CARGA E DESCARGA DE CAPACITOR

UNESP - Faculdade de Engenharia - Campus de Guaratinguetá [1]

1. Introdução

Nesta prática vamos verificar o comportamento da corrente ao longo do tempo durante o processo de carga e descarga de um capacitor. Com as medições será determinado a constante de tempo do circuito. Conhecido o valor da resistência obteremos desta constante a capacitância C do capacitor.

2. Fundamentos

2.1. Carga e descarga de um capacitor. A figura 1 mostra um circuito de carga de um capacitor com capacitância C utilizando uma fonte de tensão a uma tensão constante V_0. O processo de carga inicia quando fechamos a chave S. No instante imediato a este fechamento (t=0) o circuito comporta-se como se o capacitor não existisse. Portanto a corrente i no instante t=0 é igual a V_0/R. A medida que o capacitor é carregado esta corrente diminui. Em um instante t qualquer a relação entre as voltagens nos elementos do circuito é dada por:

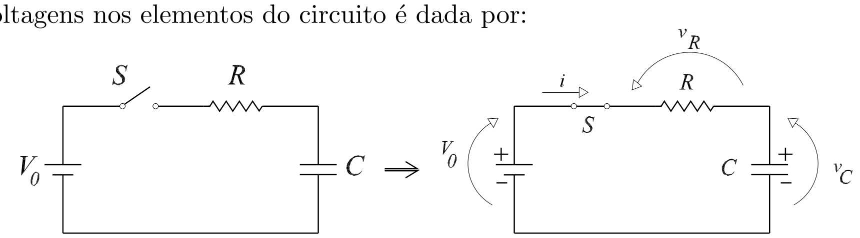

Fig. 1 - Circuito de carga de um capacitor antes e depois do fechamento da chave S.

(1) $$V_0 = v_R(t) + v_C(t)$$

onde $v_C(t)$ e $v_R(t) = Ri(t)$ são as voltagens respectivamente no capacitor e no resistor. No capacitor a carga instantânea $q(t)$ é $q(t) = Cv_C(t) = \int idt$. Omitindo a dependência temporal para simplificar a notação obtemos:

(2) $$V_0 = \frac{1}{C}\int idt + Ri$$

Derivando em relação ao tempo e lembrando que $dV_0/dt = 0$, depois de uma curta álgebra, teremos:

(3) $$\frac{di}{i} = -\frac{dt}{\tau}$$

onde

(4) $$\tau = RC$$

Este parâmetro é denominado constante de tempo do circuito RC. Integrando (3) do instante 0 ao instante t:

[1]Roteiro para laboratório de Eletricidade, Magnetismo e Ótica elaborado por Milton E. Kayama, docente do Departamento de Física e Química.

$$\int_0^t \frac{di}{i} = -\int_{V_0/R}^t \frac{dt}{\tau} \tag{5}$$

obtemos:

$$i(t) = \frac{V_0}{R}\, e^{-t/\tau} \tag{6}$$

Portanto a corrente diminui expenencialmente a medida que o capacitor é carregado. Como a voltagem instantânea no resistor é $v_R = Ri(t)$ temos por (1) que $v_C(t) = V_0 - v_R(t)$. Então a voltagem no resistor e capacitor são dadas por:

$$v_R(t) = V_0\, e^{-t/\tau} \tag{7}$$

$$v_C(t) = V_0\,(1 - e^{-t/\tau}) \tag{8}$$

Semelhante à corrente a voltagem no resistor também decai expeonencialmente com o tempo. A voltagem no capacitor por sua vez aumenta a medida que o capacitor é carregado. O comportamento de $i(t)$ e $v_C(t)$ é mostrado na figura 2.

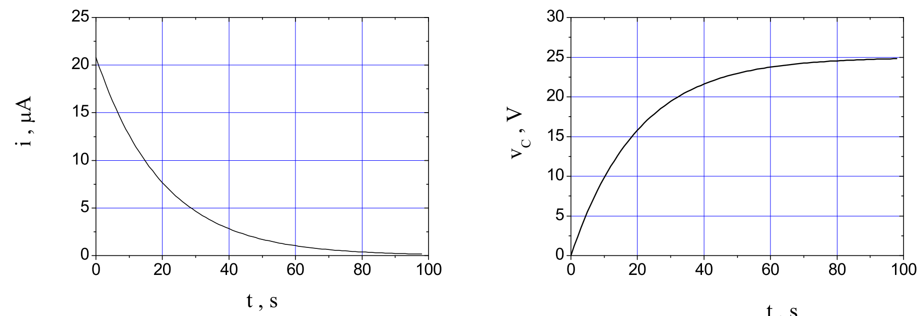

Fig. 2 - Evolução temporal da corrente e voltagem no capacitor durante a carga em um circuito com R=1,2 MΩ, C=20 μF e V_0=25 V.

Vejamos agora o processo de descarga. Iniciamos com um capacitor carregado a uma tensão V_d e a descarga ocorre através de um resistor R como mostra a figura 3. O processo inicia ao fecharmos a chave S (t=0). No instante imediato a este fechamento o capacitor carregado atua como uma fonte de força eletromotriz com tensão V_d. Portanto em t=0 a corrente no circuito é igual a V_d/R. Conforme a figura 3 a voltagem nos elementos satisfaz a:

$$v_R(t) = v_C(t) \tag{9}$$

onde $v_C(t) = -(1/C)\int idt$ onde o sinal $-$ aparece pois a carga no capacitor diminui. Efetuando a álgebra obteremos um resultado igual à equação (3). Logo a corrente durante a descarga do capacitor é dada por:

$$i(t) = \frac{V_d}{R}\, e^{-t/\tau} \tag{10}$$

Então de acordo com a equação (9) a voltagem no capacitor é:

$$v_C(t) = V_d\, e^{-t/\tau} \tag{11}$$

Portanto na descarga do capacitor a corrente no circuito e a voltagem no capacitor decaem exponencialmente no tempo.

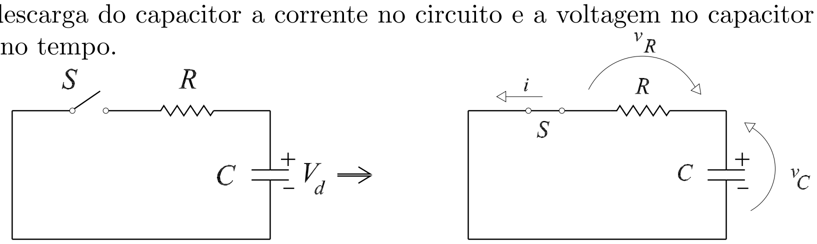

Fig. 3 - Circuito de descarga de um capacitor antes e depois do fechamento da chave S.

3. Prática

Utilizando o circuito mostrado na figura 4 realize medições da corrente no circuito durante a carga e a descarga do capacitor. O amperímetro dado mede corrente nos dois sentidos. Para a carga inicie com o capacitor descarregado e feche a chave S na posição a. Este é o instante t=0. Faça isto uma vez para definir os valores da corrente em que os instantes t serão anotados. Repita o processo três vezes e calcule o valor médio dos instantes para cada valor da corrente.

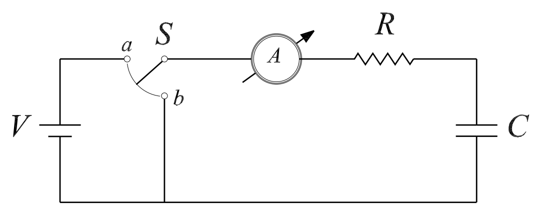

Fig. 4 - Circuito para medições da corrente na carga e descarga de um capacitor.

Para a descarga inicie com o capacitor carregado a uma tensão V_d. Se utilizar o processo de carga descrito acima espere um intervalo de tempo da ordem de 10τ para carregar o capacitor. A descarga inicia colocando a chave na posição b. A corrente terá sentido contrário ao da carga. Faça um teste inicial para definir os valores da corrente em que os instantes t serão anotados. Repita o processo três vezes, sempre com a mesma tensão inicial no capacitor e calcule depois o valor médio.

4. Relatório

A corrente durante a carga e a descarga do capacitor tem a forma $i = I_0\, e^{-t/\tau}$. Tomando o logaritmo natural em ambos os membros obtemos $lni = lnI_0 - t/\tau$. Portanto em um papel monolog a evolução da corrente é uma reta com coeficiente angular negativo. Utilizando seus dados faça o gráfico ixt no papel monolog e determine o coeficiente angular da reta para a carga e para a descarga do capacitor. Com o valor médio deste coeficiente e supondo conhecido a resistência R do circuito determine o valor da capacitância C