



INSTITUTO DE FÍSICA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Laboratório de Eletromagnetismo (4300373)
2º SEMESTRE DE 2013

Grupo:

.....

.....

(nomes completos)

Prof(a): Diurno () Noturno ()

Data : ____ / ____ / ____

Experiência 6

O CAPACITOR COMO ARMAZENADOR DE ENERGIA

1. Introdução

Neste laboratório estudaremos o processo de transferência de energia durante o processo de descarga de um capacitor sobre um elemento resistivo, o qual permanece imerso em óleo. Neste processo a energia armazenada inicialmente em um capacitor na forma de um campo elétrico é dissipada pelo resistor na forma de calor. Essa energia é transferida para o óleo aumentando sua temperatura em uma quantidade proporcional à sua capacidade calorífica (ou capacidade térmica) X_T .

A capacidade térmica caracteriza a quantidade de calor (Q) necessária para mudar a temperatura (T), de uma dada substância (neste caso óleo), por um valor ΔT :

$$X_T = \frac{Q}{\Delta T}$$

Inicialmente, a energia armazenada em no capacitor de capacitância (C), submetido a diferença de potencial V é dada pela expressão (1)

$$U_{elétrica} = \frac{1}{2} CV^2 . \quad (1)$$

Para um sistema fechado, no decorrer de um processo onde não é feito nenhum trabalho mecânico, temos que o aumento na energia interna do sistema é igual ao calor recebido, ou seja:

$$\Delta U_{interna} = \Delta U_{térmica} = Q = X\Delta T . \quad (2)$$

Assim, depois do processo de descarga do capacitor a energia dissipada pelo resistor, que eleva a temperatura do óleo como quantificado pela expressão (2), deve ser igual à energia armazenada inicialmente no capacitor (1). Resumindo:

$$X\Delta T = \frac{1}{2} CV^2 \quad (3)$$

2. Material Utilizado

- :: Caixa contendo dois Capacitores, Resistor de Carga, Diodo e Chave Dupla;
- :: Calorímetro contendo tubo com Resistor imerso em fluido de freio;
- :: Termômetro digital (termopar);
- :: Cronômetro;
- :: Multímetro;
- :: Autotransformador Variac.

3. Roteiro de Montagem

A Figura 1 tem o esquema da montagem experimental

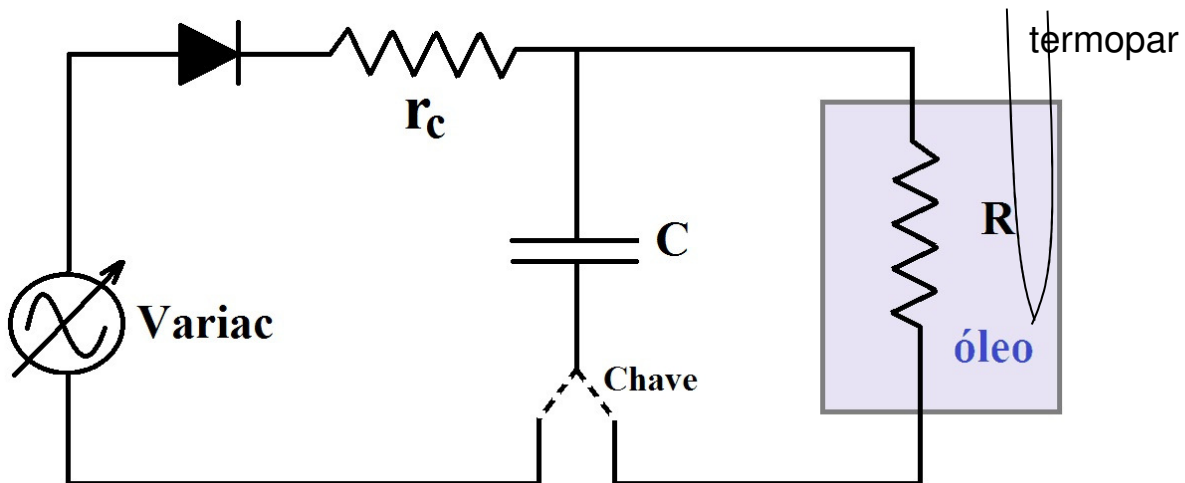


Figura 1: Esquema simplificado da caixa contendo o capacitor (C), o diodo retificador, o variac e a resistência de carga (r_c). Uma chave dupla conecta o capacitor à fonte de alimentação ou ao resistor de descarga (R), que está imerso em óleo, dentro do calorímetro.

Olhe através da tampa caixa de madeira que contem os capacitores em paralelo e identifique o resistor de carga r_c e o diodo, verificando suas cores. O conjunto de diodo retificador e variac constitui a fonte de alimentação do capacitor, que aplica diferenças de potencial às armaduras do capacitor, e os valores de V são variáveis pelo variac. Conecte os terminais do multímetro aos bornes apropriados (V) para medir a tensão sobre os capacitores. Certifique-se que a ligação está correta. Se houver a opção, ligue o multímetro na escala de tensão **200 V-DC**.

Abra a tampa do calorímetro e levante, com cuidado, o tubo contendo o resistor de descarga imerso no fluido. Verifique se o fluido preenche todo o volume do tubo, completando-o se necessário.

Ainda com a tampa do calorímetro aberta, introduza o fio do termopar através do orifício da tampa de madeira e também pela tampa do tubo. Com cuidado, manuseie o fio do termopar de forma que ele entre no cilindro cerâmico do resistor até aproximadamente a metade. *É importante que o termopar não encoste o fundo do tubo, e nem no resistor!*

Feche bem e cuidadosamente o calorímetro, colocando a tampa sem deslocar o fio do termopar de sua posição.

Conecte os fios que ligam o resistor aos bornes de descarga (R) da chave da caixa dos capacitores.

Posicione o controle do variac em zero e ligue-o à tomada.

4. Tomada de Dados

Posicione a chave em **Carga (C)**.

Aumente a tensão do Variac até que a tensão medida nos terminais do capacitor alcance aproximadamente 100 V - DC. ATENÇÃO: a diferença de potencial deve ser medida com o multímetro ligado aos terminais dos capacitores e não diretamente no Variac!

Anote os valores da temperatura inicial do óleo no calorímetro (T_i) e da tensão V. Mude a chave para a posição de **Descarga (D)** e observe no termômetro a subida da temperatura – trabalhando em dupla e com um cronômetro, faça medições da temperatura a cada 15 ou 20 s durante a descarga, e continue por mais 3 min com esse procedimento. Durante a descarga a temperatura sobe até atingir um valor máximo e em seguida volta a cair lentamente.

Tabela I – Variação da temperatura na descarga do capacitor para $V = \underline{\hspace{2cm}}$

Tempo ()								
Temperat ()								
Tempo ()								
Temperat ()								
Tempo ()								
Temperat ()								
Tempo ()								
Temperat ()								

A partir dessa tomada de dados, passe a variar a tensão aos poucos e anote, para cada V, o valor da temperatura máxima após a estabilização (temperatura final T_f).

Cada vez que voltar a chave para posição de **Carga** observe o cronômetro, estabelecendo um intervalo de tempo mínimo de 3 minutos antes de repetir o procedimento para outro valor de tensão. Marque na Tabela II os valores de temperatura inicial e final para cada tensão. Indique, no cabeçalho, as unidades apropriadas.

Tabela II – Dados obtidos para descargas do capacitor

	V	T _i	T _f	V ²	ΔT	σ _{ΔT}
	()	()	()	()	()	()
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

5. Tratamento dos Dados

Faça um gráfico de $\Delta T \times V^2$. Considere que apenas a temperatura está afetada de incertezas. A incerteza na medida de temperatura (e da diferença de temperatura) deve refletir a sua dificuldade em determinar a temperatura máxima no termômetro digital em relação ao posicionamento do termopar no calorímetro, e, provavelmente $\sigma_{\Delta T}$ pode ser considerado igual para todas as medidas.

Represente no gráfico as barras de erro e, se observado o comportamento esperado, faça o ajuste de uma reta aos dados experimentais. Determine os coeficientes linear e angular desta reta, e suas respectivas incertezas e comente os resultados.

Sabendo que a capacidade térmica do calorímetro contendo o resistor com fluido de freio foi estimada em $X_T = 20,8 J/^{\circ}C$, estime o valor da capacitância C_{exp} do conjunto, com incerteza

$$C_{exp} = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}}$$

e compare-o com o valor nominal (2500 μF indicado em cada capacitor) do conjunto (composto por dois capacitores ligados em paralelo).

Comente seus resultados

6. Para o relatório

Faça o gráfico da variação de temperatura com o tempo (Tabela I) e discuta o comportamento observado, levando em conta os processos de transferência de energia e a isolamento adequada ou não do calorímetro.

Procure obter informações sobre o funcionamento de um termopar como medidor de energia e comente porque ele é o instrumento adequado para realizar o experimento, comparado com os termômetros tradicionais a mercúrio ou álcool.

Discuta um procedimento adequado para determinar a capacidade térmica do conjunto: calorímetro com óleo e resistor.

O GRUPO deve entregar esta guia ao professor no final da aula.