-19 B-

IMPEDANCIA EN UN CIRCUITO RC

OBJETIVO

- Determinación de la impedancia y desfase en un circuito serie RC

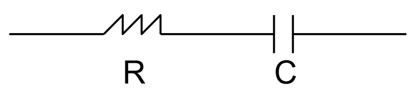
MATERIAL

- Osciloscopio digital.
- Oscilador de baja frecuencia.
- Circuito en serie RC.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Esta práctica consiste en utilizar el osciloscopio para realizar medidas en un circuito formado por una resistencia y un condensador conectados en serie, comúnmente llamado circuito RC, ver figura 1, al que se le aplica una señal alterna de tensión mediante un generador. A continuación, se resumen brevemente las bases teóricas en que se fundamenta, aunque remitimos a cualquier texto estándar de Física General para una información más completa.[1]

Fig 1.



Podemos representar la señal armónica de corriente alterna que suministra el generador mediante la expresión: $V(t) = V_p \cos(\omega t)$. Al conectarlo al circuito RC aparece en éste una intensidad de corriente, que oscila con la misma frecuencia que la tensión que aplicamos, pero normalmente con un cierto desfase: $I(t) = I_p \cos(\omega t + \varphi)$. Así pues, la ley de Ohm de la corriente continua no es válida, pues el cociente entre tensión e intensidad depende en general del tiempo. Sin embargo, la relación entre tensión e intensidad sigue siendo sencilla puesto que para determinarla nos basta conocer el cociente entre los valores de pico, que llamaremos módulo de la impedancia,

[1] P.A. Tipler Física para la Ciencia y Tecnología. Cuarta Ed. Vol 2, Cap 31

y el desfase entre ambas señales, o fase de la impedancia; ambos valores dependen de la frecuencia de la tensión del generador.

Se puede demostrar que para un circuito formado únicamente por una resistencia no existe desfase entre tensión e intensidad. El módulo de la impedancia se reduce a R y podemos utilizar la ley de Ohm como en el caso de la corriente continua.

La presencia de un condensador cambia esta situación y crea un desfase. Un condensador presenta una impedancia llamada impedancia capacitiva, Z_C que depende de la frecuencia angular ω de la tensión alterna aplicada según: $Z_C = 1/ C\omega$.

Para un circuito RC se unen ambos efectos y se tiene que

Módulo de la impedancia $$|Z| = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega}\right)^2} \qquad [1]$$

Fase de la impedancia $$\varphi = arctg\left(1/RC\omega\right) \qquad [2]$$

Teniendo en cuenta estas fórmulas se puede observar que:

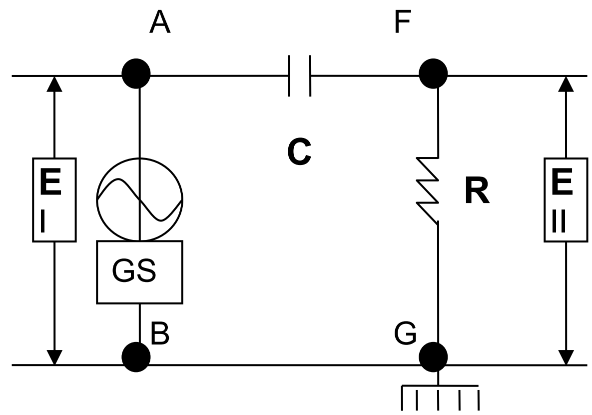
$$\omega \to \infty \quad |Z| \to R \quad \omega \to \infty \quad \varphi \to 0$$
$$\omega \to 0 \quad |Z| \to \infty \quad \omega \to 0 \quad \varphi \to \pi/2$$

MODO DE OPERAR

En primer lugar montaremos un circuito RC alimentado por un generador de corriente alterna (Fig 2). Luego llevaremos al canal I del osciloscopio (EI), la tensión entre los polos del generador, que coincide con los extremos del circuito RC (puntos A y B). Conectaremos a continuación a la entrada del canal II (EII) la tensión entre los extremos de la resistencia R (puntos F y G). Se deberá tener cuidado de asignar correctamente los cables de tierra (negros) a los puntos B y G, que pueden en realidad coincidir, ya que entre ellos no hay ningún elemento del circuito.

Si representamos en la pantalla del osciloscopio el canal I veremos la señal del generador. Si representamos la señal del canal II veremos la caída de tensión en la resistencia R, que es simplemente $V_R(t) = I(t) \cdot R = I_p \cos(\omega t + \varphi) \cdot R = V_{pR} \cos(\omega t + \varphi)$, ya que como dijimos la resistencia no cambia la fase. El valor máximo de estas señales es respectivamente V_p y $V_{pR} = I_p \cdot R$, a partir de ellos podemos obtener el módulo de la impedancia. $|Z| = {V_p}/{I_p} = R\,{V_p}/{V_{pR}}$. [3]

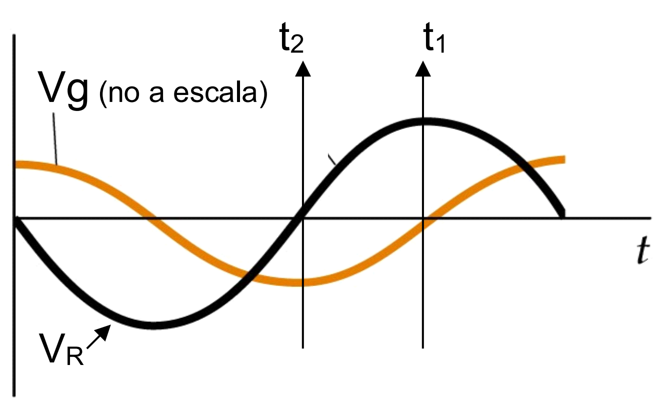
Fig 2.



Representando ambas señales simultáneamente (modo XT, dual del osciloscopio) podemos medir el desfase entre tensión e intensidad o sea la fase de la impedancia. En la figura 3 se representa la señal alterna del generador y la que se observaría en los extremos de la resistencia. De dicha figura se deduce que en los puntos t_1 y t_2 en los que se anulan ambas señales se tiene: $\omega t_1 = \frac{\pi}{2}$ $\quad \omega t_2 + \varphi = \frac{\pi}{2}$ y restando ambas expresiones $\omega(t_2 - t_1) = -\varphi \Rightarrow \varphi = -2\pi\upsilon(t_2 - t_1)$, recordamos que el resultado se obtiene en radianes.

$$\omega(t_2 - t_1) = -\varphi \Rightarrow \varphi = 2\pi\upsilon(t_1 - t_2) \quad [4]$$

Fig 3.



TRABAJO PREVIO

1. Represente gráficamente $|Z(\nu)|$ y $\varphi(\nu)$ frente a la frecuencia para el rango de frecuencias 30 a 3000 Hz , R = 2100 Ω y C= 10^{-7} F. Se sugiere usar escala logarítmica en los dos ejes en el primer caso y sólo en el eje x en el segundo.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

IMPORTANTE: Antes de abandonar el laboratorio, el alumno debe realizar los puntos 1, 2, 3, 4, 5.

1. Realice el montaje teniendo en cuenta la utilización de los dos canales de entrada del osciloscopio: canal I para la tensión en la asociación RC y canal II para la caída de tensión en la resistencia.
2. Visualice la señal en los dos canales en modo XT.
3. Observe en el osciloscopio la variación de la tensión de la señal con la frecuencia, hágalo para cada canal. Para ello, utilice el modo XT para la toma de datos, haga un barrido de 30 a 3000 Hz y tome al menos 10 valores de la tensión pico a pico para las dos señales (canales I y II). Así mismo, midiendo sobre el eje X, que como es sabido está calibrado en tiempos, anote el retraso entre ambas señales.
4. ¿Qué se observa en el osciloscopio si lo colocamos en modo XY? ¿Y si intercambiamos los dos canales?
5. Construya una tabla de datos que será sellada y revisada por el profesor antes de abandonar el laboratorio y se deberá adjuntar al informe.
6. Calcule los valores de $|Z(\nu)|$ y $\varphi(\nu)$ con sus incertidumbres, para las frecuencias del apartado 3, usando las medidas experimentales y las expresiones [3] y [4]. Compare los resultados con los valores obtenidos de las expresiones [1] y [2].
7. Represente gráficamente los valores experimentales y teóricos de $|Z(\nu)|$ y $\varphi(\nu)$ frente a la frecuencia. Verifique que $|Z(\nu)| \to R$ para $\nu \to \infty$ y $\varphi \to \pi/2$ para $\nu \to 0$. ¿Son compatibles los valores experimentales con los teóricos?

Sugerencias

1 Represente la frecuencia y $|Z(\nu)|$ en escala logarítmica.
2. Elija valores de frecuencia cuyos logaritmos estén aproximadamente equi-espaciados (ej: 30, 50, 85, 140, 230, 390, 650, 1100, 1800, 3000 Hz).
3. Compruebe usando el osciloscopio la exactitud de las frecuencias generadas.