Práctica n°3: Medida con Osciloscopio

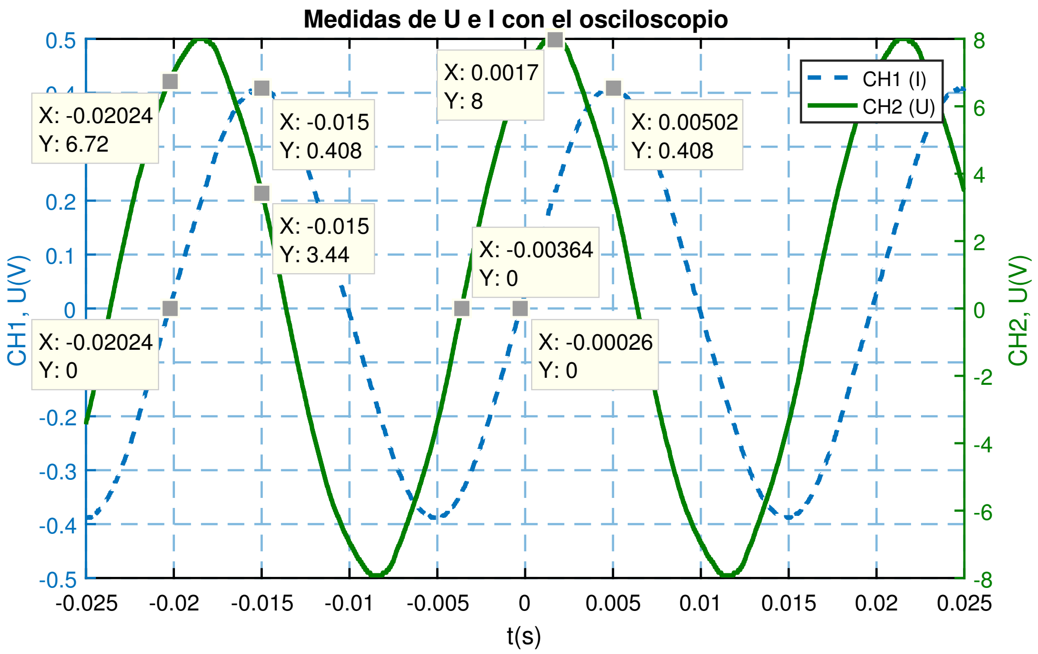
Laboratorio de Instrumentación Eléctrica
4°B, I.E.M

Gonzalo Sánchez Contreras
Antonio Rubí Rodríguez
Ignacio Sanz Soriano

12 de noviembre de 2016

Ensayo 3.1: Medida de los parámetros de una carga serie R–L

<u>Medidas</u>:



	Osciloscopio				Magnitudes medidas			
	Módulo	Ángulo	P. Real	P. Imag.	Módulo	Ángulo	P. Real	P.Imag.
I	289 mV	0 ms	289 mV	0 mV	0.93 A	0°	0.93 A	0 A
α	10.66 mV	-	16.43 mV	-	0.04 A	-	0.04 A	-
ε	3.70 %	-	5.70 %	-	4.63 %	-	4.63 %	-
U	5.66 V	-3.38 ms	2.60 V	4.75 V	113.2 V	60.84°	52 V	95 V
α	0.20 V	0.10 ms	0.18 V	0.20 V	5.11 V	1.81°	3.85 V	4.503 V
ε	3.51 %	2.97 %	6.74 %	4.14 %	4.51 %	2.97 %	7.4 %	4.74 %

Tensiones e intensidades en fase y cuadratura:

	Fase	Cuadratura
Intensidad (A)	I_f=0.93 A	I_q=0 A
Tensión (V)	U_f=52 V	U_q=95 V

Las componentes de la intensidad en módulo y en ángulo son:

$$\bar{I} = I\underline{/\varphi^\circ} = 0.93\underline{/0^\circ}\ A$$

Las componentes de la tensión en módulo y en ángulo son:

$$\bar{U} = U\underline{/\varphi^\circ} = 113.2\underline{/60.84^\circ}\ V$$

Resultados:
Forma polar. Para la medida de la impedancia en forma polar, la impedancia medida ($\bar{Z}$) en el ensayo es:

$$\bar{Z} = \frac{\bar{U}}{\bar{I}} = \frac{113.2\underline{/60.84^\circ}}{0.93\underline{/0^\circ}} = 121.72\underline{/60.84^\circ}\ \Omega$$

La incertidumbre en la medida de la impedancia es:

$$\varepsilon(Z) = \varepsilon(U) + \varepsilon(I) = 4.51\,\% + 4.63\,\% = 9.14\,\%$$
$$\varepsilon(\varphi) = 2.97\,\%$$

La medida de la impedancia $\bar{Z}$ es:

$$\bar{Z} = 121.72\,\Omega \pm 9.14\,\%\underline{/60.84^\circ \pm 2.97\,\%}$$

Forma cartesiana. Para la medida de la impedancia en forma cartesiana (donde los subíndices 'R' e 'I' denotan la componente real e imaginaria del fasor respectivamente), la impedancia medida ($\bar{Z}$) en el ensayo es:

$$\bar{Z} = Z_R + j \cdot Z_I$$
$$\bar{Z} = \frac{\bar{U}}{\bar{I}} = \frac{U_R}{I_R} + j \cdot \frac{U_I}{I_R} = \frac{52 + j \cdot 95}{0.93 + j \cdot 0} = \frac{52}{0.93} + j \cdot \frac{95}{0.93} = 55.91 + j \cdot 102.15\,\Omega$$

La incertidumbre en la medida de la impedancia es (forma rectangular):

$$\varepsilon(Z_R) = \varepsilon(U_R) + \varepsilon(I_R) = 7.4\,\% + 4.63\,\% = 12.03\,\%$$
$$\varepsilon(Z_I) = \varepsilon(U_I) + \varepsilon(I_R) = 4.74\,\% + 4.63\,\% = 9.37\,\%$$

La medida de la impedancia $\bar{Z}$ es:

$$\bar{Z} = (55.91 \pm 6.73) + j \cdot (102.15 \pm 9.57)\,\Omega = (55.91\,\Omega \pm 12.03\,\%) + j \cdot (102.15\,\Omega \pm 9.37\,\%)$$

A continuación, se pasa de forma polar a forma cartesiana a fin de comparar, las dos medidas, en cartesianas con procedencias distintas:

$$\bar{Z}_{te\acute{o}rica} :\ = 60.5 + j \cdot 96.8\,\Omega$$
$$\bar{Z}_{Polar} :\ \ \bar{Z} = 121.72\underline{/60.84^\circ}\,\Omega = 59.30 + j \cdot 106.92\,\Omega$$
$$\bar{Z}_{Cartesiana} :\ \ \bar{Z} = 55.91 + j \cdot 102.15\,\Omega$$

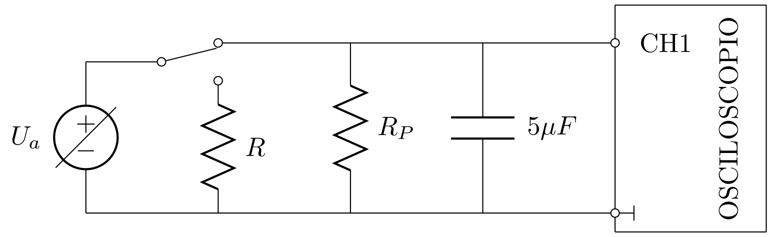
Conclusiones: Por un lado se observa que el osciloscopio no presenta buena precisión en las medidas de tensión, ya que las incertidumbres de medida son considerables. Por otro lado, el ángulo de la impedancia cuando esta es medida en forma polar presenta una precisión mucho mejor, lo que implica que la precisión en la medida de tiempos del osciloscopio es comparativamente bastnate mejor que la precisión en la medida de tensiones.

Se puede pasar la forma polar a cartesiana para comprobar el valor de la resistencia y la reactancia, y compararlos con la forma cartesiana medida directamente del osciloscopio. Se comprueba que los valores obtenidos en forma polar y pasados posteriormente a forma cartesiana son más cercanos a los valores teóricos de la parte real de la impedancia pero más lejanos a los valores teóricos de la parte imaginaria de la impedancia. Existe un compromiso entre una mejor precisión en la medida de la parte resistiva de la impedancia o una mejor precisión en la parte inductiva de la misma, en función de que método de medida se escoja.

Ensayo 3.2: Medida de la capacidad de un condensador

Enunciado: Medida de la capacidad de un condensador de 5 μF mediante osciloscopio.

Esquema:



Preparación:

Tensión inicial (U_o) : Para escoger la tensión inicial del ensayo (U_o) es importante en cuenta que el alcance del osciloscopio ha de ser de 1 V/div, por lo que se podrán medir como máximo 8 V, ya que se tienen 8 divisiones en el eje vertical. Para medir con la máxima precisión posible, se deberá conseguir una tensión inicial lo más cercana posible a 8V en el condensador, utilizando la fuente de tensión regulable 0-30V, puesto que la fuente de tensión fija de 5 V no es suficiente.

Resistencia patrón (R_p) : La constante de tiempo del condensador (τ) debe ser de 40 ms, por lo que se escogerá la siguiente resistencia patrón (R_p):

$$\tau = R_p \cdot C \rightarrow R_p = \frac{\tau}{C} = \frac{40\,ms}{5\,\mu F} = 8\,k\Omega$$

Resistencia de protección (R) : Para realizar la carga y la descarga se utilizará un conmutador que permite aislar el condensador para su descarga y volver a cargarlo con la fuente en la otra posición. Al cambiar el conmutador a la posición de descarga, la fuente queda cortocircuitada, por lo que se debe incluir una resistencia R de 1 kΩ que la proteja. La intensidad en este caso será de 8 mA, mucho menor que la intensidad máxima de la fuente.

Alcande de tiempo: Respecto al alcance de tiempo, se considerará que el condensador esta totalmente descargado en 5τ (en realidad, lo está al 95 %), es decir, en un tiempo de unos 200 ms. Para este tiempo y con 10 divisiones en el eje horizontal se escogerá un alcance de tiempos de :

$$\frac{200\,ms}{10\,div} = 20\,ms/div$$

como no se dispone de este alcance, se escoge el inmediatamente superior, 25 ms/div.

Restricciones del tiempo y la tensión de medida: Se especifica que la tensión final de medida no ha de ser inferior a un 25 % de la tensión inicial y que el tiempo de medida no ha de ser inferior al de una constante de tiempo. Se calculan a continuación los valores correspondientes al tiempo para la tensión límite dada y a la tensión para un tiempo de 40 ms, correspondiente a una constante de tiempo (τ). El tiempo en el que se alcanza una tensión del 25 % de la inicial se obtiene de la ecuación de descarga de un condensador inicialmente cargado a U_o y que se descargará totalmente ($U_\infty = 0$ V):

$$U(t) = U_o \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$
$$t^* = -\ln\left(\frac{U(t=t^*)}{U_o}\right) \cdot \tau = -\ln\left(\frac{1}{4}\right) \cdot 40\,ms = 55.45\,ms$$

por lo que a partir de dicho tiempo no se podrán medir valores de tensión, como especifica el enunciado. La tensión para la que ha transcurrido una constante de tiempo es:

$$U(t=\tau) = U_o \cdot e^{-\frac{\tau}{\tau}} = U_o \cdot e^{-1} = 0.37 \cdot U_o$$

por lo que se habrá de medir una tensión menor que la anterior y mayor de la que corresponda al tiempo de 55.45 ms.

Lista de aparatos:
Aparatos de Precisión:

- U_a: Fuente de tensión: 2x30V. Para cada fuente: $I_{máx} = 3A$; resolución: 0.2V.
- Osciloscopio TDS1002C–EDU (2500 muestras):

  Alcances tiempo: (5–10–25–50–100–250–500)ns/div–(1–2.5–5–10–25–50–100–250–500)μs/div–(1–2.5–5–10–25–50–100–250–500)ms/div. Precisión (si amplitud mayor de 5div): 1muestra + 100ppm medida + 0.4ns.

  Alcances tensión: (5–10–20–50–100–200–500)mV/div–(1–2–5)V/div. Precisión (si alcance mayor de 5mV/div): 3 % medida + 0.1div + 1mV.

  Eje vertical: 8 div.

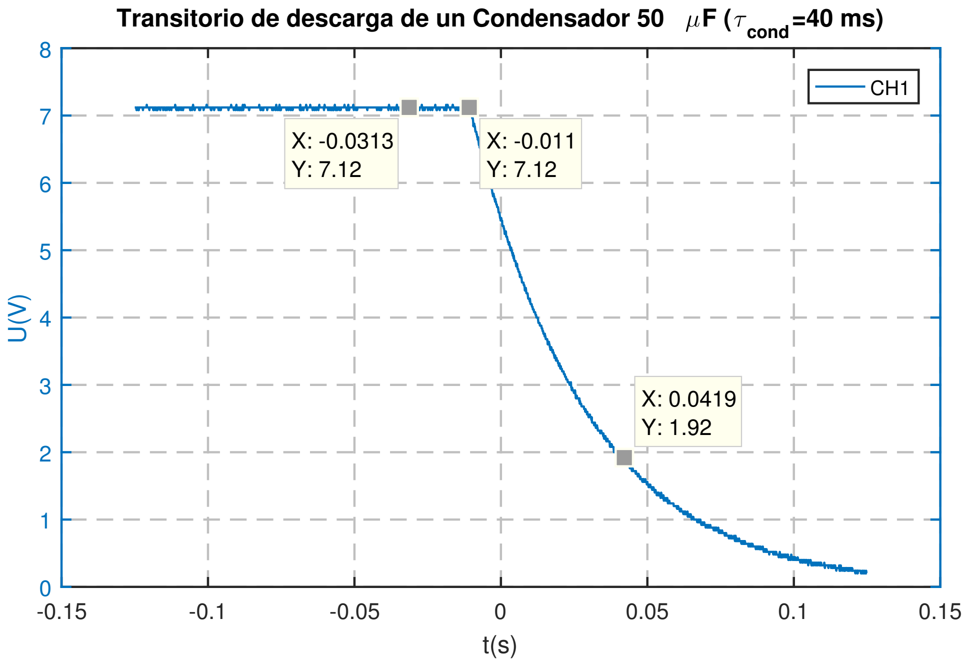
  Eje horizontal: 10 div.

  Impedancia de entrada: 1MΩ($\pm$2 %) en paralelo con 20pF($\pm$3pF).

Aparatos de Auxiliares:

- Caja de resistencias 2x(0.1, 1, 10 y 100) kΩ Clase 0.1, 0.25W.

Medidas:



Tensión inicial y tiempo de medida:

$$U_o(t = t_o) = 7.12\,V; \qquad t_o = -0.011s$$

Tensión medida en tiempo $t = t^*$:

$$U_f(t = t^*) = 1.92\,V; \qquad t^* = 0.0419s$$

Se comprueba que el intervalo de tiempo es superior a una constante de tiempo (τ) del condensador:

$$\Delta t = t^* - t_o = 0.0419 - (-0.011) = 0.0529\,s = 52.9\,ms$$

Resultados: A continuación, se calculan las incertidumbres en las medidas de las tensiones, los tiempos y las resistencias. Las incertidumbres en las medidas de tensión son:

$$\alpha(U_o) = 3\,\% \cdot medida + 0.1 \cdot div + 1 \cdot 10^{-3} = \frac{3}{100} \cdot 7.12 + 0.1 \cdot 1 + 1 \cdot 10^{-3} = 0.3146\,V$$
$$\alpha(U_f) = 3\,\% \cdot medida + 0.1 \cdot div + 1 \cdot 10^{-3} = \frac{3}{100} \cdot 1.92 + 0.1 \cdot 1 + 1 \cdot 10^{-3} = 0.1586\,V$$

La incertidumbre en la medida de la resistencia patrón (R_p) es:

$$\alpha(R_p) = 0.1\,\% \cdot R = \frac{0.1}{1000} \cdot 8000 = 8\,\Omega$$

La incertidumbre en la medida del tiempo es:

$$\alpha(t) = 1\,muestra + 100ppm \cdot medida + 0.4\,ns. =$$
$$= 1 \cdot \frac{50 \cdot 10}{2500} + \frac{100}{1 \cdot 10^6} \cdot 52.9 + 0.4 \cdot 10^{-9} = 0.11\,ms$$

Ahora se calcula el valor de la capacidad del condensador (C_x) y la incertidumbre en la medida, sabiendo que esta es función de la tensión, la resistencia patrón y el tiempo.

$$C_x = \frac{t}{R \cdot \ln\left(\frac{U_o}{U}\right)} = \frac{52.9}{8 \cdot \ln\left(\frac{7.12}{1.92}\right)} = 5.045\,\mu F$$

Haciendo uso de la aproximación de las derivadas parciales se obtiene la incertidumbre absoluta como:

$$\alpha(C_x) = \left|\frac{\partial C_x}{\partial t}\right| \cdot \alpha(t) + \left|\frac{\partial C_x}{\partial U}\right| \cdot \alpha(U) + \left|\frac{\partial C_x}{\partial R}\right| \cdot \alpha(R) + \left|\frac{\partial C_x}{\partial U_o}\right| \cdot \alpha(U_o)$$

$$\frac{\partial C_x}{\partial t} = \frac{-1}{R_p \cdot \ln\left(\frac{U_f}{U_o}\right)} = 9.537 \cdot 10^{-5}\,F/s$$
$$\frac{\partial C_x}{\partial R} = \frac{t}{R_p^2 \cdot \ln\left(\frac{U_f}{U_o}\right)} = -6.307 \cdot 10^{-10}\,F/\Omega$$
$$\frac{\partial C_x}{\partial U_f} = \frac{t}{R_p \cdot U_f \cdot \left[\ln\left(\frac{U_f}{U_o}\right)\right]^2} = 2 \cdot 10^{-6}\,F/V$$
$$\frac{\partial C_x}{\partial U_f} = \frac{-t}{R_p \cdot U_o \cdot \left[\ln\left(\frac{U_f}{U_o}\right)\right]^2} = -5.4 \cdot 10^{-7}\,F/V$$

Finalmente, se tiene que la incertidumbre absoluta de la medida es:

$$\alpha(C_x) = 0.154\,\mu F$$

La incertidumbre relativa en la medida del condensador por lo tanto será:

$$\varepsilon(C_x) = \frac{\alpha(C_x)}{C_x} \cdot 100 = \frac{0.154}{5.045} \cdot 100 = 3.05\,\%$$

La medida de la capacidad es:

$$C_x = 5.045 \pm 0.154\,\mu F = 5.045\,\mu F \pm 3.05\,\%$$

Conclusiones: El valor del condensador medido es cercano al valor esperado (5uF) pero tiene una incertidumbre un poco alta debido principalmente a la precisión del osciloscopio, que para valores pequeños no proporciona una incertidumbre baja y consigue, por tanto, una precisión peor. No obstante, al tratarse de un condensador tan pequeño, esta incertidumbre apenas tiene un efecto apreciable en el circuito salvo para la constante de tiempo de descarga, que se ve bastante afectada por dicha incertidumbre, desviándose de los 40 ms esperados.