DESCARGA DE UN CONDENSADOR

Objetivos

Observación de la descarga de un condensador a través de una resistencia (circuito RC).

Material

Fuente de tensión continua, caja con dos juegos de condensador y resistencia, voltímetro, cronómetro.

Fundamento teórico

Un condensador es un dispositivo formado por dos superficies conductoras enfrentadas (armaduras) separadas por un dieléctrico. Cuando se aplica una diferencia de potencial V entre las dos armaduras, se provoca la acumulación de una carga positiva $+Q$ en la armadura con potencial mayor, y de una carga igual de signo contrario $-Q$ en la otra armadura. El valor de la carga almacenada resulta ser proporcional a la diferencia de potencial aplicada, $Q = CV$, siendo la constante de proporcionalidad la *capacidad* del condensador. Debido a la carga acumulada, aparece un campo eléctrico entre las armaduras del condensador, que por tanto es capaz de almacenar en su interior energía eléctrica.

Los procesos de carga y descarga de un condensador no son instantáneos, y dependen de los elementos eléctricos a los que el condensador está conectado. En esta práctica estudiaremos la descarga a través de una única resistencia (circuito RC).

Consideremos en primer lugar la descarga del condensador de la Figura 1. Si el condensador tiene almacenada una carga inicial Q_0, al cerrar el interruptor la carga de su armadura positiva irá pasando progresivamente a la armadura negativa (a través de la resistencia R), hasta que el condensador quede totalmente "descargado". Aplicando la ley de Ohm al circuito de la Figura 1, tenemos que:

$$RI + \frac{Q}{C} = 0 \qquad \Longrightarrow \qquad \frac{dQ}{dt} = -\frac{1}{RC}Q\,, \tag{1}$$

dado que $I(t) = dQ/dt$. Integrando esta ecuación diferencial, llegamos a:

$$Q(t) = Q_0 e^{-t/\tau}, \qquad V(t) = V_0 e^{-t/\tau}, \qquad I(t) = I_0 e^{-t/\tau}\,. \tag{2}$$

Por tanto, el proceso de descarga es tal que tanto la carga $Q(t)$ que queda en el condensador en el instante t, como la diferencia de potencial $V(t)$ entre las armaduras del condensador y la intensidad de corriente $I(t)$ en el circuito, evolucionan con el tiempo de forma *exponencial decreciente* (ver Figura 2), siendo V_0 e I_0 los valores del potencial y la intensidad en $t = 0$, y $\tau = RC$ la llamda *constante de tiempo* (o tiempo característico, o tiempo de relajación) del circuito, que representa el tiempo que tarda cualquiera de estas magnitudes en llegar a un valor $1/e$ veces su valor inicial (es decir, aproximadamente a un valor 37 % de dicho valor inicial). Desde un punto de vista energético, podemos decir que la energía almacenada inicialmente en el condensador se pierde continuamente en la resistencia por efecto Joule (calentamiento). Notemos que cuanto mayor sean la resistencia del circuito o la capacidad del condensador, mayor es τ y por tanto más lento es el proceso de descarga.

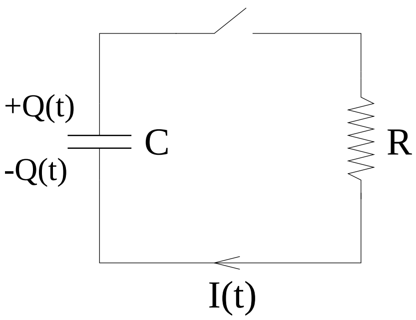

Figura 1: Circuito RC

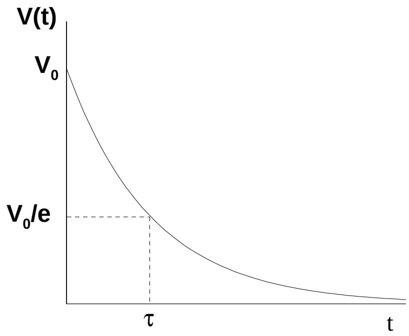

Figura 2: Descarga exponencial

Método experimental

A continuación analizamos la descarga de un condensador a través de una única resistencia mediante el circuito de la Figura 3. Cuando se pulsa el interruptor K, se cierra el circuito de carga y el condensador se carga en un tiempo muy corto (ya que dicho circuito de carga no tiene apenas resistencia –sólo la de los cables–). Al liberar el interruptor, el generador queda desconectado y el condensador empieza a descargarse a través de la resistencia R.

Se ha de notar que, en el circuito de la Figura 3, el voltímetro se encuentra conectado en serie con el resto de elementos, al contrario de lo que es habitual (véase capítulo introductorio). En esta disposición, dicho aparato mide la diferencia de potencial entre los extremos *de su propia resistencia interna* R_v, que en nuestro caso tiene un valor de $11M\Omega$, comparable al de la resistencia R del circuito. De esta forma, la tensión medida es $V_m(t)=R_vI(t)$, y la ley de Ohm a lo largo del circuito conduce a la siguiente relación entre aquella y la caida de tensión V(t) entre las armaduras del condensador:

$$V(t) = [R + R_v]I(t) = \frac{R + R_v}{R_v} V_m(t) \tag{3}$$

Por tanto, el valor de $V_m(t)$ es proporcional a V(t), correspondiéndole el mismo tipo de curva de descarga (Figura 2).

Elija un condensador y una resistencia de las que dispone, y mediante un cronómetro (que pondrá en marcha en el momento de abrir el interruptor), obtenga una tabla de valores de la tensión V(t) para diferentes instantes de tiempo (tome suficientes medidas para trazar bien la curva de la Figura 2). Repita este proceso para la otra pareja condensador-resistencia.

Resultados

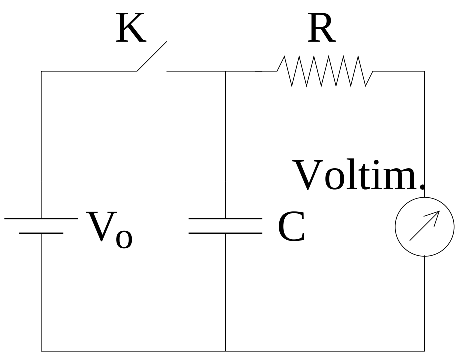

Figura 3: Circuito RC.

A partir de los resultados tomados para cada uno de los conjuntos condensador-resistencia, calcule el valor de la capacidad cuya descarga se ha examinado. Para ello ha de determinar τ, lo que hará **de dos maneras**:

(a) Como el tiempo que ha de transcurrir para que la tensión se reduzca al 37 % del valor inicial.

(b) Aplicando logaritmos decimales a la segunda expresión de (2):

$$\log\left(\frac{V(t)}{V_0}\right) = -\frac{\log e}{\tau}\, t\,, \tag{4}$$

de donde se deduce que, representando la diferencia de potencial en escala semilogarítmica (con V(t)/V_0 en la escala logarítmica vertical y t en la escala lineal horizontal), se obtiene una recta de pendiente negativa de la cual puede deducirse fácilmente el valor de τ.

A partir de los valores medidos de τ, puede encontrar la capacidad del condensador utilizando la expresión $\tau = RC$ (utilice como resistencia la total del circuito). Compare los resultados obtenidos con cada uno de los dos métodos enumerados anteriormente. Repita el proceso con el otro condensador, y compare con los resultados anteriores, comentando lo observado.