



**TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE
OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR**

CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE
Apostila 2



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

2

Sumário

INTRODUÇÃO.....	4
18 - descrever o papel de um Fusível em um circuito elétrico.....	7
Tipos de Fusíveis - Segundo o tamanho e tempo de atuação.....	7
Tipos de Fusíveis - Segundo o uso.....	9
Utilização automotiva.....	9
19 - descrever um procedimento simples de medida de resistência com Ohmímetro.....	11
20- descrever com palavras ou figuras o uso de um Amperímetro para a determinação da corrente elétrica em um circuito simples.....	12
21 - descrever com palavras ou figuras o uso do Voltímetro na determinação da diferença de potencial entre pontos de um circuito simples.....	13
Construção de um amperímetro e de um voltímetro usando um galvanômetro.....	16
22 - descrever um Capacitor.....	19
Aplicações	20
Código de capacitores	21
Capacidade ou Capacitância de um Capacitor.....	25
Tipos de capacitores.....	26
23 - descrever o processo de Carga e Descarga de um Capacitor.....	30
Farads	30
24 - descrever experimentos simples no qual se pode observar a ação de uma força magnética	32
A teoria dos domínios do magnetismo	32
Experiência 1 – Bússola.....	34
Experiência 2 – Agulha em cambalhota	34
Experiência 3 – Figuras geométricas.....	35
Experiência 4 – Dobradiça magnética.....	35
Magnetismo.....	36
25 - descrever experimentos simples no qual se pode observar a visualização do conceito de linha de campo magnético.....	37
Campo Magnético.....	37
26 - descrever as linhas do Campo Magnético de um ímã da Terra, e de um Solenóide.....	39
Eletromagnetismo.....	41
Linhas de Campo no Ferro	42
27 - descrever o funcionamento de um eletroímã simples e de seu uso em um relé.....	43
Como funciona o eletroímã	43
Experiência – Construindo um Eletroímã.....	44
Relé.....	44
Confeccionando um Circuito de Controle.....	46
28 - descrever o fenômeno da Indução Magnética em um solenóide.....	48
Indução.....	48
Sistema de Ignição	50
29 - descrever a ação de uma bobina em um circuito de corrente contínua.....	51



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE
OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR

CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE

(Apostila 2)

3

Indutores.....	51
Henry - unidade padrão da indutância	51
Indução Eletromagnética.....	52
30 - definir o conceito de Auto-indução.....	54
a) Formação.	54
b) Sentido.	54
c) Grandeza da tensão induzida por auto-indução.	54
Indutância.....	55
Fatores que determinam a indutância de um circuito.....	59
Efeito da frequência sobre a reatância indutiva	64
Indução mútua entre bobinas	66



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

4

INTRODUÇÃO

O Clube de Radioamadores de Rio do Sul, compilou a presente apostila com o objetivo único de oferecer material didático de apoio aos aficionados à prática do radioamadorismo, sem fins lucrativos ou com qualquer conotação comercial.

O conteúdo visa exclusivamente a utilização para aprimoramento pessoal do interessado não sendo permitida a reprodução para comercialização.

Para executar o Serviço de Radioamador se faz necessário que o interessado seja titular de Certificado de Operador de Estação de Radioamador - COER.

8.3. PROVA DE CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE

O candidato deve ser capaz de:

- 1 - descrever um modelo simples para o tomo e as moléculas; *(Apostila 1)*
- 2 - descrever a propriedade Carga Elétrica associada às partículas do átomo; *(Apostila 1)*
- 3 - descrever o processo de Ionização e Recombinação; *(Apostila 1)*
- 4 - explicar como o conceito de Carga pode ser usado para descrever o estado elétrico de um corpo; *(Apostila 1)*
- 5 - definir Corrente Elétrica e sua unidade o Ampère; *(Apostila 1)*
- 6 - definir o conceito de Diferença de Potencial associado à energia de uma carga mencionar sua unidade; *(Apostila 1)*
- 7 - definir o conceito de Resistência Elétrica; *(Apostila 1)*
- 8 - estabelecer a diferença entre Condutores e Isolantes;
- 9 - associar a boa condutividade dos metais com a sua estrutura molecular; *(Apostila 1)*
- 10 - associar os conceitos de diferença de Potencial (V), Corrente (I) e Resistência (R) e suas unidades; *(Apostila 1)*
- 11 - usar a equação $V = R I$ para calcular uma das grandezas, quando as outras duas são dadas; *(Apostila 1)*
- 12 - usar a equação $V = R I$ em um circuito de uma única malha; *(Apostila 1)*
- 13 - usar a Lei de Joule para relacionar a potência dissipada em um resistor com a Diferença de Potencial aplicada e com a corrente fluindo pelo mesmo; *(Apostila 1)*
- 14 - determinar o valor da Resistência de um resistor mediante a associação de suas cores de código com as cores de uma tabela de código fornecida; *(Apostila 1)*
- 15 - calcular o valor da Resistência Equivalente quando vários resistores são associados em série e em paralelo; *(Apostila 1)*
- 16 - definir formalmente a relação entre Resistência, Resistividade, Comprimento e Área de Seção Reta de um resistor; *(Apostila 1)*
- 17 - associar o valor de uma corrente elétrica com a necessidade de um diâmetro mínimo para o condutor elétrico que a transporta; *(Apostila 1)*
- 18 - descrever o papel de um Fusível em um circuito elétrico; *(Apostila 2)*
- 19 - descrever um procedimento simples de medida de resistência com o uso de Ohmímetro; *(Apostila 2)*
- 20 - descrever com palavras ou figuras o uso de um Amperímetro para a determinação da corrente elétrica em um circuito simples; *(Apostila 2)*



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** **(Apostila 2)**

5

- 21 - descrever com palavras ou figuras o uso do Voltímetro na determinação da diferença de potencial entre pontos de um circuito simples; *(Apostila 2)*
- 22 - descrever um Capacitor; *(Apostila 2)*
- 23 - descrever o processo de Carga e Descarga de um Capacitor; *(Apostila 2)*
- 24 - descrever experimentos simples no qual se pode observar a ação de uma força magnética; *(Apostila 2)*
- 25 - descrever experimentos simples no qual se pode observar a visualização do conceito de linha de campo magnético; *(Apostila 2)*
- 26 - descrever as linhas do Campo Magnético de um ímã da Terra, e de um Solenóide; *(Apostila 2)*
- 27 - descrever o funcionamento de um eletroímã simples e de seu uso em um relé; *(Apostila 2)*
- 28 - descrever o fenômeno da Indução Magnética em um solenóide; *(Apostila 2)*
- 29 - descrever a ação de uma bobina em um circuito de corrente contínua; *(Apostila 2)*
- 30 - definir o conceito de Auto-indução; *(Apostila 2)*
- 31 - descrever o funcionamento de um Transformador; *(Apostila 2)*
- 32 - estabelecer a diferença entre corrente contínua e corrente alternada; *(Apostila 2)*
- 33 - definir os conceitos de Corrente Efetiva e Tensão Efetiva e relaciona-los com Corrente de Pico e Tensão de Pico; *(Apostila 2)*
- 34 - desenhar o circuito de uma Fonte de corrente contínua, usando diagrama de blocos, no qual conste os seguintes elementos: transformador, ponte de retificação de diodos, capacitor de filtragem e regulador de tensão e descrever o papel de cada um destes elementos; *(Apostila 2)*
- 35 - descrever o funcionamento de uma válvula diodo;
- 36 - descrever o funcionamento de uma válvula tríodo;
- 37 - descrever microscopicamente a corrente gerada em um semicondutor sujeito a uma tensão;
- 38 - descrever o funcionamento de um diodo semicondutor em um circuito;
- 39 - descrever o funcionamento de um transistor no papel de uma Resistência de controle da corrente;
- 40 - descrever o funcionamento de um transistor em um circuito simples de amplificação de sinal;
- 41 - definir o conceito de modulação de uma onda;
- 42 - descrever a Modulação por Amplitude (AM) e a Modulação por Frequência (FM) de uma onda;
- 43 - estabelecer a diferença conceitual entre modulação de Dupla Faixa Lateral (DSB) e de Faixa Lateral Simples (SSB);
- 44 - estabelecer a diferença entre linha de transmissão balanceada e linha de transmissão desbalanceada;
- 45 - descrever o funcionamento de uma antena;
- 46 - descrever o funcionamento e principais características de uma antena dipolo e de uma antena vertical de 1/4 de onda;
- 47 - calcula as dimensões de uma antena dipolo de fio para uma frequência determinada quando se conhece o fator de velocidade para o fio;
- 48 - identificar o tipo de polarização para vários tipos de antenas mais usadas;
- 49 - definir o conceito de Relação de Onda Estacionária em uma linha de transmissão;
- 50 - descrever as camadas da Ionosfera responsáveis pela reflexão dos sinais de rádio;
- 51 - descrever o processo de reflexão dos sinais de rádio na ionosfera, estabelecendo as principais características dos modos de propagação e suas relações com a hora do dia;



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

6

- 52 - descrever o uso de satélites artificiais em telecomunicações;
- 53 - descrever um experimento destinado a produzir uma oscilação forçada;
- 54 - definir e empregar conceitos usados na descrição de osciladores forçados: Excitador, Oscilador, Amplitude, Frequência de excitação, Frequência natural de oscilação e Amortecimento;
- 55 - distinguir Oscilação Forçada de Oscilação Livre;
- 56 - citar exemplos de Oscilação Forçada;
- 57 - definir o conceito de Ressonância;
- 58 - formular a condição para a ocorrência de Ressonância quando existe Oscilação Forçada;
- 59 - definir os conceitos Comprimento de Onda, Frequência, Velocidade de Propagação e Amplitude de uma onda;
- 60 - citar experimentos com os quais pode-se determinar as grandezas acima mencionadas;
- 61 - usar a equação $C = \lambda f$ para calcular uma das grandezas, quando as outras duas são dadas;
- 62 - distinguir Ondas Transversais de Ondas Longitudinais e dar exemplos;
- 63 - definir o conceito de Interferência (Superposição de ondas de mesmo Comprimento de Onda) e citar exemplos;
- 64 - estabelecer as condições para a existência de Interferência Construtiva e Interferência Destrutiva;
- 65 - descrever a geração de uma Onda Estacionária a partir de uma Onda Incidente e de uma Onda Refletida;
- 66 - definir os conceitos de Polarização Linear, Polarização Circular e Polarização Elíptica;
- 67 - descrever a ocorrência de Reflexo e Refração quando uma onda ao se propagar encontra um outro meio de características diferente do primeiro meio;
- 68 - descrever o Efeito Doppler;
- 69 - calcular a frequência de recepção quando o Efeito Doppler ocorre para:
 - a. receptor móvel e emissor parado;
 - b. receptor parado e emissor móvel.

8.4. PROVA DE RECEPÇÃO AUDITIVA E TRANSMISSÃO DE SINAIS EM CÓDIGO MORSE

Textos, em linguagem clara, com 125 caracteres (letras, sinais e algarismos), para candidatos à classe "B".

8.5. PROVA DE CONHECIMENTOS TÉCNICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE

O candidato, além do citado no item 8.3, deve ser capaz de:

- 1 - associar a boa estrutura dos metais com a sua estrutura molecular;
- 2 - definir formalmente a relação entre resistência, resistividade, comprimento de onda e área de seção reta de um resistor;
- 3 - descrever microscopicamente a corrente gerada em um semicondutor sujeito a uma tensão;
- 4 - descrever o funcionamento de um transistor em um circuito simples de amplificação de sinal;
- 5 - usar a Lei de Joule para relacionar a potência dissipada em um resistor com diferença de potencial aplicada e com a corrente fluindo pelo mesmo.

Bons estudos

CRARSUL



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

7

18 - descrever o papel de um Fusível em um circuito elétrico

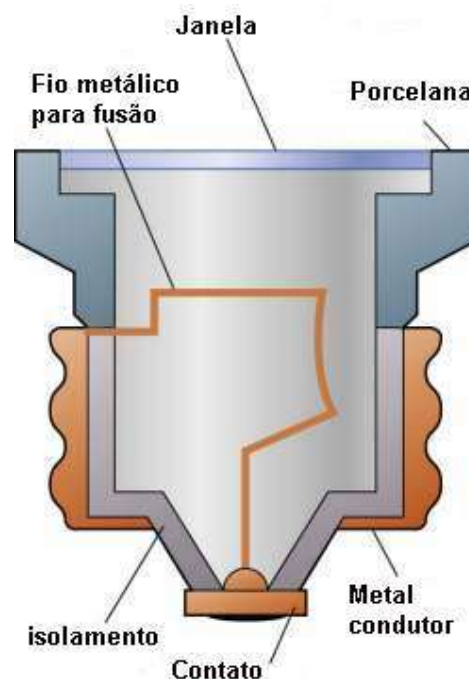
Em **eletrônica** e em **engenharia elétrica** **fusível** é um dispositivo de proteção contra sobrecorrente em circuitos. São componentes com material de alta resistividade que funde interrompendo a corrente quando esta ultrapassar um valor predeterminado. Fusíveis e outros dispositivos de proteção contra sobrecorrente são uma parte essencial de um sistema de distribuição de energia para prevenir incêndios ou danos a outros elementos do circuito.



Consiste de um filamento ou lâmina de um **metal** ou **liga metálica** de baixo **ponto de fusão** que se intercala em um ponto determinado de uma instalação elétrica para que se funda, por **efeito Joule**, quando a intensidade de **corrente elétrica** supere, devido a um **curto-circuito** ou sobrecarga, um determinado valor que poderia danificar a integridade dos condutores com o risco de incêndio ou destruição de outros elementos do circuito.

O tipo mais simples é composto basicamente de um recipiente tipo soquete, em geral de porcelana, cujos terminais são ligados por um fio curto, que se derrete quando a corrente que passa por ele atinge determinada intensidade. O chumbo e o estanho são dois metais utilizados para esse fim.

O chumbo se funde a 327° C e o estanho, a 232° C. Se a corrente for maior do que aquela que vem especificada no fusível: 10A, 20A, 30A, etc, o seu filamento se funde (derrete).



O fusível de cartucho, manufaturado e lacrado em fábrica, consiste de um corpo oco não condutivo, de vidro ou plástico, cujo elemento condutor está ligado interiormente a duas cápsulas de metal, os terminais, localizados nas extremidades.



Tipos de Fusíveis - Segundo o tamanho e tempo de atuação

Fusíveis Tipo D (Ultra-Rápido)

Os fusíveis ultra-rápidos SILIZED são utilizados na proteção de curto-circuito de semi-condutores, **tiristores**, **GTO's** e **diodos**, estão adaptados às curvas de carga dos tiristores e diodos de potência, permitindo quando da sua instalação seu manuseio sem riscos de toque acidental. Possui categoria de utilização gR, em três tamanhos atendem as correntes nominais de 16 a 100A.





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

8

Fusíveis NEOZED (tipo D0)

Os fusíveis NEOZED possuem tamanho reduzido e são aplicados na proteção de curto-circuito em instalações típicas residenciais, comerciais e industriais.

Possui categoria de utilização gL/gG, atendendo as correntes nominais de 2 a 63A.

Categoria de utilização: gG (para aplicação geral e com capacidade de interrupção em toda zona tempo-corrente)

Tensão nominal: 400 VCA/ 250 VCC

Capacidade de interrupção nominal: 50 kA até 400 VCA 8 kA até 250 VCC

Normas: NBR IEC 60 269 e VDE 0636



Fusíveis NH

(NH são as iniciais de 'Niederspannungs Hochleistungs, que em língua alemã significa "Baixa Tensão e Alta Capacidade de Interrupção)', que atendem a norma IEC60269-2-1 (NBR11841)

Os fusíveis NH são aplicados na proteção de sobrecorrentes de curto-circuito e sobrecarga em instalações elétricas industriais.

Possui categoria de utilização gL/gG, atendem as correntes nominais de 6 a 1250A.

Categoria de utilização: gG (para aplicação geral e com capacidade de interrupção em toda zona tempo-corrente)

Tensão nominal: 500 VCA e 690 VCA 250 VCC

Capacidade de interrupção nominal: 120 kA até 500 VCA e 690 VCA
100 kA até 250 VCC

Normas: NBR IEC 60 269-2-1, NBR11 841 e VDE 0636



Fusíveis Diazed (Tipo D)

São utilizados na proteção de curto-circuito em instalações elétricas residenciais, comerciais e industriais e, quando corretamente instalados, permitem o seu manuseio sem riscos de toque acidental.

Categoria de utilização: gG (para aplicação geral e com capacidade de interrupção em toda zona tempo-corrente)

Tensão nominal: 500 VCA/ 220 VCC

Capacidade de interrupção nominal: 70 kA até 500 VCA 100 kA até 220 VCC

Normas: NBR IEC 60 269, NBR11 844 e VDE 0636

1) Fusíveis até 20 A - 100 kA, 80A e 100 A - 50 kA





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

9

Tipos de Fusíveis - Segundo o uso

Fusíveis Ultra-Rápidos (classe aR) são uma excelente proteção contra curtos-circuitos, porém Não são adequados contra [sobrecargas](#).

Há uma grande confusão quando tratamos de especificar a ação do fusível que queremos utilizar, isto porque utilizamos as palavras "retardados", "rápidos" e "ultra-rápidos", que foram "retirados" e traduzidos da norma americana que denomina os fusíveis como "fast acting" e "time-delay".

Simple, pois, quando utilizamos os fusíveis tipo NH, a faixa de interrupção e a categoria de utilização (Curva tempo vs Corrente), foram convencionadas com um conjunto de letras e não com as denominações ("retardados", "rápidos" e Ultra-Rápidos").

A IEC utiliza a montagem com 2 letras, sendo que a primeira letra, denomina a "Faixa de Interrupção", ou seja, que tipo de sobrecorrente o fusível irá atuar, que são elas:

- "g" - Atuação para sobrecarga e curto
- "a" - Atuação apenas para curto-circuito,

A segunda letra, denomina a "Categoria de Utilização", ou seja, que tipo de equipamento o fusível irá proteger, que são elas:

- "L/G" - Proteção de cabos e uso geral
- "M" - Proteção de Motores
- "R" - Proteção de circuitos com semicondutores

Sendo assim, temos as montagens dos principais fusíveis utilizados no mercado:

- "gL/gG" - Fusível para proteção de cabos e uso geral (Atuação para sobrecarga e curto)

(Esta curva é que em sua maioria denominam erroneamente - "Retardados")

- "aM" - Fusível para proteção de motores

(Pela confusão, nunca se sabe se esta curva pode denominar-se "rápida" ou "retardada")

- "aR" - Fusível para proteção de semicondutores

(Este podendo ser chamado de "Ultra-Rápido", por não criar conflito com outras curvas)

Utilização automotiva

A maioria dos carros possui dois **painéis de fusíveis**. Um no compartimento do [motor](#), que comporta os fusíveis para dispositivos como ventoinhas, a bomba do freio antitravamento (ABS) e a unidade de controle do motor.



Outro painel de fusível, normalmente localizado no painel de instrumentos próximo aos joelhos do motorista, comporta os fusíveis para os dispositivos e interruptores localizados nos compartimentos dos passageiros.



Os fusíveis são apenas um tipo especial de fio dentro de um conector independente. A maioria dos fusíveis de automóvel possui duas lâminas condutoras para conexão e uma capa plástica que contém o condutor (que se abrirá, caso a corrente exceda certo valor). Existem também alguns fusíveis na fiação do carro, chamados **elos fusíveis**.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

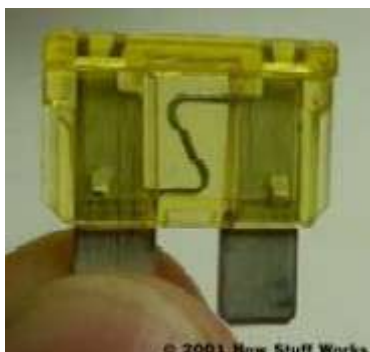
10

Verificando os fusíveis

A maneira infalível de examinar um fusível é tirá-lo de seu receptáculo e conectar um **verificador de continuidade** as seus dois terminais (lâminas). Mas se você fizer isso enquanto o fusível estiver encaixado, poderá haver continuidade por um caminho que não seja o fusível. Os dois lados do fio, por exemplo, podem estar aterrados quando você verifica o fusível.

Normalmente, é possível dizer se um fusível está queimado só observando-o.

Veja nas figuras abaixo.



Fusível bom



Fusível queimado

O **condutor**, no interior do fusível, é feito de um metal similar ao estanho. Ele possui um ponto de fusão menor do que o fio protegido. O tamanho do condutor é calibrado muito cuidadosamente para que quando a corrente estabelecida for atingida, calor suficiente seja gerado para derretê-lo e abrir o circuito.

Quando um fusível queima, deve ser substituído por outro, da mesma amperagem, antes que o circuito volte a funcionar.



Os pequenos fusíveis usados em circuitos eletrônicos são geralmente simbolizados por .

Em instalações elétricas é comum o símbolo .



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE (Apostila 2)

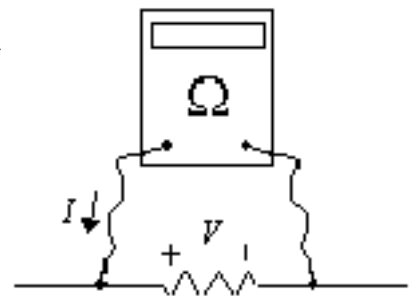
11

19 - descrever um procedimento simples de medida de resistência com Ohmímetro

O ohmímetro é um instrumento que permite medir a resistência elétrica de um elemento. Os ohmímetros são regra geral parte integrante de um multímetro, constituindo assim uma das múltiplas funções que disponibilizam (é comum os multímetros integrarem as funções de ohmímetro, amperímetro e voltímetro, além de outras funções, relacionadas com o teste de dispositivos eletrônicos e a realização de operações sobre as medidas efetuadas).

A medição da resistência de um elemento é efetuada colocando em paralelo o instrumento e o componente e baseia-se na aplicação da Lei de Ohm: o ohmímetro injeta no elemento uma corrente pré-estabelecida, mede a tensão aos terminais e efetua o cálculo da resistência.

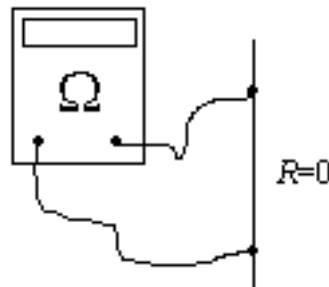
No entanto, para que a medição seja correta, é necessário que o elemento a medir se encontre devidamente isolado de outros componentes do circuito, e em particular da massa através do corpo humano.



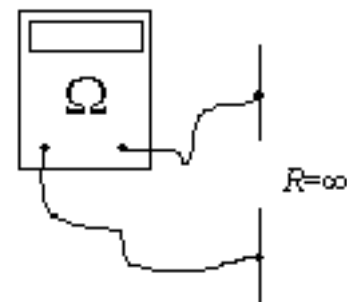
Deste modo evita-se que o circuito envolvente retire ou injete no elemento corrente distinta daquela aplicada pelo ohmímetro. O isolamento elétrico pode ser obtido de duas maneiras distintas: desligando o componente em questão do resto do circuito, ou colocando pelo menos um dos seus terminais no ar.

O ohmímetro também pode ser utilizado na identificação de caminhos em curto-circuito.

Nós em curto-circuito são identificados através da medição de uma resistência relativamente pequena ou nula entre os pontos inquiridos.



O ohmímetro também pode ser utilizado na identificação de caminhos em circuito aberto



A situação oposta corresponde à medição de resistências elevadíssimas.





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE (Apostila 2)

12

20- descrever com palavras ou figuras o uso de um Amperímetro para a determinação da corrente elétrica em um circuito simples

O amperímetro é um instrumento utilizado para fazer a medida da intensidade no fluxo da corrente elétrica que passa através da seção transversal de um condutor. A unidade usada é o Ampère.

Como a corrente elétrica passa através dos condutores e dispositivos ligados a eles, para aferir a corrente que passa por alguma região de algum circuito, deve-se colocar o amperímetro em série com esta, sendo necessário abrir o circuito no local da medida. Por isso, para as medições serem precisas, é esperado que o amperímetro tenha uma resistência muito pequena comparada às do circuito.

Amperímetros podem medir correntes contínuas ou alternadas. Dependendo da qualidade do aparelho, pode possuir várias escalas que permitem seu ajuste para medidas com a máxima precisão possível.

Na medição de corrente contínua, deve-se ligar o instrumento com o pólo positivo no ponto de entrada da corrente convencional, para que a deflexão do ponteiro seja para a direita.

O amperímetro analógico nada mais é do que um galvanômetro adaptado para medir correntes de fundo de escala maiores que a sua corrente de fundo de escala, do galvanômetro, IGM. Por isso, é necessário desviar a sobrecorrente, formando um divisor de corrente com o galvanômetro em paralelo com uma resistência denominada shunt (desvio) RS.

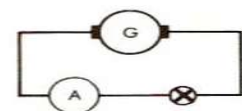
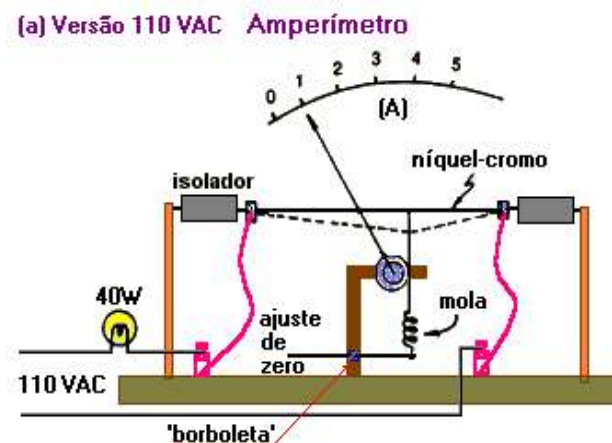
Sendo ainda:

- * A corrente de fundo de escala do amperímetro IA;
- * A sobrecorrente IS;
- * A resistência interna do galvanômetro RG;
- * A resistência interna do amperímetro RIA.

Temos que:

$$R_S = R_G \cdot i_{gm} / (I_A - I_{GM})$$

$$R_{IA} = R_G \cdot R_S / (R_G + R_S)$$



Ligação de Amperímetros

O valor da resistência interna do amperímetro é um dos fatores importantes que está relacionado ao erro de medida do instrumento.

A medida de corrente é feita intercalando-se o amperímetro em série com o circuito no qual deseja-se medi-la.

Portanto, o amperímetro ideal é aquele que possui resistência interna nula. Como isso é impossível, ao se fazer uma medida de corrente, introduz-se um erro devido à modificação causada no circuito pela resistência interna do amperímetro. A tolerância da resistência shunt é outro fator que está relacionado ao erro de medida do instrumento. Em geral, os instrumentos de medidas são construídos com resistores de precisão, com tolerâncias de 1% .



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

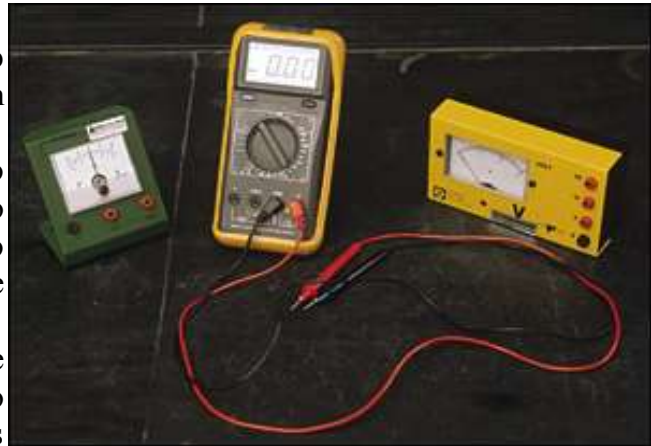
TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

13

21 - descrever com palavras ou figuras o uso do Voltímetro na determinação da diferença de potencial entre pontos de um circuito simples

Os voltímetros, cujo símbolo internacional nos esquemas dos circuitos é V, são os instrumentos de medida da diferença de potencial que, tal como os amperímetros, podem ser analógicos ou digitais. Para fazer a leitura com um **voltímetro** num circuito é necessário considerar que:

- tem de ser **sempre instalado em paralelo** (nunca em série) com o componente em cujos terminais se pretende medir a d.d.p.;
- no caso da corrente contínua, o pólo positivo do aparelho tem de ser ligado ao pólo positivo da fonte ou do receptor e o negativo ao negativo; no caso da corrente alternada, o modo de ligação é indiferente;
- a sua escala tem de ser previamente estudada e as precauções a ter são idênticas às que já foram referidas para os amperímetros.



Como varia a diferença de potencial, em função do tipo de circuito e da posição a ser medida:

- nos circuitos em série, a diferença de potencial não é a mesma em todos os pontos do circuito e depende da posição em que se instala o voltímetro;
- nos circuitos em paralelo, a diferença de potencial no ramo principal é igual à diferença de potencial em cada um dos ramos do paralelo;
- se **associarmos geradores em série**, a diferença de potencial é igual à soma das diferenças de potencial de cada um dos geradores;
- se **associarmos geradores em paralelo**, a diferença de potencial é igual à diferença de potencial de cada um dos geradores.

O **Voltímetro** é uma variação do Amperímetro, com a aplicação da Lei de Ohm. Veja que se $V = R \times i$ então $i = V/R$ ou seja, a corrente i circulando pelo circuito é igual à tensão V aplicada dividida pela resistência R .

A bobina móvel (a mesma vista para o Amperímetro) tem uma resistência R fixa.

Portanto, o valor da corrente elétrica i que circula nela, determinando a posição do ponteiro, será proporcional à tensão V à qual estão submetidas as pontas de prova.

Em outras palavras, quanto maior a tensão entre as pontas de prova maior será a corrente circulando na bobina móvel e maior a deflexão do ponteiro.

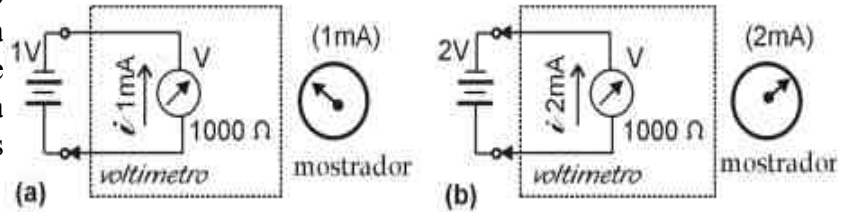




TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE
OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR
**CONHECIMENTOS BÁSICOS DE
ELETRONICA E ELETRICIDADE**
(Apostila 2)

A figura ao lado ilustra a variação da corrente circulando na bobina móvel (e o correspondente movimento do ponteiro) para valores diferentes de tensão nas pontas de prova.

A bobina móvel tem a resistência interna $R = 1000 \text{ Ohms}$.



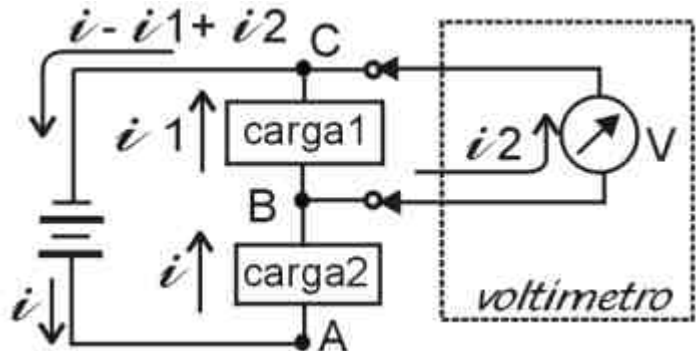
Voltímetro testando fonte de tensão (a) 1 Volt (b) 2 Volts

Em (a) a tensão em teste é 1 Volt, e pela Lei de Ohm resulta uma corrente elétrica de:
 $i = V/R$ $i = 1/1000 = 0,001 \text{ Ampères}$ $i = 1 \text{ mA}$

Esta corrente circula pela bobina móvel, provocando um pequeno movimento do ponteiro. Em (b) a fonte de tensão tem 2 Volts, resultando uma corrente de: $i = V/R$ $i = 2/1000 = 0,002 \text{ Ampères}$ $i = 2 \text{ mA}$. O valor desta nova corrente circulando na bobina móvel provoca um grande movimento do ponteiro, quase chegando ao fundo de escala.

Na maioria das vezes o Voltímetro é aplicado à medição de cargas no meio do circuito, como exemplificado na figura ao lado.

Quando as pontas de prova são encostadas nos pontos em teste (no exemplo os terminais B e C da carga 1) a bobina móvel é colocada em paralelo com esta parte do circuito, ficando bobina móvel e carga submetidas à mesma tensão (que se deseja medir).



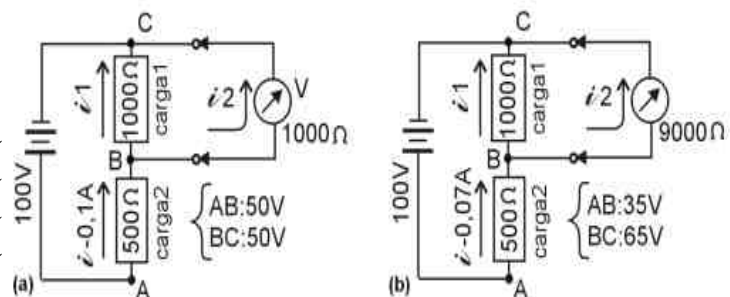
Desvio de corrente elétrica pelo Voltímetro

Nesta posição o Voltímetro drena uma parte da corrente (no exemplo, i_2), diminuindo a corrente disponível para a carga em teste (no exemplo, i_1).

A corrente drenada pelo Voltímetro é inversamente proporcional à sua resistência interna - quanto maior a resistência menor a corrente. No caso ideal teríamos resistência interna quase infinita e corrente drenada quase nula. Com isto a interferência do Voltímetro no circuito seria mínima, desviando pouca corrente. Note que a resistência interna ideal é oposta para Amperímetro e Voltímetro: no primeiro nula e no segundo infinita.

Influência da resistência interna R_i do Voltímetro (a) $R_i = 1000 \text{ Ohms}$ (b) $R_i = 9000 \text{ Ohms}$

A figura ao lado exemplifica numericamente a influência da resistência interna do Voltímetro na medição da tensão existente nos terminais de uma carga.





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

15

A fonte de tensão é mantida em 100 V, a carga em teste tem 1000 Ohms, em série com outra carga de 500 Ohms. As pontas de prova do Voltímetro são encostadas nos pontos C e B, respectivamente, colocando a resistência interna do medidor em paralelo com a primeira carga.

Em 2-12a usamos um Voltímetro com resistência interna de 1000 Ohms. Esta forma com a resistência da carga teste uma associação paralela cuja resistência equivalente é:

$$R_{eq} = \frac{1000 \times 1000}{1000 + 1000} = 500 \text{ W}$$

A resistência equivalente de 500 W em série com a carga 2 de 500 W resulta na resistência total:

$$R_t = 500 + 500 = 1000 \text{ W}$$

Com resistência total de 1000 Ohms e tensão de 100 Volts a corrente circulando no circuito será (pela Lei de Ohm):

$$i = 100 \text{ V} / 1000 \text{ W} = 0,1 \text{ A}$$

Esta corrente de 0,1 Ampère atravessa a carga 2, ocorrendo uma queda de tensão (ainda pela Lei de Ohm) entre os pontos A e B:

$$V = 500 \times 0,1 = 50 \text{ Volts}$$

Com 100 Volts no ponto A, 50 Volts no ponto B e zero Volt no ponto C teremos o Voltímetro registrando 50 Volts entre B e C, que é a medida desejada.

Em 2-12b usamos um Voltímetro com resistência interna de 9000 W . Esta forma com a resistência da carga teste uma associação paralela cuja resistência equivalente é:

$$R_{eq} = \frac{1000 \times 9000}{1000 + 9000} = 900 \text{ W}$$

A resistência de 900 W em série com a carga 2 de 500 W resulta na resistência total:

$$R_t = 900 + 500 = 1400 \text{ W}$$

Com resistência total de 1400 W e tensão de 100 Volts a corrente circulando no circuito será (pela Lei de Ohm):

$$i = 100 \text{ V} / 1400 \text{ W} = 0,07 \text{ A}$$

Esta corrente de 0,07 Ampères atravessa a carga 2, ocorrendo uma queda de tensão (ainda pela Lei de Ohm) entre os pontos A e B:

$$V = 500 \times 0,07 = 35 \text{ Volts}$$

Portanto no ponto B teremos a tensão:

$$V_b = 100 - 35 = 65 \text{ Volts}$$

Com 100 Volts no ponto A, 65 Volts no ponto B e zero Volt no ponto C teremos o Voltímetro registrando 65 Volts entre B e C, que é a medida desejada.

Veja que a mesma tensão aferida com Voltímetros de resistências internas diferentes apresenta resultados díspares: 50 Volts com Voltímetro de 100 W e 65 Volts com Voltímetro de 9000 W.

Obviamente o resultado mais correto é obtido com o Voltímetro de menor interferência no circuito (menor desvio de corrente), aquele que tem maior resistência interna - no nosso caso o Voltímetro de 9000 W .



Construção de um amperímetro e de um voltímetro usando um galvanômetro

O galvanômetro é um aparelho que mede a corrente elétrica através de seu efeito magnético, e é o "coração" dos aparelhos analógicos de medida de corrente e de tensão que usamos em nosso laboratório. Nessa prática nós vamos ver como o galvanômetro pode ser associado a resistores de forma a ser usado como medidor de tensão (voltímetro) ou de corrente (amperímetro), na escala desejada, e vamos projetar, construir e testar um voltímetro e um amperímetro.

O galvanômetro indica o valor da corrente I_G que o atravessa pela deflexão de uma agulha sobre uma escala (Figura ao lado).

O valor máximo da corrente que um galvanômetro pode medir é chamado de corrente de fundo de escala (I_{FE}) e corresponde à deflexão máxima da agulha sobre a escala (daí o nome). s por um aparelho de sensibilidade finita.

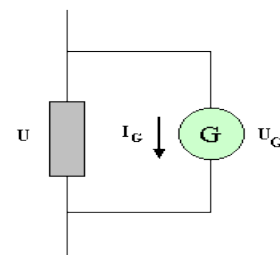
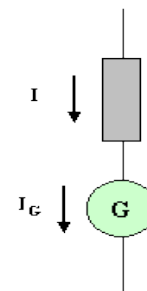
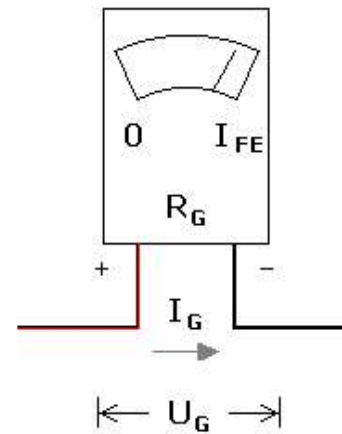
Correntes menores do que I_{FE} são indicadas por posições intermediárias da agulha sobre a escala, entre a posição da agulha com corrente nula e a posição do fundo de escala, como frações de I_{FE} . A corrente de fundo de escala está relacionada à sensibilidade do galvanômetro, que é a capacidade de distinguir pequenas correntes: em geral, quanto maior a corrente de fundo de escala, menor a sensibilidade.

O galvanômetro é essencialmente um medidor de corrente e pode ser usado diretamente para medir correntes que não ultrapassem a corrente máxima I_{FE} (Figura ao lado). Correntes maiores, além de não poderem ser indicadas pelo aparelho, podem danificá-lo e portanto não podem ser medidas diretamente. Correntes muito menores do que I_{FE} também não podem ser medida.

Medida de corrente com galvanômetro

$$I = I_G$$

O galvanômetro também pode ser usado para medir tensão, se a sua resistência R_G for conhecida (Figura 2b). Uma tensão U_G aplicada sobre os terminais do galvanômetro gera uma corrente I_G que é medida pela deflexão da agulha sobre a escala. A medida de tensão é feita multiplicando-se a corrente medida pela resistência do galvanômetro, $U_G = R_G I_G$. A tensão máxima que pode ser medida, correspondente à posição da agulha no fundo da escala, é $U_{FE} = R_G I_{FE}$. A escala do Medida de tensão com galvanômetro



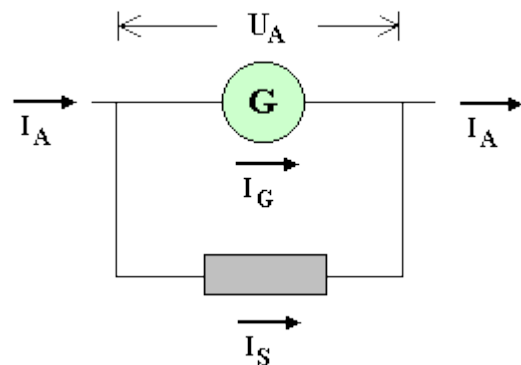
$$U = U_G = R_G I_G$$



A limitação das medidas que podem ser feitas no galvanômetro às suas escalas naturais pode ser facilmente contornada associando-se o galvanômetro a resistores de resistências conhecidas, como veremos a seguir.

Construção de um Amperímetro

Um amperímetro é construído pela associação em paralelo de um resistor (chamado de "shunt") com um galvanômetro (Figura ao lado). A corrente total I_A que atravessa a associação se divide na corrente I_G que atravessa o galvanômetro, e é por ele medida, e na corrente I_s que é desviada atravessando o "shunt", na razão inversa de suas resistências. A corrente I_G que atravessa o galvanômetro é apenas uma fração da corrente total I_A ; sabendo em que proporção a corrente total I_A se divide entre I_G e I_s poderemos determinar quanto vale a corrente total I medindo a parte dela que atravessa o galvanômetro.



Construção de amperímetro com galvanômetro e resistor em paralelo

Mostre que $\frac{I_s}{I_G} = \frac{R_G}{R_s}$ **e a partir daí que** $I = I_G + I_s = \left(1 + \frac{R_G}{R_s}\right) I_G$

O número adimensional $\left(1 + \frac{R_G}{R_s}\right)$ é o fator de amplificação da escala natural de medida de corrente

do galvanômetro conseguida com a associação em paralelo com o resistor R_s . A partir dessa relação podemos calcular o valor da resistência necessário para converter o galvanômetro num amperímetro na escala desejada.

A resistência do amperímetro na nova escala é R_A enquanto a corrente máxima que se pode medir é igual a $R_G I_{FE} / R_A$. O produto da resistência numa escala pela corrente máxima nessa escala é igual para todas as escalas e corresponde à máxima queda de potencial no amperímetro. Esse valor é uma característica do galvanômetro utilizado no amperímetro, e é igual ao produto da resistência do galvanômetro R_G pela corrente de fundo I_{FE} :

queda de potencial máxima no amperímetro = $R_G I_{FE}$ (em WA).



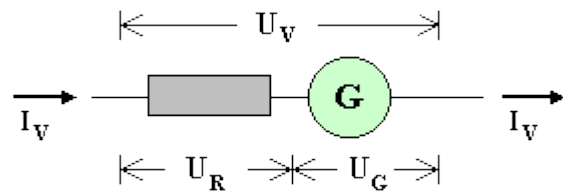
CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

18

Construção de um Voltímetro

Um voltímetro é construído pela associação em série de um resistor R_s com um galvanômetro (Figura 3b). A diferença de potencial total U_V aplicada sobre a associação se divide entre o resistor e o galvanômetro na razão direta de suas resistências R_s e R_G . A tensão U_G aplicada sobre os terminais do galvanômetro é apenas uma fração da tensão total U_V aplicada sobre a associação; se soubermos em que proporção U_V se divide entre U_G e U_s poderemos determinar quanto vale a tensão total U_V medindo a parte dela que atua sobre o galvanômetro.



Construção de voltímetro com galvanômetro e resistor em série

Mostre que $\frac{U_s}{U_G} = \frac{R_s}{R_G}$ **e a partir daí que** $U = U_G + U_s = \left(1 + \frac{R_s}{R_G}\right) U_G$

O número adimensional $\left(1 + \frac{R_s}{R_G}\right)$ é o fator de amplificação da escala natural de medida de tensão

do galvanômetro conseguida com a associação em série com o resistor R_s . A partir dessa relação podemos calcular o valor da resistência necessário para converter o galvanômetro num voltímetro na escala desejada.

A resistência do voltímetro na nova escala é R_V enquanto a tensão máxima que se pode medir é igual a $R_V I_{FE}$. A relação entre a resistência numa escala e a tensão máxima nessa escala é a sensibilidade do voltímetro, uma "resistência específica" que é característica do galvanômetro utilizado, igual ao inverso da corrente de fundo de escala:

sensibilidade do voltímetro = I_{FE}^{-1} (em W/V).



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

19

22 - descrever um Capacitor

É um componente constituído por dois condutores separados por um isolante: os condutores são chamados armaduras (ou placas) do capacitor e o isolante é o dielétrico do capacitor.

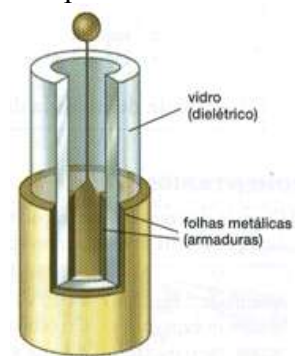


Costuma-se dar nome a esses aparelhos de acordo com a forma de suas armaduras.

Capacitor plano



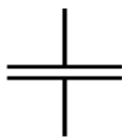
Capacitor cilíndrico



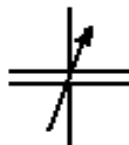
O dielétrico pode ser um isolante qualquer como o vidro, a parafina, o papel e muitas vezes é o próprio ar. Nos diagramas de circuitos elétricos o capacitor é representado da maneira mostrado abaixo:

SÍMBOLOS DOS CAPACITORES

Fixos



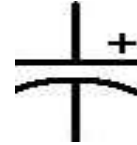
Variáveis



Ajustáveis

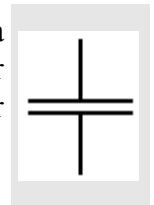


Eletrolíticos



O dielétrico pode ser ar, papel, plástico ou qualquer outro material que não conduza eletricidade e impeça que as placas se toquem. Você pode fazer facilmente um capacitor a partir de dois pedaços de papel alumínio e um pedaço de papel. Não seria um capacitor muito bom em termos de capacidade de armazenamento, porém funcionaria.

Em um **circuito eletrônico**, um capacitor é indicado na forma da figura ao lado:



Uma maneira de visualizar a ação do capacitor é imaginá-lo como um reservatório de água conectada a uma tubulação. O reservatório "armazena" pressão de água - quando as bombas do sistema de abastecimento enviam mais água do que você necessita, o excesso é armazenado no reservatório. Então, nos momentos de maior demanda, o excesso de água flui para fora da caixa para manter a pressão alta. Um capacitor armazena elétrons da mesma forma, e pode liberá-los mais tarde.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

20

O capacitor se parece um pouco com uma bateria. Embora funcionem de maneira totalmente diferente, tanto os capacitores como as baterias **armazenam energia elétrica**. Se você leu o tópico sobre Pilhas e Baterias então já sabe que uma pilha (ou uma bateria, de modo mais genérico) possui dois pólos (ou terminais). Dentro da pilha, reações químicas produzem elétrons em um terminal e absorvem elétrons no outro.

O capacitor é um dispositivo muito mais simples, e não pode produzir novos elétrons – ele apenas os armazena.

Na figura ao lado temos um Capacitor de flash para máquina fotográfica.

Como a pilha, o capacitor possui dois terminais. Dentro do capacitor, os terminais conectam-se a duas **placas** metálicas separadas por um **dielétrico**.



Aplicações

A diferença entre um capacitor e uma pilha é que o capacitor pode descarregar toda sua carga em uma pequena fração de segundo, já uma pilha demoraria alguns minutos para descarregar-se. É por isso que o flash eletrônico em uma câmera utiliza um capacitor, a pilha carrega o capacitor do flash durante vários segundos, e então o capacitor descarrega toda a carga no bulbo do flash quase que instantaneamente. Isto pode tornar um capacitor grande e carregado extremamente perigoso, os flashes e as TVs possuem advertências sobre abri-los por este motivo. Eles possuem grandes capacitores que poderiam matá-lo com a carga que contêm.

Os capacitores são utilizados de várias maneiras em circuitos eletrônicos:

- algumas vezes, os capacitores são utilizados para **armazenar carga para utilização rápida**. É isso que o flash faz. Os grandes lasers também utilizam esta técnica para produzir flashes muito brilhantes e instantâneos;
- os capacitores também podem **eliminar ondulações**. Se uma linha que conduz corrente contínua (CC) possui ondulações e picos, um grande capacitor pode uniformizar a tensão absorvendo os picos e preenchendo os vales;
- um capacitor pode **bloquear a CC**. Se você conectar um pequeno capacitor a uma pilha, então não fluirá corrente entre os pólos da pilha assim que o capacitor estiver carregado (o que é instantâneo se o capacitor é pequeno). Entretanto, o sinal de corrente alternada (CA) flui através do capacitor sem qualquer impedimento. Isto ocorre porque o capacitor irá carregar e descarregar à medida que a corrente alternada flutua, fazendo parecer que a corrente alternada está fluindo.

Uma das utilizações mais comuns dos capacitores é combiná-los com indutores para criar **osciladores**.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

21

Código de capacitores

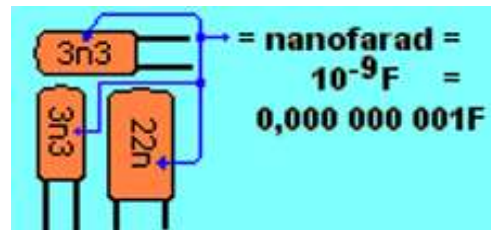
Alguns capacitores apresentam uma codificação que é um tanto estranha, mesmo para os técnicos experientes, e muito difícil de compreender para o técnico novato.

Observemos o exemplo:

O valor do capacitor, "B", é de 3300 pF (picofarad = 10^{-12} F) ou 3,3 nF (nanofarad = 10^{-9} F) ou 0,0033 μ F (microfarad = 10^{-6} F). No capacitor "A", devemos acrescentar mais 4 zeros após os dois primeiros algarismos. O valor do capacitor, que se lê 104, é de 100000 pF ou 100 nF ou 0,1 μ F.



O desenho ao lado, mostra capacitores que tem os seus valores, impressos em nanofarad (nF) = 10^{-9} F. Quando aparece no capacitor uma letra "n" minúscula, como um dos tipos apresentados ao lado por exemplo: 3n3, significa que este capacitor é de 3,3nF. No exemplo, o "n" minúsculo é colocado ao meio dos números, apenas para economizar uma vírgula e evitar erro de interpretação de seu valor.

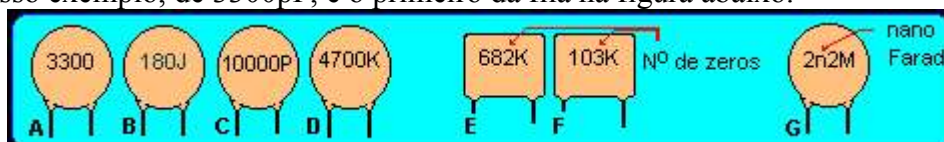


Multiplicando-se 3,3 por 10^{-9} = (0,000.000.001), teremos 0,000.000.003.3 F. Para se transformar este valor em microfarad, devemos dividir por 10^{-6} = (0,000.001), que será igual a 0,0033 μ F.

Para voltarmos ao valor em nF, devemos pegar 0,000.000.003.3F e dividir por 10^{-9} = (0,000.000.001), o resultado é 3,3nF ou 3n3F.

Para transformar em picofarad, pegamos 0,000.000.003.3F e dividimos por 10^{-12} , resultando 3300pF.

Alguns fabricantes fazem capacitores com formatos e valores impressos como os apresentados abaixo. O nosso exemplo, de 3300pF, é o primeiro da fila na figura abaixo.



Note nos capacitores seguintes (letra B até J na figura acima), o aparecimento de uma letra maiúscula ao lado dos números. Esta letra refere-se a tolerância do capacitor, ou seja, o quanto que o capacitor pode variar de seu valor em uma temperatura padrão de 25° C. A letra "J" significa que este capacitor pode variar até $\pm 5\%$ de seu valor, a letra "K" = $\pm 10\%$ ou "M" = $\pm 20\%$.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

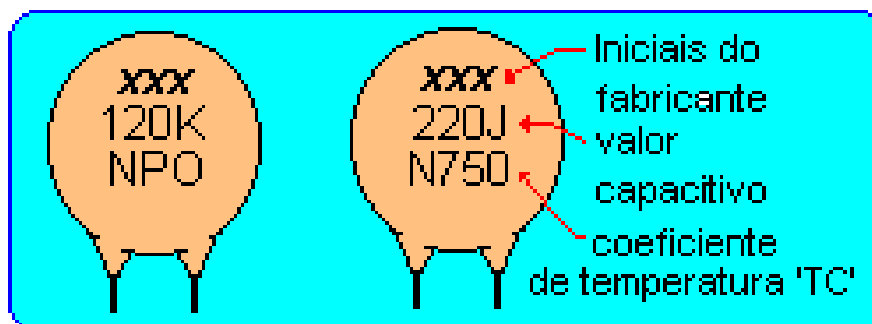
22

Códigos de tolerâncias de capacitância		
Até 10pF	Código	Acima de 10pF
±0,1pF	B	
±0,25pF	C	
±0,5pF	D	
±1,0pF	F	±1%
	G	±2%
	H	±3%
	J	±5%
	K	±10%
	M	±20%
	S	-50% -20%
	Z	+80% -20% ou +100% -20%
	P	+100% -0%

Agora, um pouco sobre coeficiente de temperatura "TC", que define a variação da capacitância dentro de uma determinada faixa de temperatura. O "TC" é normalmente expresso em % ou ppm/°C (partes por milhão / °C).

É usado uma seqüência de letras ou letras e números para representar os coeficientes.

Observe o desenho abaixo.



Os capacitores ao lado são de coeficiente de temperatura linear e definido, com alta estabilidade de capacitância e perdas mínimas, sendo recomendados para aplicação em circuitos ressonantes, filtros, compensação de temperatura e acoplamento e filtragem em circuitos de RF.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

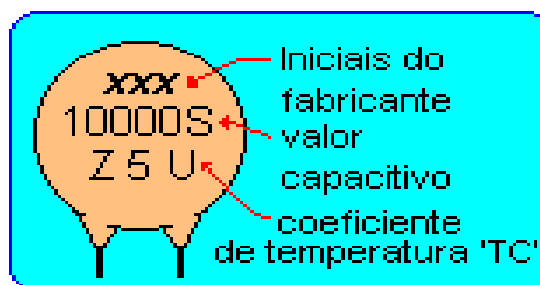
23

Na tabela abaixo estão mais alguns coeficientes de temperatura e as tolerâncias que são muito utilizadas por diversos fabricantes de capacitores.

Código	Coeficiente de temperatura
NPO	$-0 \pm 30 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
N075	$-75 \pm 30 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
N150	$-150 \pm 30 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
N220	$-220 \pm 60 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
N330	$-330 \pm 60 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
N470	$-470 \pm 60 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
N750	$-750 \pm 120 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
N1500	$-1500 \pm 250 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
N2200	$-2200 \pm 500 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
N3300	$-3300 \pm 500 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
N4700	$-4700 \pm 1000 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
N5250	$-5250 \pm 1000 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
P100	$+100 \pm 30 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$

Outra forma de representar coeficientes de temperatura é mostrado abaixo.

É usada em capacitores que se caracterizam pela alta capacitância por unidade de volume (dimensões reduzidas) devido a alta constante dielétrica sendo recomendados para aplicação em desacoplamentos, acoplamentos e supressão de interferências em baixas tensões.



Os coeficientes são também representados exibindo seqüências de letras e números, como por exemplo: X7R, Y5F e Z5U. Para um capacitor Z5U, a faixa de operação é de $+10^\circ\text{C}$ que significa "Temperatura Mínima", seguido de $+85^\circ\text{C}$ que significa "Temperatura Máxima" e uma variação "Máxima de capacitância", dentro desses limites de temperatura, que não ultrapassa -56% , $+22\%$.

Veja a tabela seguinte para compreender o exemplo anterior e entender outros coeficientes.

Temperatura Mínima	Temperatura Máxima	Varição Máxima de Capacitância
		A $\pm 1.0\%$
		B $\pm 1.5\%$
		C $\pm 2.2\%$
		D $\pm 3.3\%$
		E $\pm 4.7\%$
		F $\pm 7.5\%$
		P $\pm 10\%$
		R $\pm 15\%$
		S $\pm 22\%$
		T -33% , $+22\%$
		U -56% , $+22\%$
		V -82% , $+22\%$
X -55°C	2 $+45^\circ\text{C}$	
Y -30°C	4 $+65^\circ\text{C}$	
Z $+10^\circ\text{C}$	5 $+85^\circ\text{C}$	
	6 $+105^\circ\text{C}$	
	7 $+125^\circ\text{C}$	

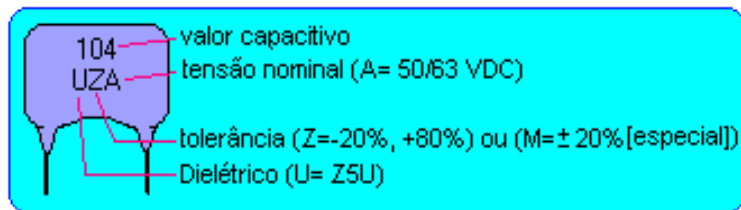


CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

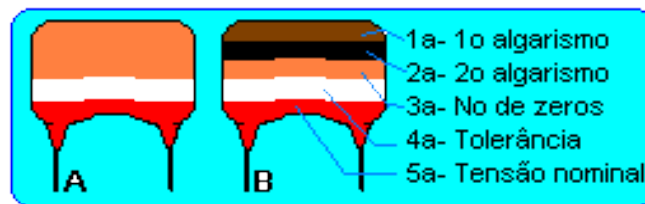
TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

24

Capacitores de Cerâmica Multicamada



Capacitores de Poliéster Metalizado usando código de cores



No capacitor "A", as 3 primeiras cores são, laranja, laranja e laranja, correspondem a 33000, equivalendo a 33 nF. A cor branca, logo adiante, é referente a $\pm 10\%$ de tolerância. E o vermelho, representa a tensão nominal, que é de 250 volts.

A tabela abaixo, mostra como interpretar o código de cores dos capacitores.

	1ª Algarismo	2ª Algarismo	3ª Nº de zeros	4ª Tolerância	5ª Tensão
PRETO	0	0	-	$\pm 20\%$	-
MARROM	1	1	0	-	-
VERMELHO	2	2	00	-	250V
LARANJA	3	3	000	-	-
AMARELO	4	4	0000	-	400V
VERDE	5	5	00000	-	-
AZUL	6	6	-	-	630V
VIOLETA	7	7	-	-	-
CINZA	8	8	-	-	-
BRANCO	9	9	-	$\pm 10\%$	-



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

25

Capacidade ou Capacitância de um Capacitor

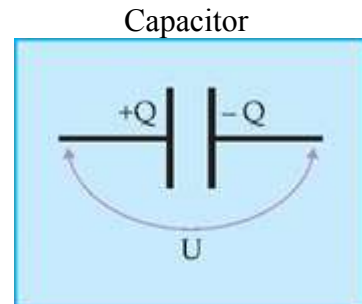
A carga elétrica armazenada em um capacitor é diretamente proporcional à diferença de potencial elétrico ao qual foi submetido.

Assim sendo, definimos **capacidade eletrostática C** de um capacitor como a razão entre o valor absoluto da **carga elétrica Q** que foi movimentada de uma armadura para outra e a **ddp U** nos seus terminais.

Essa carga elétrica corresponde à carga de sua armadura positiva.

A capacidade eletrostática de um capacitor depende da forma e dimensões de suas armaduras e do dielétrico (material isolante) entre as mesmas.

A unidade de capacidade eletrostática, no Sistema Internacional de Unidades (SI), é o farad (F).



Capacidade

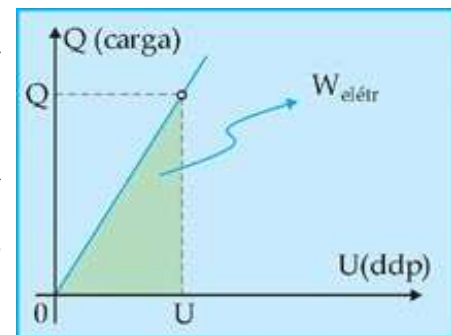
$$C = \frac{Q}{U}$$

Energia Armazenada

O gráfico ao lado representa a carga elétrica **Q** de um capacitor em função da **ddp U** nos seus terminais.

Como, nesse caso, **Q** e **U** são grandezas diretamente proporcionais, o gráfico corresponde a uma função linear, pois a capacidade eletrostática **C** é constante.

Considerando que o capacitor tenha adquirido a carga **Q** quando submetido à **ddp U** do gráfico, a energia elétrica **W_{elétr}** armazenada no capacitor corresponde à área do triângulo hachurado.



Energia Armazenada

$$W_{\text{elétr}} = \frac{Q \cdot U}{2} \text{ e como } Q = C \cdot U, \text{ então } W_{\text{elétr}} = \frac{C \cdot U \cdot U}{2} \Rightarrow W_{\text{elétr}} = \frac{C \cdot U^2}{2}$$

Processos de Fabricação

Os capacitores de filme metalizado são obtidos pela deposição de uma camada de material condutor, sobre um dos lados de uma película de material flexível isolante, em geral um filme plástico de baixas perdas dielétricas, por exemplo, poliéster. Isto feito, duas películas são enroladas uma sobre a outra, de maneira que as superfícies metalizadas não se toquem.. Conecta-se então um terminal a cada superfície metálica. O acabamento é feito com cera fundida, ou com resina epóxi, sobre o qual se faz a marcação dos valores.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

26

Tipos de capacitores

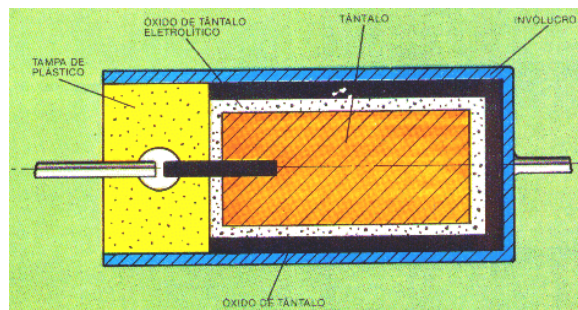
Capacitores de mica

São fabricados alternando-se películas de mica (silicato de alumínio) com folhas de alumínio. Sendo a mica um dielétrico muito estável e de alta resistividade, estes **capacitores** são utilizados em circuitos que trabalham com *alta frequência* (etapas osciladoras de radiofrequência). Suas capacitâncias variam de $5pF$ a $100 nF$, apresentando elevada precisão.



Capacitores de papel

Capacitores de filtro com dielétrico de papel são volumosos e seu valor é em geral limitado a menos do que $10 mF$. Eles não são polarizados e podem suportar altas tensões. Não há fuga apreciável de corrente através de um destes **capacitores**. São fabricados enrolando-se uma ou mais folhas de papel entre folhas metálicas.



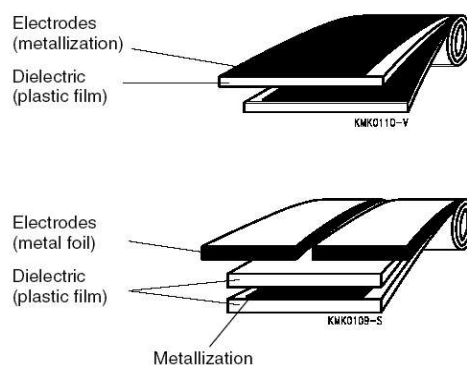
Todo o conjunto é envolvido em resina termoplástica.. Esse tipo de componente é barato e é aplicado em usos gerais.

Para melhorar as características o papel pode ser impregnado com óleo , o que ocasiona:

- *Aumento da rigidez dielétrica.*
- *Aumento da margem de temperatura de aplicação do capacitor.*
- *Aplicação de altas tensões.*

Capacitores poliméricos

São fabricados com duas fitas finas de plástico metalizadas numa das faces, deixando, porém, um trecho descoberto ao longo de um dos bordos, o inferior em uma das tiras, e o superior na outra. As duas tiras são enroladas uma sobre a outra, e nas bases do cilindro são fixados os terminais, de modo que ficam em contato apenas com as partes metalizadas das tiras. O conjunto é recoberto por um revestimento isolante. Estes **capacitores** são empregados em baixa e média frequência e como **capacitores** de filtro e, às vezes, em alta frequência. Têm a vantagem de atingir capacitâncias relativamente elevadas em tensões máximas que chegam a alcançar os $1000 V$.



Por outro lado, se ocorrer uma perfuração no dielétrico por excesso de tensão, o metal se evapora na área vizinha à perfuração sem que se produza um curto-circuito, evitando assim a destruição do componente.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE
OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR

CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE

(Apostila 2)

27

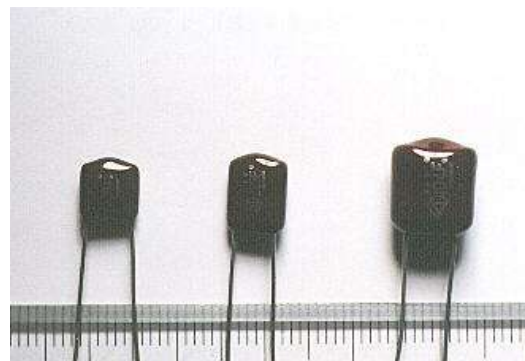
Capacitores de polipropileno

O polipropileno é um plástico com propriedades análogas ao polietileno, e apresenta maior resistência ao calor, aos solventes orgânicos e a radiação. O modo de fabricação é o mesmo utilizado no capacitor de poliestireno.

Estes componentes são ideais para aplicação em circuitos de filtros ou ressonantes.

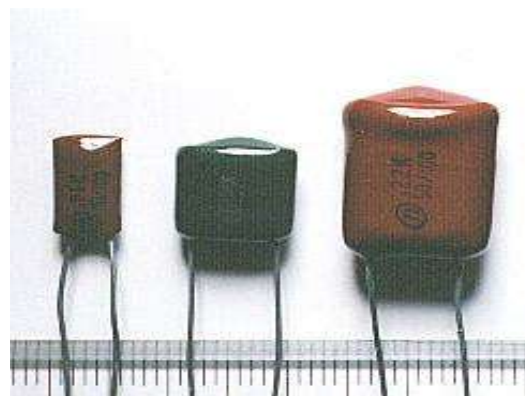
São usados quando houver necessidade de pequena tolerância. A capacitância destes capacitores praticamente não muda.

Estes capacitores tem uma tolerância de $\pm 1\%$.



Capacitores de poliéster

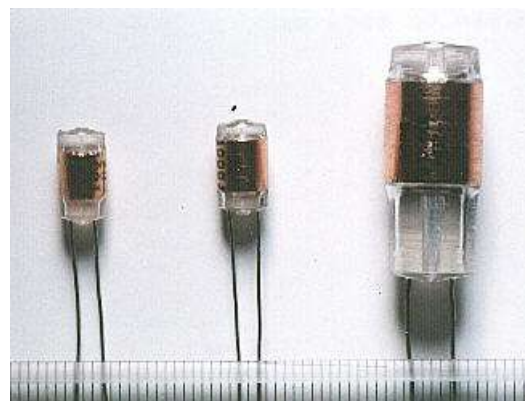
Estes componentes foram criados para substituir os **capacitores** de papel, tendo como principais vantagens sobre os constituídos de papel: maior resistência mecânica, não é um material higroscópico, suporta ampla margem de temperatura ($-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $150\text{ }^{\circ}\text{C}$) com grande rigidez dielétrica. *Por apresentar variações de sua capacitância com a frequência, não são recomendados para aplicação em dispositivos que operem em frequências superiores a MHz.* Os valores típicos são de 2pF a 10 μF com tensões entre 30 e 1000 V.



Capacitores Stiroflex ou de Filme de Poliestireno

É o primeiro capacitor a utilizar o plástico como dielétrico, neste caso o poliestireno. Este material apresenta a constante dielétrica mais baixa entre os plásticos e não sofre influência das frequências altas. Do mesmo modo dos anteriores são enroladas folhas de poliestireno entre folhas de alumínio.

As principais vantagens deste tipo de capacitor são: o reduzido fator de perda, alta precisão, tolerância baixa (em torno de 0,25 %), tensões de trabalho entre 30 e 600 V.



Nestes capacitores, um filme de poliestireno é usado como dielétrico. Este tipo de capacitor não pode ser usado em circuitos de altas frequências, pois eles são construídos com estruturas de bobinas. São usados em circuitos de filtro e circuitos de tempo que operem até algumas centenas de KHz ou menos.

O capacitor da esquerda tem uma altura de 10 mm, 5 mm de grossura, e é de 100pF.

O capacitor do meio tem uma altura de 10 mm, 5.7 mm de grossura, e é de 1000pF.

Estes capacitores não tem polaridade.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

28

Capacitores de Tântalo

Capacitores de tântalo são capacitores eletrolíticos que usam um material chamado de tântalo para os eletrodos. Grandes valores de capacitância similares ao de alumínio podem ser obtidas. Capacitores de tântalo são superiores ao de alumínio no que se refere à temperatura e frequência de operação. Usualmente o símbolo "+" é usado para indicar o pólo positivo.

Capacitores de tântalo são um pouco mais caro que os de alumínio. São usados em circuitos que precisam que o valor da capacitância seja constante com a temperatura e frequência.

O símbolo + usado para mostrar o terminal positivo. A foto mostra capacitores de tântalo. Os valores são os seguintes da esquerda para a direita:



0.33 μF (35V)
0.47 μF (35V)
10 μF (35V)

Capacitores cerâmicos

Geralmente são constituídos de um suporte tubular de cerâmica, em cujas superfícies interna e externa são depositadas finas camadas de prata às quais são ligados os terminais através de um cabo soldado sobre o tubo. Às vezes, os terminais são enrolados diretamente sobre o tubo. O emprego deste tipo de componente varia dos circuitos de alta frequência, com modelos compensados termicamente e com baixa tolerância, aos de baixa frequência, como **capacitores** de acoplamento e de filtro. Além dos tubulares, podem ser encontrados **capacitores** na forma de disco e de placa quebrada ou retangular.

São os mais próximos aos **capacitores** ideais, pois apresentam:

- Indutância parasitária praticamente nula
- Fator de potência nulo
- Alta constante dielétrica
- Capacitâncias entre frações de pF a 1 nF
- Ideais para circuitos sintonizadores.



Na figura acima o capacitor à esquerda é de 100pF com diâmetro de cerca de 3mm. O capacitor da direita tem impresso 103, significando $10 \times 10^3 \text{pF}$ que é 0.01 μF , o disco tem cerca de 6mm.

Internamente esses capacitores não tem estrutura de bobinas, por isso mesmo podem ser usados em aplicações de alta frequência. Tipicamente são usados em circuitos que aterram sinais de alta frequência. Esses capacitores tem a forma de um disco.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE
OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR

CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE

(Apostila 2)

29

Capacitores eletrolíticos

São aqueles que, com as mesmas dimensões, atingem maiores capacitâncias. São formados por uma tira metal recoberta por uma camada de óxido que atua como um dielétrico; sobre a camada de óxido é colocada uma tira de papel impregnado com um líquido condutor chamado eletrólito, ao qual se sobrepõe uma segunda lâmina de alumínio em contato elétrico com o papel.

Os **capacitores eletrolíticos** são, utilizados em circuitos em que ocorrem tensões contínuas, sobrepostas a tensões alternadas menores, onde funcionam apenas como **capacitores** de filtro para retificadores, de acoplamento para bloqueio de tensões contínuas, etc

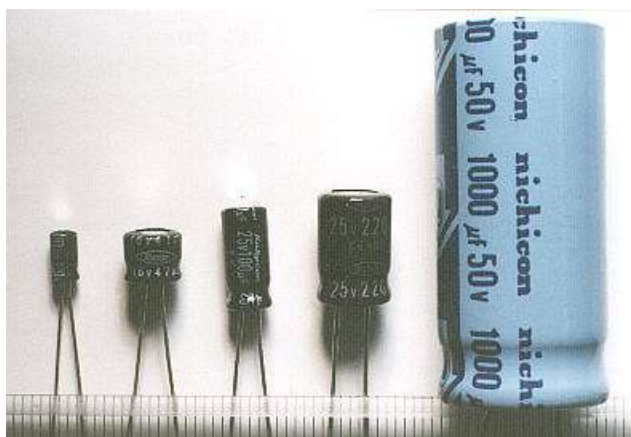
Alumínio é o material usado para os eletrodos.

Grandes valores de capacitância podem ser obtidos em comparação com o tamanho do capacitor devido a pequena espessura do dielétrico ser extremamente fina.

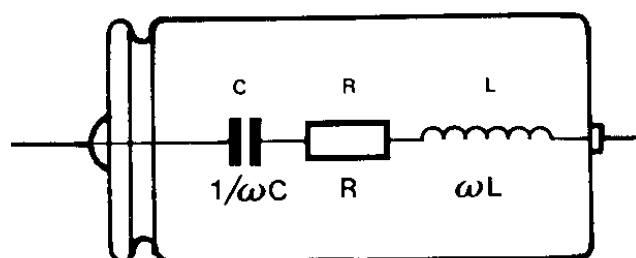
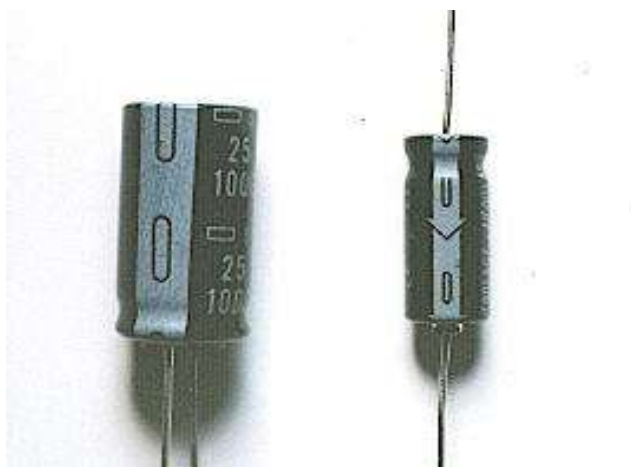
Uma das principais características de um capacitor eletrolítico é que eles tem polaridade (terminal positivo e terminal negativo). Isso significa que deveremos ter cuidado ao conectá-los ao circuito. Se o capacitor for submetido a uma tensão maior que a de trabalho ou se a polaridade for invertida ele pode ser danificado (ele pode explodir !!!). Tenha portanto muito cuidado para não cometer enganos.

Geralmente em um diagrama o lado positivo é indicado com um "+" (mais), mas pode ser que o terminal com indicação seja o negativo.

A faixa de valores pode variar de $1\mu\text{F}$ a milhares de μF . Esse tipo de capacitor é usado principalmente em fontes de alimentação, para diminuir o *ripple*. Como, construtivamente esse capacitor é similar a uma bobina (é uma fita de alumínio enrolada) ele não é adequado para se usado em altas frequências.



Na Figura acima da esquerda para a direita:
 $1\mu\text{F}$ (50V) diâmetro 5 mm, altura 12 mm
 $47\mu\text{F}$ (16V) diâmetro 6 mm, altura 5 mm
 $100\mu\text{F}$ (25V) diâmetro 5 mm, altura 11 mm
 $220\mu\text{F}$ (25V) diâmetro 8 mm, altura 12 mm
 $1000\mu\text{F}$ (50V) diâmetro 18 mm, altura 40 mm

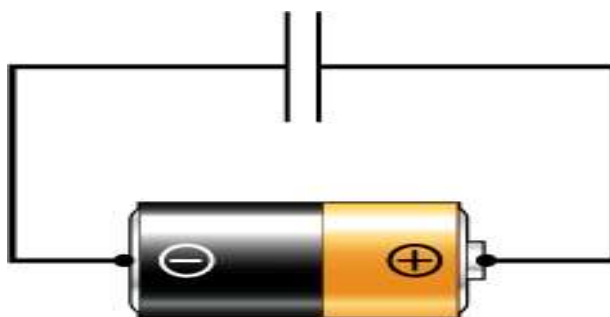




23 - descrever o processo de Carga e Descarga de um Capacitor

Quando você **conecta um capacitor a uma pilha**, é isto que acontece:

- a placa do capacitor conectada ao terminal negativo da pilha aceita os elétrons que a pilha produz
- a placa do capacitor conectada ao terminal positivo da pilha perde os elétrons para a pilha



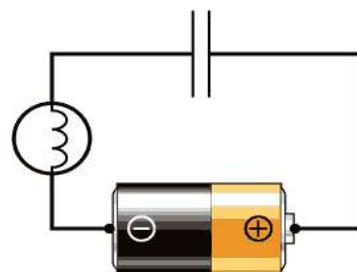
Depois de carregado, o capacitor possui a mesma tensão que a pilha (1,5 volts na pilha significa 1,5 volts no capacitor). Em um capacitor pequeno, a capacidade é pequena. Porém capacitores grandes podem armazenar uma carga considerável.

Você poderá encontrar capacitores do tamanho de latas de refrigerante, por exemplo, que armazenam carga suficiente para acender o bulbo de uma lâmpada de flash por um minuto ou mais.

Quando você vê relâmpagos no céu, o que você está vendo é um imenso capacitor onde uma placa é a nuvem e a outra placa é o solo, e o relâmpago é a liberação da carga entre essas duas "placas". Obviamente, um capacitor tão grande pode armazenar uma enorme quantidade de carga.

Digamos que você conecte um capacitor desta maneira:

Você tem uma pilha, uma lâmpada e um capacitor. Se o capacitor for grande, você notará que, quando conecta a pilha, a lâmpada se acenderá à medida que a corrente flui da pilha para o capacitor e o carrega. A lâmpada diminuirá sua luminosidade progressivamente até finalmente apagar, assim que o capacitor atingir sua capacidade. Então você poderá remover a pilha e substituí-la por um fio elétrico. A corrente fluirá de uma placa do capacitor para a outra.



A lâmpada acenderá e então começará a diminuir cada vez mais sua luminosidade, até apagar assim que o capacitor estiver totalmente descarregado (o mesmo número de elétrons nas duas placas).

Farads

A unidade de capacitância é o **farad**. Um capacitor de 1 farad pode armazenar um coulomb de carga a 1 volt. Um coulomb é $6,25 \times 10^{18}$ (6,25 * 10¹⁸, ou 6,25 bilhões de bilhões) de elétrons.

Um **ampère** representa a razão de fluxo de elétrons de 1 coulomb de elétrons por segundo, então, um capacitor de 1 farad pode armazenar 1 ampère-segundo de elétrons a 1 volt.

Um capacitor de 1 farad seria bem grande. Ele poderá ser do tamanho de uma lata de atum ou de uma garrafa de 1 litro de refrigerante, dependendo da tensão que ele pode suportar.

Então, normalmente, os capacitores são medidos em microfarads (milionésimos de um farad).

Para ter uma idéia de quanto é um farad, pense desta forma: uma pilha alcalina AA comum contém aproximadamente 2,8 ampère-hora. Isto significa que uma pilha AA pode produzir 2,8 ampères durante uma hora a 1,5 volts (aproximadamente 4,2 watts-hora - uma pilha AA pode acender uma lâmpada de 4 watts por pouco mais de uma hora).



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

31

Vamos pensar em 1 volt para tornar as contas mais fáceis.

Para armazenar a energia de uma pilha AA em um capacitor, seriam necessários $3.600 * 2,8 = 10.080$ farads para manter, pois um ampère-hora é 3.600 ampères-segundo.

Se é necessário algo do tamanho de uma lata de atum para manter um farad, então 10.080 farads precisariam de MUITO mais espaço que uma única pilha AA.

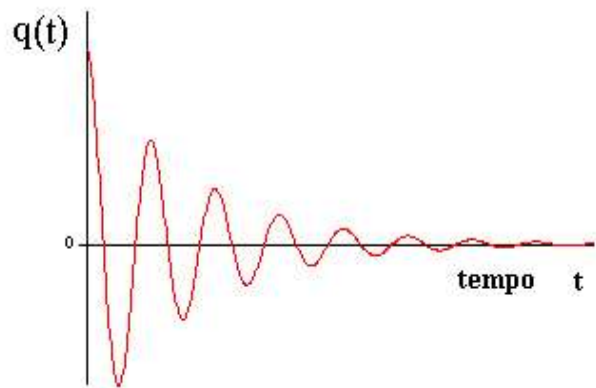
Obviamente, não é possível utilizar capacitores que armazenam uma quantidade significativa de energia, a menos que isto seja feito em altas tensões.

Normalmente em circuitos eletrônicos os capacitores ficarão submetidos tanto a sinais alternados como a tensões contínuas. Podemos perceber também que com a carga e descarga de um capacitor podemos transformar um sinal contínuo em alternado (é lógico que precisaremos de outros componentes para auxiliá-lo).

O tempo de carga e descarga de um capacitor é muito importante em circuitos que o usam como referência. Saber o valor da XC é muito importante em circuitos que amplificam sinais alternados e utilizam capacitores para acoplamento ou desacoplamento destes sinais.

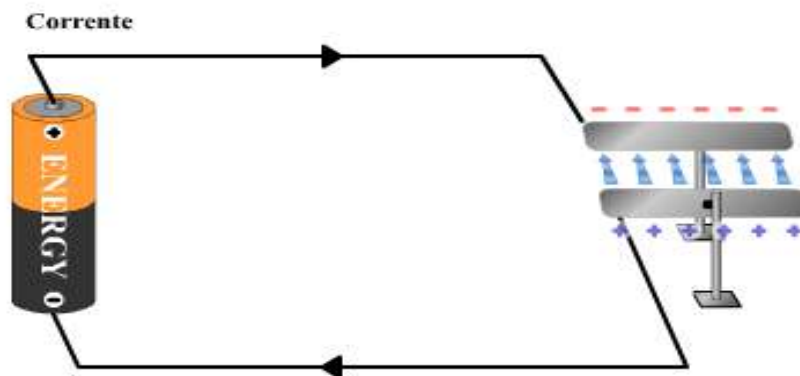
Na realidade a única corrente que atravessa, literalmente, um capacitor é chamada de corrente de fuga.

Uma das características mais interessantes do capacitor, que possibilita inúmeras aplicações tecnológicas, sobretudo em eletrônica, é o seu tempo de carga e descarga. A figura a seguir representa o processo de carga de um capacitor por um gerador e o correspondente gráfico de carga armazenada em cada placa durante o tempo correspondente.



Carga no capacitor em função do tempo

Carregando capacitor



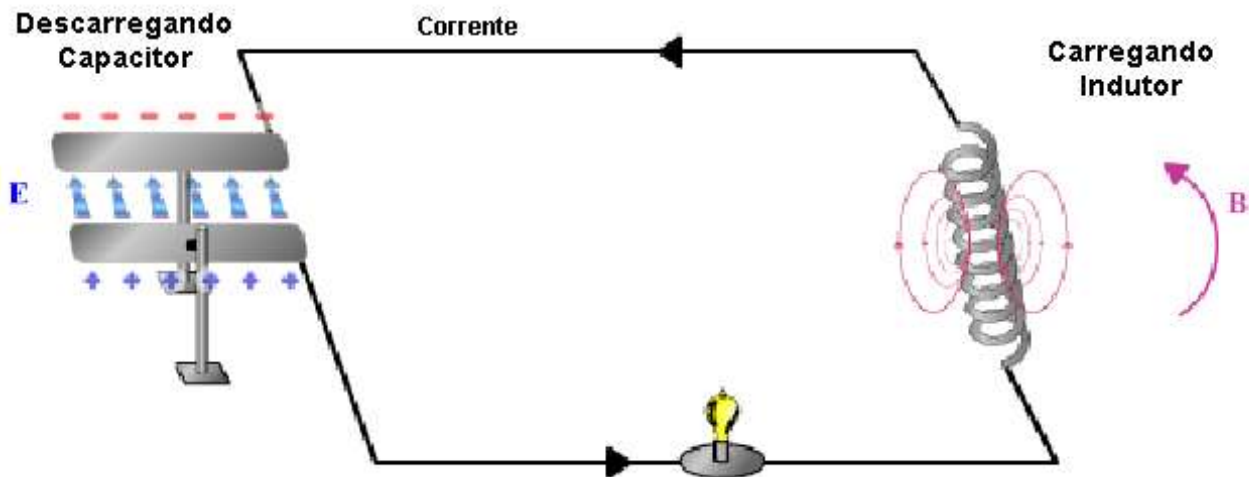


CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

32

Descarregando Capacitor



Os picos de CC podem chegar a 1,2 vezes a tensão nominal dada pela fonte sem estabilização. Assim, uma fonte que forneça 9Vcc pode chegar a 10,8Vcc e um exemplo bem prático disso são aquelas fontes de camelô que possuem uma chave onde vc escolhe a tensão que vc quer. Mas normalmente a tensão tende a se estabilizar na sua voltagem nominal quando esta está em regime de uso, ficando os picos de 1,2 vezes apenas quando a fonte está aberta, ou seja, sem carga na sua saída.

24 - descrever experimentos simples no qual se pode observar a ação de uma força magnética

A teoria dos domínios do magnetismo

O relato de William Gilbert sobre suas primeiras experiências com ímãs naturais, publicado em 1600, talvez represente o primeiro estudo científico do magnetismo.

Nos anos seguintes, as descobertas feitas por Coulomb, Oersted e Ampère aumentaram nosso conhecimento do comportamento dos ímãs e da natureza das forças magnéticas.

Entretanto, os físicos acreditam que somente durante este último século é que começaram a compreender a verdadeira natureza do magnetismo.

A opinião atual é que as propriedades magnéticas da matéria são de origem elétrica, resultante, talvez, dos movimentos dos elétrons dentro dos átomos das substâncias. Como o elétron é uma partícula eletricamente carregada, esta teoria sugere que o magnetismo é uma propriedade de uma carga em movimento. Se assim for, podemos explicar a energia associada às forças magnéticas usando leis conhecidas da Física.

Dois tipos de movimentos eletrônicos são importantes neste moderno modelo posto para explicar o magnetismo.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

33

Primeiro:

Um elétron girando em torno do núcleo de um átomo confere uma propriedade magnética à estrutura atômica.

Quando os átomos de uma substância são sujeitos à força magnética de um ímã forte, a força afeta essa propriedade magnética, opondo-se ao movimento dos elétrons. Os átomos são, assim, repelidos pelo ímã; isto é diamagnetismo; se o movimento do elétron em torno do núcleo fosse seu único movimento, todas as substâncias seriam diamagnéticas. A repulsão diamagnética é bastante fraca em sua ação sobre a massa total de uma substância, porque os movimentos térmicos dentro da substância mantêm os ímãs do átomo agitando-se em direções caóticas, de modo que tendem a neutralizarem-se mutuamente.

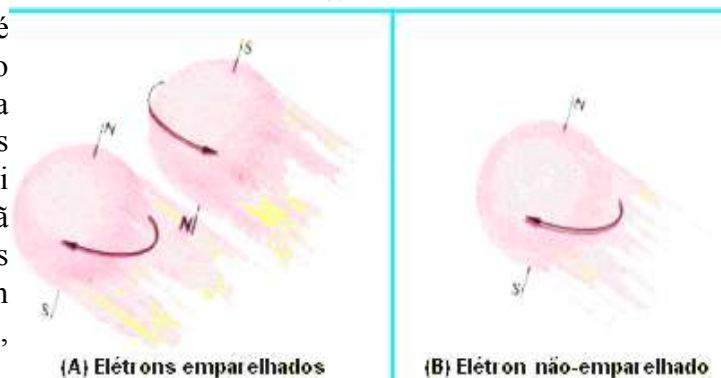
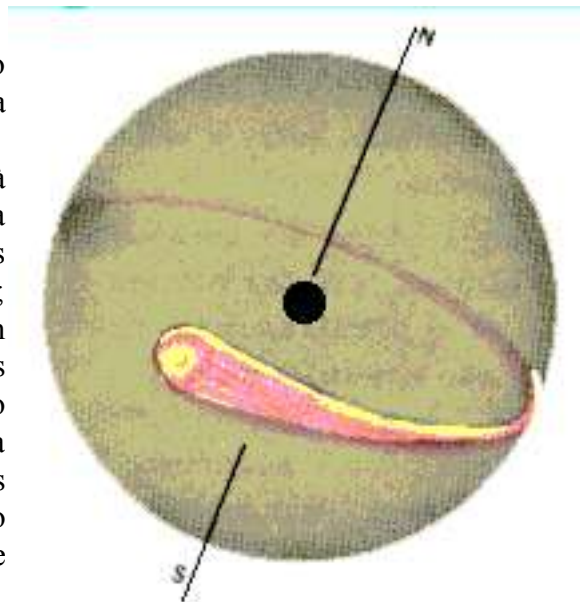
O **Segundo** tipo de movimento eletrônico é o "spin" do elétron em torno do seu próprio eixo. A propriedade magnética da matéria parece originar-se basicamente do spin dos elétrons; cada elétron que gira sobre si mesmo atua como um pequenino ímã permanente. Spins opostos são indicados como + e - spins; os elétrons que giram em direções opostas tendem a formar pares e, assim, neutralizam seu caráter magnético.

O caráter magnético de um átomo, como um todo, pode ser fraco devido à interação mútua entre os spins eletrônicos.

As propriedades magnéticas estão associadas a ambos os tipos de movimentos eletrônicos. Os átomos de algumas substâncias podem possuir características de ímã permanente devido a um desequilíbrio entre órbitas e spins. Esses átomos atuam como pequeninos ímãs, chamados dipolos, e são atraídos por ímãs fortes. Substâncias nas quais esse efeito excede o diamagnetismo comum a todos os átomos mostram a propriedade do **paramagnetismo**.

Nos átomos das substâncias ferromagnéticas existem elétrons não-emparelhados cujos spins são orientados na mesma direção. O ferro, o cobalto e o níquel, os elementos de terras raras, gadolínio e disprósio, algumas ligas desses e de outros elementos e certos óxidos metálicos, chamados ferritas, exibem fortes propriedades ferromagnéticas.

Os níveis quânticos eletrônicos internos, ou camadas, das estruturas atômicas da maioria dos elementos contêm apenas elétrons emparelhados. O nível quântico mais alto, ou camada externa, de cada um dos gases nobres (exceto o hélio) consiste de um octeto estável de elétrons, composto de quatro pares eletrônicos, e os átomos de outros elementos atingem essa configuração estável formando ligações químicas. Somente em certos elementos de transição, que têm camadas internas incompletas, é que os elétrons não-emparelhados resultam em propriedades ferromagnéticas.



(A) Elétrons emparelhados

(B) Elétron não-emparelhado



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

34

Experiência 1 – Bússola

Você vai precisar dos seguintes materiais:

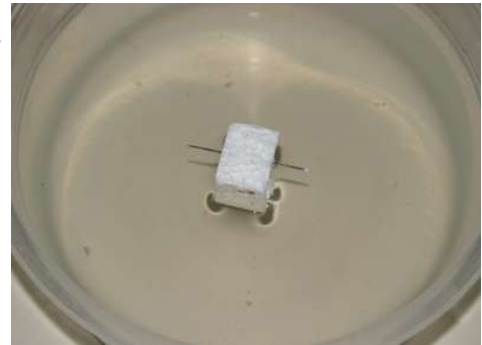
- uma agulha ou algum outro pedaço de aço parecido com um fio (um clipe de papel, por exemplo);
- alguma coisa pequena que flutue: um pedaço de rolha, a base de um copo de isopor, um pedaço de plástico, a tampa de uma jarra de leite, etc;
- um prato com água.

O primeiro passo é **transformar a agulha em um ímã**. A maneira mais fácil de fazer isso é com um outro ímã - passe o ímã na agulha 10 ou 20 vezes.

Coloque a rolha no meio do prato com água, conforme mostrado abaixo.

A técnica da "rolha na água" é um modo fácil de criar um apoio quase sem atrito.

Coloque a agulha magnética no centro da bóia. Ela irá, vagarosamente, apontar para o norte.



Experiência 2 – Agulha em cambalhota

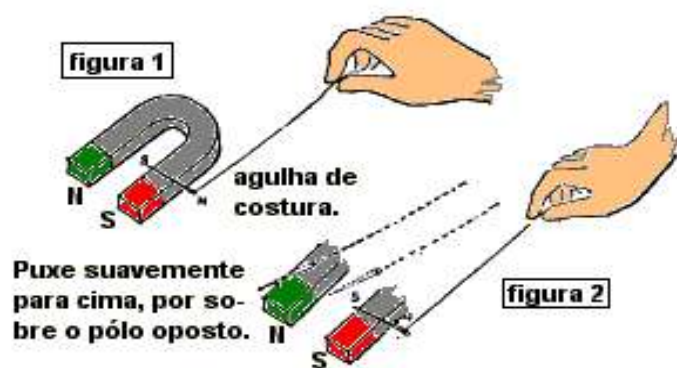
Materiais:

- uma agulha ou algum outro pedaço de aço parecido com um fio (um clipe de papel, por exemplo);
- um ímã ;
- um pedaço de linha.

Ponha sobre a mesa um ímã forte em forma de ferradura e faça uma agulha, enfiada numa linha, flutuar no espaço acima de um dos pólos do ímã (figura 1).

Na figura 2 mostramos como fazer isso. Deixe que a agulha permaneça sobre um dos pólos, até que esteja completamente imantada e, então, levante-a por meio da linha e puxe-a para cima do pólo oposto.

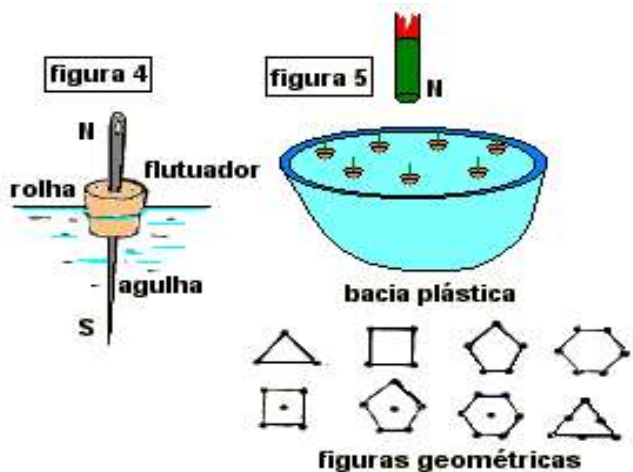
Tome o cuidado de não deixar o fundo da agulha ser puxado pelo ímã. Nesta posição a agulha dará cambalhotas como se estivesse flutuando num fluido invisível.





Experiência 3 – Figuras geométricas

Arranje seis ou sete rolhas pequenas de 1 a 2 cm de diâmetro e passe através das mesmas agulhas de costura (já imantadas) de tamanhos iguais (figura 4). Ponha-as num prato grande com água de modo que as extremidades superiores tenham a mesma polaridade. Se você chegar um dos pólos de um ímã reto (barra ou cilíndrico) ao centro do prato ele atrairá todas para o centro e se chegar o outro pólo este fará com que elas fujam correndo.



Um prato fundo, cujas bordas se inclinem abruptamente, é essencial para podermos notar melhor a atuação por parte das agulhas. Se o prato (ou travessa ou sopeira ou...) tiver os lados verticais, isto permitirá que as agulhas se encostem à borda, onde a tensão superficial impedirá que elas voltem ao centro. Essa situação não é o que pretendemos. Se você usar um prato de sopa, com bordas inclinadas, as pontas das agulhas esbarrarão no prato e o movimento para fora será interrompido.

Com esses 'flutuadores magnéticos' e o ímã de comando, faça os desenhos que você puder; veja alguns que podem ser obtidos na figura 5.

Experiência 4 – Dobradiça magnética.

Você observará um comportamento muito estranho, se colocar uma lâmina de barbear entre os pólos de um ímã em forma de ferradura, como na figura ao lado. Ela ficará em pé, em posição perpendicular a qualquer um dos pólos, como se estivesse presa ao ímã.



Dê uma cutucada com o dedo na extremidade solta e veja como vibra, como se estivesse presa por uma dobradiça de mola.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

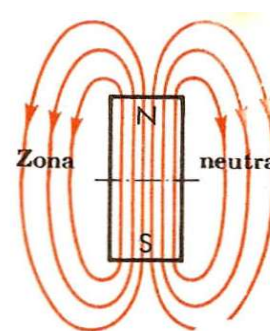
36

Magnetismo

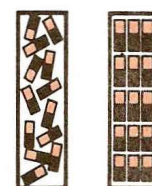
Geralmente os textos introdutórios sobre **magnetismo** iniciam com um histórico da descoberta do fenômeno, ocorrida na cidade de Magnésia, por volta do ano 121 DC.

O nome de **magnetismo** resultou do nome desta cidade da Ásia Menor (onde hoje é a Turquia), onde existia na Antiguidade um minério chamado magnetite (também chamada pedra-ímã ou pedra magnética) que possuía a propriedade de atrair objetos ferrosos à distância (sem contato físico).

Magnetismo é uma força que tem origem na estrutura atômica da matéria. Fala-se praticamente de magnetismo, quando um corpo (um ímã), possui a propriedade de atrair o ferro. A força do ímã se concentra sobre as suas extremidades, que são chamadas de pólos. Cada ímã tem um pólo norte e um pólo sul (figura ao lado). Designa-se como pólo norte aquele que é atraído pelo pólo norte geográfico da terra. No centro do ímã encontra-se a zona neutra, onde não existem forças de atração. Se subdividirmos um ímã em ímãs parciais, então cada um destes últimos ficara tendo um pólo norte e um pólo sul.



Esta subdivisão pode ser continuada à vontade, pois cada ímã é composto de inúmeros pequenos ímãs parciais (ímãs moleculares ou domínios). Quando estes apresentam uma orientação única (ou acentuadamente predominante), então a peça de ferro tem um efeito magnético externo, efeito este que não se acentua mais mesmo continuando-se a influir sobre o ímã, (figura ao lado). Este estado é chamado de **saturação**.



Desmagnetizado Magnetizado

A orientação dos ímãs moleculares ou domínios pode ser obtida colocando-se o corpo de ferro em contato com um outro ímã ou inserindo-se, o mesmo num campo elétrico. Em aço mole, a orientação se torna mais fácil do que em aço duro. O magnetismo que permanece após a retirada do ímã ou da corrente elétrica, é chamado de **remanente ou magnetismo residual**. Seu valor é maior em aços duros.

Aproximando-se dois pólos magnéticos, nota-se que:

Pólos de mesmo nome se repelem, e de nomes diferentes se atraem.

Os ímãs podem ser **artificiais** quando produzidos por intervenção humana e **naturais** que são encontrados na natureza, como a Magnetita.

Dependendo de sua capacidade magnética, um ímã também pode atrair líquidos e gases. Por exemplo, se colocarmos uma bolha de sabão ente os pólos de um poderoso ímã em ferradura, a força magnética deste irá distender, por indução magnética, a bolha em direção aos pólos. Da mesma maneira, colocada entre os pólos de um ímã poderoso, a chama de uma vela muda sua direção habitual, mostrando-se sensível ao magnetismo.



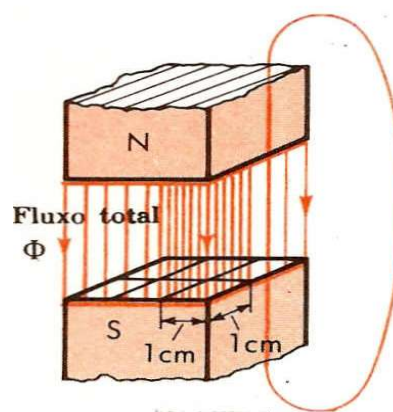


25 - descrever experimentos simples no qual se pode observar a visualização do conceito de linha de campo magnético

Campo Magnético

O 'espaço, no qual a força magnética' atua, é chamado de campo magnético. A configuração deste campo é representada por "linhas de campo". Estas saem do pólo norte, entram no pólo sul e fecham-se no ferro do ímã, figura ao lado. Materiais magnéticos (ferro, níquel, cobalto) conduzem bem as linhas magnéticas; ar, cobre, alumínio e materiais isolantes são maus condutores magnéticos.

Esta condutividade magnética é chamada de permeabilidade μ . magnética . Ela indica quantas vezes melhor um material conduz as linhas magnéticas do que o ar.



O número total de linhas de um ímã é chamado de **fluxo de indução magnético** $\langle f \rangle$ e medida em weber (Wb) ou maxwell (Mx)*⁹ $10^{-8} \text{ Wb} = 1 \text{ Mx}$.

A **densidade de um campo** expressa o número de linhas por cm de seção, sendo chamada de densidade de fluxo ou indução magnética B e medida em tesla (T) ou gauss (G). $1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T}^{*10}$

Isto significa: 1 maxwell (Mx) = 1 linha de campo 1 gauss (G) = 1 linha de campo por cm².

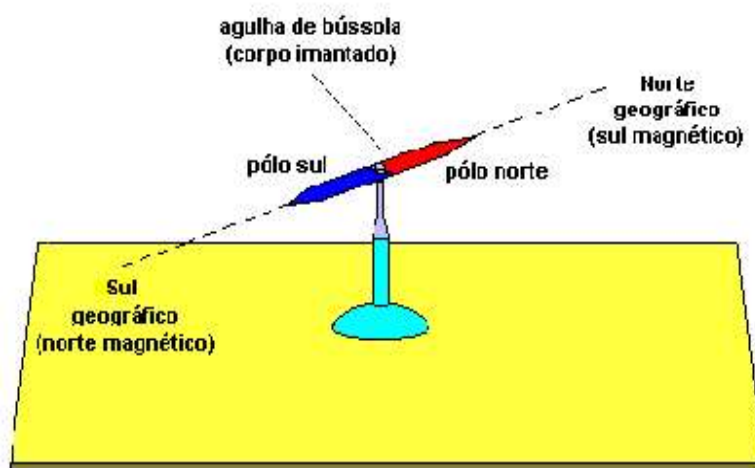
É importante saber que campos magnéticos são diferente de campos elétricos. Como já explicado, o primeiro se origina do movimento de cargas elétricas, enquanto que o campo elétrico surge apenas com uma carga, não importando seu momento.

O campo magnético é perpendicular ao campo elétrico.

Quando deixamos um corpo imantado livre para girar, este se orienta, aproximadamente, na direção Norte-Sul. A extremidade do corpo que aponta para o norte é chamada de "pólo norte", enquanto que a extremidade oposta, "pólo sul". É comum pintar estes pólos de cores diferentes. Normalmente o pólo norte é pintado de vermelho e o pólo sul de azul. A orientação de uma bússola se deve a interação magnética entre ela própria e o planeta Terra. Comportando-se como um grande ímã, o planeta tem no Norte geográfico um pólo sul magnético, enquanto que no Sul geográfico, um norte magnético. O pólo norte da bússola é atraído pelo Norte geográfico (sul magnético) enquanto que o pólo sul da bússola é atraído pelo Sul geográfico (norte magnético).

CAMPOS MAGNÉTICOS.

Bússola.

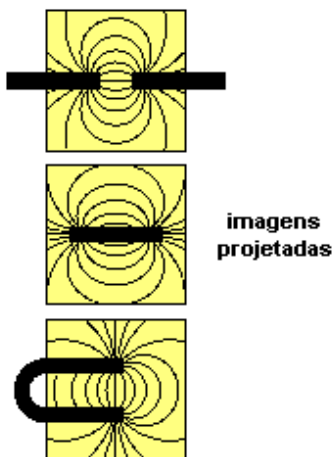
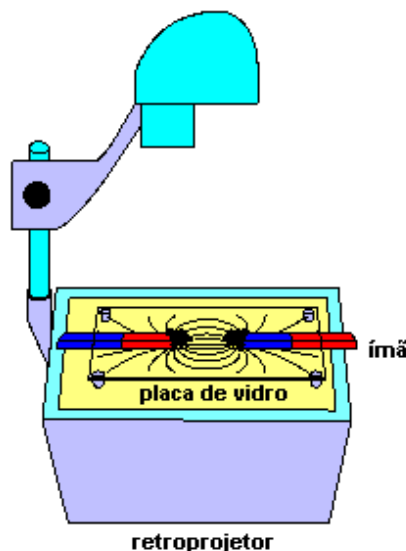




TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE
OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR
**CONHECIMENTOS BÁSICOS DE
ELETRONICA E ELETRICIDADE**
(Apostila 2)

CAMPOS MAGNÉTICOS.

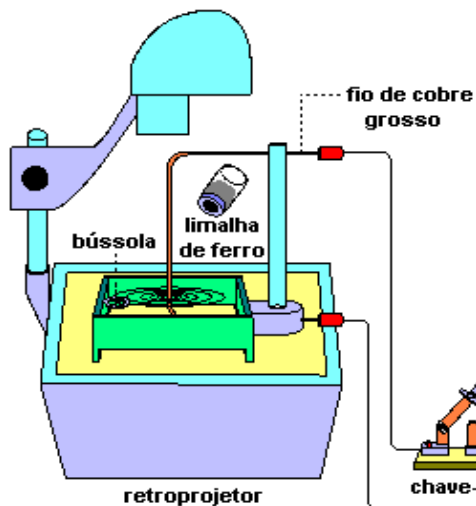
Ímãs fixos - espectros magnéticos.



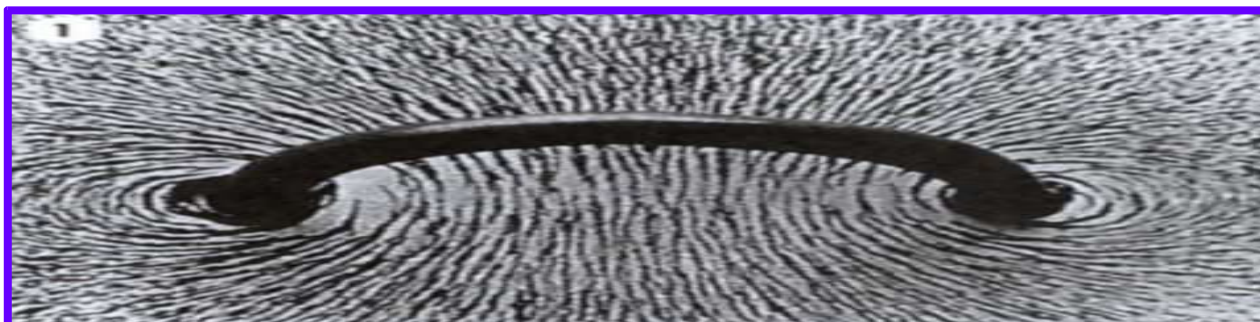
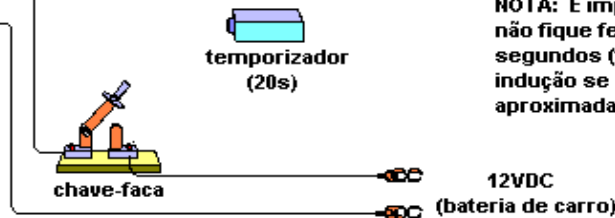
Ímãs em forma de barra e em forma de ferradura, são colocados sobre a mesa de um retroprojektor e, sobre estes, uma placa de vidro. Jogando limalha de ferro sobre a placa, é possível visualizar as linhas de indução magnética dos campos criados por esses ímãs. Este experimento torna-se interessante quando se dispõe sobre a mesa do retroprojektor associações de vários ímãs.

CAMPOS MAGNÉTICOS.

Fio reto - espectro magnético.



Fechando a chave-faca, uma intensa corrente elétrica (da ordem de 400A) atravessa o fio de cobre originando em torno deste, um campo magnético (a direção do campo pode ser determinada pela regra da mão direita). O fio atravessa uma placa de vidro onde jogamos limalha de ferro. A limalha de ferro vai se orientar de acordo com o campo magnético determinando assim, circunferências em torno do fio que podem ser visualizadas na projeção. NOTA: É importante que a chave-faca não fique fechada por mais de 20 segundos (temporizador). As linhas de indução se configuram em, aproximadamente, 10 segundos.



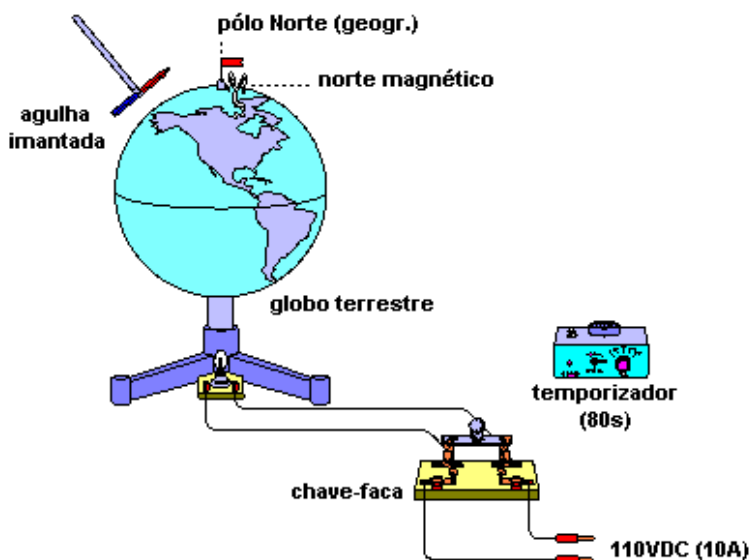


TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE
OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR
**CONHECIMENTOS BÁSICOS DE
ELETRONICA E ELETRICIDADE**
(Apostila 2)

26 - descrever as linhas do Campo Magnético de um ímã da Terra, e de um Solenóide

CAMPOS MAGNÉTICOS.

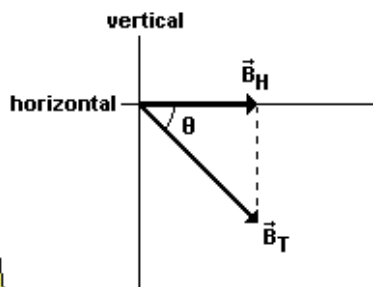
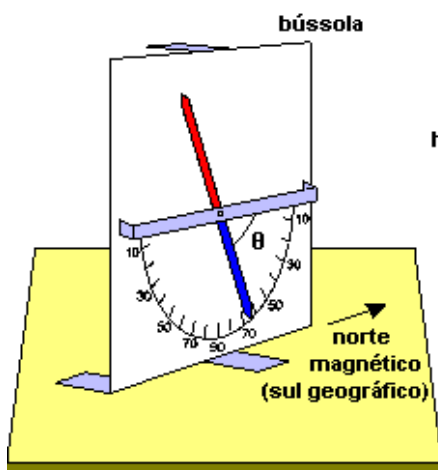
Modelo do campo magnético terrestre.



Neste experimento uma bobina inserida no interior de um globo, simula o campo magnético terrestre. Uma agulha imantada adaptada ao topo de um cabo permite a determinação das linhas de indução magnética do campo. Na instalação da bobina deve-se observar para que seu pólo sul magnético não esteja sobre o pólo Norte geográfico. Dessa forma pode-se demonstrar que o eixo geográfico Norte-Sul não coincide com o eixo sul-norte magnético. O temporizador, ajustado para 80 segundos, evita o aquecimento excessivo da bobina.

CAMPOS MAGNÉTICOS.

Inclinação magnética local.



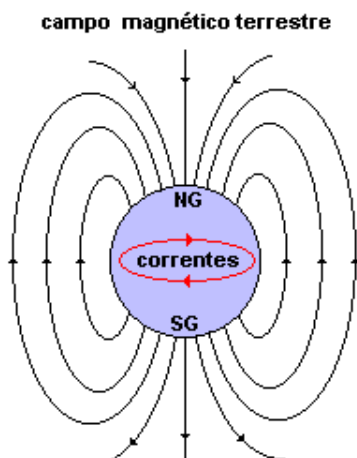
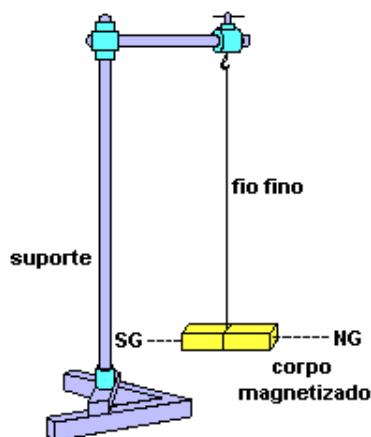
$$|\vec{B}_H| = |\vec{B}_T| \cdot \cos \theta$$

O aparelho utilizado neste experimento consiste numa bússola que pode ser disposta tanto horizontalmente quanto verticalmente. Visando determinar a inclinação magnética do campo terrestre \vec{B}_T , em determinado local, realizam-se os seguintes procedimentos:

- 1) A bússola é colocada em posição horizontal de modo a localizar a direção do norte magnético. Nesta situação a bússola está indicando a direção da componente horizontal \vec{B}_H do campo terrestre.
- 2) A bússola é colocada em posição vertical de modo a localizar a direção do campo magnético terrestre local. O ângulo θ determinado entre as direções de \vec{B}_H e \vec{B}_T é chamado de "inclinação magnética local".

CAMPOS MAGNÉTICOS

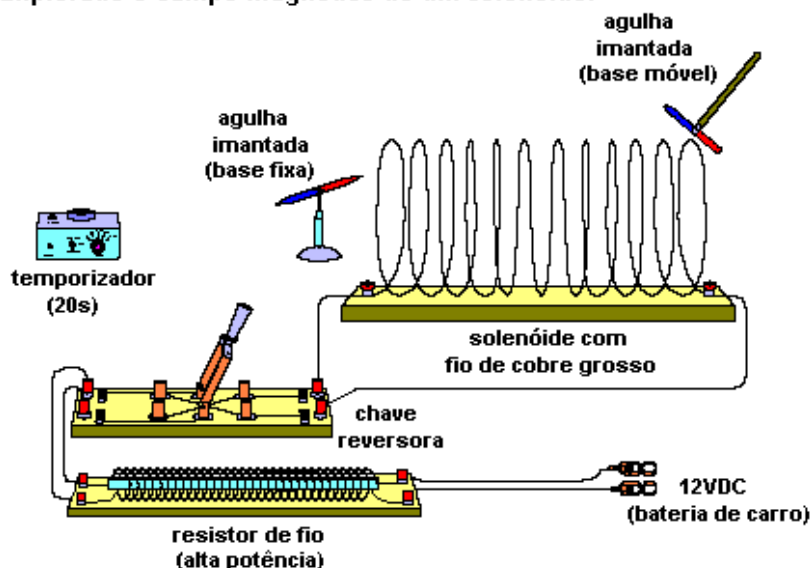
Orientação de um corpo magnetizado.



Suspendendo um corpo magnetizado através de um fio, observa-se que o corpo adquire, aproximadamente, orientação geográfica Norte-Sul (NG-SG). Tal comportamento se deve ao campo magnético terrestre. No interior do planeta uma grande quantidade de ferro em estado líquido se movimenta configurando correntes elétricas no sentido Leste-Oeste. Essas correntes, por sua vez, criam um campo magnético que envolve a Terra. Este é o campo magnético terrestre. Os corpos imantados e livres para girar, localizados nas proximidades da superfície, se orientam na direção do campo. **NOTA:** Os eixos Norte-Sul, geográfico e magnético, não são coincidentes. Há entre eles uma defasagem de aproximadamente 11°.

CAMPOS MAGNÉTICOS.

Explorado o campo magnético de um solenóide.



Uma corrente elétrica elevada (em torno de 100A) atravessa um solenóide feito com fio de cobre grosso. Utilizando agulhas imantadas (em base fixa ou móvel) podemos verificar a direção e sentido do campo magnético em diferentes posições ao redor do solenóide. **NOTA:** Por se tratar de um circuito onde a corrente circulante é alta, recomenda-se não deixá-lo em funcionamento por mais do que 20 segundos (temporizador) visando evitar o aquecimento excessivo.

Permeância

É a facilidade que as linhas de força encontram para atravessar um certo material. Por exemplo, o ferro apresenta grande permeabilidade à passagem das linhas de força.

Relutância

É a dificuldade que as linhas de força encontram para atravessar um certo material. Por exemplo, a madeira oferece relutância à passagem das linhas de força.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

Analogia entre o Circuito Elétrico e o Circuito Magnético

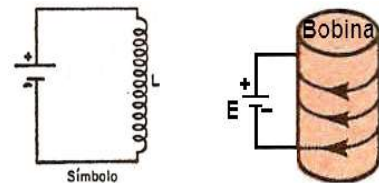
<i>Circuito Elétrico</i>	<i>Circuito Magnético</i>
Força Eletromotriz	Força Magnetomotriz
Fluxo de Elétrons	Linhas de Fluxo Magnético
Resistência	Relutância
Condutância	Permeância

Eletromagnetismo

Se associarmos a corrente elétrica com o magnetismo, podemos tirar três conclusões:

- 1ª - um condutor, ao ser percorrido por uma corrente elétrica, apresenta linhas de força magnética ao seu redor;
- 2ª - um condutor, movimentando-se dentro de um campo magnético, fica sujeito a uma tensão que aparece entre seus extremos. Essa tensão é conhecida como tensão induzida. O mesmo ocorre se fixarmos o condutor e variarmos o campo ao seu redor de tal forma que o campo seja "cortado" pelo condutor.
- 3ª um condutor, pelo qual esteja circulando uma corrente elétrica, colocado dentro da ação de um campo magnético, reage com uma força.

Seguindo o disposto na primeira conclusão acima, ao se enrolar o fio condutor em forma de espiras, o campo ao seu redor aumentará. O condutor assim enrolado chama-se **Bobina**.



Todo condutor pelo qual circula corrente, fica envolto por linhas magnéticas do campo.

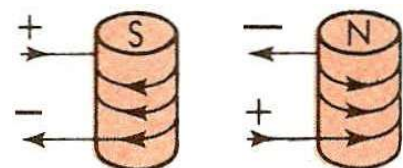
No sentido do deslocamento da corrente, vemos que estas linhas se orientam segundo as dos ponteiros do relógio, em volta do condutor (figura ao lado). Se uma bobina é percorrida por uma corrente, então as correntes parciais de cada espira (se compõem num campo resultante, fazendo com que a bobina se transforme num ímã. Este campo é intensificado pela introdução de um núcleo de ferro.



Campo magnético em volta de um condutor

Determinação dos pólos de um eletroímã.

Se observarmos que num dos pólos a corrente deste o envolve no sentido horário, estamos perante um pólo sul, no sentido contrário teremos um pólo norte.



Determinação dos pólos



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE (Apostila 2)

42

Para a constituição de campos magnéticos, são empregadas bobinas pelas quais circula uma corrente elétrica. Seu efeito depende do "campo magnético presente, ou seja, do produto da corrente na bobina pelo número de espiras (número de ampere-espiras). Neste particular, é indiferente se este produto é obtido em função de poucas espiras e elevada corrente, ou pequena corrente e elevado número de espiras. O campo magnético é o responsável pela constituição e manutenção das linhas magnéticas, ao longo de todo condutor. O número de ampere-espiras por unidade de comprimento é chamado de intensidade de campo magnético H , medido em Ae/m ou Ae/cm^{*11} .

Intensidade de campo magnético $H = \frac{I \cdot N}{l}$ $\left[\frac{Ae}{cm} \text{ ou somente } \frac{A}{cm} \right]$ $\begin{matrix} N = \text{número de espiras} \\ I = \text{corrente em } A \\ l = \text{u. comp. da linha de força em m ou cm.} \end{matrix}$

LINHAS DO CAMPO MAGNETICO NO AR.

Para linhas de campo que se desenvolvem no ar, estabelece-se entre os valores da indução magnética B e a intensidade de campo H a seguinte relação: **Densidade de fluxo $B = 1,256 \cdot H$ [gauss]**

Exemplo: Quantas espiras são necessárias para produzir uma densidade de campo de 4000 G num entreferro de 5mm quando pelo condutor se deslocam 8A?

$$B = 1,256 \cdot H = \frac{1,256 \cdot I \cdot N}{l}; N = \frac{B \cdot l}{1,256 \cdot I} = \frac{4\,000 \cdot 0,5}{1,256 \cdot 8} = 200 \text{ espiras.}$$

Linhas de Campo no Ferro

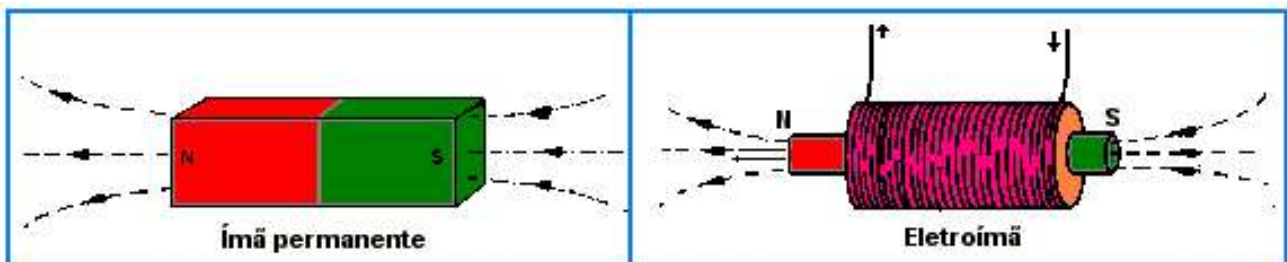
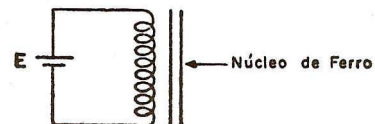
Pela introdução de um núcleo de ferro no interior de um enrolamento pelo qual passa corrente, e mantendo-se constante a intensidade de campo magnético H , ou seja, não alterando o número de ampere-espiras por centímetro, a densidade de ferro B terá um acréscimo bastante sensível.

Esta elevação é indicada pela permeabilidade μ . A densidade de fluxo B no ferro é assim dada por:

$$B = 1,256 \cdot \mu \cdot H \text{ [gauss]}$$

Verificamos assim que a introdução de um núcleo de ferro no interior de uma Bobina faz com que o campo magnético desta aumente.

Ligando um gerador no circuito temos o *Eletroímã*.



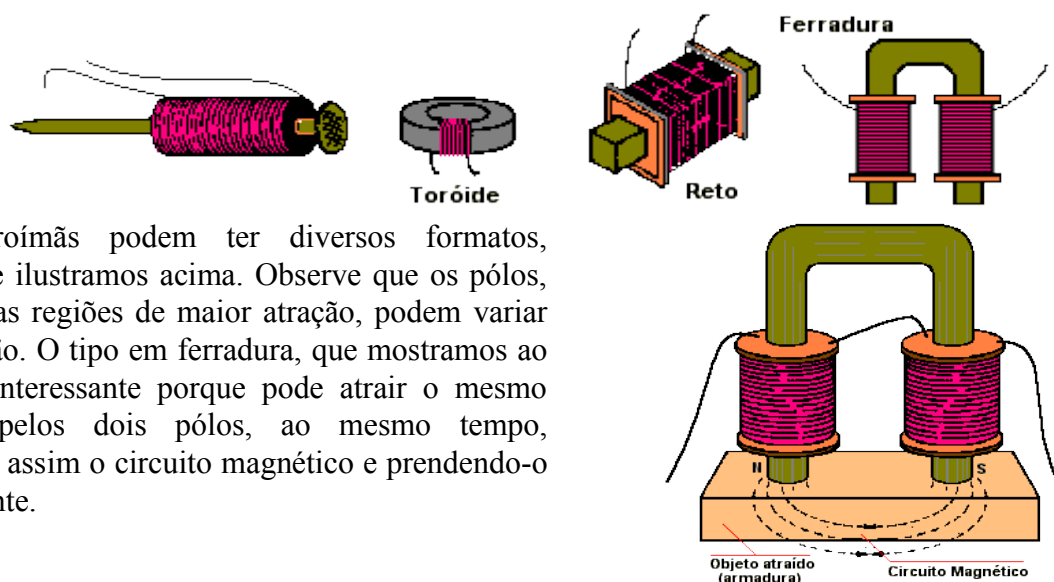


CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

43

A força de atração de um eletroímã (denominada força portante) sobre uma peça ferromagnética (denominada armadura) depende de vários fatores, entre os quais citamos: a intensidade da corrente, o número de espiras das bobinas, o comprimento do ferro do núcleo, a seção desse núcleo, o entreferro entre núcleo e armadura (espaço livre existente entre eles) etc.. Os dois fatores básicos, corrente e número de espiras, têm limitações. Se a corrente for muito intensa é gerado calor (por efeito Joule) e a bobina pode “queimar”. Por outro lado, se tivermos muitas espiras, o fio será longo e terá uma resistência que influirá na corrente, reduzindo-a. O valor ideal para a corrente e número de voltas depende de um projeto bem feito; aliás, todo eletroímã requer um projeto bem feito.



Os eletroímãs podem ter diversos formatos, conforme ilustramos acima. Observe que os pólos, que são as regiões de maior atração, podem variar de posição. O tipo em ferradura, que mostramos ao lado, é interessante porque pode atrair o mesmo objeto, pelos dois pólos, ao mesmo tempo, fechando assim o circuito magnético e prendendo-o firmemente.

27 - descrever o funcionamento de um eletroímã simples e de seu uso em um relé

Como funciona o eletroímã

Um eletroímã começa com uma [pilha ou bateria](#) (ou alguma outra fonte de energia) e um fio. O que a pilha produz são os **elétrons**.

Se você olhar qualquer pilha D (uma pilha de lanterna, por exemplo), dá para ver que há duas extremidades, uma marcada com um sinal de mais (+) e outra marcada com o sinal de menos (-).

Os elétrons estão agrupados na extremidade **negativa** da pilha e, podem fluir para a extremidade **positiva**, com o auxílio de um fio. Se você conectar um fio diretamente entre os terminais positivo e negativo de uma pilha, três coisas irão acontecer:

1. **os elétrons irão fluir** do lado negativo da pilha até o lado positivo o mais rápido que puderem;
2. **apilha irá descarregar** bem rápido (em questão de minutos). Por esse motivo, não costuma ser uma boa idéia conectar os 2 terminais de uma pilha diretamente um ao outro, normalmente, você conecta algum tipo de **carga** no meio do fio. Essa carga pode ser um motor, uma lâmpada, um rádio;
3. **um pequeno campo magnético é gerado** no fio. É esse pequeno campo magnético que é a base de um eletroímã.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

44

Experiência – Construindo um Eletroímã

Ferramentas e Materiais

- Pilha pequena de 1,5 volt
- 1 metro de fio isolado bitola 22
- Um clipe de papel aberto
- Alicates para desencapar fios
- Fita adesiva
- Cerca de uma dúzia de grampos de grampeador



O Que Fazer:

1. Abra um clipe de papel.
2. Coloque fita adesiva em torno de uma extremidade (para que você possa distinguir os lados do clipe). Isso não é necessário para objetos que tenham as partes de "cima" e de "baixo" definidas, como um prego.
3. Remova dois ou três centímetros do isolamento em cada extremidade do fio.
4. Enrole firmemente o fio em torno do clipe de papel. Comece a aproximadamente 15 cm de uma das extremidades do fio. Faça pequenas voltas concêntricas começando na extremidade distinguida com fita adesiva do clipe de papel. Continue até alcançar a outra extremidade.
5. Ligue a extremidade do fio mais próxima do lado com fita do clipe de papel no terminal positivo da pilha.
6. Ligue a outra extremidade do fio no terminal negativo da pilha durante 10 segundos.
Atenção: Caso o fio se apresente aquecido ao toque em qualquer ponto, desconecte-o imediatamente da pilha!

O clipe de papel agora pode ser considerado um eletroímã, já que há uma corrente passando pelo fio. Para ver se ele está magnetizado, você pode tentar pegar alguns grampos usando o dispositivo.

Relé

Os relés são componentes eletromecânicos capazes de controlar circuitos externos de grandes correntes a partir de pequenas correntes ou tensões, ou seja, acionando um relé com uma pilha podemos controlar um motor que esteja ligado em 110 ou 220 volts, por exemplo. O funcionamento dos relés é bem simples quando uma corrente circula pela bobina, esta cria um campo magnético que atrai um ou uma série de contatos fechando ou abrindo circuitos. Ao cessar a corrente da bobina o campo magnético também cessa, fazendo com que os contatos voltem para a posição original.





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

45

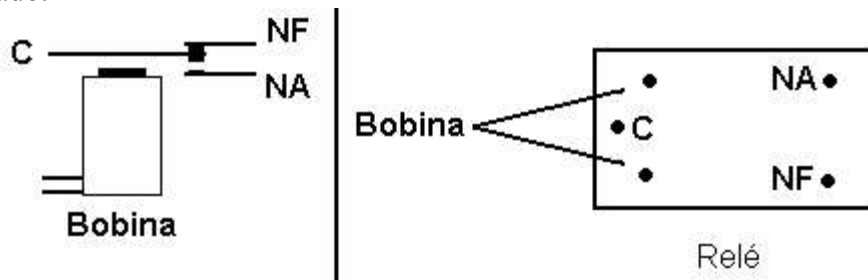
Os relés podem ter diversas configurações quanto aos seus contatos: podem ter contatos NA, NF ou ambos, neste caso com um contato comum ou central (C).

Os contatos NA (normalmente aberto) são os que estão abertos enquanto a bobina não está energizada e que fecham, quando a bobina recebe corrente. Os NF (normalmente fechado) abrem-se quando a bobina recebe corrente, ao contrário dos NA. O contato central ou C é o comum, ou seja, quando o contato NA fecha é com o C que se estabelece a condução e o contrário com o NF.

A principal vantagem dos Relés em relação aos SCR e os Triacs é que o circuito de carga está completamente isolado do de controle, podendo inclusive trabalhar com tensões diferentes entre controle e carga.

A desvantagem é o fator do desgaste, pois em todo o componente mecânico há uma vida útil, o que não ocorre nos Tiristores.

Devem ser observadas as limitações dos relés quanto a corrente e tensão máxima admitida entre os terminais. Se não forem observados estes fatores a vida útil do relé estará comprometida, ou até a do circuito controlado.



A tecnologia mais antiga usada no fabrico de relés é a **eletromagnética** com a utilização de **eletroímã**.

Por exemplo, num **relé eletromagnético**, quando é atingido um determinado valor da corrente, o eletroímã dispara e ele abre, por exemplo, um circuito. Este tipo de relé é usado na proteção contra curto-circuitos.

A corrente que atravessa um relé depende de que forma sua bobina é constituída. O número de enrolamentos com o qual se constrói a bobina e a espessura do fio são o que determinam quanto de corrente percorrerá este relé.

Quanto maior o número de enrolamentos de da bobina e mais fino for o fio, menor será a corrente consumida por ele, pois, assim, a resistência dele será maior, enquanto que se o enrolamento desta bobina for constituído de um fio mais espesso e de comprimento menor, a corrente consumida será maior devido à pequena resistência.



Observação da pinagem de um relé comutador.

Ao utilizar um circuito controlador com relé devemos ter um cuidado especial.

Quando o desligamos, é gerada em sua bobina, por indução magnética, uma corrente inversa daquela que aciona o circuito e que pode queimá-lo.



TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE
OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR
**CONHECIMENTOS BÁSICOS DE
ELETRÔNICA E ELETRICIDADE**
(Apostila 2)

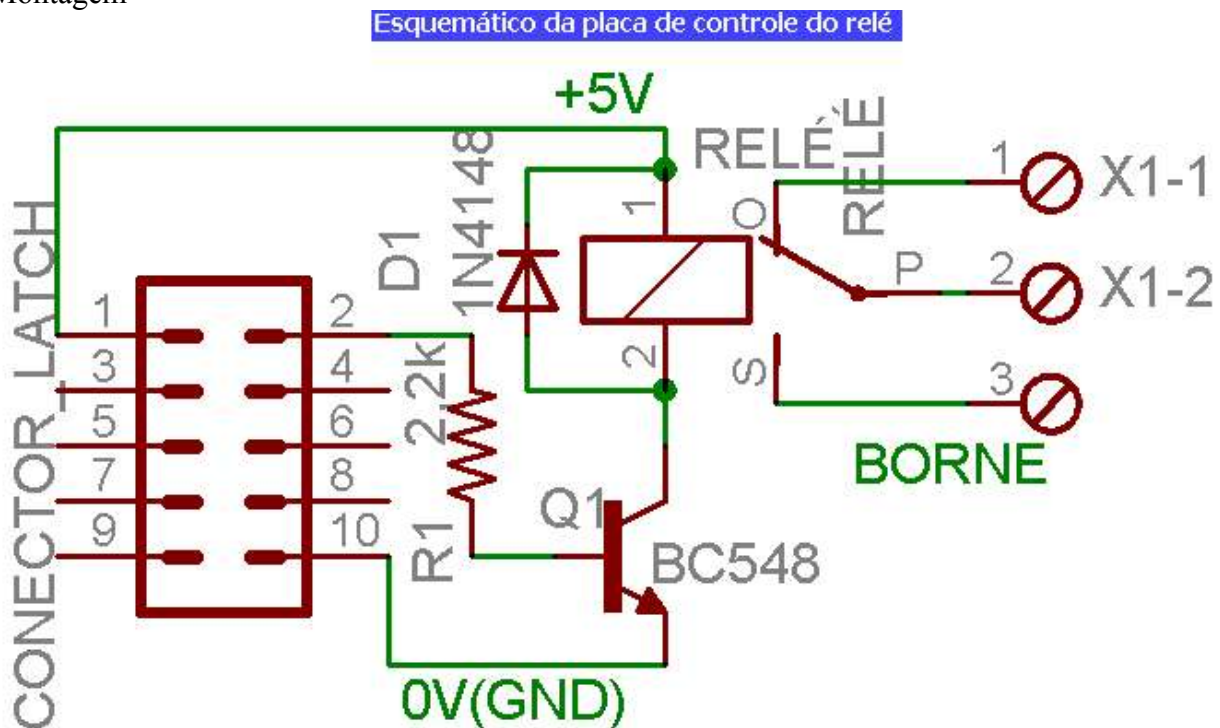
46

Para evitar este dano utiliza-se um diodo de forma paralela à bobina do relé e em sentido inverso ao da corrente que alimenta pelo circuito, para que este possa consumir a corrente gerada pela bobina do relé quando este é desligado.

Confeccionando um Circuito de Controle.

Para podermos confeccionar um circuito de controle com o relé a partir de uma saída do MEC1000 ou do KDR5000 precisaremos de placa de fenolite, um conector com 3 saídas, um conector latch fêmea de 10 vias, um conector latch macho de 10 vias, um cabo flat, um relé de 6 volts, um transistor NPN (por exemplo, BC548), um diodo 1N4148 e um resistor que terá seu valor calculado a seguir.

Montagem



Para a confecção da placa vamos utilizar um transistor BC548 para podermos amplificar a corrente de saída do kit e também para atuar como uma chave eletrônica. Funcionando como uma chave eletrônica, o circuito só será acionado quando houver uma corrente para polarizar a base do transistor enquanto que se não houver esta corrente o transistor estará em corte, ou seja, não conduzirá e, conseqüentemente, desligará o relé.

Será também utilizado como amplificador de corrente, pois o nosso circuito fornece no máximo 1mA de corrente com o qual devemos controlar o relé, que necessita de uma corrente mínima de 60mA. Para isso teremos de calcular o valor do resistor que colocaremos para polarizar a base do transistor, de modo que circule uma corrente de 0,6mA.

Como esse transistor tem um ganho de aproximadamente 100 vezes, então ele será capaz de acionar o circuito.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

47

Então utilizaremos a Lei de Ohm para este cálculo:

$$V = R \cdot I$$

$$3,3V - 0,7V = R \cdot 0,0006A$$

$$R = \frac{2,6V}{0,0006A}$$

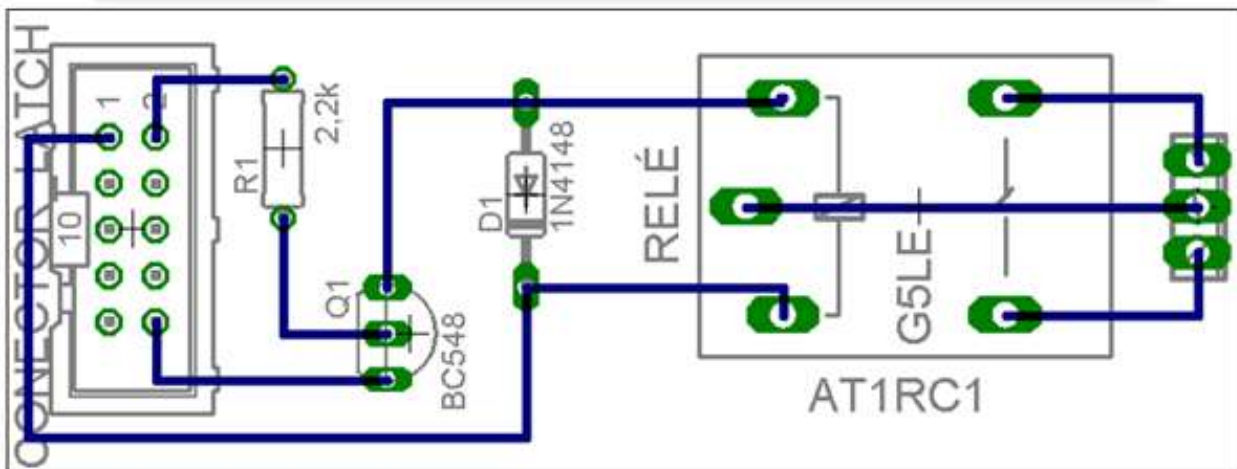
$$R = 4333,33\Omega = 4,3k\Omega$$

A subtração dos 0,7 volts é devido à queda de tensão entre base e emissor do transistor, pois este componente se baseia numa junção PN, a mesma dos diodos que possuem um consumo de 0,7 volts num circuito.

Com este cálculo observamos que o resistor deve ter um valor máximo de 4,3k Ω para que a corrente que circulará pela base possa controlar o relé.

Porém este não é um valor comercial de resistor encontrado no mercado. O valor mais próximo é 3,9k Ω , mas também este não é um valor muito utilizado. Uma outra solução seria utilizar uma configuração em série de dois resistores, um com valor de 1k Ω e outro de 3,3k Ω , valores que serão encontrados facilmente em qualquer comércio de componentes eletrônicos.

Desenho das trilhas da placa de controle do relé observado do lado dos componentes



Com todos os componentes à mão poderemos desenhar as trilhas sobre a placa de fenolite, lembrando que a figura acima mostra a posição dos componentes vista por cima. Para desenhar as trilhas no lado cobreado da placa, é necessário inverter esse desenho.

Quando já tivermos a placa corroida poderemos soldar todos os componentes, prestando atenção à pinagem destes.

Esta placa de controle será ligada com um cabo flat por meio de conectores latch a uma das saídas digitais do kit, podendo controlá-lo com uma programação adequada.

Na figura ao lado exemplo de uma placa de controle do relé pronta.





28 - descrever o fenômeno da Indução Magnética em um solenóide

Indução

Quando o condutor elétrico é cortado por um campo magnético, então aparece, no primeiro, uma força eletromotriz ou tensão elétrica (L.e.m.). Este processo é chamado de indução. A indução pode ser de três tipos:

1 – Movimento do Condutor no Campo Magnético

Deslocando-se um condutor dentro de um campo magnético, então, na parte deste, que é perpendicular às linhas do campo, é induzida uma tensão (figura ao lado).

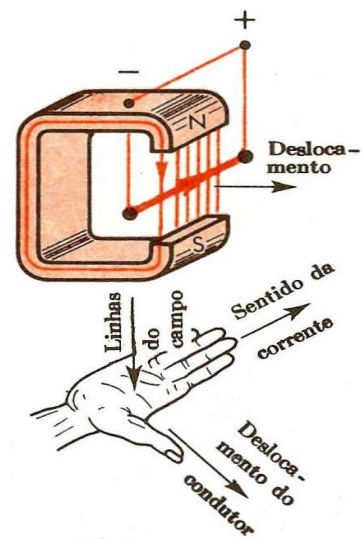
A aplicação: geradores de corrente contínua.

O sentido da tensão induzida pode ser determinado pela regra da mão direita: Colocando-se a mão direita, de tal forma que as linhas do campo penetrem na palma da mão e o polegar seguindo o sentido de deslocamento do condutor no campo, então a ponta dos dedos indica o sentido da tensão induzida e, com isto, o sentido de circulação da corrente.

A **grandeza da tensão induzida** depende:

- a) da densidade do campo magnético,
- b) da velocidade com que o condutor é deslocado no campo magnético ou da velocidade de variação do campo,
- c) do comprimento do condutor.

A tensão de 1 V é obtida, quando, em 1 segundo, 100 milhões de linhas do campo são cortadas. Um deslocamento do condutor na direção paralela às linhas do campo não induz qualquer tensão, porque, neste caso, as linhas do campo não são cortadas.



$$\text{Tensão induzida} \quad E = \frac{B \cdot v \cdot l}{100\,000\,000} \quad (\text{volt})$$

B = densidade de fluxo em gauss (G) ou tesla (D)

l = comprimento do condutor no campo magnético, em cm

v = velocidade de deslocamento do condutor perpendicular ao campo magnético, em cm/s.

Exemplo: Qual a tensão induzida num condutor de 250 mm de comprimento, se este se desloca com uma velocidade de 20 m/s perante um campo, cuja indução magnética é de 12000 gauss?

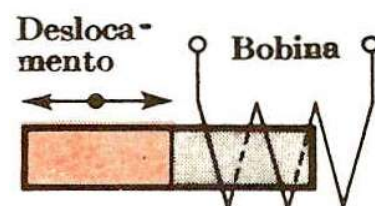
Resposta

$$E = \frac{B \cdot l \cdot v}{100\,000\,000} = \frac{12\,000 \cdot 25 \cdot 2000}{100\,000\,000} = 6 \text{ V};$$

2 – Deslocamento do Campo Magnético sobre o Condutor

Quando um campo se desloca sobre um condutor fixo, então, neste último, da mesma forma, é induzida uma tensão, cuja grandeza depende da densidade de fluxo, da velocidade do campo magnético e do comprimento do condutor, ou do número de espiras da bobina (figura ao lado).

Aplicação: em geradores de corrente alternada, mono e trifásica.





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

49

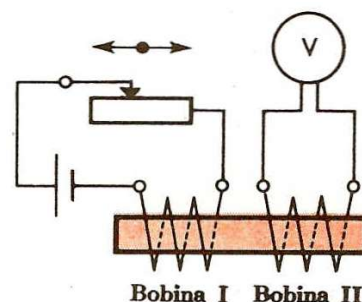
3. Variação da Densidade de Fluxo

Um condutor estacionário sofre uma indução, quando, sobre ele atua um campo de densidade variável. Variando-se a corrente na bobina I, o campo magnético resultante é enfraquecido ou intensificado, isto é, ocorre uma diminuição ou um aumento de linhas de campo.

Devido à esta variação, as espiras da bobina II são cortadas, e induz-se uma tensão elétrica.

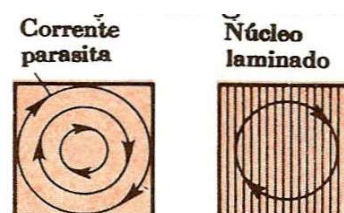
Sobre este princípio se baseia o funcionamento do transformador (figura ao lado).

A corrente que circula, em virtude da tensão induzida, é orientada de tal forma, que, esta, com auxílio do seu campo magnético, procura evitar a sua formação (Lei de Lenz) isto quer dizer que a tensão induzida da bobina II tem sentido contrário ao da bobina I, quando da sua formação, e tem o mesmo sentido no ato do desligamento.

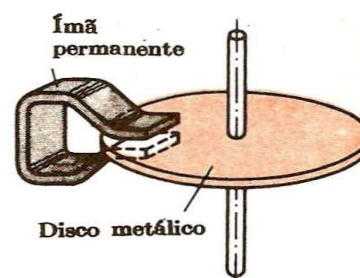


Correntes Parasitas

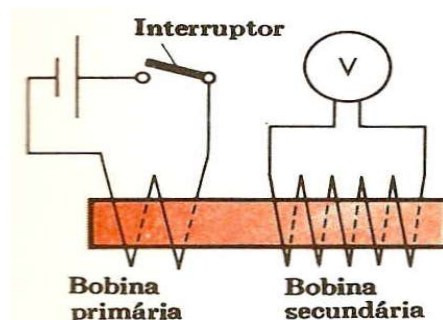
Em todo condutor maciço desenvolvem-se tensões induzidas, quando este corta as linhas de um campo magnético, as quais dão origem d circulação de correntes, que são chamadas de correntes parasitas (figura ao lado) Estas correntes também dão origem a campos magnéticos que, combinando-se com o campo magnético principal, tendem a frear o deslocamento do condutor.



Sobre este princípio se baseiam os discos de medição de medidores e amortização de instrumentos de medição (figura ao lado). As correntes parasitas originam um aquecimento considerável do metal. A presença destas correntes, em peças metálicas, (núcleos de transformadores, rotor de motores) deve ser sempre evitada, compondo-se, para tanto, os núcleos de um elevado número

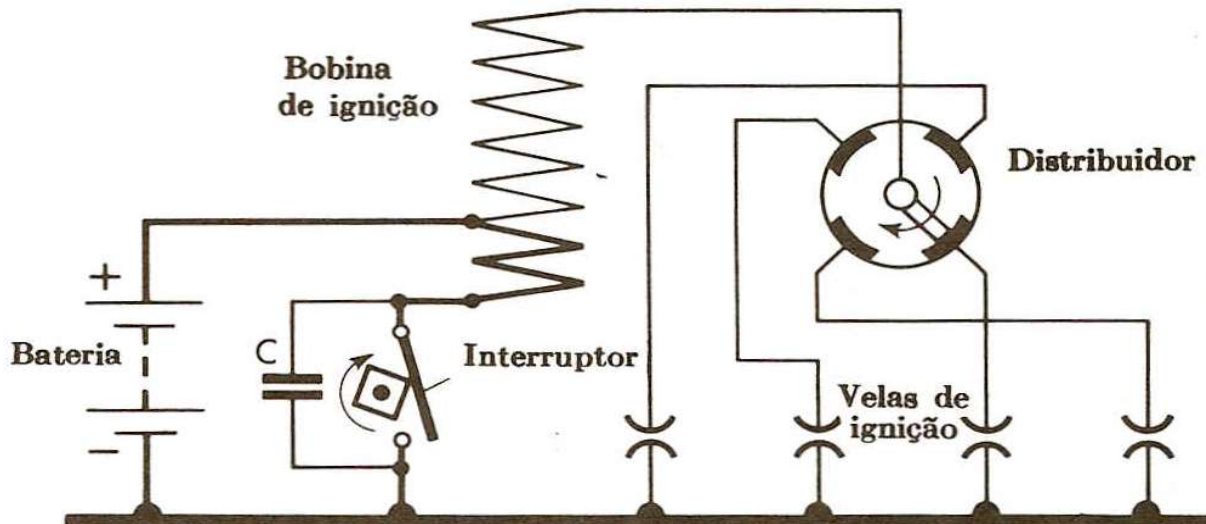


Uma elevada tensão de indução pode ser obtida de uma corrente contínua de baixo valor, quando o campo magnético e uma bobina é rapidamente reduzido, induzindo uma tensão numa outra bobina de elevado número de espiras (figura ao lado). Esta tensão induzida é usada em bobina de ignição e em indutores.





Sistema de Ignição



Um sistema de ignição a bateria consiste de uma bateria, de uma bobina de ignição, de um interruptor e da vela de ignição. Em motores de mais de um cilindro, ainda é necessário um distribuidor, que efetua a ligação da tensão aos diversos cilindros do motor (figura acima).

A bobina de ignição compõe-se de um núcleo de ferro laminado, sobre o qual estão montados dois enrolamentos, um de poucas espiras e de fio grosso, e o segundo, de muitas espiras e fio fino. O enrolamento primário está ligado à bateria através de um **interruptor**.

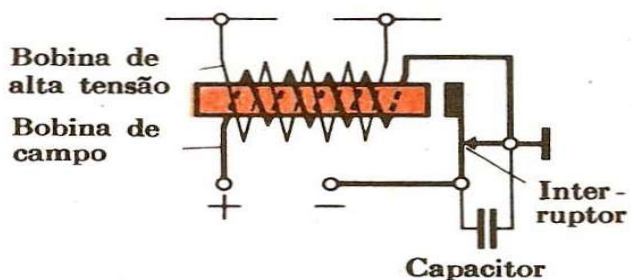
O campo magnético que se forma na bobina primeira, quando esta está sendo alimentada, estabelece um campo magnético. Este campo desaparece rapidamente quando a chave é aberta, cortando as espiras do enrolamento secundário. O capacitor ligado em paralelo com a chave evita a formação de faíscas.

Com esta medida, a redução do campo não é retardada, induzindo-se uma tensão de cerca de 20000 volts, que é levada pelo distribuidor até as velas de ignição. O distribuidor e a chave de interrupção são normalmente comandados por um eixo comum, do próprio motor.

Indutor de Faísca

Este indutor origina uma tensão elevada, mediante a ação de um interruptor automático sobre o sistema de alimentação de uma bateria de pequena tensão (figura ao lado). Quando o circuito de corrente é fechado, o núcleo móvel é atraído e, com isto, interrompido o circuito de alimentação do campo. O núcleo volta à posição inicial e o processo inicia-se novamente.

Uma bobina colocada sobre a primeira que foi mencionada ficará, assim, constantemente sob a ação da variação do campo, e nela se induzirão tensões muito elevadas. Um capacitor, ligado em paralelo com os contatos fixos e móveis da chave, evita o aparecimento de faíscas muito intensas.






29 - descrever a ação de uma bobina em um circuito de corrente continua

Indutores

Um indutor é um componente eletrônico muito simples, constituído por uma bobina de material condutor, por exemplo, fio de cobre. Entretanto, pode fazer algumas coisas bem interessantes devido às propriedades magnéticas de uma bobina.

Num esquema elétrico, um indutor é mostrado da seguinte maneira: 

O que você observa na ilustração é uma bateria, uma lâmpada, uma bobina de fio em volta de um núcleo de ferro (amarelo) e um interruptor. A bobina de fio é um **indutor**, ou como vimos no tópico anterior, também é um eletroímã.

Se tirasse o indutor do circuito, teria uma lanterna comum. Você fecha o interruptor e a lâmpada se acende. Com o indutor, o comportamento é completamente diferente.

A lâmpada é um **resistor** - a resistência cria calor para fazer o filamento na lâmpada brilhar. Já o fio na bobina tem muito menos resistência.

Então, o que se espera quando o interruptor é ligado, é que a lâmpada brilhe muito fracamente.

A corrente deveria seguir o caminho de baixa resistência, através do indutor.

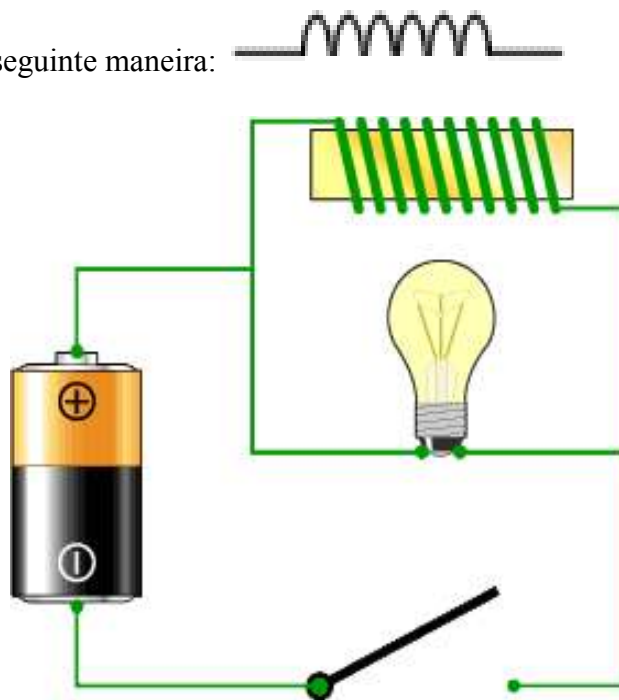
Mas o que acontece é que quando o interruptor é ligado, a lâmpada brilha intensamente e, na seqüência, fica mais fraca. Quando desliga o interruptor, a lâmpada brilha com intensidade e, então, desliga rapidamente.

A razão para esse comportamento estranho é o indutor. Quando a corrente começa a fluir pela bobina, esta tende a estabelecer um **campo magnético**. Enquanto o campo é estabelecido, a bobina inibe o fluxo da corrente. Uma vez que o campo esteja estabelecido, a corrente pode fluir normalmente através do fio. Quando o interruptor é desligado, o campo magnético da bobina mantém a corrente fluindo até que o campo seja nulo. Essa corrente mantém a lâmpada acesa por um período de tempo, mesmo que o interruptor esteja desligado. Em outras palavras, um indutor pode **armazenar energia** no seu campo magnético e tende a resistir a qualquer mudança na quantidade de corrente que flui através dele.

Henry - unidade padrão da indutância

A **capacidade** de um indutor é controlada por quatro fatores:

- o número de espiras (mais espiras significam maior indutância)
- o material em que as bobinas são enroladas (o núcleo)
- a área da seção transversal da bobina (mais área significa maior indutância)
- o comprimento da bobina (uma bobina curta significa espiras mais estreitas - ou sobreposição - que significa maior indutância)





TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE
OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR
**CONHECIMENTOS BÁSICOS DE
ELETRONICA E ELETRICIDADE**
(Apostila 2)

Um núcleo de ferro oferece ao indutor muito mais indutância do que o ar ou do que qualquer outro material ofereceria.

A unidade padrão da indutância é o **henry**. A equação para calcular o número de henries em um indutor é:

$$H = (4 * \text{Pi} * \text{número de espiras} * \text{número de espiras} * \text{área da bobina} * \mu) / (\text{comprimento da bobina} * 10.000.000)$$

A área e o comprimento da bobina são definidos em metros. O termo **mu** é a **permeabilidade** do núcleo. O ar tem permeabilidade de 1, enquanto o aço pode ter uma permeabilidade de 2 mil.

Aplicações

Suponha que você pegue uma bobina, com talvez 2 metros de diâmetro, contendo cinco ou seis espiras. Você faz algumas canaletas na estrada e coloca as bobinas nelas. Você fixou um medidor de indução à bobina e verificou qual é a indução dela.

Agora, estacione um carro sobre a bobina e confira a indutância novamente. Ela será muito maior, devido ao grande objeto de aço posicionado no campo magnético da bobina. O carro estacionado sobre a bobina está agindo como o núcleo do indutor e a sua presença muda a indutância. A maioria dos sensores de semáforos usa uma bobina como essa. O sensor, constantemente, testa a indutância da bobina na rua e quando essa aumenta, ele sabe que existe um carro esperando.

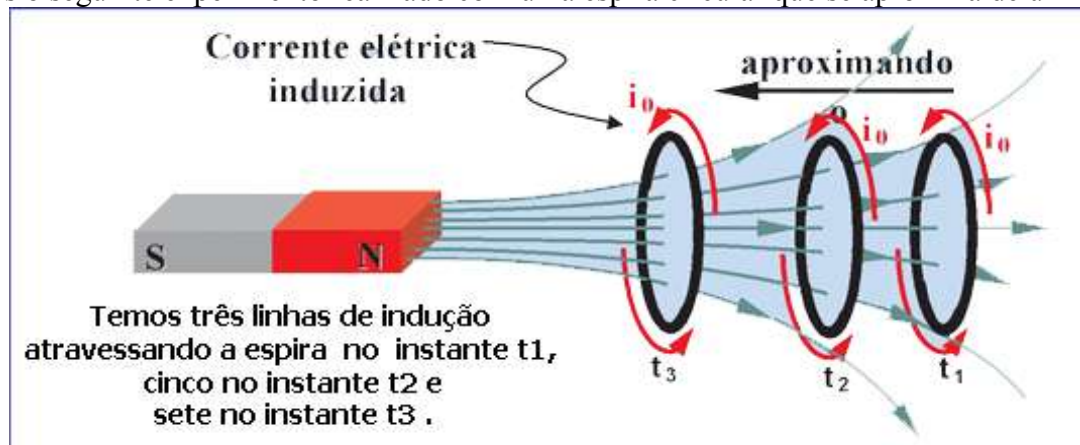
Normalmente você usa uma bobina muito menor. Um intenso uso para indutores é juntá-los com capacitores para criar **osciladores**.

Indução Eletromagnética

Com base no efeito Oersted (1820), em que uma corrente elétrica gera campo de indução magnética, alguns físicos do início do século XIX começaram a pesquisar a possibilidade de que o inverso ocorresse, ou seja, de que um campo magnético podia ocasionar corrente elétrica.

A questão era saber como isso poderia ser feito e foi Faraday que, em 1831, descobriu como fazê-lo, ao perceber que o segredo estava na variação do fluxo magnético através de uma superfície condutora.

Vejamos o seguinte experimento realizado com uma espira circular que se aproxima de um ímã.



Temos três linhas de indução atravessando a espira no instante t_1 , cinco no instante t_2 e sete no instante t_3 .



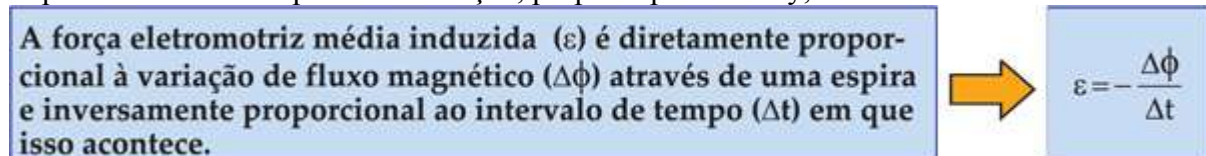
TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE
OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR
**CONHECIMENTOS BÁSICOS DE
ELETRONICA E ELETRICIDADE**
(Apostila 2)

Verificamos, então, que o número de linhas de indução que atravessam a espira está variando com o tempo, ou seja, está ocorrendo uma variação de fluxo magnético com o tempo e é justamente esta variação que acarreta o surgimento na espira de uma corrente elétrica denominada corrente induzida.



Essa corrente induzida é decorrente de uma força eletromotriz induzida na espira que pode ser expressa como sendo a rapidez com que acontece essa variação de fluxo.

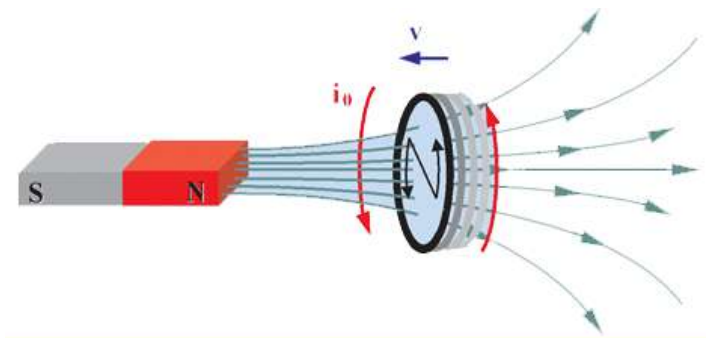
A lei que descreve essa rapidez de variação, proposta por Faraday, é:



Se verificarmos as unidades dessas grandezas no Sistema Internacional de Unidades, podemos escrever: $\text{volt} = \frac{\text{weber}}{\text{segundo}}$, ou seja, $1\text{V} = \frac{1\text{Wb}}{1\text{s}}$

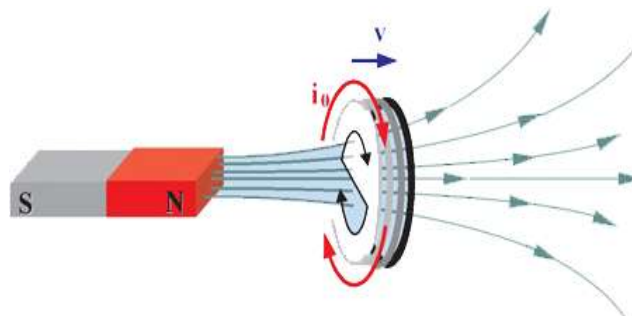
Em 1834, o físico russo Heinrich Friedrich Emil Lenz, baseando-se em experimentos de Faraday e após tê-los repetido, completou-os com uma lei que leva o seu nome e que justifica o sinal de menos na expressão da lei de Faraday.

Lenz percebeu que, ao aproximar a espira do pólo norte do ímã, surge na mesma uma corrente elétrica contínua, no **sentido anti-horário**, de modo a gerar um campo magnético cujo **pólo norte** está voltado para o pólo norte do ímã em forma de barra, como mostra a figura ao lado.



Se agora afastarmos a espira, a corrente elétrica induzida inverte de sentido, passando a ser no **sentido horário**, ocasionando um campo magnético cujo **pólo sul** agora está voltado para o pólo norte do ímã.

A corrente elétrica induzida num circuito gera um campo magnético que se opõe à variação do fluxo magnético que induz essa corrente.





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

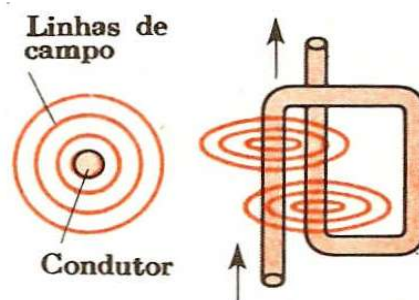
54

30 - definir o conceito de Auto-indução

a) Formação.

A corrente que circula através das espiras de uma bobina forma em volta desta um campo magnético.

Quando a corrente varia, o campo também sofre variação. Nesta variação de campo, as linhas de campo internas ao condutor cortam a sua própria seção e, externamente, as espiras do mesmo condutor. Em vista disto, a bobina sofre uma indução (figura ao lado).



b) Sentido.

No ato da ligação se forma o campo magnético, e a tensão induzida, que aparece no condutor, é dirigida de tal forma que seu efeito se opõe à tensão de alimentação. Em outras palavras, ela retarda o seu próprio processo de formação (Lei de Lenz). No desligamento, a tensão induzida coincide com a tensão de alimentação na sua orientação. Disto resulta que a corrente na ligação, devido à força indutiva contrária, cresce apenas lentamente e, no desligamento, não retorna imediatamente ao valor zero.

c) Grandeza da tensão induzida por auto-indução.

Ela depende:

1. Da velocidade de modificação da corrente no condutor.
2. Do tipo, dimensões e número de espiras da bobina.

Outras propriedades básicas no efeito de auto-indução de uma bobina, tais como enrolamentos com ou sem núcleo de ferro, dimensões e número de espiras, determinam sua indutância. A indutância é designada por L , a unidade de medida é 1 henry (H), 1 mH (milihenry)=0,001 H.

Uma bobina tem uma indutância de 1 henry, quando nela é induzido 1 V, perante uma variação de corrente de 1 ampere por segundo.

Quando da ligação de uma bobina em corrente alternada, aparecerá nesta, permanentemente, uma contratensão.

Com isto, na bobina surgirá somente a diferença entre a tensão terminal e a tensão de auto-indução.

Experiência de Auto-indução de uma bobina feita pelo Professor Luiz Ferraz Netto (leobarretos@uol.com.br) no site www.feiradeciencias.com.br

Nesse experimento queremos salientar o 'tipo' de resistência elétrica que as bobinas (dotadas ou não de núcleos) oferecem à corrente elétrica alternante.

A resistência imposta não é puramente ôhmica, imposta pelo material do fio, área de sua seção reta e comprimento do fio; há outra imposição, bem mais 'séria', em geral, imposta pela auto-indução.

A montagem, a seguir, destina-se a evidenciar isso:

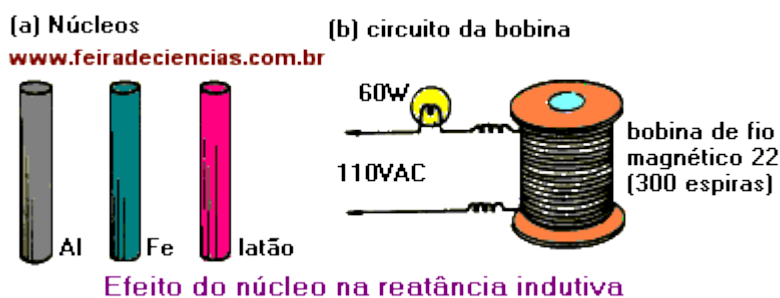
Montagem



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

55



A introdução dos núcleos de diferentes materiais no interior da bobina, afeta, em cada caso, a indutância da bobina, de maneira diferente. Isso afeta a tensão de auto-indução e conseqüentemente o brilho da lâmpada.

Eis as fotos (Feira de Ciências Virtual) da montagem didática:



A seguir apresentamos um excelente artigo sobre **Indutância** escrito pelo radioamador **CT2HPM** no site http://www.radioamadores.net/indutancias.htm#ind_mutua

Indutância

Dizemos que um circuito elétrico tem indutância quando nele há um condutor ou uma bobina que tem a propriedade de induzir nas suas próprias espiras (voltas) uma tensão, que é de polaridade oposta à tensão aplicada. Esta tensão induzida é devida à mudança da intensidade da corrente que passa pela bobina.

Embora a indutância seja uma propriedade característica das bobinas, também um pedaço de fio estirado pode apresentar certa indutância; contudo, ela é relativamente tão pequena que o fio terá que ser demasiadamente comprido, ou a freqüência demasiadamente alta, para que a indutância se manifeste. Por esta razão, na maioria dos casos práticos consideraremos que somente as bobinas que tem indutância, e freqüentemente é substituído o nome bobina pelo de indutor, já que esta é a principal característica das bobinas.

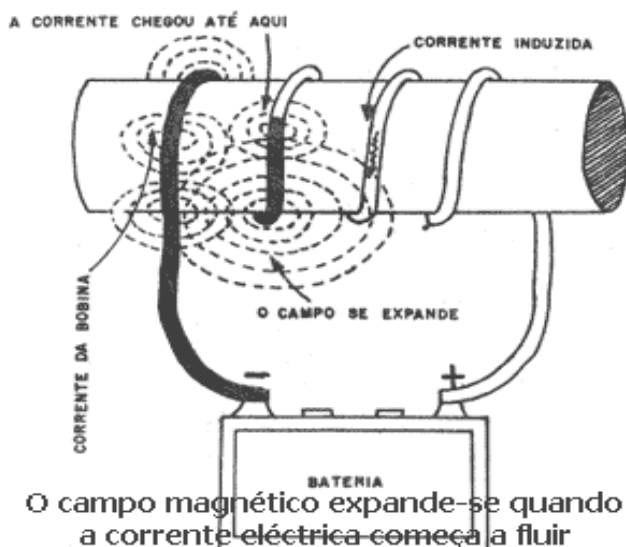
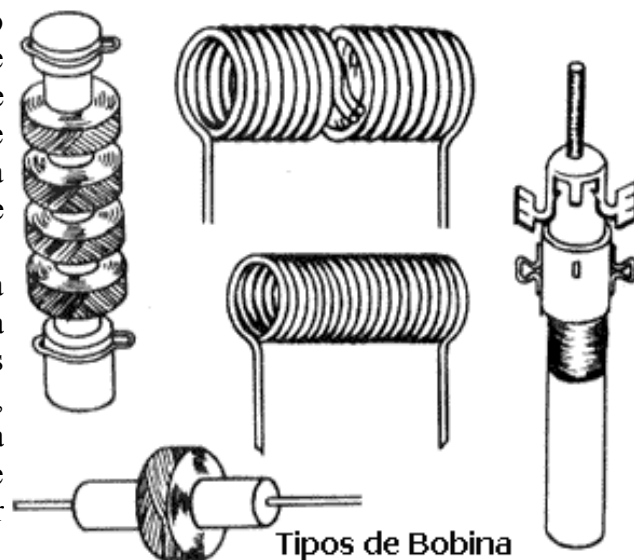
Tendo apresentado uma idéia geral do significado de indutância, explicaremos em detalhes as razões pela quais é possível produzir uma tensão induzida nas próprias espiras de uma bobina, quando a corrente que flui varia de intensidade. Além disso, explicaremos o efeito que a tensão induzida tem sobre as variações da corrente. Para isso, será necessário lembrar que, quando as linhas de força de um campo magnético são cortadas por um condutor, é induzida ou aparece no condutor uma tensão. Para obter esta tensão, tanto faz mover o condutor no campo magnético, como mover o campo magnético através do condutor.



TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE
OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR
**CONHECIMENTOS BÁSICOS DE
ELETRÔNICA E ELETRICIDADE**
(Apostila 2)

Vejamos o que sucede numa bobina, quando começa a fluir uma corrente elétrica por ela. De acordo com o que explicamos anteriormente, deve recordar que uma corrente elétrica é uma corrente (fluxo) de elétrons que pode ser comparada, na maior parte de seus aspectos, com uma corrente de água.

Portanto, se fizermos fluir uma corrente contínua (C.C.) por uma bobina, o que sucederá na bobina será algo similar ao que acontece quando fazemos passar uma corrente de água por uma serpentina, anteriormente vazia. Observaremos que a água não chegará imediatamente à outra extremidade da serpentina, porque irá avançando, volta por volta, até chegar ao fim do serpentina.



Na figura ao lado mostramos que a mesma coisa sucede no caso de uma corrente elétrica, pois esta vai percorrendo volta (espira) por volta da bobina, até chegar à outra extremidade. Contudo, no caso da corrente elétrica, o tempo que leva a eletricidade para percorrer a bobina toda é bem menor que o da água na serpentina; contudo, sempre haverá certa diferença de tempo entre o instante em que a corrente percorre as primeiras espiras e o instante em que chega ao final da bobina.

Outro ponto importante que devemos ter presente é que em todo circuito eletrônico, mesmo que seja de corrente contínua, a corrente elétrica não

alcança a sua intensidade normal instantaneamente, transcorrendo sempre algum espaço de tempo entre o instante em que a corrente começa a fluir e o instante em que ela alcança sua intensidade normal. Isto pode ser comparado com a velocidade de funcionamento de um motor, pois sabemos que o motor só alcança sua velocidade normal instantes após ter sido ligado à linha de força. No caso do motor, este não alcança a sua velocidade normal instantaneamente por causa da inércia, ou seja, a força que faz um corpo permanecer em repouso quando este está em repouso, ou mantê-lo em movimento quando ele está em movimento.

Quando se trata de um circuito elétrico, a corrente não alcança instantaneamente a sua intensidade máxima devido à indutância do circuito; quanto maior for a indutância do circuito, maior será o tempo que a corrente levará para alcançar a sua intensidade máxima (décimos ou milésimos de segundo). Em outras palavras, a indutância de um circuito é algo semelhante à inércia de um aparelho mecânico. Esta analogia será explicada mais detalhadamente mais à frente; por agora, continuaremos a estudar o que sucede na bobina quando a corrente elétrica começa a fluir por ela.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

57

De acordo com a figura anterior, e conforme os princípios explicados na lição anterior, sabemos que no mesmo instante em que a corrente começa a fluir, ela começa a formar campos magnéticos em redor das primeiras espiras da bobina; estes campos magnéticos vão-se expandindo à medida que aumenta a intensidade da corrente que flui pelas primeiras espiras.

Estes campos magnéticos ao se expandirem começarão a invadir a região ocupada pelas espiras, através das quais ainda não circulou nenhuma corrente. Isto quer dizer que os campos magnéticos formados pelas primeiras espiras irão cortar outras espiras da bobina, pelas quais ainda não circulou nenhuma corrente, gerando, assim, uma tensão que é de polaridade oposta à aplicada pela fonte exterior (bateria). Esta tensão induzida produz uma corrente em direção oposta à corrente original, conforme mostra a figura anterior, por meio da flecha ondulada.

A razão pela qual a tensão gerada por indução na mesma bobina é de polaridade oposta a tensão aplicada, é devido à direção do campo magnético formado pela corrente original. Este princípio é expresso pela Lei de Lenz, que diz que uma corrente elétrica induzida é sempre em tal direção a se opor à corrente ou à variação do campo magnético que a produz. Portanto, na figura anterior vemos que a corrente induzida se opõe à corrente original (voltagem da bateria).

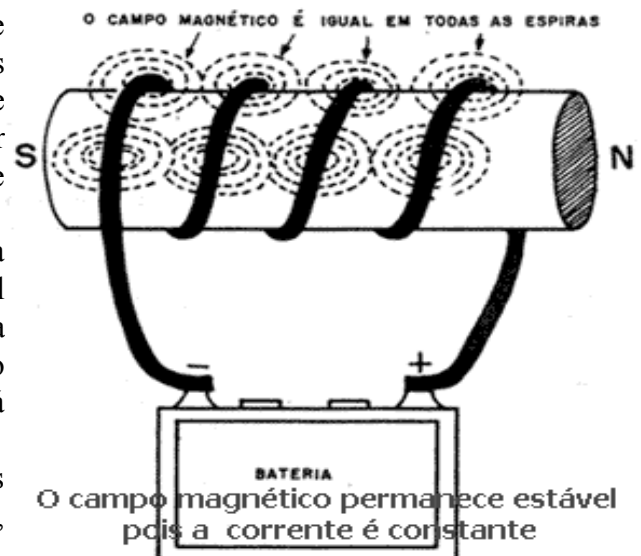
Como indicamos anteriormente, a tensão gerada pelas linhas de força, ao cortarem as espiras da bobina, é de polaridade oposta à tensão aplicada originalmente, razão pela qual esta tensão induzida na mesma bobina se chama força contra-electromotriz (f.c.e.m.), porque ela se opõe à força que originalmente fez circular a corrente (neste caso, a tensão ou f.e.m. da bateria). Como esta tensão gerada é induzida na mesma bobina, este fenômeno é conhecido também pelo nome de auto-indução (indução na própria bobina) e a característica de todo o circuito que tem indutância.

À medida que a corrente avança pela bobina, até alcançar sua intensidade normal, ela terá que vencer não somente a resistência do circuito, como também a oposição que a tensão induzida apresenta à sua passagem. Esta oposição retarda um pouco o tempo necessário para que a corrente complete sua circulação pela bobina e possa alcançar a sua intensidade normal. Contudo, como a f.c.e.m. é sempre muito menor que a tensão aplicada exteriormente (pela bateria), a tensão exterior vence finalmente a f.c.e.m., e a corrente alcança a sua intensidade normal.

Isto está ilustrado na figura ao lado, onde podemos ver que os campos magnéticos formados são agora iguais em todas as espiras da bobina, e que não tendem a se expandir ou a se contrair mais, porque não haverá mais corte de linhas de força e nem tensão induzida.

Sob estas condições, se a bobina ficar ligada indefinidamente, não acontecerá nada de anormal pois, durante todo o tempo que a circulação da corrente for constante, o campo magnético também será constante, ou seja, não haverá nenhuma contracção ou expansão do mesmo.

No caso da figura 3, todos os campos individuais formados por cada espira são somados e, portanto, o campo magnético total é mais forte.





TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE
OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR
**CONHECIMENTOS BÁSICOS DE
ELETRÔNICA E ELETRICIDADE**
(Apostila 2)

58

O Fenômeno da auto-Indução repete-se ao ser aberto o circuito, porém em direção oposta

Se interrompermos a passagem da corrente, abrindo o circuito da bateria, na primeira fração de segundo acontecerá o que ilustramos na figura ao lado, isto é, a corrente elétrica ainda continua circulando pelas últimas espiras da bobina, porém a sua intensidade tende a diminuir rapidamente; isto faz com que o campo magnético formado pelas últimas espiras tenda agora a se contrair, isto é, na direção contrária ao movimento do campo, quando a corrente começava a fluir.

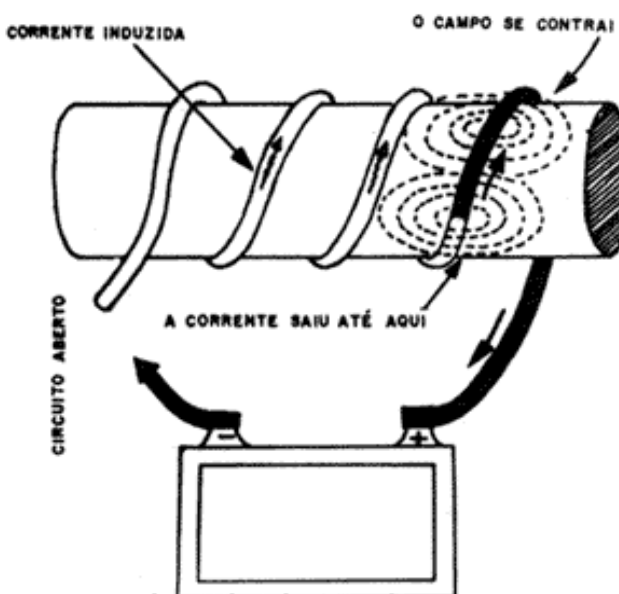
Isto indica que o novo corte das linhas de força do campo magnético, que está se contraindo, gerará agora uma tensão induzida de polaridade oposta à voltagem induzida, quando a corrente começava a circular, ou seja, neste momento a tensão induzida é da mesma polaridade que a tensão que a bateria

havia aplicado à bobina isto indica que a tensão induzida agora tende a manter a circulação da corrente quando a tensão original desaparecer. Isto acontece numa pequena fração de segundo porque, à medida que o campo se contrai mais e mais, há menos tensão induzida, até que o campo magnético e a tensão induzida desaparecem por completo.

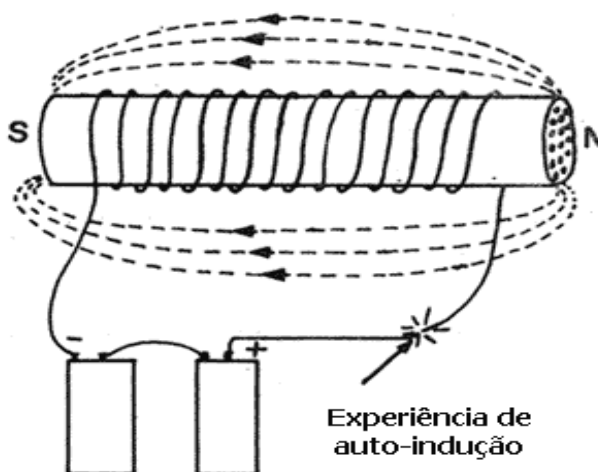
Na figura ao lado ilustramos a maneira de efetuar uma experiência, por meio da qual é possível comprovar praticamente o fenômeno descrito até agora. Para isso, utiliza-se uma bobina formada por 75 espiras de fio de Cobre, enroladas num núcleo de Ferro, sendo a bobina ligada a uma bateria, conforme ilustra a figura ao lado. Ao interromper o circuito, notaremos que soltará uma faísca mais forte, quando houver a ligação da bobina à bateria. Isto sucede por que a corrente inicial é muito baixa, devido à oposição que a força contra-eletromotriz, produzida pela auto-indução, apresenta ao aumento da da corrente.

Quando a bobina é desligada, a auto-indução é em sentido oposto, de modo que a forte faísca que se forma é devida à tensão induzida na bobina ser muito forte, quando a intensidade do campo começa a se contrair. Em outras palavras, a faísca produzida é devida à auto-indução na bobina.

Explicando este fenômeno sob outro ponto de vista, podemos considerar que, no momento em que ligamos uma bobina à bateria, parte da energia elétrica está sendo usada não somente para vencer a resistência do fio, mas também para formar um campo magnético ao redor da bobina; por esta razão, transcorrem frações de segundos antes que a corrente alcance o seu valor normal.



Quando o circuito se abre, o campo magnético contrai-se e é induzida uma tensão que tende a manter a corrente fluindo





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

59

Por outro lado, quando desaparece a energia original da bateria aplicada à bobina, o campo magnético, que havia se formado originalmente, produz uma tensão que é devolvida ao circuito, na forma de uma faísca entre os contatos, quando abrimos o circuito da bateria.

Relacionando estas explicações com o fenômeno mecânico da inércia, o aluno poderá deduzir com mais clareza porque a indutância de uma bobina pode ser comparada com a inércia de um aparelho mecânico, pois a indutância se opõe a qualquer variação de intensidade da corrente, na sua passagem pelo condutor, enquanto que a inércia de uma bola, roda ou um objeto em movimento, se opõe a que o objeto aumente ou diminua de velocidade.

Resumindo, podemos dizer que a indutância é a característica que tem uma bobina de produzir uma f.e.m., toda a vez que a corrente que passa por ela varia de intensidade. Além disso, podemos dizer que são chamados circuitos indutivos todos os circuitos que têm indutância. A indutância de uma bobina é representada pela letra "L", nas formulas e nos diagramas esquemáticos dos circuitos eletrônicos.

Fatores que determinam a indutância de um circuito

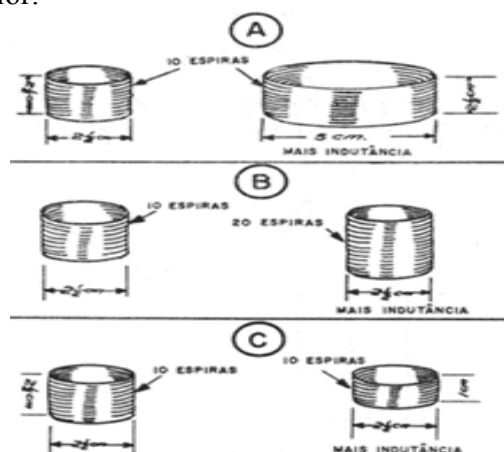
A indutância de um circuito depende de vários fatores, dos quais os principais são: o número total de espiras da bobina, a relutância do circuito magnético (núcleo), o diâmetro da bobina, o calibre (grossura) do fio, o espaçamento entre as espiras, etc. Por exemplo, se uma bobina tem mais espiras que outra, ela terá mais indutância, porque produzirá tensões induzidas de maior intensidade e, portanto, a força contra-eletromotriz induzida será também maior. A relutância do circuito magnético depende do material utilizado no núcleo da bobina pois, se usarmos um núcleo de Ferro em lugar de um núcleo de ar, o campo magnético será maior, porque o Ferro tem menor relutância que o ar e, como resultado, as tensões induzidas serão maiores.

Se tivermos duas bobinas com igual diâmetro e o mesmo número de espiras, a que tiver o núcleo de Ferro terá muito maior indutância.

O diâmetro da bobina afeta a indutância, pois com maior diâmetro o condutor será mais comprido e, portanto, a indução será maior. Por isso, quanto maior for o diâmetro da bobina, maior será também a sua indutância.

Além disso, quanto mais compacto for o enrolamento da bobina (utilizando fio muito fino, e portanto mais espiras), maior será a sua indutância porque o campo magnético estará mais concentrado e, conseqüentemente, a tensão induzida será maior.

Na figura ao lado mostramos o efeito das dimensões de uma bobina sobre sua indutância. Observe que, das duas bobinas com igual número de espiras (figura A), terá maior indutância a que tiver maior diâmetro. Se aumentarmos o número de espiras (figura B), a indutância aumenta, apesar de conservarmos o diâmetro igual para as duas. Na figura C mostramos o mesmo diâmetro, o mesmo número de espiras, mas com enrolamento mais compacto; vemos que o campo magnético produzido pela bobina da direita será mais concentrado, ou seja, produzirá maior número de linhas de força por centímetro quadrado.





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

60

Unidade de indutância

A propriedade de um circuito de se opor a qualquer mudança no fluxo da corrente que flui por ele se chama indutância. Portanto, pelas explicações dadas até agora, deduzimos que a indutância é um fator muito importante em todos os circuitos eletrônicos, onde a corrente elétrica varia continuamente de intensidade. Para expressar a grandeza da indutância de uma bobina empregamos o Henry. Esta unidade de indutância abreviada pela letra "H".

O Henry pode ser definido como sendo a indutância presente num circuito, quando uma corrente, que varia de intensidade à razão de 1 ampere por segundo induz ao circuito uma f.e.m. de 1 volt.

Algumas bobinas usadas em rádio, especialmente as que não têm núcleo de Ferro, têm uma indutância tão pequena que o henry se torna uma unidade demasiadamente grande para expressá-la; neste caso, utilizamos os submúltiplos: milihenry e microhenry. Um milihenry equivale à milésima parte de um henry, e o microhenry à milionésima parte de um henry.

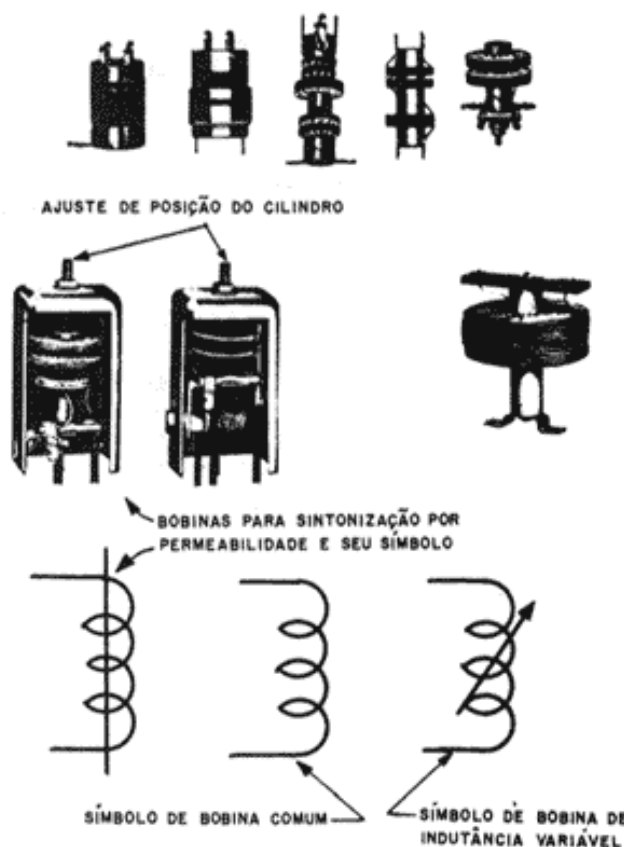
Como dissemos anteriormente, a indutância de uma bobina aumenta consideravelmente se lhe acrescentarmos um núcleo de Ferro; por isso, no caso de desejarmos bobinas de pouca indutância, utilizaremos bobinas de núcleo de ar.

Na figura ao lado mostramos vários tipos destas bobinas utilizadas em rádio. Como podemos observar, estas são formadas por espiras de fio enroladas em formas isolantes, sem nenhuma substância magnética no núcleo. Outras bobinas, como as utilizadas em aparelhos transmissores, não são enroladas em forma, sendo as suas espiras sustentadas por lâminas de baquelite ou qualquer outra substância isolante. Como estas bobinas são utilizadas geralmente em circuitos onde a frequência da corrente elétrica é sumamente alta, como as frequências correspondentes às ondas de rádio, elas são comumente chamadas de bobinas de radiofrequência

(R.F.) ou reatores de R.F.; o seu símbolo corresponde a uma espiral e geralmente tem a indutância expressa em milihenrys ou microhenrys.

Contudo, cabe-nos indicar aqui que também existem bobinas de R.F. que, apesar de não possuírem núcleo de Ferro, têm no centro um cilindro de um material composto de Ferro pulverizado comprimido sob alta pressão.

Este tipo de bobina é conhecido pelo nome de bobina de sintonia por permeabilidade, e o seu núcleo é comumente chamado núcleo de ferrite. Seus princípios serão explicados noutras lições deste Curso. A esquerda da figura acima mostramos um destes tipos de bobina e seu respectivo símbolo.



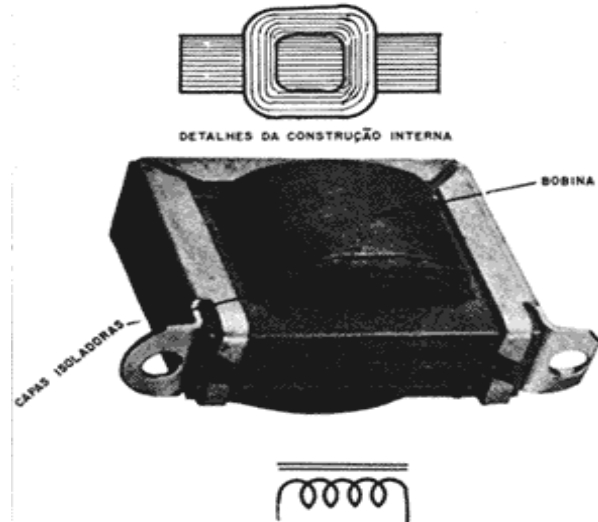


CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

61

Na figura ao lado vemos outro tipo de bobina de núcleo de Ferro, formada por várias camadas de fio enroladas numa base isoladora, e com papel isolante entre cada camada. A indutância deste tipo de bobina está geralmente compreendida entre 10 e 50 henrys; este tipo de bobina recebe o nome de reator de filtro, geralmente utilizado para dar passagem à corrente contínua e oferecer alta impedância a corrente alternada.

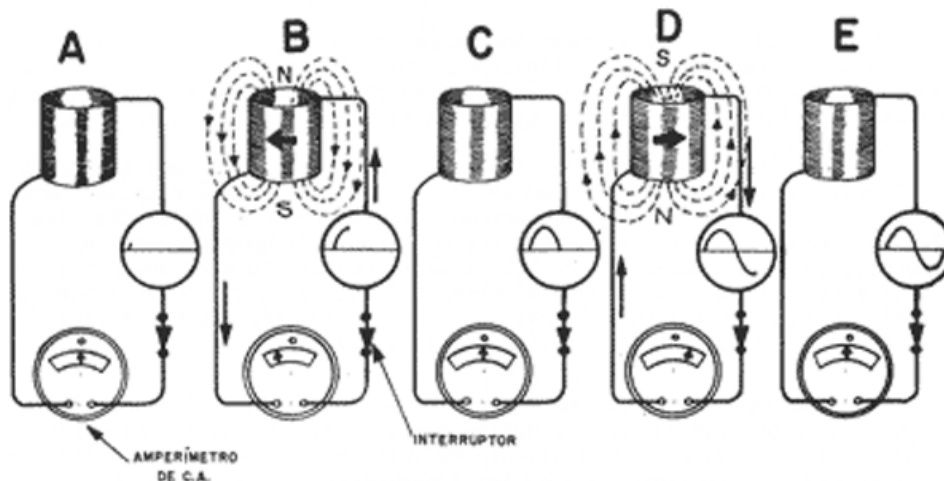


Efeito da indutância num circuito de C.A.

Até ao momento só explicamos o efeito da indutância num circuito de Corrente Contínua (C.C.), do qual deduzimos que a indutância só se manifesta nestes circuitos no momento que a corrente começa a fluir, ou no momento em que ela é interrompida, pois são as únicas ocasiões em que a corrente varia de intensidade. Por este motivo, os efeitos de indutância no circuita circuitos de C.C. não são de grande importância, porque nestes circuitos a corrente se mantém constante durante o funcionamento do circuito.

Contudo, nos circuitos de corrente alternada, onde a corrente está variando continuamente de intensidade e direção, os efeitos de indutância são de grande importância. Nos circuitos de C.A. a indutância é sempre considerada como um factor primordial e de maior importância que a resistência da bobina, já que, na maioria dos casos, a oposição que a indutância de uma bobina apresenta à passagem da corrente alternada é centenas de vezes maior que a resistência da bobina.

Vejamos o que sucede quando uma corrente alternada passa por uma bobina de considerável indutância.





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

62

Na figura anterior mostramos por etapas o que sucede nos diversos instantes de um ciclo da corrente alternada, quando esta corrente é aplicada a uma bobina. A figura **A** corresponde ao instante do ciclo em que não há nenhuma tensão gerada, porque a posição instantânea que ocupa o condutor do gerador é paralela em relação as linhas de força. Por isso, neste instante, o amperímetro não indica nenhuma passagem de corrente.

Contudo, tão logo a tensão do gerador comece a aparecer, é produzida uma passagem de corrente através da bobina, com o correspondente desenvolvimento da f.c.e.m., que tende a se opor à corrente produzida pela tensão do gerador de eletricidade.

Não obstante, como a voltagem aplicada pelo gerador é sempre maior que a voltagem da f.c.e.m., a voltagem aplicada pelo gerador vence a resistência que a f.c.e.m. lhe apresenta, e se estabelece um campo magnético com a polaridade indicada na figura **B**. Neste instante, a tensão do gerador é máxima, razão pela qual a intensidade do campo magnético é também máxima.

Logo em seguida, a tensão do gerador de C.A. começa a diminuir e, por este motivo, também a corrente tende a diminuir; contudo, desta vez, a f.c.e.m. tende a se opor a esta diminuição de corrente, retornando ao circuito a energia magnética do campo que havia sido criada em forma de tensão induzida. Quando a tensão do gerador baixa a zero, a f.c.e.m. também desaparece e, neste instante, não existe nenhum campo magnético (figura **C**). Isto quer dizer que a f.c.e.m. não impede indefinidamente que a corrente desapareça, fazendo unicamente com que o seu desaparecimento seja menos rápido.

Posteriormente, a tensão do gerador de C.A. começa de novo a aumentar, porém, desta vez, com polaridade oposta, fazendo com que a direção da corrente da bobina seja Inversa e que o campo magnético que se inicia seja também de polaridade inversa ao anterior. Neste caso, a tensão do gerador de C.A. tem que vencer a f.c.e.m., que se desenvolve devido à variação da intensidade do campo; contudo, a tensão do gerador vence a f.c.e.m. e o campo magnético alcança de novo uma intensidade máxima (figura **D**), com polaridade inversa à anterior.

Contudo, esta condição só prevalece por um instante, porque a tensão do gerador de C.A. começa de novo a diminuir, dando lugar a que a f.c.e.m. tenda a se opor à diminuição da corrente. Isto é produzido numa fracção de segundo; logo o campo magnético desaparece totalmente e a corrente volta a zero (figura **E**).

Quando isto sucede, o processo começa a se repetir e se sucederão as condições ilustradas em "A", "B", "C", "D" e "E" da figura anterior, ou seja, durante o ciclo seguinte da tensão de C.A., fornecida pelo gerador de C.A.

Resumindo, podemos dizer que o campo magnético que se forma ao redor de uma bobina alimentada com C.A. esta variando continuamente de intensidade e polaridade, de acordo com as variações da tensão aplicada. Isto quer dizer que sempre e em todos os instantes haverá uma f.c.e.m., que se opõe a tensão aplicada e que trata de evitar que a corrente varie de intensidade.

Isto quer dizer também que a oposição à passagem da corrente alternada que uma bobina apresenta, como consequência das tensões induzidas, se manifesta em todos os instantes. Esta oposição que a indutância de uma bobina apresenta à passagem de uma C.A. chama-se reatância indutiva; ela depende da indutância da bobina e da frequência de C.A. aplicada.

Em outras palavras, a reatância indutiva que uma bobina apresenta à passagem da corrente é o resultado da oposição oferecida pela f.c.e.m. desenvolvida na bobina, como consequência das variações da intensidade da corrente circulante.

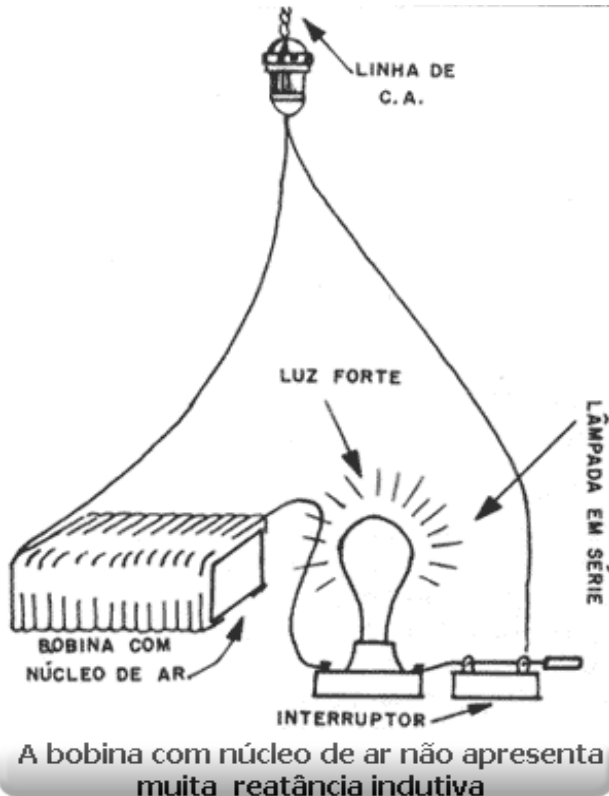


CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

63

Esta reatância indutiva pode ser calculada quando conhecemos a indutância da bobina e a frequência da C.A. A reatância é expressa em OHMS, da mesma maneira que a resistência elétrica de um circuito.

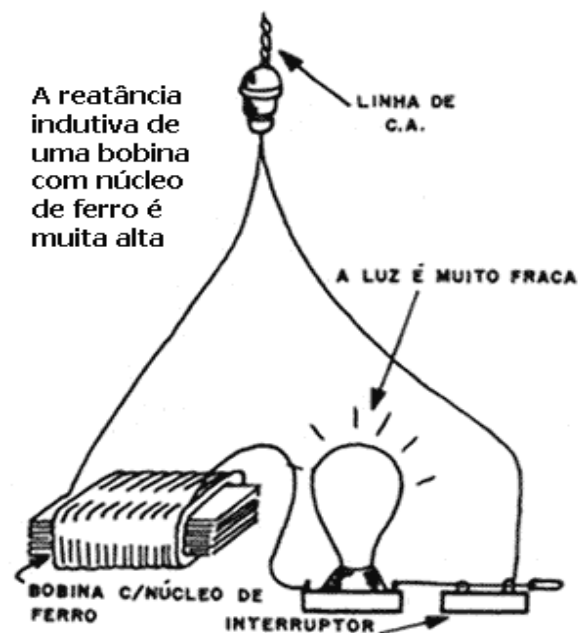


Anteriormente mencionamos que se colocarmos um núcleo de Ferro numa bobina de núcleo de ar, a indutância dela aumentara consideravelmente; a razão disto é que o valor da tensão induzida na bobina será maior. Isto é comprovado experimentalmente com os circuitos ilustrados nas figuras ao lado e abaixo.

A experiência ilustrada na figura ao lado consiste em ligar uma bobina de 75 a 100 espiras de fio esmaltado, em série com uma lâmpada elétrica, alimentada pela linha de C.A. de 60 hertz.

Observamos que, enquanto a bobina não tiver núcleo de Ferro, a lâmpada se acenderá com intensidade um pouco mais baixa que a normal, porque a indutância da bobina não é suficiente para que a reatância indutiva possa reduzir consideravelmente a intensidade da corrente que circula pela bobina. Em outras palavras, a reatância indutiva de uma bobina de núcleo de ar não é muito alta numa frequência de 60 hertz.

Contudo, se colocarmos no centro desta bobina umas lamínas de Ferro (figura ao lado), observaremos que, à medida que introduzimos as lâminas no núcleo, a luz irá diminuindo consideravelmente de intensidade, e com a possibilidade de se apagar por completo se a bobina tiver considerável número de espiras. Isto indica-nos que a indutância da bobina aumentou consideravelmente, fazendo com que a reatância indutiva, oferecida por esta indutância, seja agora suficientemente alta para reduzir a corrente circulante a ponto de não acender mais o filamento da lâmpada. Devemos lembrar que, neste caso, o fio da bobina sempre apresenta certa resistência; contudo, ela é mínima em comparação com a reatância indutiva da bobina.





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

64

Esta experiência é uma comprovação clara de que a indutância de uma bobina aumenta consideravelmente, se utilizarmos um núcleo de Ferro; neste caso, a f.c.e.m. gerada na bobina é muito maior, já que o Ferro permite a formação de um campo magnético mais intenso.

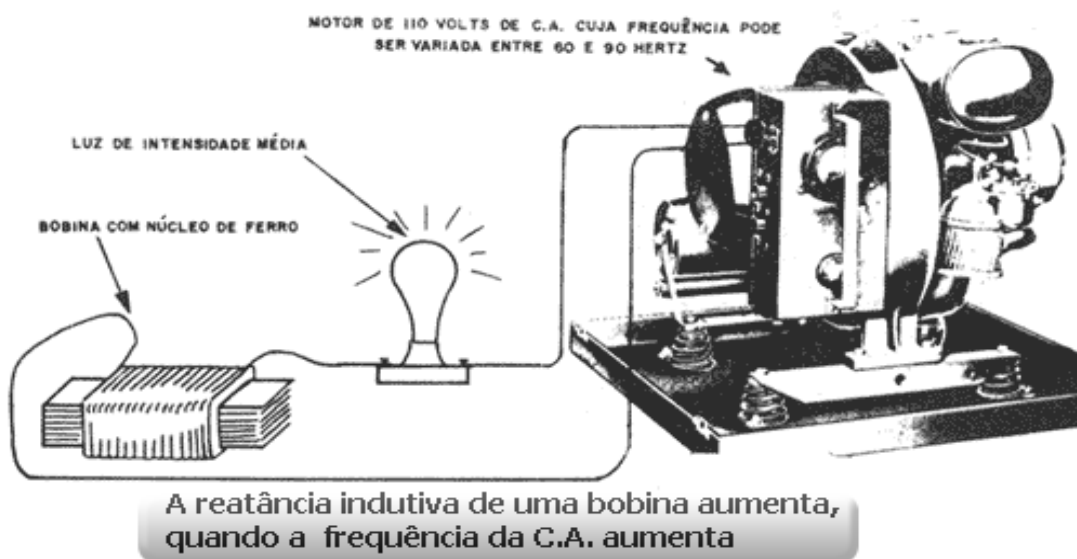
Se repetirmos esta experiência, utilizando agora uma linha elétrica de C.C., observaremos que a intensidade da luz emitida pela lâmpada é a mesma, tanto usando uma bobina com núcleo de ar como de Ferro. Isto é devido a que, num circuito de C.C., a intensidade e direção da corrente circulante é constante; o fenômeno da f.c.e.m. não se manifesta e a única resistência que a corrente encontra a sua passagem pela bobina é a resistência do fio de Cobre que forma o enrolamento. Porém, como explicamos anteriormente, nos instantes que fechamos ou abrimos o circuito haverá algum efeito de indutância contudo, este efeito dura tão pouco tempo que é quase imperceptível.

Efeito da frequência sobre a reatância indutiva

Como a reatância indutiva de uma bobina depende das variações de intensidade da corrente que circula por ela, quanto mais rápidas forem estas variações, maior será a f.c.e.m. desenvolvida e, portanto, maior será também a reatância indutiva que a bobina apresenta a passagem de uma C.A. Noutras palavras se aumentarmos a frequência em uma C.A. que circula por uma bobina, a reatância indutiva também aumentará.

Suponhamos, para comprovar o que dissemos, que dispomos de um pequeno gerador de C.A. movido por um

motor a gasolina. Para iniciar esta experiência ajustamos o controle de velocidade do motor de tal maneira que a frequência da C.A. seja exatamente de 60 hertz. Feito isto, ligamos ao gerador uma lâmpada em série com uma bobina de suficiente núcleo de Ferro, para que a lâmpada se acenda fracamente (figura abaixo).



A seguir, aumentamos a velocidade de rotação do motor a gasolina, para aumentar a frequência da C.A. produzida pelo gerador, até que alcance qualquer frequência mais alta que 60 hertz (por exemplo, 90 hertz). Assim fazendo, notaremos que, apesar do voltímetro de C.A. indicar uma voltagem igual ou maior que a anterior, a lâmpada estará apagada ou quase apagada.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

65

A razão disto é que as variações da corrente que flui pela bobina são agora tão rápidas, que a reatância indutiva da bobina aumentou consideravelmente, reduzindo a passagem da corrente a tal ponto que ela não é suficiente para acender o filamento da lâmpada.

Se formos diminuindo a velocidade de rotação do gerador, observaremos que a lâmpada começa a se acender novamente, aumentando de intensidade à medida que diminuimos a frequência da C.A. aplicada.

Resumindo, isto quer dizer que se aumentarmos a frequência da C.A. que circula por uma bobina, a sua reatância indutiva também aumentará. Pelo contrário, se diminuirmos a frequência da C.A., a reatância indutiva também diminuirá.

Em outras palavras, a f.c.e.m. induzida na bobina aumenta, à medida que aumenta a frequência da C.A. aplicada, e diminui à medida que diminui a frequência.

Na figura ao lado ilustramos o mesmo princípio por meio de diagramas, utilizando um amperímetro e um gerador de C.A. de frequência variável. Quando a frequência da C.A. é de 60 hertz (figura A), o amperímetro indica alta corrente. À medida, entretanto, que aumentamos a frequência da C.A., produzida pelo gerador, o amperímetro indica muito menos corrente (figura B); quando o gerador estiver fornecendo 180 hertz, a corrente que o amperímetro indicará será a metade, enquanto que na figura C a frequência do gerador é tão elevada que a oposição oferecida pela bobina (reatância indutiva) reduz a corrente quase a zero.

Lembre-se, portanto, que embora a indutância de uma bobina seja constante ou fixa, sua reatância indutiva depende sempre da frequência da C.A. aplicada.

Quando conhecemos a indutância de uma bobina e a frequência da C.A. que flui por ela, podemos calcular a reatância indutiva pela fórmula:

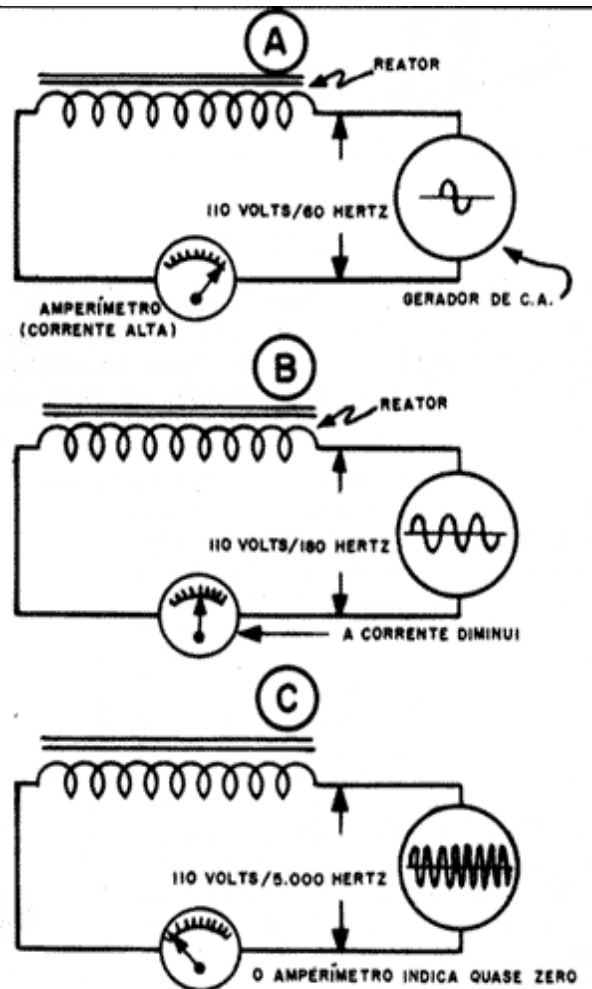
$$XL = 6,28 \times f \times L$$

XL representa a reatância indutiva em ohms

6,28 é uma constante que não varia, equivalente a 2 PI (2p)

f - representa a frequência da C.A. em hertz

L - representa a indutância em henrys



Exemplo: Suponhamos que desejamos calcular a reatância indutiva de um reator na frequência de 60 hertz cuja indutância é de 10 henrys. Substituindo estes valores na fórmula $XL = 6,28 \times f \times L$, teremos:

$$XL = 6,28 \times 60 \times 10$$

$$XL = 3.768 \text{ ohms}$$



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

66

Isto é, a reatância indutiva de um reator cuja indutância é de 10 henrys na frequência de 60 Hz e de 3.768 ohms.

Este mesmo exemplo serve-nos para indicar a importância do fenômeno da auto-indução (f.c.e.m. gerada), pois a resistência do enrolamento de um reator de 10 henrys pode ser aproximadamente de 50 ohms (conforme o calibre do fio empregado), enquanto que a reatância indutiva produzida pela f.c.e.m. é de 3.768 ohms na frequência de 60 hertz. Isto quer dizer que a oposição que este reator apresentaria à passagem de uma corrente seria somente de 50 ohms, enquanto que a oposição total que o mesmo apresentaria à passagem de uma C.A. de 60 Hz seria de 3.768 ohms por parte da reatância indutiva, mais os 50 ohms da resistência da bobina.

No momento, basta saber que a oposição total (conjunto da reatância indutiva mais a resistência) chama-se impedância.

As aplicações dos fenômenos da indutância e reatância indutiva são numerosíssimas em todos os circuitos de rádio e TV, e podemos dizer que pelo menos 50% das partes de um receptor estão formadas por bobinas de alta e baixa indutância, que permitem controlar as correntes alternadas e obter delas os efeitos desejados. Por exemplo, como os reatores (figura ao lado) apresentam tal oposição a qualquer flutuação de corrente (mudança de intensidade da figura corrente), eles são sempre utilizados onde desejamos que a intensidade da corrente que flui pelo circuito seja a mais estável possível. Por isso, esta categoria de bobinas com núcleo de ferro são chamadas comumente de reatores de filtro.

Estes reatores filtram as alterações da C.A., fornecendo, à saída, uma corrente muito mais estável

Em circuitos de receptores, onde não queremos que passem correntes alternadas de frequências mais altas ou mais baixas que de um determinado limite, utilizaremos bobinas que tenham a indutância adequada para produzir esse efeito.

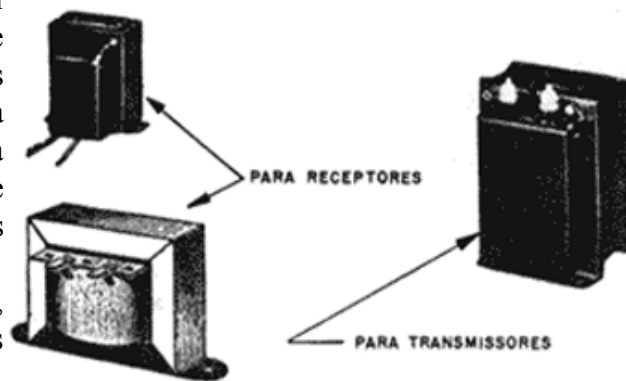
Indução mútua entre bobinas

Se colocarmos duas bobinas, uma ao lado da outra, sendo uma delas ligada intermitentemente a uma bateria, por meio de um interruptor, enquanto que a outra permanece ligada a um galvanômetro, observaremos que toda a vez que ligarmos ou desligarmos a bobina da bateria, será produzida uma deflexão no voltímetro; isto indica que foi induzida uma tensão na bobina ligada ao voltímetro, como consequência da indução mútua.

Se ao invés de bobinas com núcleo de ar, usarmos duas bobinas num mesmo núcleo de Ferro observaremos o mesmo efeito, com a única diferença que a tensão induzida na bobina superior será de maior amplitude. A razão da maior deflexão do ponteiro do voltímetro é por causa da auto-indução, já que o núcleo de Ferro permite a formação de um campo magnético mais forte.



CONSTRUÇÃO INTERNA DE UM REATOR





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

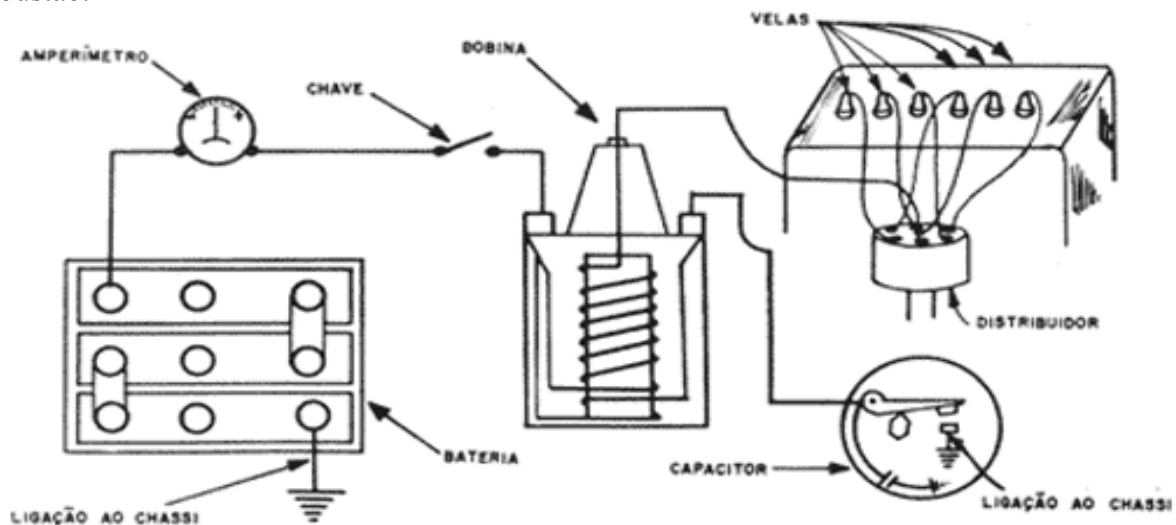
TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

67

É importante notar que o movimento do ponteiro do voltímetro oscila no momento que fechamos ou abrimos o circuito da bateria, pois quando o interruptor é fechado o campo magnético expande-se, e quando o interruptor é aberto o campo magnético contrai-se; isto é, o movimento ou direção do campo magnético sobre as espiras da bobina superior se inverte, por que a tensão gerada na bobina inferior varia também de polaridade, no momento de fechar ou abrir o circuito de bateria.

Uma das aplicações da bobina de indução é a tão conhecida bobina de ignição dos motores a gasolina. Estes motores utilizam bobinas em que o secundário tem tal número de espiras (em comparação com o primário) que a tensão do secundário pode alcançar um valor instantâneo de até 8.000 volts, utilizando somente uma tensão no primário de 6 volts.

O circuito comum utilizado em motores a gasolina está ilustrado na figura abaixo onde vemos que o circuito primário é interrompido continuamente por um jogo de contatos e um came rotativo que funciona com a mesma rotação do motor. Estes contatos se fecham e se abrem alternadamente, e em sincronismo com a posição dos pistões do motor, interrompendo a corrente primária e produzindo uma alta tensão no secundário da bobina de ignição, tensão esta que é distribuída alternadamente entre todas as velas para produzir nestas uma faísca destinada a inflamar a gasolina na câmara de combustão.



Pelas explicações dadas até agora, nos pareceria que a bobina de indução é capaz de induzir no secundário uma maior quantidade de energia elétrica que a que aparece no primário. Contudo, isto não é correto pois, se é verdade que uma bobina de indução eleva a tensão, ela também reduz outros fatores elétricos que determinam a quantidade de energia (potência elétrica). Por exemplo, é verdade que a tensão que aparece no secundário é muito mais alta que a tensão no primário; todavia, a corrente disponível que podemos tomar do secundário não passa de poucos miliamperes.

Em outras palavras, no caso da bobina de indução a tensão é aumentada; contudo a corrente diminui consideravelmente. Por outro lado, no primário a tensão aplicada à bobina é baixa, porém este fator é compensado por uma corrente mais alta em intensidade, já que o calibre do fio do primário é mais grosso e sua resistência é baixa.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 2)

68

Por exemplo, suponhamos que o primário receba uma tensão de 6 volts e uma corrente de 10 amperes. Isto quer dizer que a potência em watts, aplicada ao primário, é de 60 watts ($W = E \times I$). No enrolamento secundário teremos uma tensão induzida de 6.000 volts com uma corrente de 10 miliamperes; utilizando a fórmula ($W=ExI$) obteremos 60 watts, o que quer dizer que a potência disponível no enrolamento secundário é a mesma potência aplicada ao enrolamento primário.

Neste exemplo, observamos que a energia disponível no secundário não é maior que a aplicada ao primário pois, embora tenha havido um aumento na tensão, a corrente diminui consideravelmente.

O fato da corrente disponível no secundário ser muito limitada, é devido ao calibre do fio do secundário destas bobinas ser muito reduzido; embora utilizássemos um calibre maior, o resultado seria que, tão logo aumentássemos o consumo da corrente secundária, seria aumentado também o consumo da corrente primária.

Na prática, observamos que a energia elétrica que aparece no secundário pouco menor que a aplicada ao enrolamento primário. A razão disso é que, no interior do núcleo da bobina, se formam certas correntes magnéticas chamadas correntes de Foucault, que consomem parte da energia aplicada transformando-a em calor.