde:

$$v_L(t) = L\frac{di}{dt} = V_0e^{-\frac{R}{L}t}$$

$$v_R(t) = i(t)R = V_0(1 - e^{-\frac{R}{L}t})$$

Al cambiar el interruptor S de 1 a 2, se inicia la etapa de desconexión de L, con ecuación diferencial y solución dadas por:

$$\frac{di}{dt} + \frac{Ri}{L} = 0 \Rightarrow i(t) = \frac{V_0}{R}e^{\frac{R}{L}t}$$

entonces:

$$v_L(t) = L\frac{di}{dt} = -V_0e^{-\frac{R}{L}t}$$

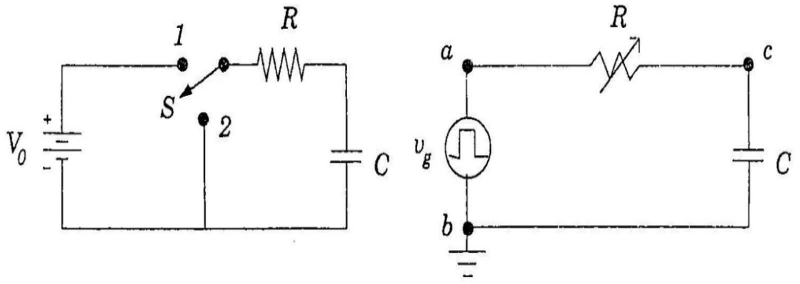
$$v_R(t) = i(t)R = V_0e^{-\frac{R}{L}t}$$

c) **Circuito RLC** En el circuito de la figura 3 (a), el condensador C se encuentra cargado con carga Q y la energía total $U_C = \frac{Q^2}{2C}$. Al cerrar el interruptor S. el condensador iniciará la descarga y con todo ello un proceso de intercamcio de energía entre C y L. La energía total distribuida en todo momento en L y en C, irá decreciendo debido a las pérdidas por efecto de calor disipado en R, todo lo cual se expresa por la ecuación:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2}\right) = -i^2R$$

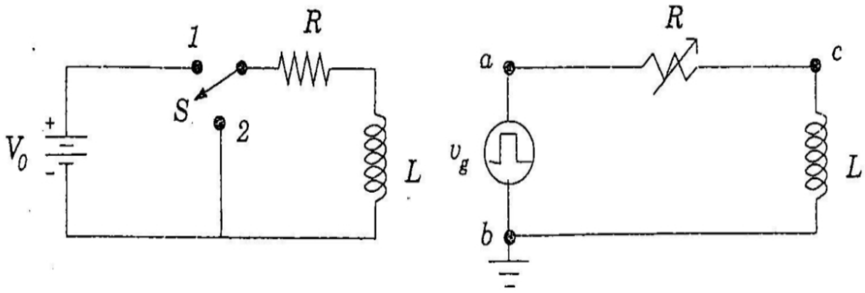
que resulta en la ecuación diferencial:

$$L\frac{d^2}{dt^2}q + R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0$$



a) Circuito RC teorico   b) Circuito RC experimental

Figura 1: Circuito RC



a) Circuito RL teorico   b) Circuito RL experimental

Figura 2: Circuito RL

y su solución oscilatoria:

$$q(t) = Q^{-\frac{R}{2L}t} cos(w't + \phi),$$

con

$$w' = .\left(w^2 - \left(\frac{R}{2L}\right)^2\right)^{1/2}$$

y $w = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, así el voltaje instantáneo en el condensador, $V_c(t)$, tiene la expresión:

$$V_c(t) = \frac{q(t)}{C} = \frac{Q^{-\frac{R}{2L}t} cos(w't + \phi)}{C}$$

que corresponde a una oscilación amortiguada exponencialmente.

3. Materiales

- 1 osciloscopio con 2 puntas de prueba,
- 1 generador de señal,
- 1 caja de resistencias décadas,
- 1 caja de condensadores décadas,
- 1 bobina de 600 vueltas,
- 1 transformador de $200/6 volt$,
- 6 conexiones.

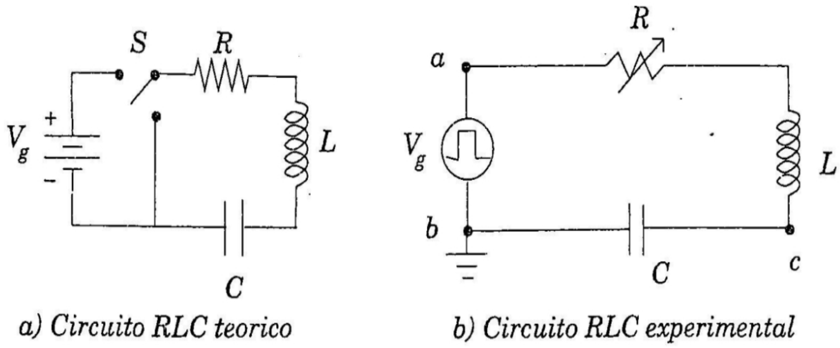


Figura 3: Circuito RLC

4. Procedimiento Experimental

Parte 2: Circuitos RC, RL, RLC, en estado transitorio.

Circuito RC

1. Procedemos a realizar el montaje del circuito experimental de la figura 1 (b), en el cual R se asigna desde la caja resistencias décadas, por ej. $1K\Omega$; C se asigna desde la caja de condensadores décadas , por ej. 0,1μF y v_g corresponde a la señal de salida del generador, con forma rectangular y frecuencia apropiada, por ej. $1KHz$.

2. Para observar $v_e(t)$ (voltaje sobre el condensador), se conecta la punta activada $CH1$ del osciloscopio al punto c, del circuito; se regulan los controles de base de tiempo y niveles de ganancia, hasta observar en forma nítida la gráfica $v_e(t) vs t$. Para efectos de comparar y observar relación causa-efecto se utiliza el segundo canal ($CH2$) del osciloscopio conectado directamente a la salida del generador de señal y así tener a la vista el voltaje $v_g(t) vs t$ que se está aplicando al circuito.

3. Mediante un manejo eficiente de los controles de barrido del osciloscopio y frecuencia del generador de señal se puede observar el efecto y significado de la constante de tiempo $\tau_C = RC$. Una vez hechos los ajustes y optimizada la visualización, se hacen las medidas.

4. Para observar $v_R(t)$ o voltaje en la resistencia, que en realidad es una muestra de cómo varía la corriente $i(t)$ en la carga y en la descarga del condensador ya que $v_R(t) = i(t)R$, todo lo que hay que hacer es intercambiar las conexiones que van desde el circuito a la salida del generador de señal en a y b, de esta manera, un extremo de R quedará a tierra. Nos aseguramos que la punta activa de $CH2$ siga estando en la salida a del generador y la de $CH1$ en c.

Circuito RL.

1. Armamos el circuito de la figura 2 (b,) donde del condensador C del circuito anterior se debe reemplazar por una bobina de 600 vueltas y autoinducción $L = 9mH$.

2. Para efectos de control y buena visualización de $v_L(t)$ y $v_R(t)$, conviene ajustar R en 300 y usar frecuencia de $3KHz$ en el generador de señal. La mejor visualización se logra reajustando el control de frecuencia.

3. En lo que sigue, se repiten los pasos 2, 3 y 4 de la parte anterior, con la diferencia de que lo observado es ahora $v_L(t)$, en vez de $v_C(t)$ en 2, así como la constante de tiempo en 3 es ahora $\tau_L = L/R$.

Circuito RLC. Oscilaciones amortiguadas. Observación y medición.

1. Se arma el circuito de la figura 3 (b) con $R = 200\Omega$, $C = 0,01\mu F$ y $L = 9mH$ (bobina de 600 vueltas). Utilizamos solamente $CH1$ conectada en c para visualizar $v_C(t)$ donde se observarán las oscilaciones.

2. Medimos el período de las oscilaciones amortiguadas, T', para obtener $w' = \frac{2\pi}{T'}$, esta se comparará con el valor teórico:

$$w' = \left(w^2 - \left(\frac{R}{2L} \right)^2 \right)^{1/2}$$

5. Análisis

6. Conclusión

Referencias

[1] Medidas de voltaje: Guía. (s. f.). NI. Recuperado 4 de noviembre de 2022, de https://www.ni.com/es-cl/support/documentation/supplemental/21/how-to-measure-voltage.html

[2] Corriente eléctrica y materiales conductores. (2014, 5 septiembre). RedUSERS. https://www.redusers.com/noticias/corriente-electrica-y-materiales-conductores/

[3] **D. Halliday; R. Resnick; K. S. Kane.** *Física Vol. 2.* (Cap.32), Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. 3º Edición, 1994

[4] Circuito ElÃ©ctrico: Historia. (s. f.). Recuperado 4 de noviembre de 2022, de https://www.profesorenlinea.cl/mediosocial/Circuito_ElectricoHistoria.htm