

## 2.2 - Capacitores

Capacitores são componentes capazes de armazenar uma carga elétrica. A figura 2.2.3 mostra a analogia hidráulica deste componente. Sua construção consiste de duas placas condutoras colocadas próximas mas separadas por um isolante. As placas também são chamadas de armaduras, e o isolante é chamado dielétrico. A capacitância total será uma função da área das placas, da proximidade entre elas e da natureza do dielétrico. Sua unidade é o Farad, mas esta unidade é tão grande que normalmente só são usados os seus submúltiplos: o microfarad ( $\mu\text{F}$ ), o nanofarad (nF) e o picofarad (pF).

O outro parâmetro importante para os capacitores é a tensão de trabalho. Esta é a tensão que faz saltar uma centelha através do dielétrico, inutilizando o capacitor. Deve-se, evidentemente, trabalhar sempre abaixo deste valor.

Existem três tipos de capacitores que são encontrados facilmente no mercado: cerâmico, poliéster e eletrolítico.

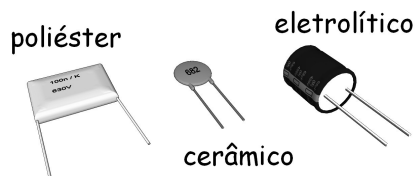


Figura 2.2.2 - Tipos mais comuns de capacitores

### Capacitores cerâmicos

São capacitores de uso geral e baixo custo. Os componentes encontrados no mercado usualmente têm capacitâncias entre 1pF e  $0,22\mu\text{F}$  e tensão máxima 50V. A identificação dos parâmetros deste tipo de capacitor pode ser confusa. Os valores vem impressos no corpo do capacitor em códigos, conforme mostra a figura 2.2.4.

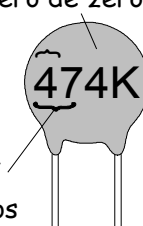
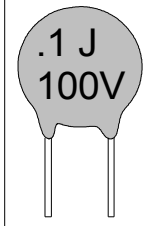
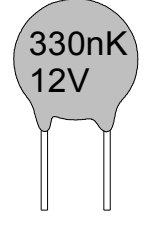
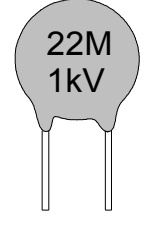
três algarismos		com ponto	com "n"	sem nada
<p>número de zeros</p>  <p>valor em pF sem os zeros</p> <p>470.000pF ou 470nF ou 0,47<math>\mu\text{F}</math> +/- 10%</p>	<p>B = +/- 0,1pF C = +/- 0,25pF D = +/- 0,5pF E = +/- 25% F = +/- 1pF se &lt;10pF ou +/- 1% se &gt;10pF G = +/- 2% H = +/- 2,5% J = +/- 5% K = +/- 10% M = +/- 20%</p>	 <p>0,1<math>\mu\text{F}</math> +/-5% 100V</p>	 <p>330nF +/-10% 12V DC</p>	 <p>22 pF +/-20% 1000V</p>

Figura 2.2.4

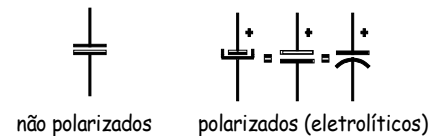
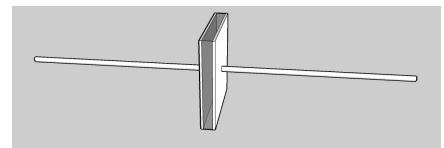


Figura 2.2.1 - Capacitor e seus símbolos.

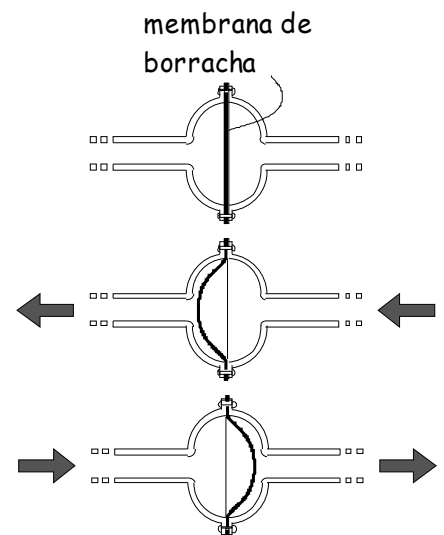


Figura 2.2.3- Analogia hidráulica de um capacitor.

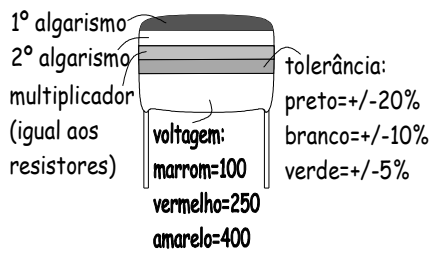


Figura 2.2.5

1F = 1.000.000  $\mu$ F

1 $\mu$ F = 1000nF

0,1 $\mu$ F =  $\mu$ 1 = 100nF

1nF = 1000pF

2n2 = 2,2nF ou 2200pF

n27 = 0,27nF ou 270pF

56p = 56pF

4p7 = 4,7pF

Quadro 2.2.1

### Cuidado!

Um capacitor pode ser letal.

A energia estocada pode ser bem maior que aquela necessária para provocar uma parada cardíaca.

Para piorar, esta energia não se dissipa quando o capacitor é desconectado. A tensão pode ficar presente por horas.

Portanto, ao trabalhar com capacitores carregados com alta voltagem:

- mantenha-os longe do alcance do corpo. A distância deve ser garantida mesmo em caso de queda ou movimento brusco
- providencie com antecedência uma maneira segura de descarregar os capacitores após o uso
- tome todos os cuidados usuais para trabalhar com alta voltagem.

## Capacitores de poliéster

São tão comuns e populares como os capacitores cerâmicos, mas são encontrados com valores maiores de capacitância, usualmente entre 1nF e 4,7 $\mu$ F, e voltagens bem maiores, usualmente de 63, 100, 250, 400, 630, e 1600 volts. Costumam ter o seu valor impresso no corpo ou, mais raramente, identificado por um código de cores conforme a figura 2.2.5.

## Capacitores eletrolíticos

São os que oferecem as maiores capacitâncias, chegando a milhares de microfarads. Em compensação, são componentes polarizados, ou seja, tem um terminal que deve estar sempre mais negativo que o outro, sob pena de danificar o componente. Este terminal vêm indicado no corpo do capacitor, junto com o valor, a tolerância e a voltagem. Outra desvantagem deste tipo de capacitor é que ele trabalha com voltagens relativamente baixas, e componentes para voltagens mais altas são substancialmente mais caros. São encontrados usualmente com capacitâncias entre 0,47 $\mu$ F e 4.700 $\mu$ F, e voltagens de 6,3V, 10V, 16V, 25V, 35V, 50V, 63V, 100V, 250V e 400V.

## Fazendo capacitores

Os capacitores comuns são componentes baratos e não é compensador fabricar uma peça. Entretanto, capacitores com características especiais, como alta voltagem e alta capacitância, podem ser bastante caros ou simplesmente não existir no comércio.

Recortando 20 folhas de papel de alumínio de 17 por 30 cm e colocando-as entre folhas de papel (folhas de uma revista, por exemplo), como mostra a figura 2.2.6, forma-se um capacitor.

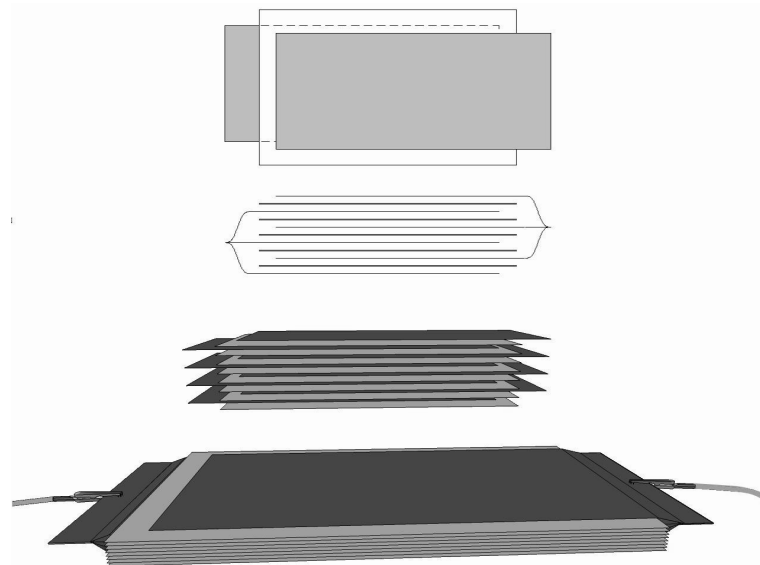


Figura 2.2.6

Para esta montagem, foi medida uma capacitância entre 0,2 e 0,4 $\mu$ F dependendo da pressão aplicada sobre as placas.

Pode-se aumentar a tensão máxima suportada por este capacitor impregnando o papel com óleo mineral, ou substituindo o papel por folhas de plástico para embalagem (polietileno) bem lisas e limpas. Diversos tipos de plásticos podem ser utilizados como dielétricos (ver tabela 2.1). Em voltagens da ordem de vários kilovolts, podem ocorrer descargas corona. Este tipo de fuga se manifesta como uma nuvem luminosa azulada que destrói rapidamente o dielétrico. Para evitá-las, deve-se estender o dielétrico vários centímetros além das placas. Quando se quer trabalhar com tensões muito altas, pode-se usar montagens totalmente imersas em óleo mineral.

Outro tipo de capacitor pode ser construído usando garrafas PET cheias com um líquido condutor, como água salgada ou água com bicarbonato de sódio. Este líquido faz o papel de uma das placas. A outra placa, do lado de fora da garrafa, pode ser feita com papel de alumínio ou imergindo a garrafa em líquido condutor, conforme mostra a figura 2.2.7. Este tipo de capacitor é bastante semelhante ao primeiro tipo de capacitor construído: a garrafa de Leyden.

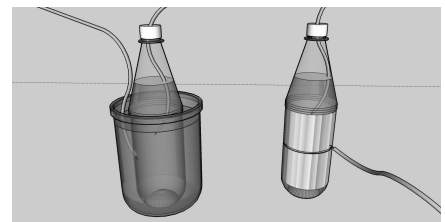


Figura 2.2.7

Em um experimento, uma garrafa de 1 litro cheia de água salgada e revestida de papel de alumínio apresentou uma capacitância de 3,3 nF. A mesma garrafa imersa em água salgada apresentou uma capacitância de 8,6 nF. A diferença se explica pelo fato da água salgada ficar em contato muito mais íntimo com o dielétrico, não apenas diminuindo a distância entre as placas mas também aumentando sua área, já que toda a irregularidade da superfície passa a ser parte dela. A versão imersa em líquido condutor se presta particularmente bem à montagem de um banco de capacitores, conforme a figura 2.2.8, por outro lado, um vazamento de líquido condutor ligado à alta tensão oferece riscos muito maiores de choque elétrico letal, exigindo cuidados redobrados e, se possível, o aterramento do líquido externo.

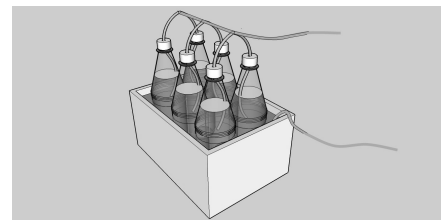


Figura 2.2.8

Apesar das garrafas PET não oferecerem a menor garantia sobre a tensão de ruptura do dielétrico, existem vários relatos de capacitores deste tipo suportando entre 20 e 30 kV. Nestes casos, costuma-se colocar uma camada de óleo mineral na superfície do líquido condutor, para evitar descargas corona.

### Capacitores em série e em paralelo

No caso de capacitores em paralelo, a capacitância simplesmente se soma, e a voltagem de trabalho será a menor entre as voltagens dos capacitores associados.

No caso de capacitores em série, a capacitância será:

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

ou, para dois capacitores:  $C_{total} = \frac{C1 \times C2}{C1 + C2}$

e a voltagem de trabalho será a soma das voltagens de trabalho individuais. Portanto, associar capacitores em série é uma maneira de se obter uma voltagem de trabalho maior em troca de uma capacitância menor.

### Reatância Capacitiva

Os capacitores não permitem a passagem de corrente contínua. A corrente alternada, entretanto, "passa" pelo capacitor com facilidade proporcional à frequência da corrente. Quanto mais alta a frequência, mais facilmente a corrente passa pelo capacitor. A resistência que o capacitor oferece à passagem de corrente é chamada reatância capacitiva, cuja unidade é o ohm ( $\Omega$ ). Usando tensões e correntes RMS, o capacitor se comporta como um resistor e obedece à lei de ohm. Entretanto não existe dissipação de potência. A energia estocada em uma parte do ciclo é simplesmente devolvida ao circuito na parte seguinte. A reatância de um capacitor ideal sob uma tensão alternada senoidal é dada pela fórmula:

$$Reatância\ Capacitiva = \frac{1}{2 \times \pi \times hertz \times farads}$$

### Cálculo da capacitância

A capacitância de um capacitor em picofarads é dada pela fórmula:

$$picoFarads = \frac{0,885 \times k \times (\text{área de cada placa em } cm^2)}{(\text{distância entre as placas em } mm)} \times (\text{número de placas} - 1)$$

onde k é uma característica do dielétrico e pode ser obtido na tabela 2.1.

Então, para o capacitor de papel descrito anteriormente, considerando a área das placas apenas a área em que as placas se sobrepõe (25cmx17cm) e a distância entre elas como sendo de 0,1mm (pouco mais que a espessura do papel) temos...

$$\frac{0,885 \times 3 \times 425}{0,1} \times 19 = 214.391 \text{ pF}$$

... ou seja, aproximadamente 0,2μF, valor dentro da faixa obtida na prática.

material:	k:	tensão de ruptura (V/mm)
vácuo	1	-
ar	1,00059	1.000 - 2.800
ABS	2,4 - 3,8	16.000
água pura	80,4	3.100
borracha	3 - 4	5.900 - 20.000
mica	4,5 - 8	3.800 - 5.600
poliester (mylar)	3,1	275.000
neoprene	6,7	23.000
óleo mineral	2,3	7.800
óxido de alumínio	8,4	-
papel	3,0	
PET (garrafas)	3,0	17.000
poliestireno	2,6	19.600
polietileno	2,25	17.700
polipropileno	2,2	19.600
PVC	3,18	28.500
pyrex	5,1	13.100
vidro	5 - 10	-

Tabela 2.2.1 - constante dielétrica k e tensão de ruptura para diversos materiais

### Energia estocada em um capacitor...

...em joules (J) é dada pela fórmula:

$$J = \frac{\text{Farads} \times \text{Volts}^2}{2}$$

Ou seja, um capacitor de 1.000μF que apresenta 5 volts em seus terminais, terá uma energia estocada de...

$$\frac{(1000 \times 10^{-6}) \times 5^2}{2} = 0,0125 \text{ Joules}$$

Cabe lembrar que um joule equivale a aprox. 0.000278 wattshora ou aprox. 0,239 calorias.

**AVISO:**

Este texto é uma leitura proporcionada por [www.centelhas.com.br](http://www.centelhas.com.br). Seu conteúdo, assim como todo o conteúdo do site, é propriedade intelectual do autor e não pode ser copiado ou modificado sem sua autorização. Não é autorizado o uso comercial deste trabalho. Entretanto, é permitido o download e a distribuição deste arquivo sem modificações para uso pessoal.

Nem o autor nem os administradores do site assumem qualquer responsabilidade sobre o uso das informações deste texto. Muitos precedimentos aqui descritos são potencialmente perigosos. A execução de qualquer destes procedimentos não deve ser tentada por quem não tem o conhecimento e a habilidade necessária. Este texto é um trabalho em desenvolvimento e pode conter erros e lacunas. Verifique no site a existência de versões mais atualizadas.