

5 - O capacitor é um componente dos aparelhos eletrônicos que tem a seguinte característica:

- a) condensa a eletricidade entre suas placas
- ☒ b) armazena a eletricidade
- c) gera eletricidade ou diferença de potencial

6 - Para que a reatância capacitiva diminua num circuito de C.A.:

- a) devemos diminuir a frequência da C.A. e diminuir a capacitância do capacitor ligado em série com este circuito
- b) devemos diminuir só a capacitância do capacitor ligado em série com este circuito
- ☒ c) devemos aumentar a capacitância do capacitor ligado em série com este circuito

7 - A capacitância de um capacitor depende:

- ☒ a) da superfície das placas, da quantidade das placas, da distância entre elas, do tipo de dielétrico
- b) da distância entre as placas, do tipo de dielétrico e da tensão aplicada às placas
- c) do tipo de dielétrico, da qualidade das placas e da distância entre as placas

8 - Nos instantes em que um capacitor está se carregando, é produzida a seguinte condição entre suas placas:

- a) as placas negativas adquirem uma deficiência de elétrons, e as placas positivas um excesso de elétrons
- b) as placas negativas aceitam um excesso de elétrons, enquanto que as placas positivas cedem seus elétrons aos átomos do dielétrico
- ☒ c) as placas negativas aceitam um excesso de elétrons, enquanto que as placas positivas perdem parte dos elétrons que fazem parte das substâncias de que estão formadas

9 - A faísca produzida na figura 5D representa:

- a) que o capacitor mantém a carga
- ☒ b) a descarga do capacitor
- c) a carga do capacitor

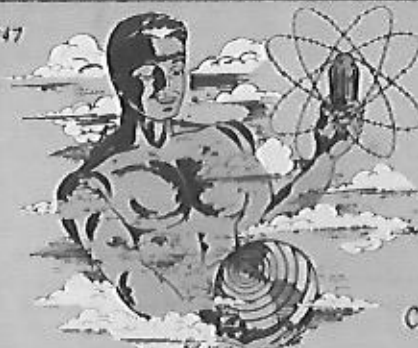
10- Se ligarmos um capacitor de 5 microfarads a um circuito de C.A. e diminuirmos a frequência da C.A. aplicada ao capacitor, o efeito desta variação fará a:

- ☒ a) reatância capacitiva do capacitor aumentar
- b) reatância capacitiva do capacitor diminuir
- c) reatância capacitiva do capacitor permanecer constante

OCCIDENTAL SCHOOLS

ESCOLA DEDICADA EXCLUSIVAMENTE AO ENSINO ESPECIALIZADO DE ELETRÔNICA -
RÁDIO - TELEVISÃO E SUAS RAMIFICAÇÕES

ESTABELECIDO EM 1947



C. Walsh, Diretor

RUA CAPITÃO SALOMÃO 59 - C.E.P. 01034 - SÃO PAULO - S.P. - BRASIL

LIÇÃO E-16 CAPACITÂNCIA

Todos os aparelhos eletrônicos são essencialmente uma combinação de resistores, capacitores, bobinas, transformadores, válvulas, transistores, etc. Nesta lição iremos estudar o funcionamento e construção dos capacitores.

Os capacitores ainda são erroneamente chamados de condensadores, mas sua função não é condensar a eletricidade; a função de um capacitor é armazenar a energia ou carga elétrica, razão pela qual dizemos que um capacitor tem a capacidade de reter, guardar a energia elétrica.

A figura 1 mostra a construção de um capacitor elementar; ele consiste essencialmente de duas superfícies ou placas condutoras separadas por um material isolante (dielétrico), tal como o ar, papel, mica, vidro ou óleo. Cada uma das placas está provida

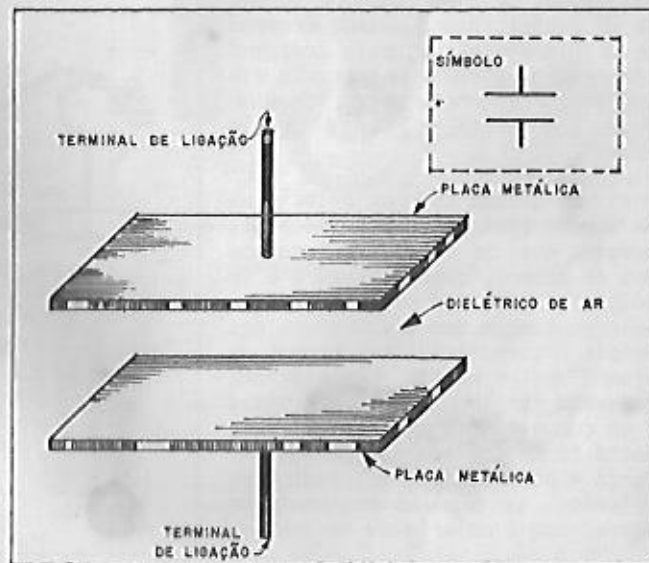


FIGURA 1
CONSTRUÇÃO DE UM CAPACITOR ELEMENTAR

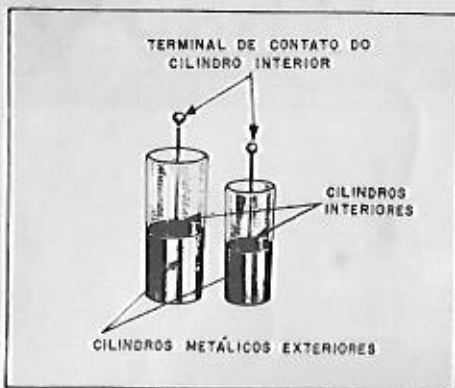


FIGURA 2
GARRAFAS DE LEYDE

FUNCIONAMENTO DO CAPACITOR

Se ligarmos momentaneamente o capacitor da figura 2 a uma fonte de corrente contínua de alta tensão, e depois unirmos o terminal da placa interna com o da placa externa por meio de um arco metálico (figura 3), uma faísca saltará da placa interior do capacitor.

Isto é uma prova clara de que algo aconteceu no interior das placas e do dielétrico do capacitor, pois ele reteve uma certa quantidade de eletricidade. Por isso, podemos dizer que o capacitor é realmente o único componente de um aparelho eletrônico que tem a propriedade de armazenar a corrente elétrica; apesar de uma bobina com suficiente indutância poder armazenar energia magnética, que logo se converte em eletricidade, quando a corrente original diminui, esta armazenada não é realmente de corrente elétrica, é energia magnética que logo se converte em corrente elétrica.

De acordo com os princípios da teoria eletrônica já explicados, sabemos que os metais são compostos de átomos, cuja estrutura é semelhante ao nosso sistema solar. Sabemos também que a estrutura dos metais é característica porque os átomos destes metais têm elétrons que saem facilmente de suas órbitas e se convertem em elétrons livres; desta forma, se lhe aplicarmos uma força eletromotriz, um grande número deles se põe em movimento de acordo com a polaridade da tensão.

Lembre-se que a propriedade isoladora de algumas substâncias como a porcelana, a baquelite, a

de um terminal para fazer a ligação ao circuito

A figura 2 mostra um tipo de capacitor utilizado nos laboratórios de física, chamado de *Garrafa de Leyde*; trata-se, realmente, do primeiro capacitor descoberto. Este capacitor é, em princípio, igual ao ilustrado na figura 1, pois consta de duas formas cilíndricas: uma colocada no lado interior do vidro e outra no seu exterior. Ambas as formas cilíndricas ou placas do capacitor estão providas de terminais para a ligação ao circuito exterior. Examinando sua construção, notamos que a única diferença existente entre os dois é que o dielétrico do capacitor da figura 1 é de ar e o da figura 2 é de vidro.

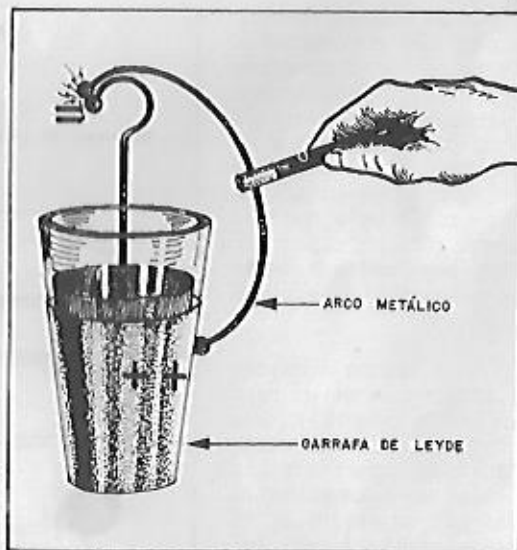


FIGURA 3
DESCARREGANDO O CAPACITOR

mica, etc., se deve a que estas substâncias estão compostas de átomos com elétrons intimamente ligados ao núcleo, razão porque não facilitam o movimento de elétrons ou a passagem da corrente eletrônica.

De acordo com as explicações dadas em lições anteriores, sabemos também que a pilha elétrica é um dispositivo no qual se produz um acúmulo de elétrons no pólo negativo e uma deficiência deles no pólo positivo.

Portanto, se ligarmos as placas de um capacitor aos polos de uma bateria (figura 4), e empregarmos um galvanômetro para indicar a passagem da corrente elétrica, observaremos que, tão logo fechemos o circuito, ocorrerá uma deflexão instantânea no ponteiro do galvanômetro. Isto nos indica que no instante de ligarmos o capacitor aos polos da bateria, é produzida uma corrente de elétrons entre a bateria e o capacitor.

Analisemos então o que sucedeu, de acordo com as ilustrações da figura 5. A figura 5A mostra as condições que existem quando o capacitor não está ligado à bateria. Vemos que neste caso ambas as placas do capacitor têm igual número de elétrons, representados por pequenos pontos colocados na superfície das placas. Dizemos que não há nenhuma tensão entre as placas porque não há equilíbrio de elétrons.

Note que os átomos do dielétrico (ar, mica, vidro, etc.) estão representados na figura 5A na sua forma normal, isto é, com um núcleo central ao redor do qual gira um determinado número de elétrons (representamos somente alguns deles).

Contudo, tão logo ligarmos as placas do capacitor à bateria, sucederá o que ilustramos na figura 5B, isto é, o excesso de elétrons no pólo negativo da bateria forçará um número considerável deles para a placa inferior do capacitor produzindo um excesso de elétrons nesta placa. Como no pólo positivo da bateria há uma grande deficiência de elétrons, isto faz com que este eletrodo roube um bom número de elétrons livres dos átomos da placa superior, produzindo, portanto, deficiência deles nesta placa.

Se desligarmos logo a bateria das placas do capacitor, uma placa ficará com excesso de elétrons, isto é, uma terá adquirido cargas negativas e a outra cargas positivas. Esta diferença de potencial estabelecida entre as placas do capacitor é aproximadamente igual à tensão da

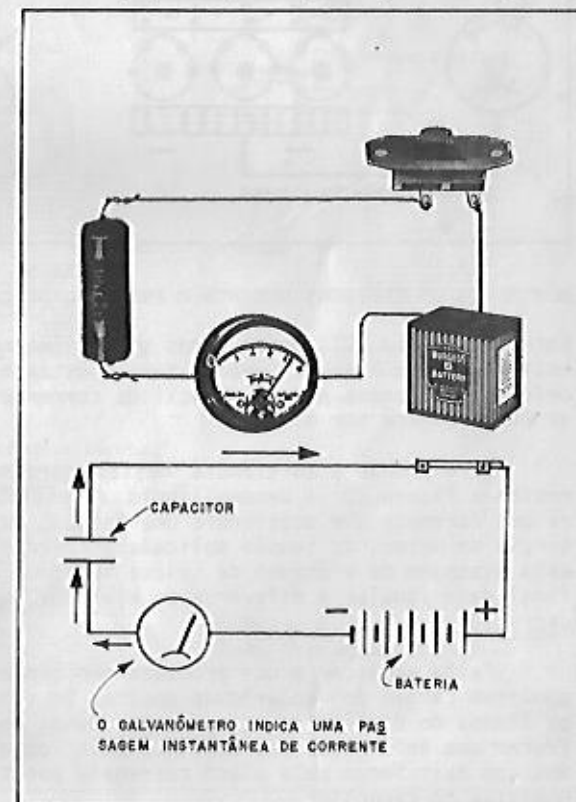


FIGURA 4
O CAPACITOR TOMA UMA CORRENTE DE CARGA

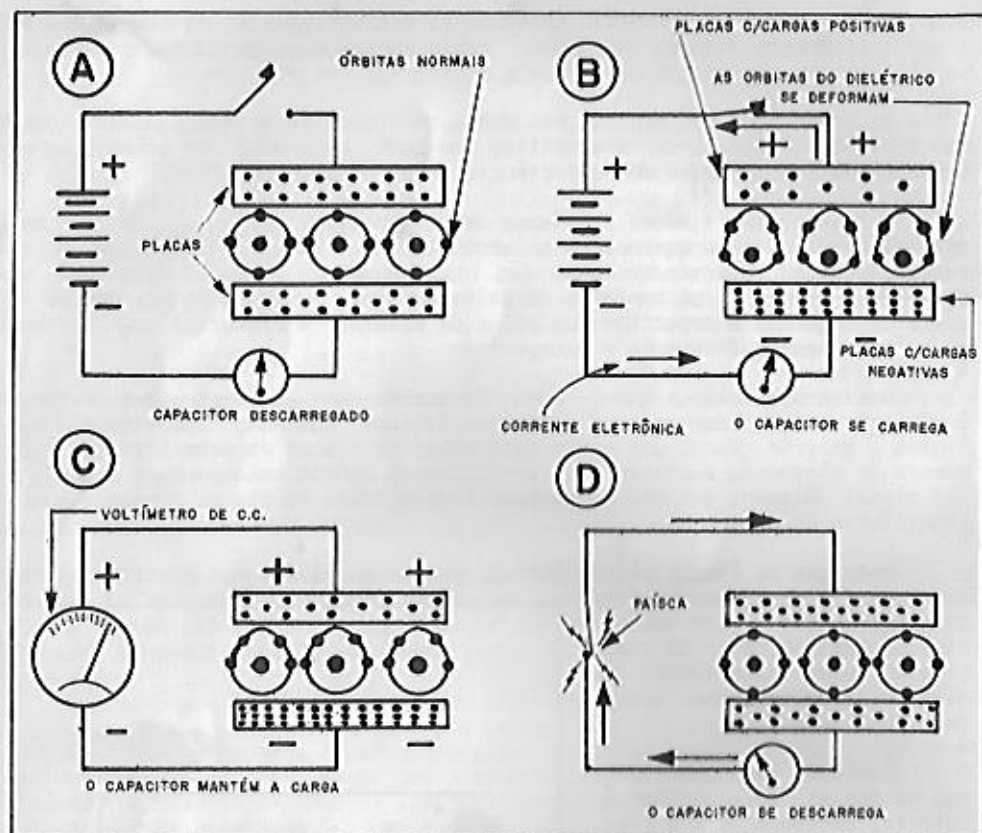


FIGURA 5

MOVIMENTO DE ELÉTRONS DURANTE O PROCESSO DE CARGA E DESCARGA DE UM CAPACITOR

bateria (figura 5C), onde usamos um voltímetro para esta medição. Contudo, o voltímetro não indicará uma leitura constante por muito tempo, pois a bobina dele proporcionará passagem fácil da corrente eletrônica, e o capacitor logo se descarregará por ela.

Para provar a existência destas cargas basta unir as duas placas, como mostra a figura 5D: o desequilíbrio de elétrons entre as duas placas produzirá uma corrente que ocasionará uma faísca, cuja intensidade depende da capacitância do mesmo, da tensão aplicada às placas e do tempo de carga. Mediante esta passagem de elétrons da placa inferior à placa superior, e que tem por finalidade igualar a diferença de elétrons, o capacitor ficará totalmente descarregado.

Falta explicar o que acontece nos átomos do dielétrico quando as placas adquirem cargas de polaridade oposta. De acordo com a figura 5B, notamos que os átomos do dielétrico (representados em nosso caso só por três deles), sofrem uma deformação nas órbitas, pois os elétrons do dielétrico são atraídos com mais força pela placa carregada positivamente e repelidos pela placa negativa do capacitor.

Devemos lembrar também que a constituição dos átomos do dielétrico não

permite uma corrente de elétrons e, portanto, o capacitor não se descarrega através do dielétrico.

Este fenômeno pode ser explicado se lembrarmos que o elétron possui carga negativa de eletricidade, razão pela qual é atraído por qualquer corpo com eletricidade positiva, em virtude do princípio que diz: *cargas elétricas opostas se atraem*. A mesma explicação cabe no caso da repulsão dos elétrons do dielétrico produzida pela placa negativa: *cargas elétricas iguais se repelem*.

Contudo, o efeito das cargas elétricas das placas do capacitor apenas consegue deformar os átomos do dielétrico porque o dielétrico é substância isoladora; para tirar elétrons do dielétrico seria necessário aplicar tensão excessivamente alta às placas do capacitor.

Uma vez descarregado o capacitor (figura 5D), voltamos a ligá-lo aos polos da bateria repetindo o mesmo fenômeno descrito até agora.

Recorrendo à analogia com um sistema hidráulico para tornar mais claro o funcionamento do capacitor, podemos dizer que uma pilha elétrica pode ser comparada à bomba hidráulica que força os elétrons do terminal negativo para o positivo, isto é, o mesmo que faz a bomba hidráulica da figura 6A, quando o pistão se move na direção indicada pelas flechas. O capacitor, no ca

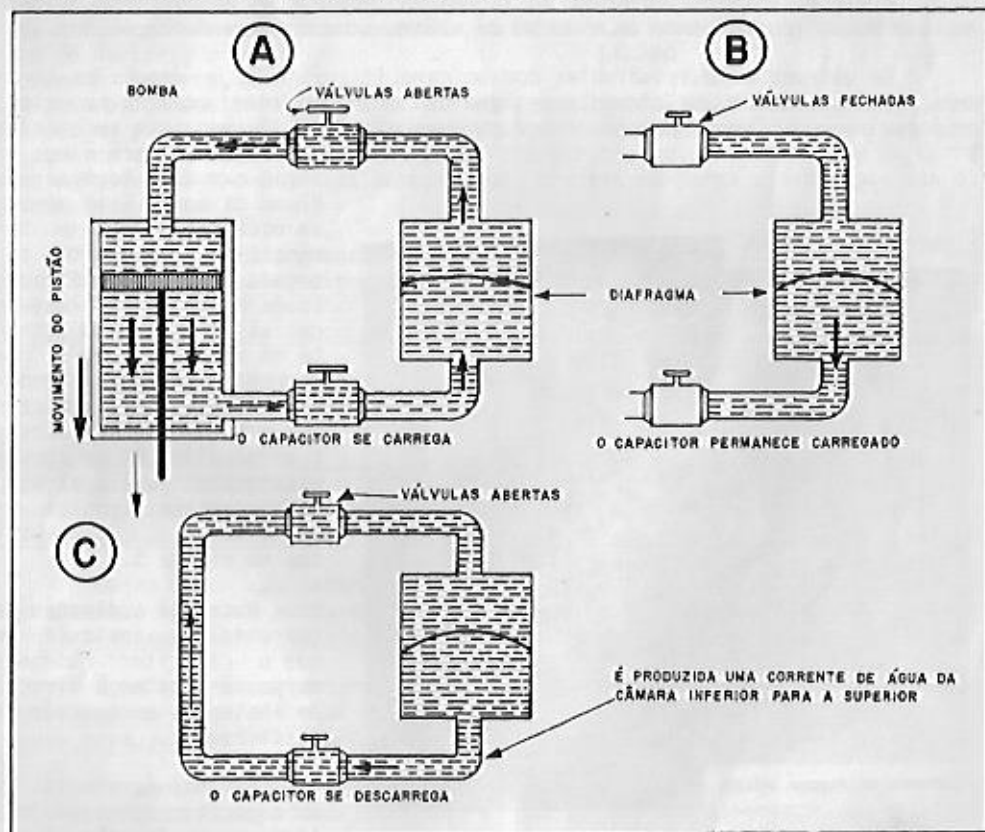


FIGURA 6

ANALOGIA ENTRE UM SISTEMA HIDRÁULICO E O PROCESSO DE CARGA E DESCARGA DE UM CAPACITOR

so do sistema hidráulico, pode corresponder ao depósito de água dividido por uma membrana (dielétrico).

De acordo com a figura 6A, observamos que se movermos o pistão na direção indicada pelas flechas, a água na câmara inferior irá fazer pressão sobre o diafragma forçando a água na câmara superior a fluir em direção à parte superior do pistão. Isto equivale à subtração de elétrons da placa superior da figura 5 e ao excesso de elétrons depositados na placa inferior da mesma figura; ambos os fenômenos são devidos à pressão elétrica exercida pela bateria.

Voltando à ilustração da figura 6A, observamos que o depósito superior tem agora menos pressão que o depósito inferior, razão pela qual a diferença de pressão faz com que o diafragma que separa as câmaras se dobre para cima (no capacitor isto equivale à deformação das órbitas dos átomos do dielétrico).

Se no momento em que isto acontecer fecharmos as duas válvulas que unem a bomba ao depósito (figura 6B), isto equivalerá a desligar o capacitor da bateria. A diferença de pressão entre as câmaras do depósito equivale à condição que existe quando o capacitor está carregado.

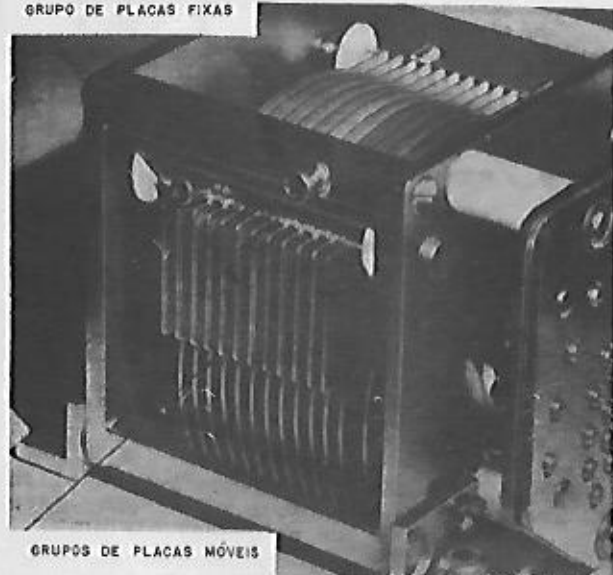
A flecha da parte inferior da figura 6B indica que, nessa parte, existe mais pressão (corresponde ao excesso de elétrons numa placa do capacitor).

Se unirmos as duas válvulas com um cano (figura 6C), e depois as abrimos, será produzida uma corrente de água da câmara inferior à câmara superior, até que se equilibre a pressão entre as duas câmaras. Quando isto suceder, o diafragma voltará à sua posição normal e terminará o fluxo da água. Este processo equivale a unir os terminais de um capacitor carregado, de modo que o excesso de elétrons na placa negativa produzirá uma corrente de elétrons para a placa positiva, preenchendo-lhe a deficiência. Observe que neste exemplo comparativo a direção da água é exatamente igual à direção da corrente eletrônica entre a bateria e o capacitor na figura 5.

Note que a direção da corrente, no instante em que o capacitor recebe a carga, é oposta à direção no instante em que ele se descarrega.

Se os terminais de um capacitor carregado não tiverem uma ligação elétrica para que ele possa se descarregar, o capacitor conservará a carga por al

GRUPO DE PLACAS FIXAS



GRUPOS DE PLACAS MÓVEIS

FIGURA 7

UM CAPACITOR VARIÁVEL DE UMA SEÇÃO

gum tempo até que os elétrons encontrem alguma passagem para restabelecer o equilíbrio eletrônico entre as duas placas.

Pelas explicações dadas até aqui, deduzimos que o capacitor realmente não permite a passagem de corrente através do seu dielétrico; a corrente eletrônica indicada pelo galvanômetro é devida aos elétrons que uma placa recebe e aos elétrons que a outra fornece no momento da carga por um circuito externo. No momento de descarga o processo é inverso, ou seja, a placa positiva recebe os elétrons que lhe faltavam e que estavam acumulados na placa negativa. Tenha presente que os capacitores não permitem a passagem da corrente elétrica através do dielétrico, pois a indicação de corrente no galvanômetro é devida somente aos efeitos de carga e descarga dos elétrons das placas.

Por esta razão, quando um capacitor é ligado a um circuito de corrente contínua, só haverá passagem de corrente enquanto o capacitor se carrega, ou no instante que o capacitor se descarrega; uma vez carregado ou descarregado, cessará a circulação de corrente.

CAPACITÂNCIA DOS CAPACITORES

É lógico supor que a capacitância (propriedade que os capacitores têm de armazenar determinada quantidade de energia ou carga elétrica) depende em parte da superfície das placas ou do número delas, pois, quanto maior e mais numerosa, maior será o número de elétrons que as placas podem aceitar ou ceder,

Outro fator que determina o valor de carga que um capacitor pode reter é a tensão aplicada pois, quanto mais alta for a f.e.m. aplicada, tanto maior será o desequilíbrio de elétrons entre as placas.

Como indicamos anteriormente, a propriedade que os capacitores têm de armazenar a carga elétrica é chamada capacitância, e a unidade elétrica utilizada para expressar a capacitância de um capacitor é o FARAD.

Dizemos que um capacitor tem a capacitância de 1 farad quando uma carga de 1 COULOMB fizer estabelecer entre suas placas uma diferença de potencial de 1 volt.

A capacitância dos capacitores comumente utilizados em aparelhos eletrônicos é muito pequena para ser expressa em Farads, razão pela qual utilizamos

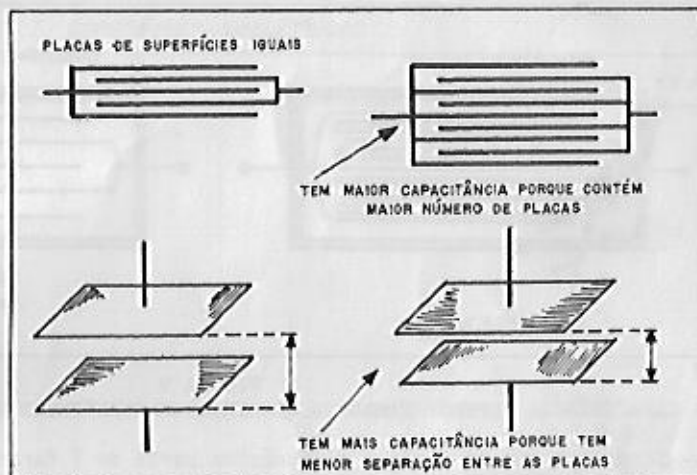


FIGURA 8

A CAPACITÂNCIA DE UM CAPACITOR DEPENDE DO NÚMERO DE PLACAS DA SEPARAÇÃO ENTRE ELAS E DO TIPO DE DIELÉTRICO UTILIZADO

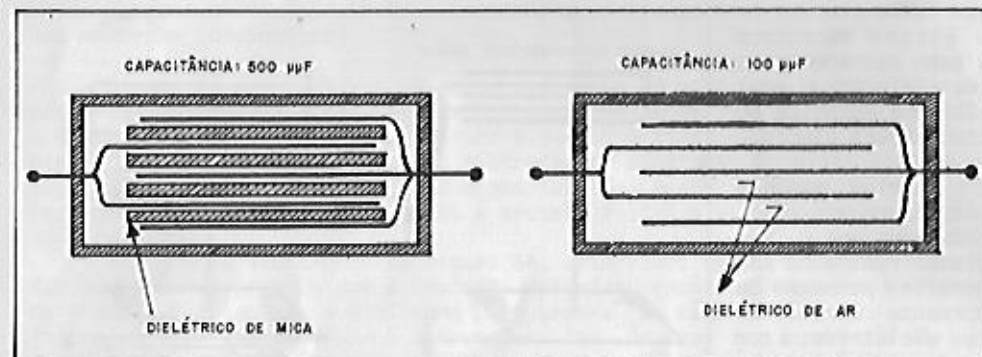


FIGURA 9

A CAPACITÂNCIA DEPENDE TAMBÉM DA QUALIDADE DO DIELETRICO UTILIZADO NO CAPACITOR

o MICROFARAD que equivale à milionésima parte de 1 farad; sua abreviação é μF . Alguns circuitos, como os que trabalham com correntes elétricas de alta frequência (radiofrequência), empregam capacitores de uma capacitância sumamente pequena; a capacitância destes capacitores é especificada em MICROMICROFARAD ou PICOFARAD, isto é, em milionésimos de 1 microfarad; sua abreviação é $\mu\mu\text{F}$ ou pF.

A capacitância de um capacitor em microfarads depende da superfície total de suas placas, do número delas, de sua distância e da qualidade do dielétrico entre elas.

Como ilustramos na figura 8, a maioria dos capacitores não constam só de duas placas porque, neste caso, a capacitância seria muito reduzida, mas sim de várias delas, entrecruzadas e unidas entre si para formar um só eletrodo, e separadas das placas de polaridade oposta por meio do dielétrico.

Na figura 8 ilustramos graficamente a forma em que o número de placas e a separação entre elas afeta a capacitância. Neste caso, todos os capacitores têm dielétrico de ar, porém suas capacitâncias variam porque um tem mais placas que o outro, ou porque as placas de um são maiores que as do outro, ou por que a separação entre as placas é menor. Observe que quanto menor for a separação entre as placas, maior será a capacitância do capacitor.

Como dissemos anteriormente, a capacitância de um capacitor também varia conforme a qualidade do dielétrico usado entre suas placas. Na figura 9 observamos que um capacitor com dielétrico de mica tem cinco vezes mais capacitância que um outro capacitor de igual número de placas e igual superfície porém com dielétrico de ar.

Esta diferença entre as propriedades de armazenar carga elétrica, segundo a qualidade do dielétrico utilizado, é devida à diferença da estrutura eletrônica dos átomos do dielétrico, pois deste depende, em parte, a quantidade de elétrons que uma placa pode receber e a outra ceder.

Utilizando o dielétrico de ar como ponto de comparação, foi possível saber exatamente o aumento de capacitância que produz um determinado dielétrico. Estes valores são conhecidos como *constantes dielétricas*, e são de muita utilidade quando queremos calcular a capacitância de um capacitor segundo sua superfície, número de placas e qualidade do dielétrico. A seguir, damos a constante dielétrica das substâncias mais utilizadas como dielétricos para os di-

CONSTANTES DIELETRICAS	
SUBSTÂNCIAS	CONSTANTES (K)
Ar	1
Baquelite	4 a 8,5
Fibra	5,5
Vidro	6 a 8
Guta Percha	3 a 5
Mica	3 a 7
Parafina	2 a 2,5
Porcelana	4 a 6
Quartzo	4,5 a 5
Borracha	2 a 3,6
Madeira	2 a 6
Alcool	15 a 26
Cera de Abelha	3 a 3,2
Óleo	4,5 a 4,8
Papel	2 a 3,2
Verniz	4,5 a 5,5
Água Destilada	81

versos tipos de capacitores. (As pequenas variações do dielétrico numa mesma substância são devidas às variações entre as qualidades da substância).

Conforme esta tabela, observamos que um capacitor com dielétrico de vidro terá uma capacitância aproximada de 6 a 8 vezes maior que um capacitor de características iguais, porém com dielétrico de ar. Mesmo assim, um capacitor com dielétrico de papel terá o dobro da capacitância em comparação com um capacitor de iguais dimensões, porém com dielétrico de ar.

CÁLCULO DA CAPACITÂNCIA: Matematicamente, a capacitância de um capacitor é calculada pela fórmula:

$$C = \frac{0,0885 \times K \times A \times (N - 1)}{t}$$

C = capacitância em micromicrofarads

0,0885 = constante fornecida pela engenharia eletrônica

K = constante dielétrica fornecida pela tabela

A = superfície das placas em centímetros quadrados

N - 1 = número total das placas do capacitor menos 1 (uma)

t = espessura do dielétrico em centímetros

Exemplo: Calcular a capacitância de um capacitor de 2 placas, tendo cada uma 2,5 centímetros de largura por 250 centímetros de comprimento. A separação entre estas placas é de 0,25 centímetro e o dielétrico é de papel (constante dielétrica igual a 2). Temos então:

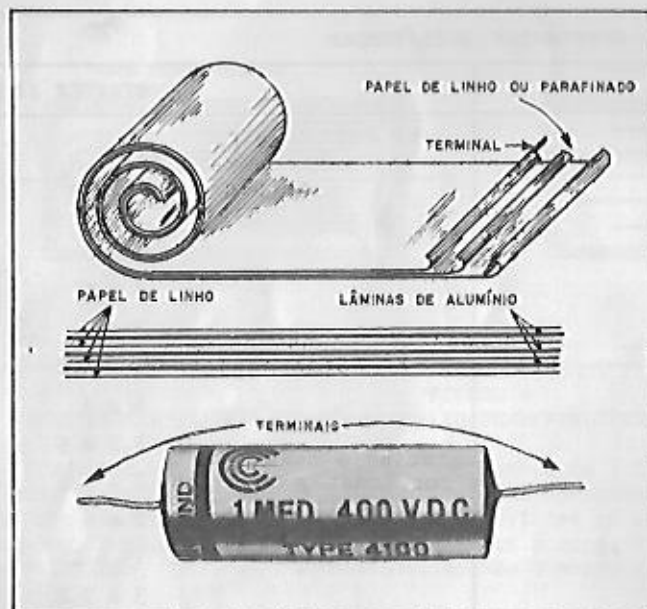


FIGURA 10
DETALHES DE CONSTRUÇÃO DE UM CAPACITOR

zado entre suas placas; por esta razão temos capacitores de papel, capacitores de mica, capacitores de cerâmica, capacitores eletrolíticos, etc.

CAPACITORES DE PAPEL - Os capacitores de papel recebem este nome por que seu dielétrico está formado por uma lâmina de papel encerado ou papel de linho (figura 10), que atua como dielétrico e isolador entre as placas. Neste caso, as placas estão formadas por lâminas de Alumínio ou Estanho, deslocadas de tal modo que cada uma delas se projeta em cada uma das extremidades, recebendo a ligação. Estes capacitores podem constar somente de duas placas (lâminas de Alumínio ou Estanho), ou de dois grupos de lâminas de Estanho intercaladas e separadas pelo papel de linho. Estas lâminas são enroladas juntas sob a forma de um tubo. Os condutores de tubo de cartão são tapados com material resinoso para evitar que entre umidade no capacitor. Um capacitor com pleto está ilustrado na parte inferior da figura 10.

Embora a construção destes capacitores seja bastante simples e de pouco custo, eles têm a desvantagem de apresentarem pequeno efeito de indutância por que suas placas são enroladas em espiral. Embora a indutância nestes tipos de capacitores seja relativamente pequena, em alguns circuitos de características muito críticas esta indutância do capacitor pode produzir efeitos indesejáveis. Contudo, há circuitos eletrônicos onde eles são empregados com resultados muito satisfatórios.

Como estes capacitores apresentam indutância, geralmente são conhecidos como *capacitores indutivos*, para diferenciá-los de outros tipos de capacitores de papel, cuja construção impede que se manifeste o efeito de indutância.

Na figura 11 ilustramos a construção interna dos capacitores conhecidos como *capacitores não indutivos*. Nestes capacitores o efeito de indutância é

$$\begin{aligned} C &= ? \\ K &= 2 \\ A &= 2,5 \times 250 = 625 \text{ cm}^2 \\ N &= 1 = 2 - 1 = 1 \\ t &= 0,25 \text{ centímetro} \end{aligned}$$

Substituindo estes valores na fórmula, teremos:

$$C = \frac{0,0885 \times 2 \times 625}{0,25} = 442,5$$

RESPOSTA: A capacidade deste capacitor é de 442,5 micromicrofarads ou 0,0004425 microfarad.

CLASSIFICAÇÃO DOS CAPACITORES

Embora existam vários modelos e tipos de capacitores, usualmente eles são classificados segundo o dielétrico utilizado.

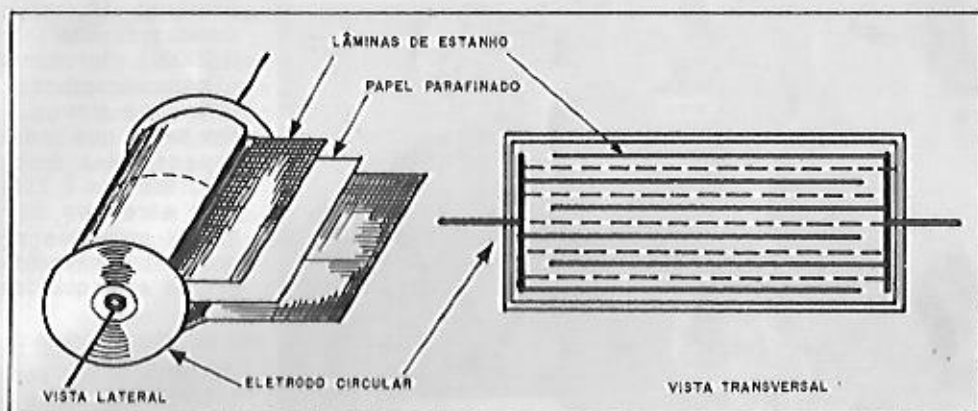


FIGURA 11
CONSTRUÇÃO INTERNA DE UM CAPACITOR NÃO INDUTIVO

evitado construindo-os de tal forma que uma lâmina de Alumínio ou de Estanho sobressaia de um lado e a seguinte do outro. Desta forma é possível colocar uma pequena lâmina metálica (eletrodo circular) em cada lado do capacitor para fazer contato com todas as voltas das lâminas de Alumínio ou de Estanho; assim evitamos que a corrente siga em espiral quando a ligação é efetuada só na extremidade da lâmina de metal. Estes eletrodos laterais de contato estão soldados aos terminais de ligação do capacitor, os quais são formados por fio relativamente grosso, que permite ao capacitor manter-se na posição desejada, depois que seus terminais são soldados ao circuito externo.

CAPACITORES DE MICA - São os capacitores com dielétrico de mica (figura 12). Uma das características destes capacitores é que a mica é um excelente isolador de eletricidade, e por isso nelas podem ser aplicadas tensões de até 10.000 volts sem haver curto-circuito entre suas placas.

Além disso, a mica tem a vantagem de não absorver a umidade ambiente como sucede com os capacitores de papel, o que constitui sério problema em climas tropicais; a umidade ocasiona escape de corrente através do dielétrico e, com frequência, curto-circuito entre suas placas.

Estes capacitores são fabricados com capacitâncias compreendidas entre 0,01 m

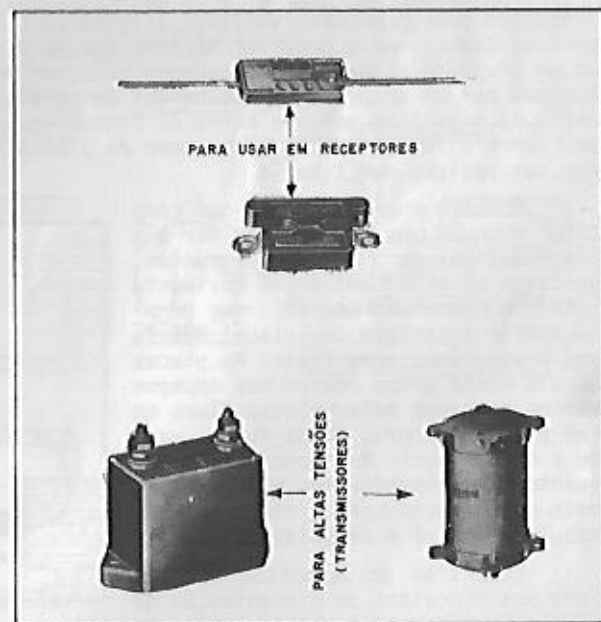


FIGURA 12
VÁRIOS TIPOS DE CAPACITORES DE MICA

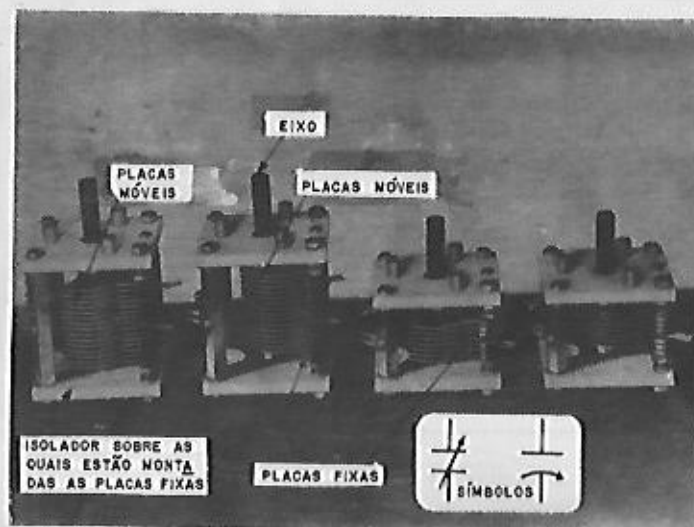


FIGURA 13

DETALHES DE CONSTRUÇÃO E SÍMBOLO DE CAPACITORES VARIÁVEIS

crofarad (10.000 micromicrofarads) e 0,000001 microfarad (1 micromicrofarad). Como seu preço é bem maior que o dos capacitores de papel, seu uso é limitado a certos circuitos onde são necessários capacitores de alta qualidade.

CAPACITORES DE CERÂMICA - São capacitores nos quais o material dielétrico é de cerâmica e cuja composição pode ser controlada para dar uma grande variedade de coeficientes de temperatura, tanto positivos co-

mo negativos. O tipo tubular consiste de dois cilindros co-axiais de Prata, separados pelo dielétrico de cerâmica. O tipo disco cerâmico emprega um disco isolante de cerâmica, no qual as ligações são feitas nas faces opostas do disco. Em ambos os tipos, a Prata é aplicada como uma película na cerâmica cozida.

CAPACITORES VARIÁVEIS - O capacitor mais comum com dielétrico de ar é conhecido como capacitor variável (figura 13); sua característica principal é que sua capacitância pode ser variada por meio de um eixo, no qual está montado um grupo de placas. Como podemos observar na figura 13, este capacitor é formado por um grupo de placas unidas entre si, porém isoladas do resto da armação do capacitor por uma barra de Baquelite. A este grupo de placas montadas sobre o isolador foi dado o nome de placas fixas (stator, em inglês) por que sua posição nunca varia.

O outro grupo de placas que constitui o capacitor está formado por placas metálicas em forma de segmentos, unidas a um eixo central de movimento rotativo (rotor, em inglês), que permite variar a posição das placas móveis em relação às placas fixas. As placas móveis deste grupo entram nos espaços vazios deixados pelas placas fixas entre si, permitindo, desta forma, variar a capacitância do capacitor, pois, quanto mais introduzimos as placas móveis nos espaços vazios das placas fixas, maior será a capacitância.

Este tipo de capacitor é utilizado nos circuitos de sintonização de rádios-receptores; por esta razão, este capacitor é mais conhecido como capacitor de sintonização. Tais circuitos serão explicados em lições

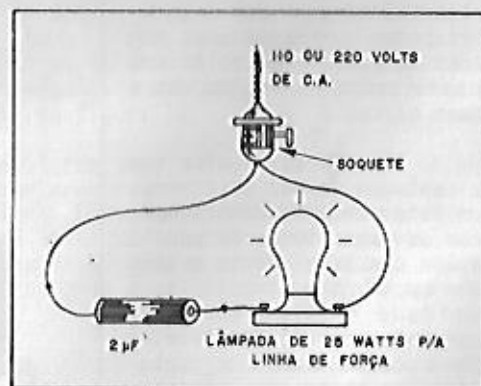


FIGURA 14

EFEITO DE UM CAPACITOR NUM CIRCUITO DE C.A.

mais avançadas do nosso Curso.

Na parte inferior da figura 13, mostramos o símbolo do capacitor variável, muito semelhante ao símbolo de um capacitor comum, com a diferença que suas placas estão atravessadas por uma flecha (esta flecha indica variação contínua). Em outros casos, a flecha não é utilizada, mas a placa inferior do símbolo é curvada em forma de flecha.

Além dos tipos de capacitores descritos, há capacitores eletrolíticos, cujo funcionamento se baseia num princípio eletroquímico e que serão estudados posteriormente.

FUNCIONAMENTO DE UM CAPACITOR NUM CIRCUITO DE C.A.

Se ligarmos um capacitor de papel em série com uma lâmpada incandescente e esta à rede de corrente alternada (figura 14), observaremos que se o capacitor for de uma capacitância de 1 ou mais microfarads, uma lâmpada de 25 watts se acenderá com certa intensidade. À primeira vista nos parecerá que é um fenômeno contrário a todos os princípios estudados sobre capacitores, pois como as placas de um capacitor são totalmente isoladas uma da outra por um dielétrico de boa qualidade, não seria possível que a corrente pudesse completar sua passagem pelo circuito.

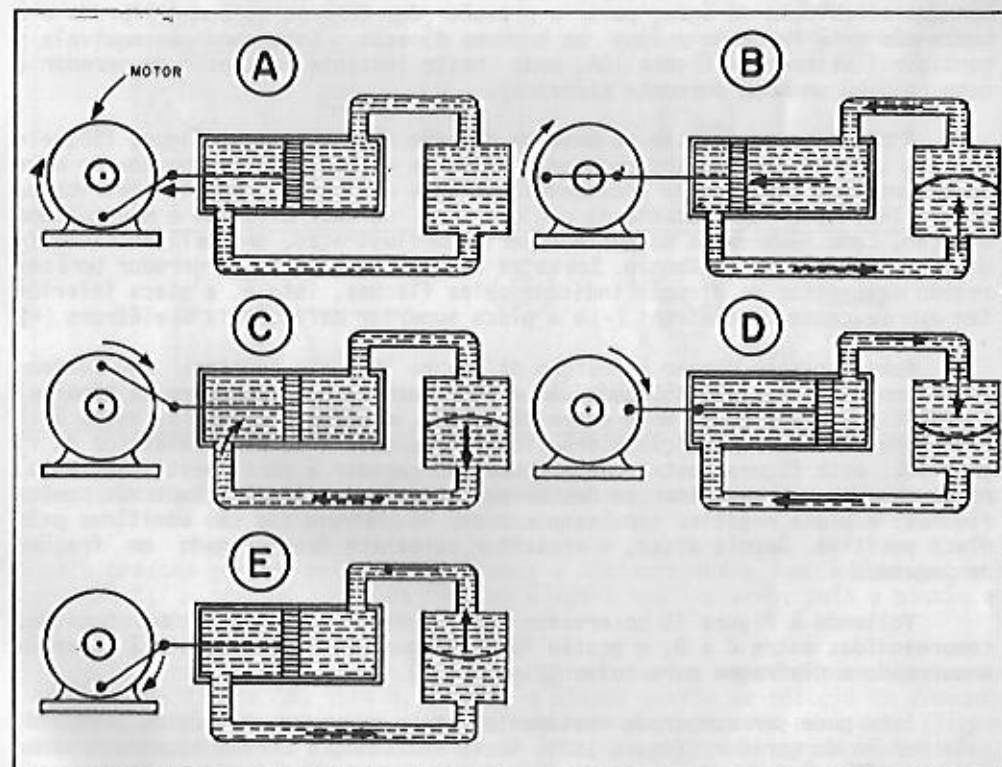


FIGURA 15

ANALOGIA ENTRE O FUNCIONAMENTO DE UM CAPACITOR EM C.A. E UM SISTEMA HIDRÁULICO

Fazendo uma análise detalhada das condições e aplicando todos os conhecimentos aprendidos, observaremos que embora a corrente eletrônica não passe através das placas do capacitor, os efeitos de carga e descarga dele são os que permitem uma circulação da corrente e, portanto, podendo acender a lâmpada.

Para compreender este fenômeno, vamos fazer uma analogia com o sistema hidráulico que aparece na figura 15 e com a explicação detalhada do fenômeno elétrico que aparece na figura 16.

No sistema hidráulico, o gerador de C.A. está representado pelos efeitos de uma bomba que durante meio ciclo força a água numa direção e no outro meio ciclo muda de direção e força a água em direção oposta, da mesma maneira que o gerador de C.A. produz tensões de polaridades opostas em cada meio ciclo.

Neste exemplo, o capacitor também está representado por um depósito de água separado por uma membrana de borracha que divide o depósito em duas câmaras; a membrana, de modo semelhante ao dielétrico, evita que a água circule livremente através do depósito.

A lâmpada elétrica pode ser representada neste caso por qualquer seção do encanamento, pois sua função é unicamente conduzir a corrente eletrônica através do filamento e indicar a passagem dela quando a lâmpada se acende.

Observamos que quando o pistão se encontra na posição 15A não haverá nenhuma circulação de água, pois a pressão das câmaras está equilibrada e a bomba não está forçando a água em nenhuma direção. Esta condição equivale à condição ilustrada na figura 16A, onde neste instante a tensão do gerador é zero (não há nenhuma corrente elétrica).

À medida que o pistão se move na direção indicada pela figura 15B, ele força a água na direção indicada pelas flechas de modo que a membrana se move para cima. Esta condição no encanamento de água equivale à condição elétrica da figura 16B, isto é, o instante do ciclo de C.A. no qual a tensão é máxima numa direção, como ilustramos na parte superior da ilustração, onde a linha cheia indica o valor máximo da tensão. Sob estas condições, a tensão do gerador terá carregado o capacitor na direção indicada pelas flechas, isto é, a placa inferior tem agora excesso de elétrons (-) e a placa superior deficiência de elétrons (+).

Após o pistão chegar à posição da figura 15B, ele continua seu movimento retornando à posição 15C, onde não exerce nenhuma pressão sobre as câmaras; à medida que o pistão se move entre 15B e 15C, ele força a água de volta à câmara superior. Esta condição hidráulica corresponde à condição elétrica da figura 16C; esta figura mostra que a tensão do gerador é zero, neste instante, razão pela qual o capacitor se descarrega através da direção indicada pelas flechas: a placa negativa expulsa o excesso de elétrons que são admitidos pela placa positiva. Depois disso, o capacitor permanece descarregado em frações de segundo.

Voltando à figura 15 observamos que no trajeto do pistão das posições compreendidas entre C e D, o pistão força a água na direção oposta à anterior empurrando o diafragma para baixo (figura 15D).

Isto pode ser comparado exatamente com a corrente eletrônica produzida pela tensão do gerador (figura 16D). Neste instante, a tensão adquire novamente seu valor máximo, porém com a polaridade oposta à anterior, fazendo com que o capacitor se carregue com uma polaridade oposta.

No trajeto do pistão entre as posições D e E da figura 15, observamos

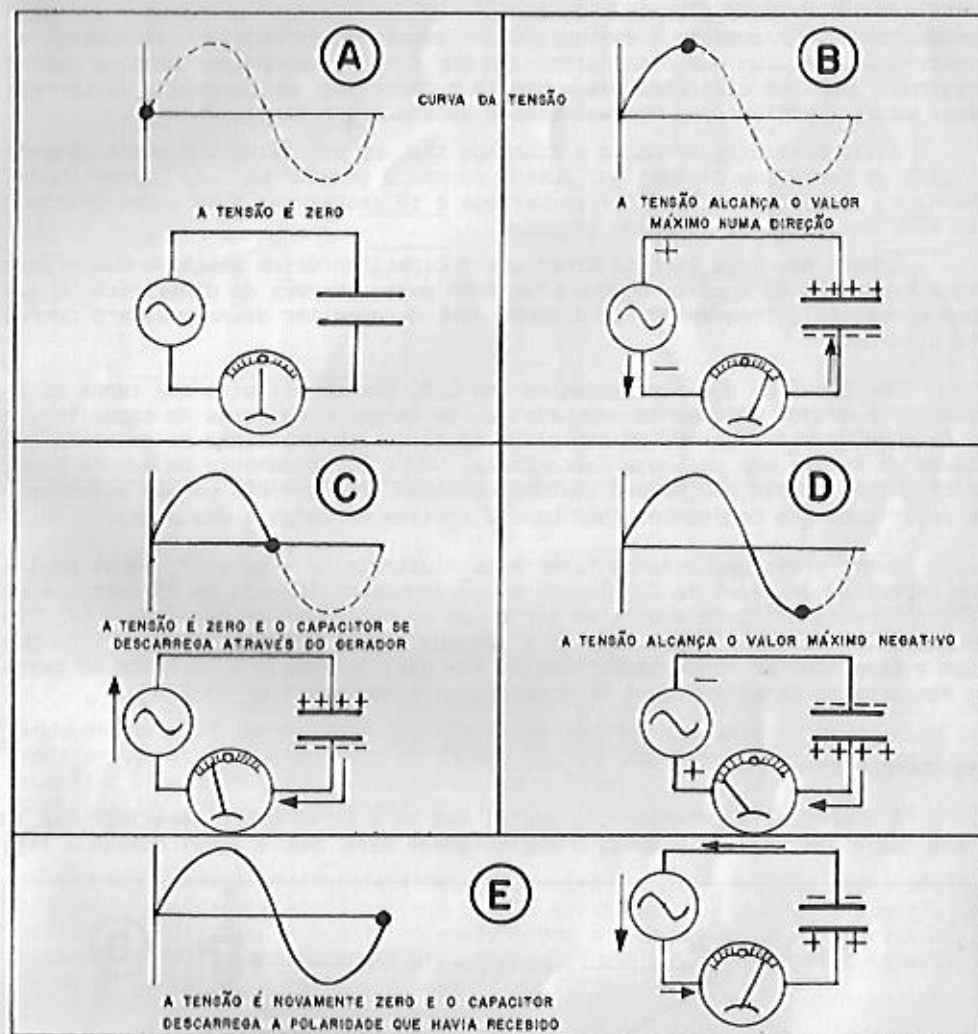


FIGURA 16
PROCESSO DE CARGA E DESCARGA QUE É PRODUZIDO AO LIGAR UM CAPACITOR A UM CIRCUITO DE C.A.

que a pressão gerada pelo pistão começa a diminuir outra vez até alcançar a posição E; a pressão sobre as câmaras é agora igual a zero, pois o pistão está exatamente na metade de seu trajeto.

Isto equivale à queda da tensão do gerador entre as condições ilustradas em D e E da figura 16, isto é, durante o último quarto de rotação da armadura do gerador. Quando o gerador completa sua rotação, a tensão será zero (figura 16E), descarregando o capacitor através do enrolamento do gerador. Quando isto acontece, a tensão do gerador dá início a um novo ciclo, repetindo o mesmo processo ilustrado na figura 16.

Como é certo que o capacitor não permite a passagem de corrente eletrônica

nica através de suas placas e do dielétrico, os efeitos de carga e descarga produzidos pelo aumento e diminuição da tensão do gerador e sua mudança de polaridade, faz com que o capacitor esteja continuamente carregando e descarregando, pois em cada ciclo da corrente o capacitor se carrega e descarrega duas vezes (cada vez com uma polaridade oposta à anterior).

Estas correntes de carga e descarga são as que fazem com que a lâmpada ligada em série com o capacitor acenda porque o gerador de C.A. comum produz 60 Hz e, portanto, o capacitor se carrega e se descarrega duas vezes em sessenta segundos (1/60 do segundo).

Embora não seja correto dizer que o capacitor deixa passar a C.A. (pois essa expressão dá a idéia de que a corrente passa através do dielétrico, o que não é correto), frequentemente dizemos que o capacitor *deixa passar* a corrente alternada.

Uma prova de que a passagem de uma C.A. por um circuito que tenha um capacitor é devido unicamente aos efeitos de carga e descarga do capacitor, é o fato de que se ligarmos um capacitor em série com uma linha de corrente contínua *só haverá uma passagem instantânea*, isto é, no momento em que fechamos o circuito; depois não haverá nenhuma passagem de corrente porque a tensão e a polaridade são constantes (não haverá efeitos de carga e descarga).

Outra prova que podemos fazer está ilustrada na figura 17. Temos em 17A um capacitor de papel de 2 μF ligado em série com uma lâmpada de 25 watts, e em 17B a lâmpada é ligada depois em série com um capacitor de papel de 4 μF . Com o capacitor de maior capacitância a lâmpada se acenderá com mais brilho que com o capacitor de menor capacitância. Por quê? - Porque a corrente de carga e descarga no capacitor de 4 μF é maior que a no capacitor de 2 μF .

REATÂNCIA CAPACITIVA

A experiência anterior nos mostra que se é certo que o capacitor não impede que a lâmpada se acenda, a luminosidade dela não é igual quando a ligamos

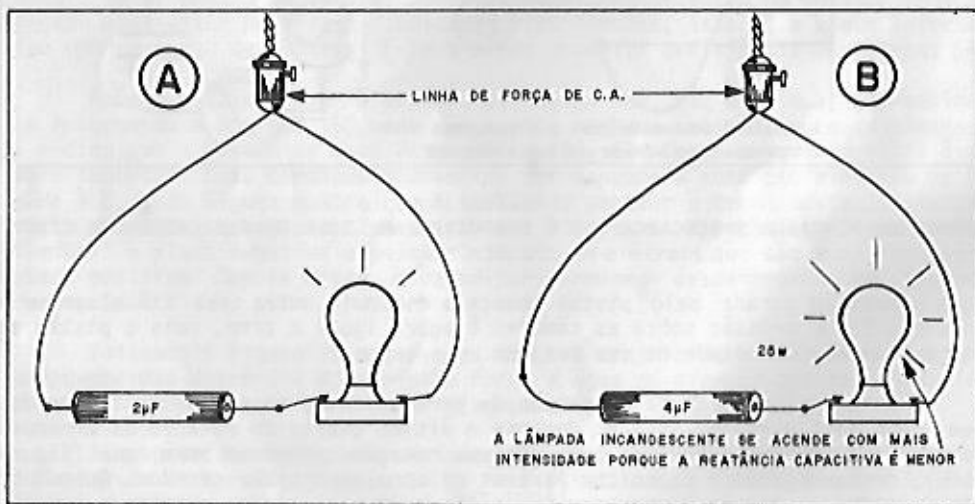


FIGURA 17

AUMENTANDO A CAPACITÂNCIA, A REATÂNCIA CAPACITIVA DIMINUI

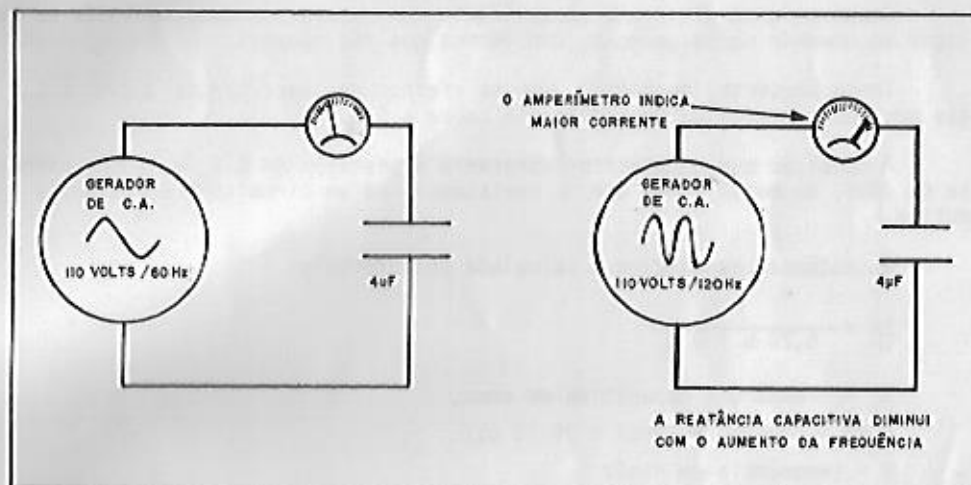


FIGURA 18

AUMENTANDO A FREQUÊNCIA DA C.A., A REATÂNCIA CAPACITIVA DIMINUI

mos à linha de força sem o capacitor. Isto nos indica que apesar do capacitor não impedir a passagem da corrente alternada, ele apresenta certa oposição à sua passagem, oposição essa conhecida como *reatância capacitiva*.

A *reatância capacitiva* (oposição à passagem da corrente alternada) depende de vários fatores; um deles é a capacitância do capacitor pois, como podemos provar com a experiência da figura 17, se aumentamos a capacitância do capacitor ligado em série, observamos que a lâmpada se acende com mais brilho indicando que a oposição diminui. Portanto, a *reatância capacitiva* de um capacitor diminui quando aumentamos a sua capacitância.

Recordando os efeitos de indutância sobre a C.A., notamos que o efeito do aumento da capacitância sobre a C.A. é contrário ao efeito do aumento de indutância sobre a C.A.; pois se aumentarmos a indutância de um circuito, a *reatância indutiva* também aumentará, enquanto que se aumentarmos a capacitância de um circuito, a *reatância capacitiva* diminuirá.

Concluimos, então, que os efeitos da capacitância sobre a C.A. são *contrários* aos efeitos da indutância sobre C.A.

Praticamente, os dois fatores que determinam a *reatância capacitiva* de um capacitor são: a capacitância do capacitor e a frequência da C.A.

EFEITO DA FREQUÊNCIA NUM CIRCUITO CAPACITIVO

Com um gerador de C.A. de tensão constante, mas de frequência variável, variando a velocidade de rotação da armadura é possível realizar a experiência ilustrada na figura 18, onde vemos um capacitor ligado em série com um amperímetro e um gerador de C.A. Ao fazer a experiência, se observa que, ao aumentar a frequência da C.A. de 60 para 120 Hertz, o amperímetro indica um aumento considerável de corrente (figura 18, à direita). Isto em termos técnicos significa que a *reatância capacitiva* de um capacitor diminui à medida que se aumenta a frequência da C.A.

Comparando os efeitos da capacitância com os efeitos da indutância em relação ao aumento da frequência, concluímos que são opostos.

Tenha presente, portanto, que os efeitos da capacitância sobre a C.A. são opostos aos efeitos de indutância sobre a C.A.

A oposição que o capacitor apresenta à passagem da C.A. é também expressa em OHMS, da mesma forma que a resistência de um circuito e a reatância indutiva.

A reatância capacitiva é calculada pela fórmula:

$$X_C = \frac{1}{6,28 \times f \times C}$$

X_C = reatância capacitiva em ohms

6,28 = constante igual a 2π (2 pi)

f = frequência em Hertz

C = capacitância do capacitor em farads

EXEMPLO: Desejamos saber qual é a reatância que um capacitor de 10 UF apresenta à passagem de uma C.A. de 60 Hertz. Para resolver este problema, transformamos os 10 UF em FARAD e substituímos os valores conhecidos da fórmula:

$$X_C = ?$$

$$f = 60 \text{ Hertz}$$

$$C = 10 \text{ UF } (0,000010 \text{ FARAD})$$

$$X_C = \frac{1}{6,28 \times 60 \times 0,000010} = \frac{1}{376,80 \times 0,000010}$$

$$X_C = \frac{1}{0,00376800} = 265,392$$

RESPOSTA: X_C é igual a 265 ohms

Isto nos indica que a reatância capacitiva que um capacitor de 10 UF apresenta à passagem de uma C.A. de 60 Hertz é de 265 ohms, isto é, ligar um capacitor de 10 UF em série com uma C.A. de 60 Hertz equivale a intercalar um resistor de 265 ohms no circuito.

*

EXAME DA LIÇÃO E-16



- CADA QUESTÃO APRESENTA TRÊS OU MAIS RESPOSTAS.
- SOMENTE UMA DELAS ESTÁ CORRETA.
- MARQUE A QUE JULGAR CORRETA.
- TRANSCREVA AS RESPOSTAS CORRETAS PARA A FOLHA DE EXAME ANEXA.

1 - O valor de 100 microfarads em farad é de:

- a) 0,001000 farad
- b) 0,000100 farad
- c) 0,000010 farad

2 - Se intercalarmos um capacitor de suficiente capacitância num circuito de C.A.:

- a) o capacitor permitirá a passagem da C.A. através das placas e do dielétrico
- b) o capacitor não permitirá a passagem da C.A.
- ☒ c) os efeitos de carga e descarga permitirão o fluxo da corrente elétrica pelas outras partes do circuito

3 - Dentre vários capacitores que tenham placas de iguais dimensões, a que tiver a menor capacitância será o que reúne as seguintes condições:

- a) menor número de placas, dielétrico de ar e igual separação entre as placas
- ☒ b) menor número de placas, dielétrico de ar e maior separação entre as placas
- c) maior número de placas, dielétrico de mica e igual separação entre as placas

4 - Qual será a reatância capacitiva de um capacitor de 1 microfarad com uma C.A. de 1.000 Hertz?

- ☒ a) 159,235 ohms
- b) 6,280 ohms
- c) 628 ohms