Circuitos lineales RC y RL: comportamiento transitorio

Resumen

Estudiaremos el comportamiento transitorio de circuitos RC y RL. Determinaremos sus constantes de tiempo e inferiremos los valores de capacidad o autoinducción utilizados.

1. Introducción

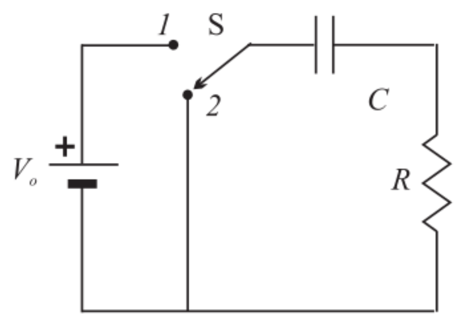

Figura 1: Circuito RC

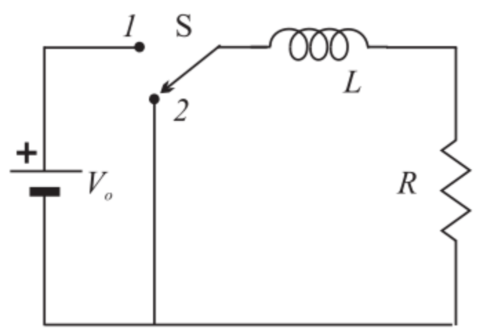

Figura 2: Circuito RL

El comportamiento transistorio en un circuito RC o RL se produce al ser sometido el circuito a voltaje en forma de escalón.

La ecuación diferencial para la aplicación de este tipo de voltaje se obtiene a partir de la ley de Kirchhoff:

- Circuito RC:

$$V_o = R \cdot i + \frac{q}{C} = R \cdot i + \frac{1}{C}\int idt$$

- Circuito RL:

$$V_o = R \cdot i + L\frac{di}{dt}$$

En caso de cortocircuito, se pondrá $V_o = 0$. Y obtendremos la corriente que circula resolviendo las ecuaciones con $i = \frac{dq}{dt}$.

Circuito RC (conexión)

Las condiciones iniciales son $t = 0$, $q = 0$, $i = V_o/R$, la carga máxima es la carga para $t = \infty$: $Q_o = C \cdot V_o$:

$$q = Q_o\left(1 - \exp\left(-\frac{t}{RC}\right)\right)$$

$$i = \frac{V_o}{R}\exp\left(-\frac{t}{RC}\right)$$

Vemos que la intensidad que circula por el circuito durante la carga decae a 1/e para un tiempo $t = RC = \tau$.

Este tiempo se llama constante de tiempo o tiempo de relajación, y nos da idea de la rapidez con la que se carga el condensador.

Circuito RL (conexión)

Condiciones iniciales $t = 0$, $i = 0$:

$$i = \frac{V_o}{R}\left[1 - \exp\left(-\frac{R}{L}t\right)\right]$$

Circuito RC (cortocircuito)

Condiciones iniciales: $t = 0$, $q = Q_o = CV_o$, de modo que:

$$q = Q_o \exp\left(-\frac{t}{RC}\right)$$

$$i = -\frac{V_o}{R}\exp\left(-\frac{t}{RC}\right)$$

Circuito RL (cortocircuito)

Condiciones iniciales: $t = 0$, $i = I_o = V_o/R$

$$i = \frac{V_o}{R} \exp\left(-\frac{R}{L}t\right)$$

La constante de tiempo es $\tau = L/R$

2. Material y Métodos

Utilizaremos un osciloscopio de doble canal, un generador de funciones, con opcion de onda cuadrada, un potenciómetro de 10kΩ, dos condensadores de 0,5µF y 0,3µF y dos autoinducciones de 0,3H y 0,15H.

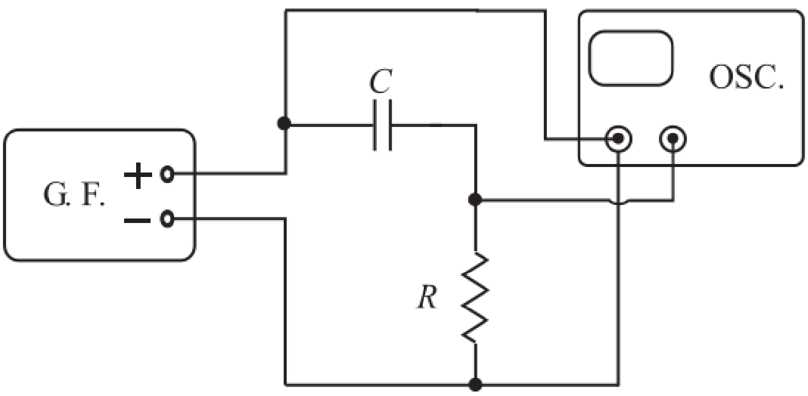

Figura 3: Montaje del circuito

Circuito RC

Disponemos los aparatos como inica la figura 3, aplicamos el generador de funciones como fuente de voltaje en forma de onda rectangular o cuadrada, de modo que su periodo sea mucho mayor que la constante de tiempo del circuito, calculándola previamente.

Ajustamos el osciloscopio para visualizar el voltaje en bornes de R y medimos el intervalo de tiempos τ.

Repetiremos esto para distintos valores de R, teniendo cuidado de que mantengamos la forma exponencial de la curva, ya que con resistencias elevadas no se visualiza bien la carga y descarga del condensador.

Realizaremos las mediciones con ambos condensadores.

Circuito RL

Repetiremos lo anterior cambiando el condensador por una autoinducción L. Mediremos para distintos valores de L.

3. Resultados y discusión

Circuito RC

Los resultados obtenidos para τ están representados, para el primer condensador, en la Tabla 1 y la Figura 4, y para el segundo condensador en la Tabla 2 y Figura 5.

Condensador 1: $C = 0,5 \pm 0,1$µF			
R (Ω)	$\tau_{teorico}$ (s)	V_o (V)	$\tau_{exp.}$ (s)
2000±100	0,001$\pm 0,0003$	2,7$\pm 0,1$	0,001$\pm 0,0001$
2500±100	0,0013$\pm 0,0003$	2,7$\pm 0,1$	0,0014 $\pm 0,0001$
3000±100	0,0015$\pm 0,0004$	2,7$\pm 0,1$	0,0016 $\pm 0,0001$
3500±100	0,0018$\pm 0,0004$	2,7$\pm 0,1$	0,0018 $\pm 0,0001$
Pendiente: $m = 0,52 \cdot 10^{-6}$			

Tabla 1: resultados para condensador 1

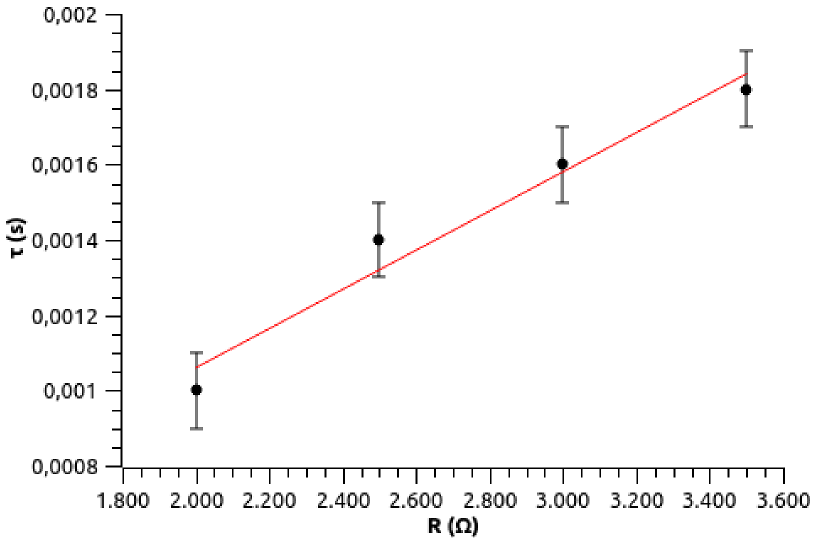

Figura 4: Tiempo en función de R para el condensador 1

Condensador 2: $C = 0,3 \pm 0,1$µF			
R (Ω)	$\tau_{teorico}$ (s)	V_o (V)	$\tau_{exp.}$ (s)
1000±100	0,0003$\pm 0,0001$	2,7$\pm 0,1$	0,0004$\pm 0,0001$
2000±100	0,0006$\pm 0,0002$	2,7$\pm 0,1$	0,0008$\pm 0,0001$
3000±100	0,0009$\pm 0,0003$	2,7$\pm 0,1$	0,0012$\pm 0,0001$
4000±100	0,0012$\pm 0,0004$	2,7$\pm 0,1$	0,0014 $\pm 0,0001$
Pendiente: $m = 0,34 \cdot 10^{-6}$			

Tabla 2: resultados para condensador 2

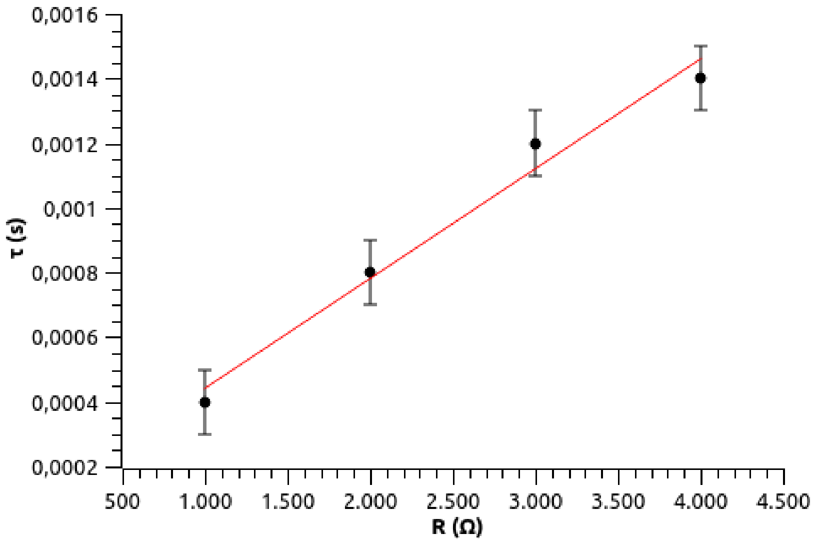

Figura 5: Tiempo en función de R para el condensador 2

Circuito RL

De igual forma, se presentan los resultados en la Tabla 3 y Figura 6 para la bobina 1, y en la Tabla 4 y Figura 7 para la bobina 2.

Bobina 1: L = 0,3$\pm0,01$ H			
R (Ω)	$\tau_{teorico}$ (s)	V_o (V)	$\tau_{exp.}$ (s)
400$\pm$100	0,0008$\pm0,0002$	3$\pm0,1$	0,0008$\pm0,0001$
500$\pm$100	0,0006$\pm0,00014$	3,2$\pm0,1$	0,0005$\pm0,0001$
1000$\pm$100	0,0003$\pm0,00004$	3,3$\pm0,1$	0,0002$\pm0,0001$
1500$\pm$100	0,0002$\pm0,00002$	3,8$\pm0,1$	0,0001$\pm0,0001$
Pendiente m = 0,36			

Tabla 3: resultados para la bobina 1

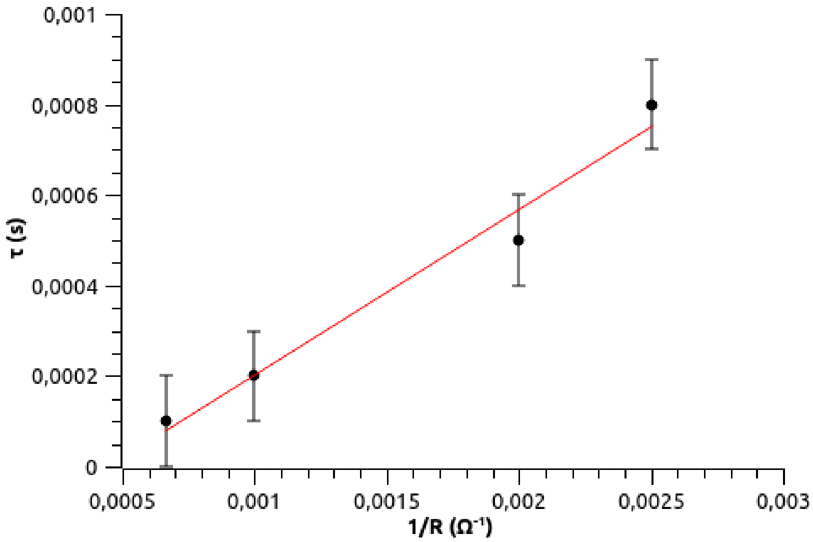

Figura 6: Tiempo en función de 1/R para la bobina 1

Bobina 1: L = 0,15$\pm0,01$ H			
R (Ω)	$\tau_{teorico}$ (s)	V_o (V)	$\tau_{exp.}$ (s)
300$\pm$100	0,0005$\pm0,0002$	2,7$\pm0,1$	0,0005$\pm0,0001$
400$\pm$100	0,00038$\pm0,00012$	3$\pm0,1$	0,0004$\pm0,0001$
500$\pm$100	0,0003$\pm0,00008$	3,4$\pm0,1$	0,0003$\pm0,0001$
600$\pm$100	0,00025$\pm0,00006$	3,5$\pm0,1$	0,0002$\pm0,0001$
Pendiente m = 0,17			

Tabla 4: resultados para la bobina 2

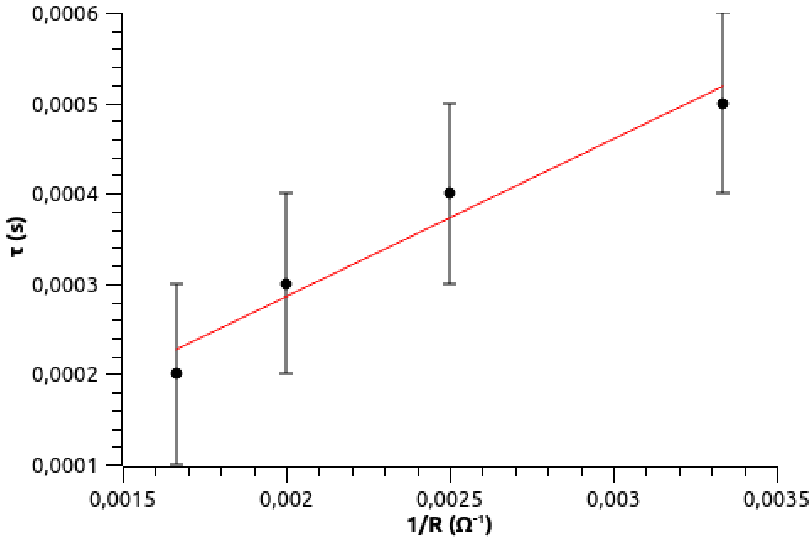

Figura 7: Tiempo en función de 1/R para la bobina 2

Conclusión

Hemos visto como los tiempos mantienen una relación con la resistencia en los circuitos RC y con la inversa de la resistencia en los RL. Se comprueba que la pendiente de la recta que ajusta esa relación coincide con el valor del condensador o la bobina empleada.

Referencias

[1] (varios) Guiones de prácticas- Técnicas Experimentales II. Grado en Física. Versión 2.1 UNED, 2022 https://2022.cursosvirtuales.uned.es/o/3754218