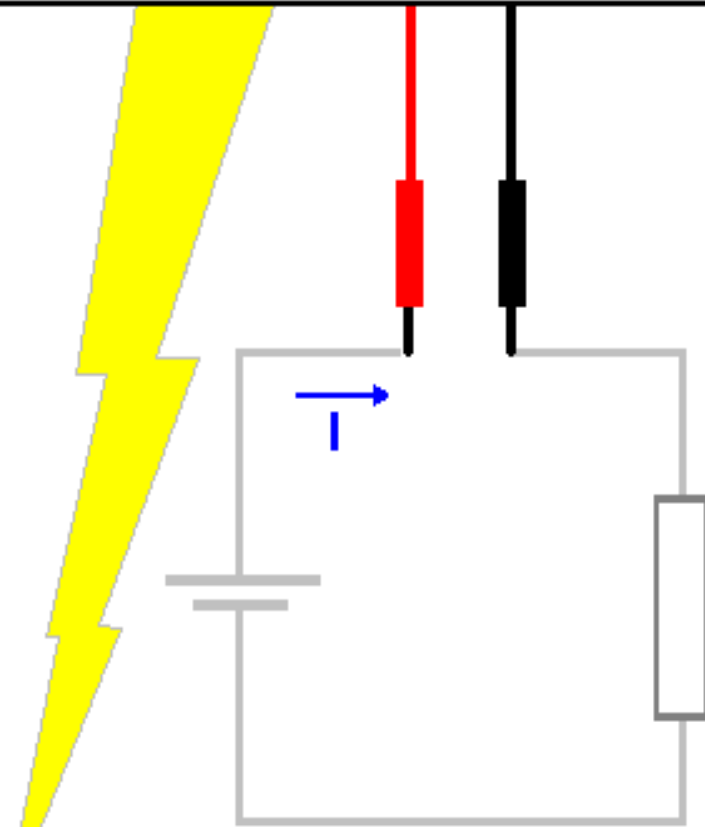
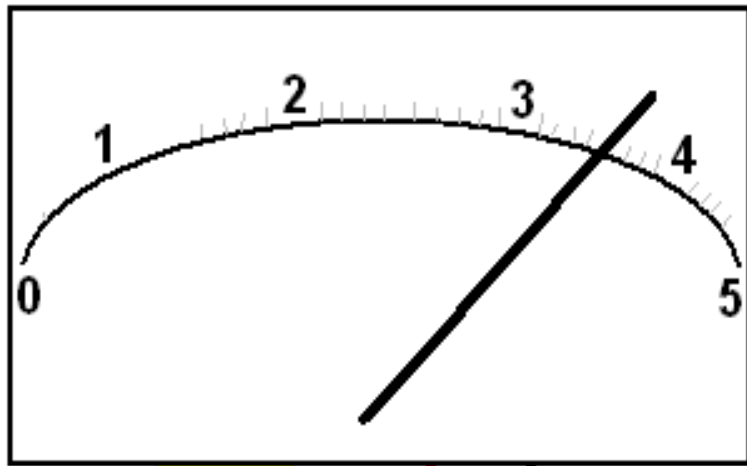
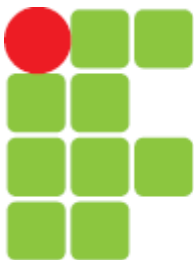


LABORÁRIOS



Prof. Eng. Giovani Batista de Souza



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA
Campus Araranguá

Fevereiro- 2010



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE ARARANGUÁ

Apostila de medidas elétricas desenvolvida a partir das versão 3 da apostila de eletricidade básica.

Histórico versões:

- Versão 1 – Agosto 2009 - Prof. Giovani Batista de Souza
- Versão 2 – Fevereiro 2010 – Inseridos símbolo dos aparelhos de medidas, com a colaboração do prof. Dr. Emerson Silveira Serafim e Correções de Anotações de Sala de aula do semestre 2009-2

SUMÁRIO

1 - Instrumentos de Medição Elétrica.....	8
1.1 Definição de Medida.....	8
1.1.1 Grandezas fundamentais	8
1.1.2 Grandezas derivadas.....	9
1.2 Sistema de unidades.....	9
1.2.1 Sistema Internacional (SI).....	9
1.3 Noções de Padrão, Aferição e Calibração.....	9
1.3.1 Padrão.....	9
1.3.2 Aferição.....	10
1.3.3 Calibração.....	10
1.4 Classificação dos Erros.....	10
1.4.1 Erros Grosseiros.....	10
1.4.2 Erros Sistemáticos.....	11
1.5 SÍMBOLOS CARACTERÍSTICOS DOS INSTRUMENTOS.....	11
1.5.1 Natureza do Instrumento.....	11
1.5.2 Natureza do Conjugado Motor.....	11
1.5.2.1 Instrumento com Bobina Móvel.....	11
1.5.2.2 Instrumento com Ferro Móvel.....	12
1.5.2.3 Instrumento Eletrodinâmico sem Ferro.....	13
1.5.2.4 Instrumento Eletrostático.....	14
1.5.2.5 Instrumento com Lâminas Vibráteis.....	15
1.5.2.6 Instrumento Eletrodinâmico de Relação com Núcleo de Ferro.....	16
1.5.3 Natureza da Corrente.....	17
1.5.4 Classe de Exatidão do Instrumento (ΔC).....	17
1.5.5 Posição do Instrumento.....	18
1.5.6 Tensão de Isolação (Rigidez Dielétrica).....	18
1.5.7 Calibre do Instrumento.....	18
1.5.8 Perda Própria.....	19
1.6 MEDIDORES DE GRANDEZAS ELÉTRICAS.....	20
1.7 Medidas de Tensão, Corrente e Resistência	20
2 - Laboratório 01 - Circuito Elétrico.....	22
2.1 OBJETIVO.....	23
2.2 CUIDADOS ESPECIAIS.....	24
2.3 PROCEDIMENTO.....	24
2.3.1 Ler o roteiro antes de iniciar o trabalho.....	24
2.3.2 Conferir materiais.....	24
2.3.3 Circuito Elétrico.....	24
2.3.4 Circuito Alternativos.....	25
2.4 RESULTADOS.....	26

3 - Laboratório 02 - Resistividade.....	27
3.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	27
3.2 OBJETIVO.....	28
3.3 CUIDADOS ESPECIAIS.....	28
3.4 PROCEDIMENTO.....	28
3.4.1 Ler o roteiro antes de iniciar o trabalho.....	28
3.4.2 Conferir materiais.....	28
3.4.3 Ajustar o instrumento.....	29
3.4.4 Metodologia.....	29
3.5 RESULTADOS.....	30
4 - Laboratório 03 - Ohmímetro.....	31
4.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	31
4.1.1 OHMÍMETRO [Ω].....	31
4.1.2 MÉTODOS PARA MEDIÇÃO DE RESISTÊNCIAS MÉDIAS (1Ω A $1M\Omega$):.....	32
4.1.2.1 Medição por meio do Ohmímetro a pilha (medição direta):.....	32
4.1.2.2 Através de um Voltímetro e um Amperímetro (Medição Indireta):.....	32
4.1.2.3 Através da Ponte de Wheatstone.....	33
4.1.3 Multímetro.....	34
4.2 OBJETIVO.....	36
4.3 CUIDADOS ESPECIAIS.....	36
4.4 PROCEDIMENTO.....	36
4.4.1 Conferir materiais.....	36
4.4.2 Conectar as ponteiras.....	37
4.4.3 Efetuar leitura do valor dos resistores.....	37
4.5 RESULTADOS.....	37
5 - Laboratório 04 – Código de Cores.....	38
5.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	38
5.1.1 Código de Cores.....	38
5.2 OBJETIVO.....	39
5.3 CUIDADOS ESPECIAIS.....	39
5.4 PROCEDIMENTO.....	40
5.4.1 Conferir materiais.....	40
5.4.2 Identificar valor do resistor por cor.....	40
5.4.3 Comparar valor com leitura.....	40
5.5 RESULTADOS.....	40
6 - Laboratório 05 - Teorema das Tensões.....	41
6.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	41
6.1.1 VOLTÍMETRO [V].....	41
6.1.2 Medir tensão.....	42
6.2 OBJETIVO.....	43
6.3 CUIDADOS ESPECIAIS.....	43

6.4 PROCEDIMENTO.....	44
6.4.1 Ler o roteiro antes de iniciar o trabalho.....	44
6.4.2 Conferir materiais.....	44
6.5 Verificar sistema de alimentação.....	44
6.6 Determinar as tensões.....	45
6.7 TABELA DE DADOS.....	45
6.8 RESULTADOS.....	46
7 - Laboratório 06 - Teorema das Correntes.....	47
7.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	47
7.1.1 AMPERÍMETRO [A].....	47
7.1.2 Medir corrente.....	48
7.2 OBJETIVO.....	49
7.3 CUIDADOS ESPECIAIS.....	49
7.4 PROCEDIMENTO.....	50
7.4.1 Ler o roteiro antes de iniciar o trabalho.....	50
7.4.2 Conferir materiais.....	50
7.4.3 Medir o valor de corrente.....	50
7.4.4 Determinar de forma indireto o valor de corrente em cada resistor.....	51
7.4.5 Utilização do Amperímetro.....	51
7.5 TABELA DE DADOS.....	52
7.6 RESULTADOS.....	52
8 - Laboratório 7 - Série e Paralelo.....	54
8.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	54
8.2 OBJETIVO.....	55
8.3 CUIDADOS ESPECIAIS.....	55
8.4 PROCEDIMENTO.....	55
8.4.1 Ler o roteiro antes de iniciar o trabalho.....	55
8.4.2 Conferir materiais.....	55
8.4.3 Circuito Paralelo.....	56
8.4.4 Circuito Série.....	56
8.5 RESULTADOS.....	56
9 - Laboratório 08 – Associação de Resistores.....	57
9.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	57
9.2 OBJETIVO.....	58
9.3 CUIDADOS ESPECIAIS.....	58
9.4 PROCEDIMENTO.....	58
9.4.1 Ler o roteiro antes de iniciar o trabalho.....	58
9.4.2 Conferir materiais.....	58
9.4.3 Determinar o resistor equivalente em série.....	59
9.4.4 Efetuar leitura do valor real de cada resistor.....	60
9.4.5 Determinar o resistor equivalente em paralelo.....	60

9.4.6 Efetuar leitura do valor real de cada resistor	61
9.5 RESULTADOS.....	61
<i>10 - Laboratório 09 - Carga Indutiva.....</i>	<i>62</i>
10.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	62
10.1.1 WATTÍMETRO [W].....	63
10.1.1.1 Com dois condutores:.....	63
10.1.1.2 Com três condutores:.....	64
10.1.2 Cosefímetro [cos ϕ].....	65
10.1.2.1.1 Monofásico.....	65
10.1.2.1.1.2 Trifásico.....	65
10.1.3 FREQUÊNCÍMETRO [Hz].....	65
10.2 OBJETIVO.....	67
10.3 CUIDADOS ESPECIAIS.....	68
10.4 PROCEDIMENTO.....	68
10.4.1 Ler o roteiro antes de iniciar o trabalho.....	68
10.4.2 Conferir materiais.....	68
10.4.3 Conexão Cabos.....	68
10.4.4 Determinar as medidas elétricas.....	69
10.4.5 Comprovação dos valores.....	69
10.5 RESULTADOS.....	69
<i>11 - Laboratório 10 - Carga Capacitiva.....</i>	<i>70</i>
11.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	70
11.2 OBJETIVO.....	70
11.3 CUIDADOS ESPECIAIS.....	71
11.4 PROCEDIMENTO.....	71
11.4.1 Ler o roteiro antes de iniciar o trabalho.....	71
11.4.2 Conferir materiais.....	71
11.4.3 4.3 Conexão Cabos.....	71
11.4.4 Determinar as medidas elétricas.....	72
11.4.5 Comprovação dos valores.....	72
11.5 RESULTADOS.....	72
<i>12 - Laboratório 11 - Fator de Potência.....</i>	<i>73</i>
12.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	73
12.2 OBJETIVO.....	73
12.3 CUIDADOS ESPECIAIS.....	74
12.4 PROCEDIMENTO.....	74
12.4.1 Ler o roteiro antes de iniciar o trabalho.....	74
12.4.2 Conferir materiais.....	74
12.4.3 Conexão Cabos.....	75
12.4.4 Determinar as medidas elétricas.....	75
12.4.5 Calcular o valor do banco de capacitores.....	75
12.4.6 Associar capacitores.....	75
12.4.7 Instalar o banco de capacitores.....	75

12.5 RESULTADOS.....	75
<i>Anexo I - Série Comercial de Resistores.....</i>	<i>76</i>
<i>Anexo II - Grandezas Elétricas – Múltiplos e Submúltiplos.....</i>	<i>77</i>
<i>Ficha de Avaliação.....</i>	<i>79</i>

1 - Instrumentos de Medição Elétrica

1.1 Definição de Medida

Medida é um processo de comparação de grandezas de mesma espécie, ou seja, que possuem um padrão único e comum entre elas. Duas grandezas de mesma espécie possuem a mesma dimensão. No processo de medida, a grandeza que serve de comparação é denominada de "grandeza unitária" ou "padrão unitário".

As grandezas físicas são englobadas em duas categorias, grandezas fundamentais e grandezas derivadas.

1.1.1 Grandezas fundamentais

São as grandezas físicas que não dependem de outras unidades.

Grandezas Fundamentais		
Grandeza	Unidade	Simbologia
Comprimento	metro	m
Massa	grama	g
Tempo	segundo	s
Intensidade de Corrente	Ampère	A
Temperatura	kelvin	K
Quantidade de Matéria	Mole	Mol
Intensidade Luminosa	candela	cd

1.1.2 Grandezas derivadas

Grandezas derivadas a partir das grandezas fundamentais. Como por exemplo

- Carga elétrica, dada por Coulomb (C) que deriva de [A . s]
- Potência, dada em Watt (W) que deriva de [$\frac{m^2 \cdot kg}{s^3}$]
- Tensão, dada em Volt (V), derivando de [$\frac{m^2 \cdot kg}{s^3 \cdot A}$]

1.2 Sistema de unidades

É um conjunto de definições que reúne de forma completa, coerente e concisa todas as grandezas físicas fundamentais e derivadas. Ao longo dos anos, os cientistas tentaram estabelecer sistemas de unidades universais como, por exemplo, o CGS, MKS e o SI.

1.2.1 Sistema Internacional (SI)

É derivado do MKS e foi adotado internacionalmente a partir dos anos 60. É o padrão mais utilizado no mundo, mesmo que alguns países ainda adotem algumas unidades de outros sistemas de medição.

1.3 Noções de Padrão, Aferição e Calibração

1.3.1 Padrão

Padrão é um elemento ou instrumento de medida destinado a definir, conservar e reproduzir a unidade base de medida de uma determinada grandeza. Possui uma alta estabilidade com o tempo e é mantido em um ambiente neutro e controlado (temperatura, pressão, umidade, etc. constantes).

Exemplos de padrões de grandezas elétricas:

Corrente Elétrica: O ampère e a corrente constante que, mantida entre dois condutores paralelos de comprimento infinito e secção transversal desprezível separados de 1 m, no vácuo, produz uma força entre os dois condutores de $2 \cdot 10^{-7} \text{N/m}$. Na prática são utilizados instrumentos chamados “balanças de corrente”, que medem a força de atração entre duas bobinas idênticas e de eixos coincidentes.

Tensão: O padrão do volt é baseado numa pilha eletroquímica conhecida como “Célula Padrão de Weston”, constituída por cristais de sulfato de cádmio (CdSO_4) e uma pasta de sulfato de mercúrio (HgSO_4) imersos em uma solução saturada de sulfato de cádmio. Em uma concentração específica da solução e temperatura de 20°C a tensão medida é de $1,01830\text{V}$.

1.3.2 Aferição

Aferição é o procedimento de comparação entre o valor lido por um instrumento e o valor padrão apropriado de mesma natureza. Apresenta caráter passivo, pois os erros são determinados, mas não corrigidos.

1.3.3 Calibração

Calibração é o procedimento que consiste em ajustar o valor lido por um instrumento com o valor de mesma natureza. Apresenta caráter ativo, pois o erro, além de determinado, é corrigido.

1.4 Classificação dos Erros

De acordo com a causa, ou origem, dos erros cometidos nas medidas, estes podem ser classificados em: grosseiros, sistemáticos e acidentais. E de acordo com suas características, estes podem ser classificados em: constantes, aleatórios e periódicos.

1.4.1 Erros Grosseiros

Estes erros são causados por falha do operador, como por exemplo, a troca da posição dos algarismos ao escrever os resultados, os enganos nas operações elementares efetuadas, ou o posicionamento incorreto da vírgula nos números contendo decimais.

Estes erros podem ser evitados com a repetição dos ensaios pelo mesmo operador, ou por outros operadores.

1.4.2 Erros Sistemáticos

São os ligados as deficiências do método utilizado, do material empregado e da apreciação do experimentador. Estão ligadas as características construtivas dos equipamentos.

1.5 SÍMBOLOS CARACTERÍSTICOS DOS INSTRUMENTOS

Vamos identificar cada um dos símbolos impressos no painel do instrumento:



Fig. 1 – Símbolos característicos de Instrumentos.

1.5.1 Natureza do Instrumento

Este termo identifica a tipo de grandeza medida pelo mesmo.

Exemplos: [V] – Voltímetro mede a tensão elétrica;
[A] – Amperímetro mede a corrente elétrica;
[Ω] – Ohmímetro mede a resistência elétrica;
[W] – Wattímetro mede a potência elétrica útil;
[cosφ] – Fasímetro mede o fator de potência;
[Hz] – Freqüencímetro mede a freqüência;
[rpm] – Tacômetro mede a velocidade de rotação do rotor, etc.

1.5.2 Natureza do Conjugado Motor

Este termo caracteriza o princípio de funcionamento do instrumento.

1.5.2.1 Instrumento com Bobina Móvel



Símbolo:

Detalhe Construtivo:

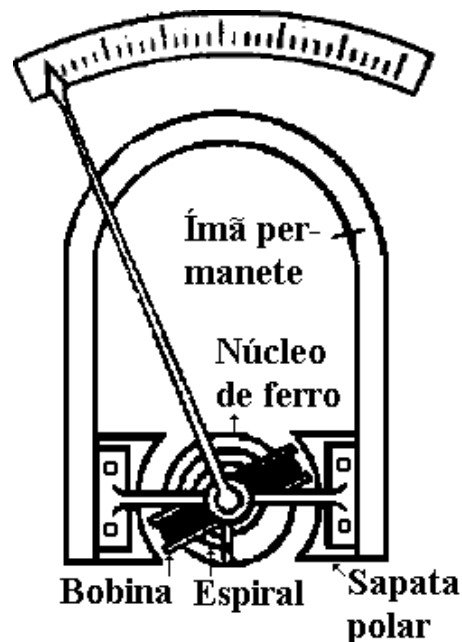


Fig. 2 – Detalhe construtivo – Instrumento com Bobina Móvel.

Caraterísticas:

- A atuação depende da FORÇA desenvolvida sobre um condutor que conduz CORRENTE dentro de um CAMPO MAGNÉTICO (B).
- *Vantagens*: baixo consumo próprio; alta sensibilidade; bastante precisos; possibilidade de escala ampla.
- *Desvantagens*: usados somente em CC; construção complexa e sensível; danifica-se rapidamente.
- *Utilizado*: A, V, Ω , rpm.

1.5.2.2 Instrumento com Ferro Móvel



Símbolo:

Detalhes Construtivos:

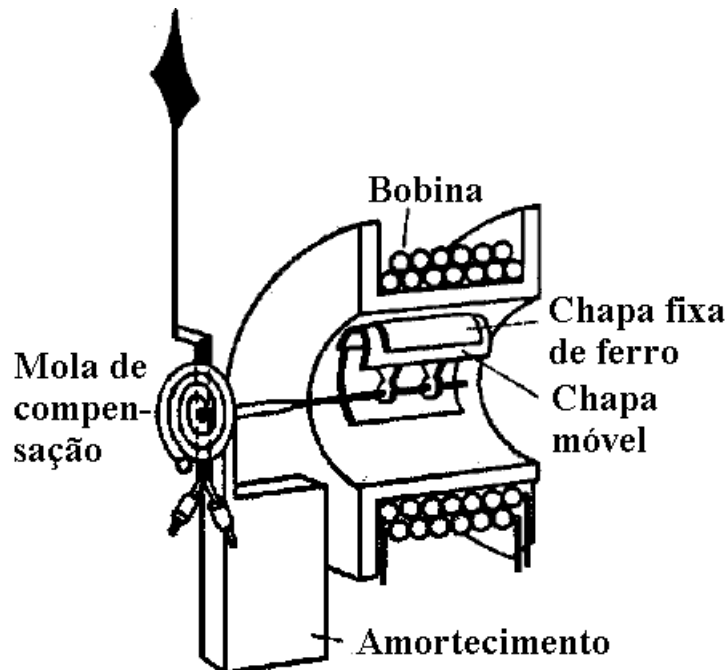
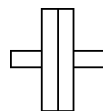


Fig. 3 – Detalhe construtivo – Instrumento Ferro Móvel.

Caraterísticas:

- Baseado na ação do CAMPO MAGNÉTICO (**B**) criado pela CORRENTE a medir percorrendo uma BOBINA FIXA sobre uma peça de FERRO doce MÓVEL.
- *Tipos*: ATRAÇÃO E REPULSÃO.
- *Vantagens*: usados em CC e CA; robustez e menor custo.
- *Desvantagens*: menor exatidão; utilizados em frequências de até 200Hz; em CC apresentam erro devido ao magnetismo e em CA apresentam erro devido à frequência.
- *Utilizado*: A, V (CC e CA).

1.5.2.3 Instrumento Eletrodinâmico sem Ferro



Símbolo:

Detalhes Construtivos:

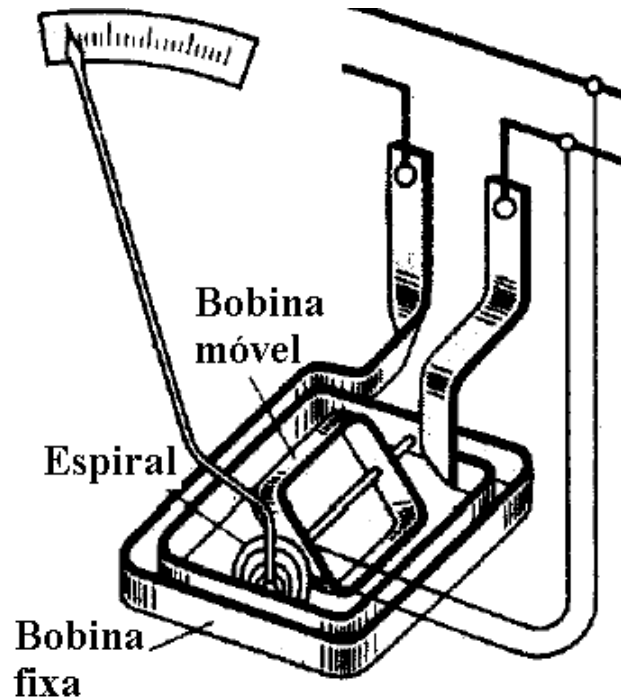
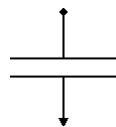


Fig. 4 – Detalhe construtivo – Instrumento Eletrodinâmico Sem Ferro.

Características:

- Resulta da interação do Campo Magnético criado pela corrente na bobina fixa (BC) e a corrente na bobina móvel (BP), REPULSÃO.
- Pode-se medir CC e CA (melhor precisão entre os aparelhos de medidas elétricas).
- São usados como W, podem ser utilizados como V e A.

1.5.2.4 Instrumento Eletrostático



Símbolo:

Detalhes Construtivos:

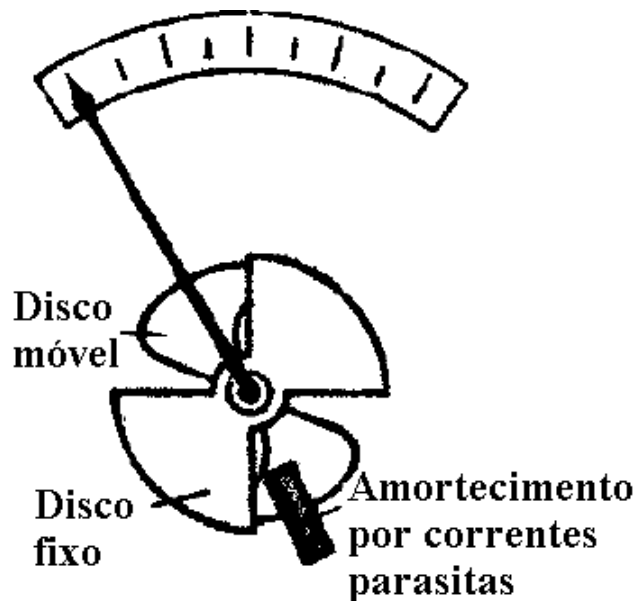


Fig. 5 – Detalhe construtivo – Instrumento Eletrostático.

Características:

- Baseado na ATRAÇÃO de duas placas planas condutoras (fixa e móvel, CAPACITOR variável), criado pela tensão a medir (origina uma força de atração entre as placas devido às cargas acumuladas nas placas).
- *Tipos:* Atração e de Quadrante.
- *Utilizado:* V.

Os instrumentos **Eletrostáticos**, de **Ferro Móvel** e os **Eletrodinâmicos** são conhecidos como instrumentos da Lei Quadrática (a deflexão é proporcional a

$$V_{\text{EFICAZ}}^2 \text{ e } I_{\text{EFICAZ}}^2).$$

1.5.2.5 Instrumento com Lâminas Vibráteis



Símbolo:

Detalhes Construtivos:

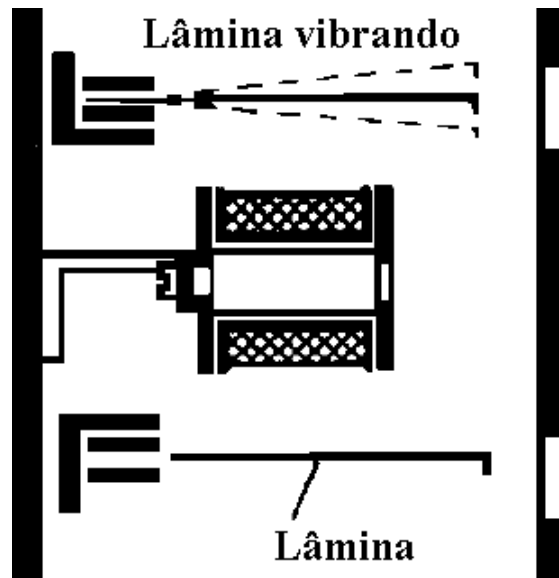


Fig. 6 – Detalhe construtivo – Instrumento de Lâminas Vibráteis.

Características Técnicas:

- Utilizado: Hz (CA).

1.5.2.6 Instrumento Eletrodinâmico de Relação com Núcleo de Ferro



Símbolo:

Detalhes Construtivos:

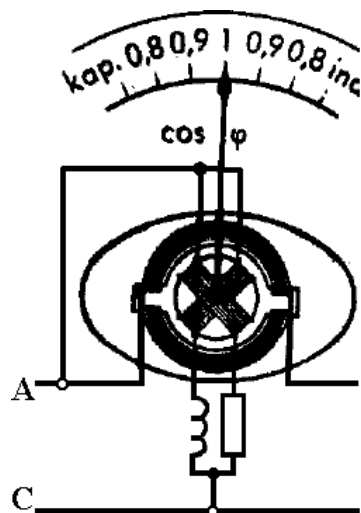


Fig. 7 – Detalhe construtivo – Instrumento de Relação Eletrodinâmico.

Características Técnicas:

- Utilizado: $\cos \varphi$ (CA).

1.5.3 Natureza da Corrente

Este termo caracteriza o tipo de corrente que circula pelo circuito.

Tipo de Corrente	Símbolo
Corrente Contínua (CC)	—
Corrente Alternada Monofásica (CA)	~
Corrente Contínua e Alternada (CC-CA)	—~
Corrente Alternada Trifásica	~~~

1.5.4 Classe de Exatidão do Instrumento (ΔC)

É a margem de erro garantida pelo fabricante do instrumento. É representada pelo *índice de classe*:

	Classe [%]			
	<i>Instrumentos de laboratório</i>	0.1	0.2	0.5
<i>Instrumentos de serviço</i>	1.0	1.5	2.5	5.0

Exemplo: O valor lido no voltímetro é de 120V, o índice de classe é de 1,5 e a escala graduada é de 0 a 300V.

$$\Delta C = 300 \times \frac{1,5}{100} = 4,5V$$

Valor verdadeiro é de $(120 \pm 4,5)V$ ou de 115,5 a 124,5V. Aconselha-se a fazer as leituras no último 1/3 da escala, pois abaixo deste o erro é maior.

Erro relativo percentual:

$$\frac{\Delta C}{\text{Valor lido}} \times 100 > \text{Índice de Classe}$$

1.5.5 Posição do Instrumento

Os instrumentos são construídos para funcionar em três posições:




Vertical	Horizontal	Inclinada
		

Fig. 8 – Posição do Instrumento.

1.5.6 Tensão de Isolação (Rigidez Dielétrica)

É o valor máximo de tensão que um instrumento pode receber entre sua parte interna (de material condutor) e sua parte externa (de material isolante).





 - 500 V	 - 1 kV	 - 2 kV	 - 3 kV
--	---	---	---

Fig. 9 – Tensão de Isolação.

1.5.7 Calibre do Instrumento

Indica o valor MÁXIMO que o instrumento pode medir.

- a. CALIBRE ÚNICO: Voltímetro com calibre de 200V implica que o valor máximo medido é de 200V.

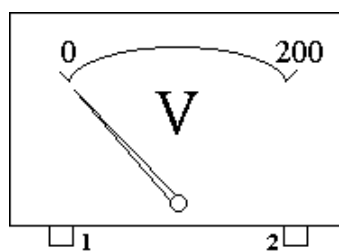


Fig. 10 – Voltímetro – Única Escala.

- b. Instrumento com MÚLTIPLOS CALIBRES:

$$\text{Valor da grandeza} = \frac{\text{Calibre utilizado}}{\text{Valor marcado no fim da escala}} \times \text{Valor Lido}$$

Exemplo: Escala graduada de 200 divisões; Calibre na posição de 300 V e valor lido de 148 divisões. O valor da grandeza será **222 V**.

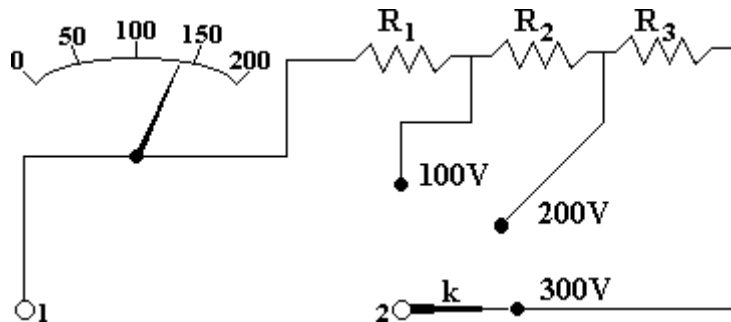


Fig. 11 – Voltímetro – Múltiplas Escala.

1.5.8 Perda Própria

É a potência consumida pelo instrumento.

Exemplo: Um amperímetro de calibre 10 A e resistência própria de 0.2Ω tem uma perda própria de 20W. O ideal é ter a menor perda possível para NÃO INFLUENCIAR no circuito em que o instrumento esteja ligado. Os instrumentos eletrônicos são considerados de perda própria praticamente nula.

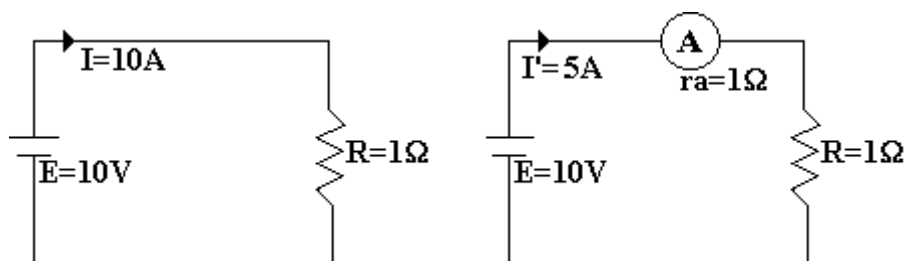


Fig. 12 – Exemplo da influência do amperímetro no circuito.

O exemplo da figura 12 mostra que devemos ter cuidado ao inserir um instrumento de medida num circuito. Pois o mesmo pode influenciar significativamente no valor da medição. Antes de conectar um instrumento verifique se a resistência interna (r_a) do mesmo é menor que a resistência R do circuito sob análise.

1.6 MEDIDORES DE GRANDEZAS ELÉTRICAS

Os primeiros medidores utilizados eram baseados na DEFLEXÃO de um PONTEIRO acoplado a uma BOBINA MÓVEL imersa em um CAMPO MAGNÉTICO. Uma CORRENTE aplicada na BOBINA produz o seu deslocamento pela FORÇA de *Lorentz*. Um mecanismo de contra-reação (em geral uma mola) produz uma força contrária de modo que a deflexão do ponteiro é proporcional à corrente na bobina.

DESVANTAGENS DO INSTRUMENTO ANALÓGICO:

- Imprecisões de leitura; fragilidade; desgaste mecânico; difícil automação de leitura, etc.

VANTAGENS DO INSTRUMENTO DIGITAL:

- Mais robusto, preciso, estável, durável, facilmente adaptável a uma leitura automatizada e em geral o custo é inferior ao dos analógicos (com exceção aos osciloscópios).

1.7 Medidas de Tensão, Corrente e Resistência

Para medir uma determinada variável precisamos criar uma corrente elétrica, que precisa ser mantida por uma fonte de tensão ou corrente que fornece a energia dissipada.

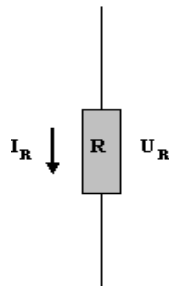


Fig. 13 – Lei de OHM – $E = R \cdot I$.

A carga (resistor) deverá estar conectado a algo, que neste caso pode ser simplesmente uma bateria química, que mantenha a tensão E_R e a corrente I_R . A relação entre a tensão e a corrente no resistor é dada pela lei de Ohm:

$$E_R = R \cdot I_R$$

Cada uma das grandezas é medida por um aparelho diferente. A introdução dos aparelhos no circuito de medida modifica a resistência total oferecida ao resto do circuito e isso modifica as grandezas que se quer medir. O uso de cada um desses aparelhos de medida deve observar as características de utilização do manual de operação do equipamento.

Para medição (quantificação e identificação) das grandezas elétricas utilizamos alguns instrumentos para a determinação destes valores. A tabela abaixo mostra os principais instrumentos, grandeza identificada e forma de ligação.

Instrumentos	Grandeza	Forma de ligação
Voltímetro	Tensão	Paralela
Amperímetro	Corrente	Série
Ohmímetro	Resistência	Paralelo
Miliohmímetro	Pequenas resistências	Paralelo
Megômetro	Resistências de isolamento	Paralelo
Terrômetro	Resistências de Aterramento	Através de 3 eletrodos ou por garras
Alicate amperímetro	Corrente	Por garra, sem necessidade de desligar o circuito
Multímetro	Tensão, corrente, resistência	Conforme grandeza a ser identificada

Todos os instrumentos são compostos de escalas que permitem medir diversos níveis da mesma grandeza. Para medir uma grandeza desconhecida é necessário colocar na maior escala, evitando a queima do instrumento. Para efetivar a leitura do instrumento com o menor erro possível faz-se necessário reduzir a escala do instrumento até a mínima escala que ainda possa ser efetuada a leitura da grandeza.

2 - Laboratório 01 - Circuito Elétrico

2.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Um circuito elétrico é um conjunto de dispositivo que permitem controlar a corrente elétrica em um circuito. O Circuito elétrico é composto por:

- Fonte de tensão : responsável em fornecer energia para o sistema;
- Condutores : responsável em fornecer um caminho de baixa resistência para a circulação de corrente elétrica;
- Seccionadores : elementos que permitem controlar a corrente elétrica, liberando ou bloqueando o fluxo de corrente elétrica. Exemplo: Chaves e botões.
- Proteção : sistema responsável em garantir a segurança da instalação e ou usuários. Quando ocorre um evento não permitido no sistema ele desliga automaticamente o circuito. Exemplo: Disjuntores e fusíveis.
- Carga : Elemento do circuito que utiliza a corrente elétrica transformando-a em outra fonte de energia. Exemplo: O chuveiro elétrico transforma energia elétrica em energia térmica.

Através da utilização de símbolos podemos representar um circuito elétrico em um desenho. Exemplo o circuito abaixo representa um circuito de uma lâmpada:

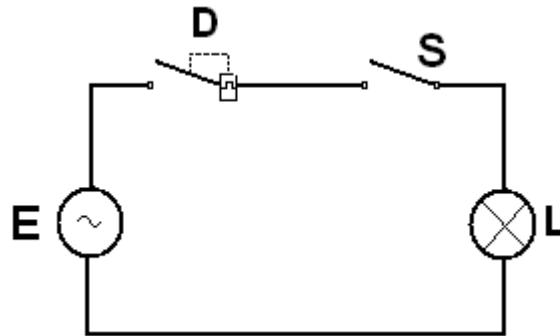


Fig. 14 – Circuito Elétrico.

Onde foram considerados os seguintes símbolos:

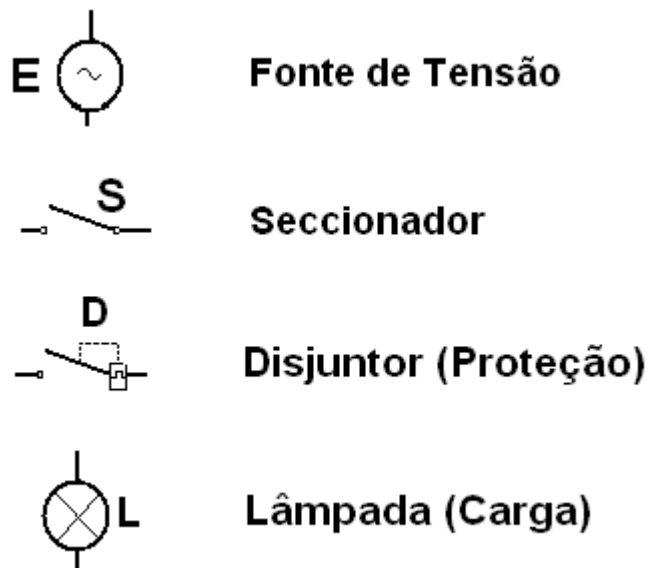


Fig. 15 – Simbologia do Circuito Elétrico.

A interligação entre os símbolos representam os condutores do sistema. Num projeto elétrico são calculados as características mínimas de todos os dispositivos do circuito elétrico e estas características devem ser mostradas no diagrama (desenho).

2.1 OBJETIVO

Utilizando Lâmpadas, interruptor, disjuntor e tensão relacionar a existência de corrente elétrica com o estado dos dispositivos do circuito.

2.2 CUIDADOS ESPECIAIS

Não ligar o circuito sem a autorização do professor.

Antes de iniciar as conexões desligar a bancada.

2.3 PROCEDIMENTO

2.3.1 Ler o roteiro antes de iniciar o trabalho.

Através do desenho discutir as atividades que serão realizadas.

2.3.2 Conferir materiais.

Conferir todos os materiais entregue.

Lista de materiais

- 1 Placa com 3 soquetes para Lâmpadas
- 3 Lâmpadas de potência diversa
- 1 Placa com 1 interruptor simples
- 1 Placa com dois disjuntores monofásico
- Cabos com ponteira tipo banana (Cabo Banana)

2.3.3 Circuito Elétrico.

Utilizando os cabos banana realizar o circuito de acionamento da lâmpada:

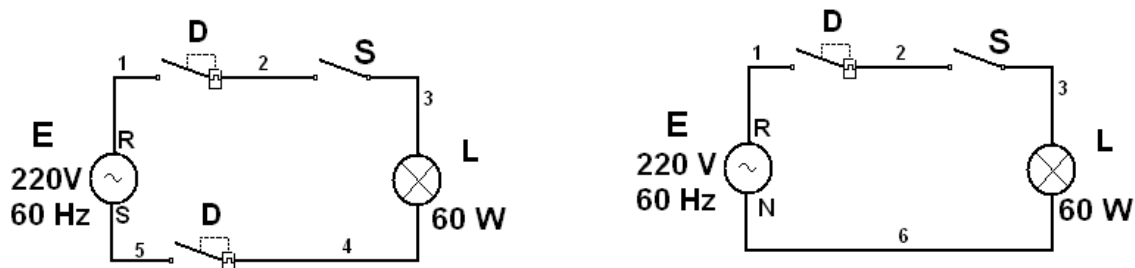


Fig. 16 – Circuito Elétrico para Laboratório.

Passos para a conexão:

- 1.Fio 1: Colocar um pino banana do cabo no plug da fonte (Fase R), conectando a outra ponta no disjuntor, no pino de cima;
- 2.Fio 2: Colocar um pino banana do cabo no disjuntor, pino de baixo, e levar até o pino do interruptor;
- 3.Fio 3: Colocar um pino banana no outro plug do interruptor e levar este cabo até soquete da lâmpada;
- 4.Fio 4 ou Fio 6: Colocar um pino banana no outro pino do soquete da lâmpada e levar até ao neutro (Fio 6 – Nos sistemas 380/220 V), caso contrário levar até disjuntor, pino de baixo (Fio 4 – Nos sistemas 220/110 V)
- 5.Fio 5 : Somente para os casos 220/110 Volts. Colocar um pino banana do cabo no outro plug da fonte (Fase S), conectando a outra ponta no outro disjuntor (Segundo disjuntor), no pino de cima;

Conferir o circuito e chamar o professor para conferir o mesmo.

Após autorização e retirada das placas observar a luminosidade da lâmpada nas duas posições do interruptor.

Manter a lâmpada ligada e observar a luminosidade da lâmpada nas duas posições do disjuntor.

2.3.4 Circuito Alternativos.

Para comprovar que você aprendeu a montar os circuitos elétricos, faça os circuitos abaixo no painel um a um, mostrando-os ao professor.

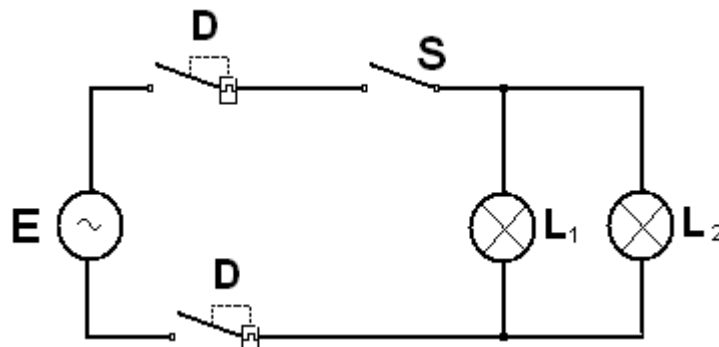


Fig. 17 – Circuito Elétrico com lâmpadas em paralelo.

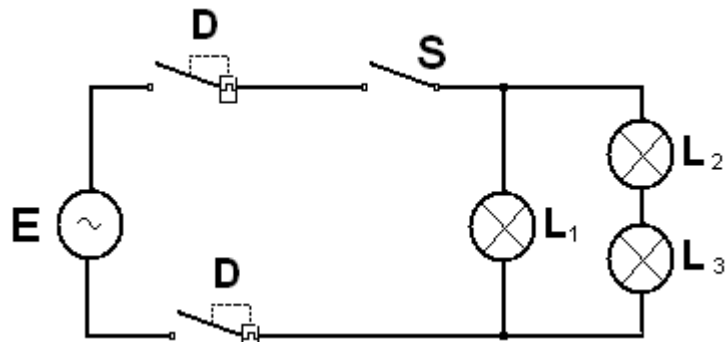


Fig. 18 – Circuito Elétrico com lâmpadas associação mista.

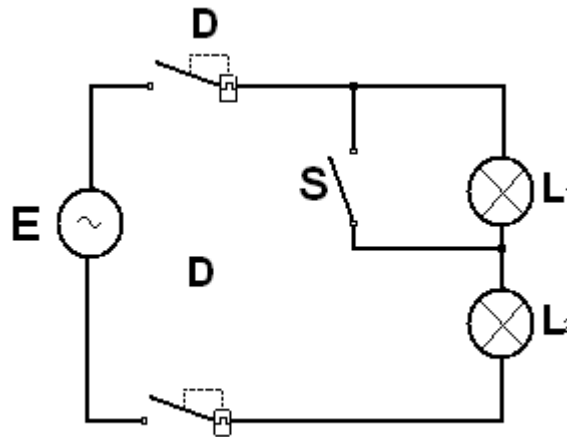


Fig. 19 – Circuito Elétrico com lâmpadas. Associação alternativa.

2.4 RESULTADOS

Quanto ao circuito da figura 16 explique:

O que ocorreu com o brilho das lâmpadas quando foram trocados os estados dos interruptores e da proteção.

A variação no brilho da lâmpada entre estas associações?

3 - Laboratório - Resistividade

3.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

A **Resistividade Específica** (ρ) é uma constante que informa a resistência elétrica de um corpo por unidade de volume.

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

Onde: R = Resistência (Ω);

ρ = Resistividade ($\Omega \cdot \text{cm}$)

L = Comprimento (cm)

A = Área (cm²)

O mili-ohmímetro é um equipamento de medição que permite medir o valor de resistências muito baixas. O mili-ohmímetro é formado por unidade de leitura e dois cabos (ponteiras) de medição. O cabo das ponteiras é duplo, permitindo que o aparelho compense o valor da resistência do cabo de medição.

Ajuste de Zero consiste em ajustar o instrumento para medição de resistências elétricas, compensando a resistência das ponteiras de medição dos instrumentos.

3.2 OBJETIVO

Utilizar mili-ohmímetro para determinar a resistividade específica de condutores de cobre com seções diferentes.

3.3 CUIDADOS ESPECIAIS

- Ajustar o ZERO do instrumento.
- Conectar o pedaço do condutor a ser identificado.
- Realizar a leitura.

3.4 PROCEDIMENTO

3.4.1 Ler o roteiro antes de iniciar o trabalho.

Através do desenho discutir as atividades que serão realizadas.

3.4.2 Conferir materiais.

Conferir todos os materiais entregue.

Lista de materiais

- 2 – Pedaço de fio 4,0 mm²
- 2 – Pedaço de fio 2,5 mm²
- 2 – Pedaço de fio 1,5 mm²

Equipamentos da bancada

- 1 Mili-ohmímetro (Fig. 20)
- 2 ponteiros com garras
- 1 cabo de alimentação



Fig. 20 – Miliohmímetro.

3.4.3 Ajustar o instrumento.

Curto-circuitar as duas pontas das ponteiros e ajustar o instrumento para leitura ZERO.

3.4.4 Metodologia

Utilizar dois cabos de tamanho diferentes para cada seção e medir o valor da resistência encontrada e preencher a tabela.



Fig. 21 – Conexão Miliohmímetro ao corpo de teste.

A turma será dividida em quatro grupos que farão as medições por grupo para preenchimento da tabela abaixo:

Tamanho (m)	Seção (mm ²)	Resistência (mΩ)					ρ (Ω . cm)
		Grupo1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Média	
	1,5						
	1,5						
	2,5						
	2,5						
	4,0						
	4,0						

3.5 RESULTADOS

Comprovar os valores obtidos com a constante apresentada.

Deve ser entregue um relatório por grupo. No relatório deve ter toda a descrição do procedimento experimental realizado e os resultados encontrados.

No relatório deve ter comparações, comprovações e verificações feitas.

Verificar através de pesquisa qual a resistividade do condutor de cobre.

Exercício: Qual a potência dissipada no condutor de um circuito que alimenta uma carga de 30 Amperes, com condutor de 4 mm² a 100 metros de distância?

Não esqueça de colocar os nomes dos alunos da equipe e entregar o relatório em ___/___/_____ no início das aulas.

4 - Laboratório - Ohmímetro

4.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

As grandezas elétricas (tensão, corrente e resistência) se relacionam entre si através da LEI DE OHM, que define:

$$E = R \cdot I$$

4.1.1 OHMÍMETRO [Ω]

Instrumento utilizado para medir a resistência elétrica de uma carga. É sempre conectado em PARALELO com o componente que se deseja medir. É necessário que o circuito em que o componente está inserido esteja desligado (sem energia). Outro ponto importante é desconectar um dos terminais do componente para evitar que se esteja medindo resistores em série ou paralelo. Assim garantimos a medição de apenas um componente e não a associação de vários componentes.

4.1.2 MÉTODOS PARA MEDIÇÃO DE RESISTÊNCIAS MÉDIAS (1Ω A $1M\Omega$):

4.1.2.1 Medição por meio do Ohmímetro a pilha (medição direta):

Um ohmímetro mede a resistência de um resistor aplicando uma diferença de potencial sobre o resistor e medindo a corrente que o percorre. O resistor precisa ser **desconectado** do circuito ao qual está ligado para ter sua resistência medida por um ohmímetro. A resistência também pode ser determinada através das medidas da tensão e da corrente no resistor, calculando-se a razão entre as duas medidas.

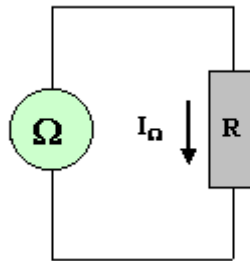


Fig. 22 – Representação Ohmímetro.

Para a medição de resistências faz-se necessário a desenergização (desligamento) do circuito e/ou retirada do elemento a ser medido.

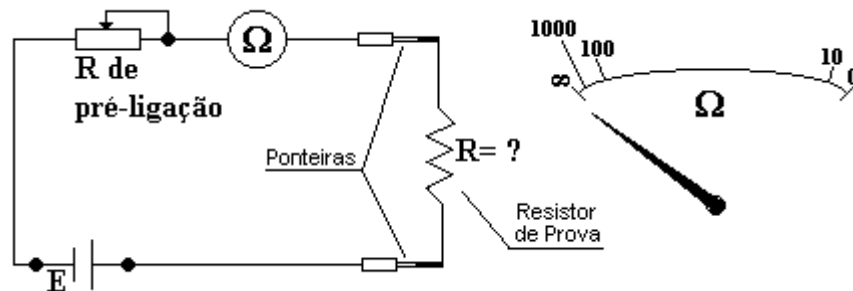


Fig. 23 – Circuito do Ohmímetro.

Inicialmente com o aparelho desligado, a corrente que passa pelo mesmo é nula ($I=0$), logo devido à lei de Ohm, o valor indicado no aparelho é o valor infinito ($R=\infty$). Por isto, deve-se ajustar o valor **0** através de curto-circuito das ponteiras e controle do potenciômetro.

4.1.2.2 Através de um Voltímetro e um Amperímetro (Medição Indireta):

$$R = E / I \text{ (Lei de Ohm)}$$

Montagem a montante:

- Para medir $R \gg R_{\text{AMPERÍMETRO}}$;
- $\varepsilon_1 = \frac{R_{\text{amperímetro}}}{R}$

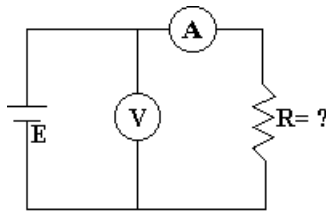


Fig. 24 – Medição Indireta de Resistência a Montante.

Montagem a jusante:

- Para medir $R \gg R_{\text{VOLTÍMETRO}}$;
- $\varepsilon_2 = \frac{R_{\text{voltímetro}}}{R}$

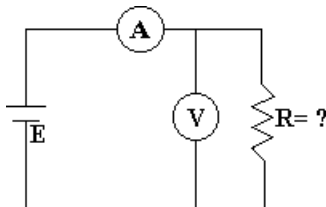


Fig. 25 – Medição Indireta de Resistência a Jusante.

4.1.2.3 Através da Ponte de Wheatstone

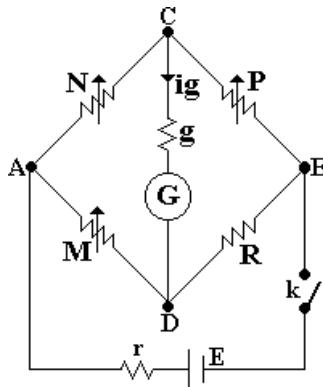


Fig. 26 – Ponte de Wheatstone.

G é um galvanômetro (apenas indica a passagem de corrente).

g é a resistência interna do galvanômetro.

I_g é a corrente que passa pelo galvanômetro.

r é a resistência interna da bateria.

Quando a condição de equilíbrio: $V_c = V_D \Rightarrow i_g = 0$ existir, aplica-se à equação abaixo para obter o valor de R.

$$R = \frac{M}{N} \cdot P$$

Para medição de resistências elevadas (maior que $1M\Omega$) utiliza-se o MEGAOHMÍMETRO, MEGGER ou megôhmetro.

4.1.3 Multímetro

O multímetro é um equipamento que permite medir diversas grandezas elétricas. Para selecionar a grandeza elétrica utiliza-se o seletor do equipamento. O seletor permitir escolher a escala em que o aparelho efetuará a leitura.



Fig. 27 – Multímetro Digital.

O multímetro é composto por visor, seletor e ponteiros. As ponteiros vermelha e preta servem para amostrar o sinal a ser identificado. A ponteira preta devem ser usada como referência e conectada na saída (borne do multímetro) comum.

O multímetro acima é um multímetro digital, pois o visor é eletrônico, apresentado o valor diretamente. Ao lado mostramos um outro instrumento analógico, onde o valor é apresentado por um ponteiro em uma escala.

Para efetuar a leitura neste instrumento deve-se selecionar a grandeza e escala a ser utilizada. Após efetuar a leitura deve-se multiplicar por uma constante adequada que relacione a escala e a posição do seletor selecionada.



Fig. 28 – Multímetro Analógico.

Por exemplo: selecionou-se a grandeza tensão CC (DCV) na escala 2,5 e utiliza-se a escala ZERO a 250 V, todas as leituras efetuadas devem ser divididas por 100 para que a leitura fique entre ZERO a 2,5 V.



Fig. 29 – Escalas do Multímetro.



Fig. 30 – Escala do Multímetro.

4.2 OBJETIVO

Utilizar multímetro na escala de resistência para identificar o valor de resistores.

4.3 CUIDADOS ESPECIAIS

Ao medir resistência desconectar o resistor do circuito.

Certificar que as bancadas estão desligadas.

Sinalizar que a bancada está desligada.

4.4 PROCEDIMENTO

4.4.1 Conferir materiais.

Conferir todos os materiais entregue.

- 5 Resistores de valores diversos
- 1 multímetro
- 2 ponteiros para multímetro

4.4.2 Conectar as ponteiros.

Colocar a ponteira vermelha no plug POSITIVO (+) e a ponteira preta no plug COMUM (COM).

4.4.3 Efetuar leitura do valor dos resistores.

Coloque o multímetro na escala de resistência e meça a resistência de cada resistor, colocado a extremidade de cada ponteira em cada terminal do resistor. Anote os valores obtidos.

4.5 RESULTADOS

Verificar as diferenças físicas de cada resistor comparando com os valores obtidos.

5 - Laboratório – Código de Cores

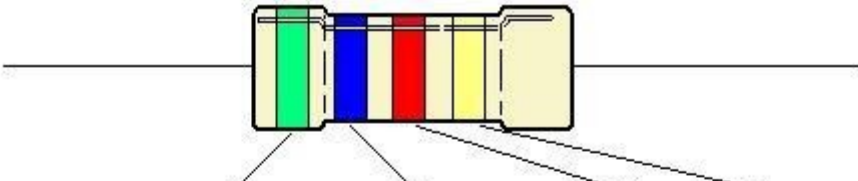
5.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Os resistores dão componentes que apresentam uma resistência conhecida e seu valor é dado através de um código de cores impresso em seu corpo.

5.1.1 Código de Cores

O valor do resistor é dado pela ordem das cores impressa no corpo do resistor. A primeira cor é aquela que está mais próxima do terminal do resistor. As duas primeiras cores indicam os números que formam o valor, enquanto a terceira indica o número de zeros do valor em ohms. A quarta cor indica a tolerância do valor.

Por exemplo: um resistor que tem as cores marrom, vermelho, laranja e ouro, possui o valor de 12000Ω com uma tolerância de cinco por cento tanto para cima como para baixo deste valor.



<u>COR</u>	<u>1ª FAIXA</u> <u>NÚMERO</u>	<u>2ª FAIXA</u> <u>NÚMERO</u>	<u>3ª FAIXA</u> <u>ZEROS</u>	<u>4ª FAIXA</u> <u>TOLERÂNCIA</u>
PRETO	—	0	—	—
MARROM	1	1	0	1%
Vermelho	2	2	00	2%
LARANJA	3	3	000	—
AMARELO	4	4	0000	—
VERDE	5	5	00000	—
AZUL	6	6	000000	—
VIOLETA	7	7	—	—
CINZA	8	8	—	—
BRANCO	9	9	—	—
OURO	—	—	X 0,1	5%
PRATA	—	—	X 0,01	10%

Fig. 31 – Código de Cores.

5.2 OBJETIVO

Utilizar o código de cores para identificar o valor de resistores comparando com os valores obtidos com a leitura de um multímetro na escala de resistência.

5.3 CUIDADOS ESPECIAIS

- Ao medir resistência desconectar o resistor do circuito.
- Certificar que as bancadas estão desligadas.
- Sinalizar que a bancada está desligada.

5.4 PROCEDIMENTO

5.4.1 Conferir materiais.

Conferir todos os materiais entregue.

Lista de materiais

5 Resistores de valores diversos

1 Multímetro

2 Ponteiras para multímetro

5.4.2 Identificar valor do resistor por cor.

Anotar todas as cores dos resistores e identificar o seu valor com o auxílio da tabela de código de cores.

5.4.3 Comparar valor com leitura.

Coloque o multímetro na escala de resistência e meça a resistência de cada resistor, colocado a extremidade de cada ponteira em cada terminal do resistor. Anote os valores obtidos e compare com o valor obtido através do código de cores.

5.5 RESULTADOS

Verificar se os valores obtidos estão dentro da faixa de tolerância de cada resistor.

Entregar relatório conforme modelo a seguir:

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

Disciplina: Medidas Elétricas:

Prof: _____

Equipe: _____

Objetivo: Esclarecer o que os alunos pretendiam realizar no laboratório, citado os dispositivos que deverão ser utilizados.

Dados de Laboratório: Mostrar todas as informações que foram retiradas do laboratório, informando siglas, símbolos e unidades. Também é importante desenhar o circuito elétrico se necessário.

Exemplo: Resistor 1 possui as seguintes cores Amarelo, Amarelo, verde, ouro que equivale a 4400 k Ω com tolerância de 5%.

Dados 1

Dado 2

Dado 3

Dado 4

Conclusão: Avaliar os dados comparando com os valores teóricos.

Por exemplo: O valor do resistor obtidos através do código de cores está de acordo com os valores obtidos com o instrumento de medição, ou seja 4400 k Ω está de acordo com 475 k Ω que foi obtido com o ohmímetro.

Conclusão1

Conclusão2

Conclusão3

6 - Laboratório - Teorema das Tensões

6.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Nas aulas de eletricidade verifica-se que Kirchhoff criou uma teoria que permite solucionar circuitos elétricos de qualquer grau de complexidade. A solução destes circuitos nos permite encontrar os valores e sentidos das correntes e tensões para qualquer dispositivo do circuito. Esta teoria é dividida em dois teoremas: Leis das Correntes e Leis das Malhas.

Na Leis das Malhas é definido que: “ A soma das tensões elétricas em uma malha qualquer, num determinado sentido, é sempre igual à soma das tensões elétricas dessa mesma malha no sentido oposto”.

$$E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n = E_{R1} + E_{R2} + E_{R3} + \dots + E_m$$

6.1.1 VOLTÍMETRO [V]

Instrumento usado para medir a diferença de potencial elétrico (tensão elétrica) entre dois nós de um circuito. É SEMPRE conectado em PARALELO com os nós do circuito a ser medido.

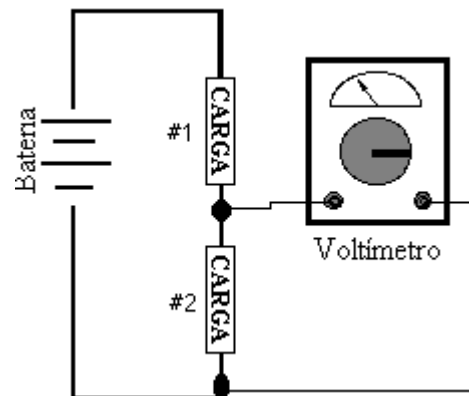


Fig. 32 – Ligação do voltímetro ao circuito.

Características essenciais de um voltímetro:

- Alta impedância de entrada (idealmente ∞);
- Baixa corrente de entrada (idealmente 0);
- Para medição de Tensão Alternada Elevada utiliza-se o TP (transformador de tensão).

6.1.2 Medir tensão

Para medição (quantificação e identificação) de tensão utilizamos o voltímetro, que deve ser conectado em paralelo com o dispositivo a ser medido. O voltímetro ideal é representado como um circuito aberto (Resistência muito alta), o que impede que o voltímetro interfira na grandeza medida.

Um voltímetro mede a tensão ou diferença de potencial E_V entre seus terminais. Para fazê-lo medir a diferença de potencial E_R entre os terminais do resistor é necessário conectá-lo **em paralelo** com o resistor, de forma que $E_V = E_R$. A introdução do voltímetro em paralelo com o resistor diminui a resistência total, alterando a tensão e a corrente no resistor.

Se a resistência interna do voltímetro for muito maior que a resistência externa ($R_V \gg R$) esse efeito será desprezível, portanto é desejável que um voltímetro tenha resistência tão grande quanto possível.

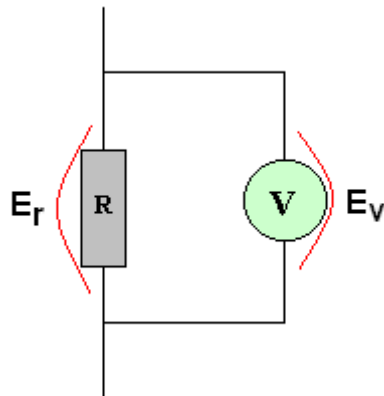


Fig. 33 – Representação do Voltímetro.

No voltmímetro abaixo o fundo de escala é 500 volts, ou seja, a máxima tensão que este voltmímetro mede é 500 V, com divisões a partir de 10 volts.

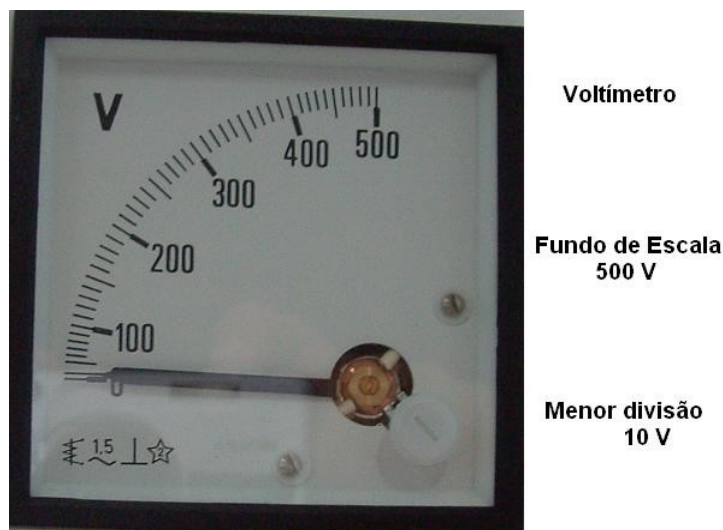


Fig. 34 – Voltímetro de Bancada.

6.2 OBJETIVO

Utilizar voltmímetro em circuito CA para comprovar o teorema das tensões de Kirchhoff.

6.3 CUIDADOS ESPECIAIS

- a) Não ligar o circuito sem a autorização do professor.
- b) Antes de iniciar as conexões desligar a fonte de alimentação.
- c) Desconectar sempre que possível a fonte de alimentação.
- d) Não colocar o multímetro na escala de corrente (sem aviso prévio).
- e) Sinalizar quando a bancada estiver desenergizada.

6.4 PROCEDIMENTO

6.4.1 Ler o roteiro antes de iniciar o trabalho.

Através do desenho (circuito) discutir as atividades que serão realizadas.

6.4.2 Conferir materiais.

Conferir todos os materiais entregue.

Lista de materiais

- 1 – Placa com resistores
- 1 – Voltímetro de painel
- 1 – Placa com proteção (2 disjuntores)
- 1 - Multitester
- 2 ponteiras para multímetro
- Cabos banana

6.5 Verificar sistema de alimentação.

Verifique antes se o sistema de sua bancada é 380/220V ou 220/110 V, caso você necessite de duas fases para ter 220 V, não esqueças de incluir mais um disjuntor de proteção nesta fase na linha de baixo do diagrama.

6.6 Determinar as tensões.

Montar os circuitos a seguir, utilizando para R1 resistor de $150\Omega/150W$ e para R2 resistor de $90\Omega/100W$:

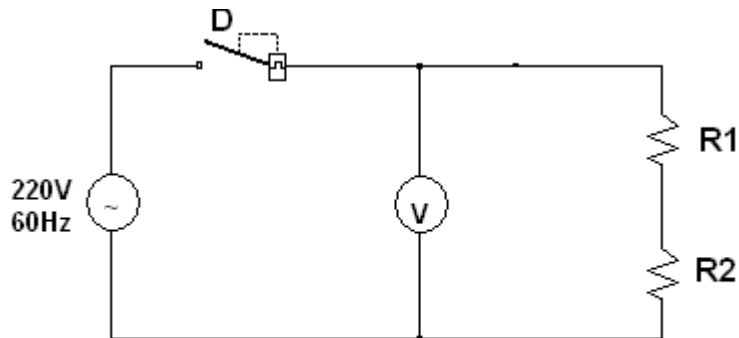


Fig. 35 – Circuito com resistores.

Verifique a tensão de alimentação através do Voltímetro V, e com o multímetro na escala de tensão AC meça o valor da tensão em cada resistor, conforme diagrama abaixo (não esqueças de solicitar a conferência do circuito ao professor):

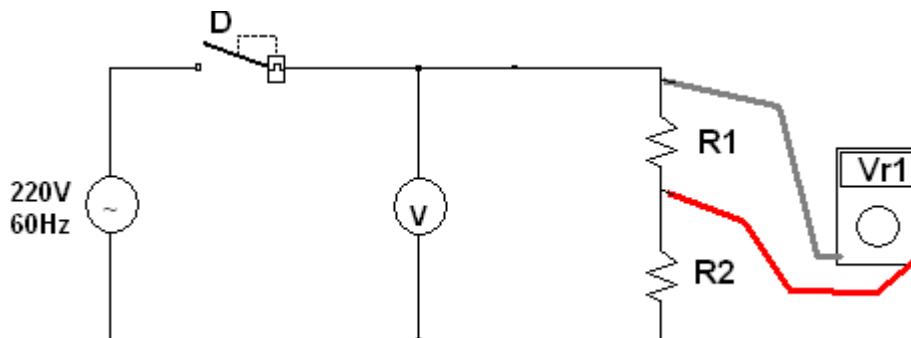


Fig. 36 – Medindo Tensão em Circuito.

Faça a leitura das tensões e preencha a tabela do item 6.7.

TABELA DE DADOS

	Valor (Ω)	Tensão Medida (V)
R1		
R2		
Geral		

6.7 RESULTADOS

a) Calcular a tensão em cada resistor e comparar com os valores obtidos no laboratório.

b) Comprovar o teorema das tensões, identificando se a soma das tensões em uma malha fechada é zero .

c) Verifique se a tensão no resistor R1 e R2 são iguais e responda porquê?

Entregar um relatório, por grupo. No relatório deve ter:

- 1 - Circuito elétrico;
- 2 - Indicação tensões medidas no gráfico e tabela;
- 3 - Comparações, comprovações e verificações feitas.

Não esqueça de colocar os nomes dos alunos da equipe e entregar o relatório em ___/___/ _____ no início das aulas.

7 - Laboratório - Teorema das Correntes

7.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Nas aulas de eletricidade básica estudamos que Kirchhoff criou uma teoria que permite solucionar circuitos elétricos de qualquer grau de complexidade. A solução destes circuitos nos permite encontrar os valores e sentidos das correntes e tensões para qualquer dispositivo do circuito. Esta teoria é dividida em dois teoremas: Leis das Correntes e Leis das Malhas.

Na Leis das Correntes é definido que: “A soma das correntes elétricas que entra num determinado nó é igual à soma das correntes elétricas que sai desse mesmo nó”.

$$I_{E1} + I_{E2} + I_{E3} + \dots + I_{En} = I_{S1} + I_{S2} + I_{S3} + \dots + I_{Sn}$$

7.1.1 AMPERÍMETRO [A]

Instrumento usado para medir a intensidade de corrente que circula em uma malha do circuito. De modo que a mesma corrente de malha passe a circular pelo amperímetro, este é SEMPRE inserido em SÉRIE com o circuito.

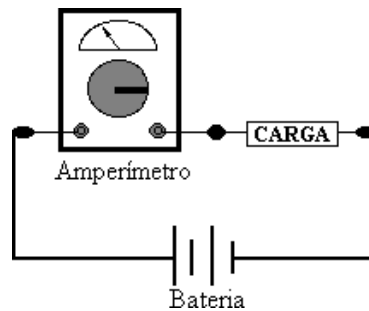


Fig. 37 – Ligação do amperímetro ao circuito.

Característica essencial de um amperímetro:

- Baixa impedância de entrada (idealmente 0);
- Baixa queda de tensão interna (idealmente 0);
- Para medição de Corrente Alternada Elevada utiliza-se o TC (transformador de corrente).

7.1.2 Medir corrente.

Para medição (quantificação e identificação) de corrente elétrica utilizamos o amperímetro, que deve ser conectado em série no ramo do circuito a ser medido. O amperímetro ideal é representado como um curto-circuito (Resistência muito pequena), o que impede que este instrumento interfira na grandeza medida. Para medir o sinal de corrente com amperímetro faz-se necessário interferir no circuito, para colocar o instrumento de medida em série.

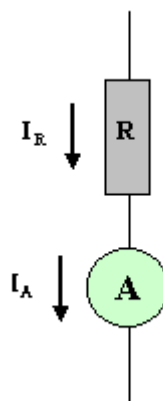


Fig. 38 – Medindo Corrente em Circuito.

Um amperímetro mede a corrente I_A que o atravessa. Para fazê-lo medir a corrente I_R que atravessa o resistor é necessário conectá-lo **em série**

com o resistor, de forma que $I_A = I_R$. A introdução do amperímetro em série com o resistor aumenta a resistência total, alterando a tensão e a corrente no resistor. Se a resistência interna do amperímetro for muito menor que a resistência interna ($R_A \ll R$) esse efeito será desprezível, portanto é desejável que um amperímetro tenha resistência tão pequena quanto possível.

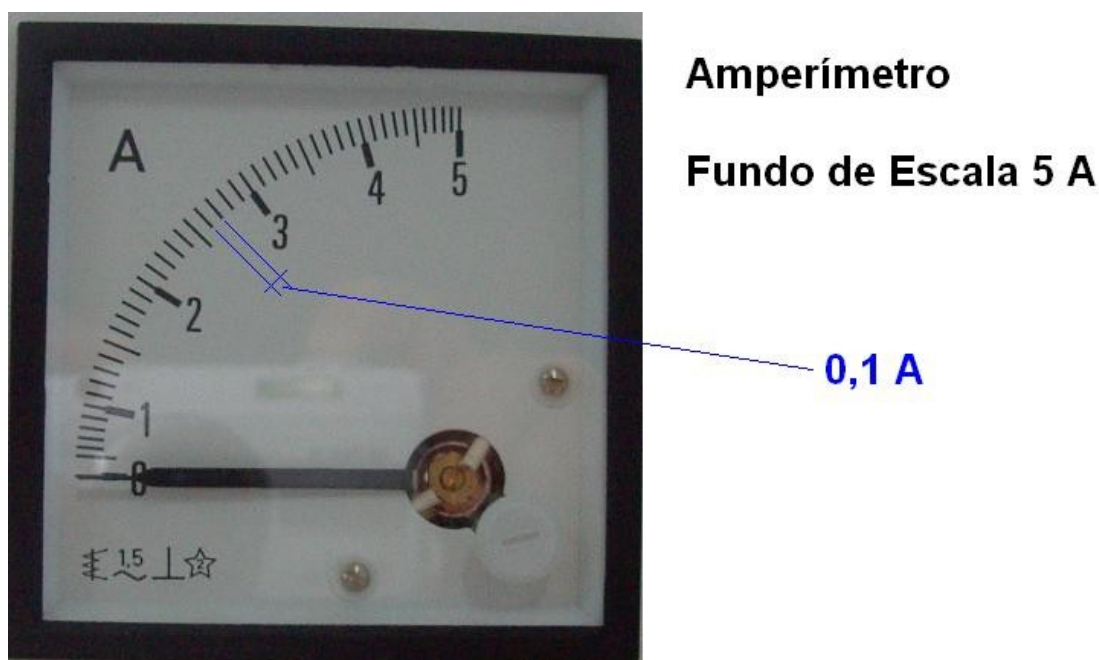


Fig. 39 – Amperímetro de Bancada.

No exemplo acima o amperímetro mede no máximo 5 ampères com uma divisão mínima de 0,1 ampère.

O alicate amperímetro é um outro instrumento de medida que permite a leitura de corrente elétrica sem a interrupção do circuito, pois a medida elétrica é feita a partir de um transformador de corrente que abraça o condutor externamente e que consegue obter o valor da corrente que circula através deste aparelho. Caso o valor da corrente for muito pequeno é possível fazer o aparelho identificar um múltiplo desta corrente, basta passar o condutor várias vezes pelo anel de medição, enrolando o fio em torno deste anel (pinça).

7.2 OBJETIVO

Utilizar amperímetro em circuito com resistores, em circuitos CA, comprovar o teorema das correntes e obter o valor da corrente de forma indireta.

7.3 CUIDADOS ESPECIAIS

1. Não ligar o circuito sem a autorização do professor.
2. Antes de iniciar as conexões desligar a fonte de alimentação.
3. Não colocar o multímetro na escala de corrente (sem aviso prévio).
4. Coloque sempre que a bancada estiver desligada a sinalização individual de bancada desligada.

7.4 PROCEDIMENTO

7.4.1 Ler o roteiro antes de iniciar o trabalho.

Através do desenho (circuito) discutir as atividades que serão realizadas.

7.4.2 Conferir materiais.

Conferir todos os materiais entregue.

- 1 – Placa com resistores
- 1 – Placa com disjuntores
- 1 – Placa com amperímetro de bancada
- 1 alicate amperímetro
- 1 multímetro
- 2 ponteiros para multímetro
- cabos com pino banana

7.4.3 Medir o valor de corrente.

Montar o circuito a seguir, utilizando $R1 = 90\Omega/150W$, $R2 = 225\Omega/100W$ e $R3 = 150\Omega/100W$:

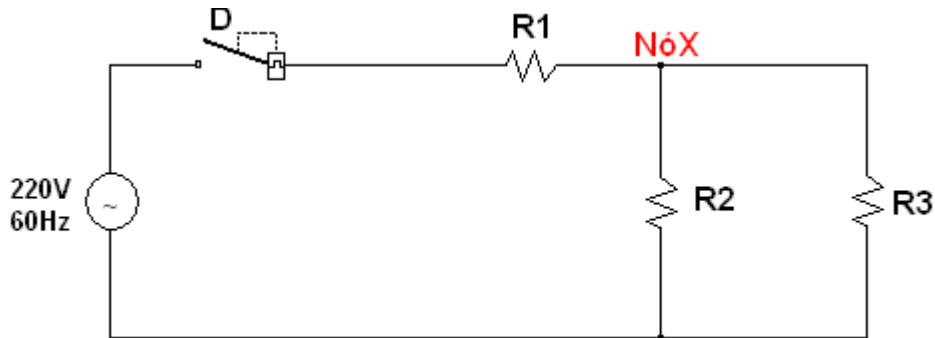


Fig. 40 – Circuito Para Análise de Nó.

Faça a leitura das correntes em cada ramo com a utilização do alicate amperímetro e anotar o valor na tabela.

7.4.4 Determinar de forma indireto o valor de corrente em cada resistor.

Com auxílio do multímetro meça o valor de tensão em cada resistor. Utilize os dados obtidos para preencher a tabela.

Com base nesta tensão medida utilize a LEI DE OHM para encontrar o valor de corrente em cada RAMO.

$$I = \frac{E}{R}$$

Faça o cálculo e preencha a tabela do item 5, a coluna medida indireta da corrente.

7.4.5 Utilização do Amperímetro.

Agora vamos medir a corrente que está saindo da alimentação, com este objetivo é necessário colocar o amperímetro em série conforme mostrar o circuito abaixo:

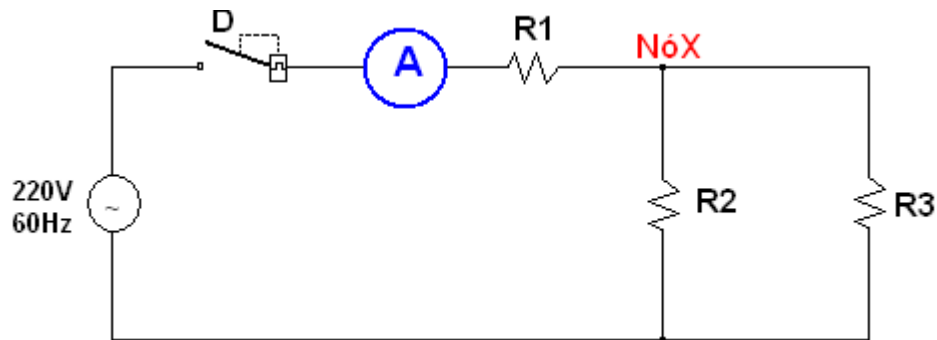


Fig. 41 – Circuito Com amperímetro de Bancada.

Para executar esta atividade siga os seguintes passos:

- Desligue a bancada;
- Coloque as placas de sinalização;
- Coloque o multímetro na escala de corrente;
- Confira o circuito e chame o professor ou o técnico para conferir
- Retire as placas de sinalização;
- Ligue a bancada e faça a leitura no instrumento.

Caso o Valor seja muito pequeno utilize o alicate amperímetro.

7.5 TABELA DE DADOS

	Resistor (Ω)	Tensão Medida (V)	Corrente Calculada (A)	Corrente Medida (A)
R1				
R2				
R3				

7.6 RESULTADOS

a) Utilize a análise dos nós para comparar os valores obtidos no laboratório.

b) Comprovar o teorema das correntes no **NÓ X**, indicando as correntes que entram no **NÓ** e as que saem. Verifique se esta relação esta igual a teoria mostrada em sala de aula.

c) Verifique se a corrente dos resistores de **R₁** e **R₂** são iguais e responda porquê?

d) Verifique se a corrente dos resistores de **R₂** e **R₃** são iguais e responda porquê?

Entregar um relatório, por grupo. No relatório deve ter:

- Circuito elétrico;
- Indicação das correntes e tensões medidas no gráfico e tabela;
- Comparações, comprovações e verificações feitas.

Não esqueça de colocar os nomes dos alunos da equipe e entregar o relatório em ___/___/_____ no inicio das aulas.

8 - Laboratório - Série e Paralelo

8.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Em circuito elétrico podemos associar os dispositivos de duas formas principais: paralelo e série.

Quando ligamos os componentes na seqüência, ou seja, um atrás do outro, estamos ligados estes componentes em série. Nesta forma de ligação o terminal de saída do componente da frente é ligado ao terminal de entrada do componente seguinte, ao final da associação teremos apenas dois terminais livres o de entrada do primeiro componente e o de saída do último.

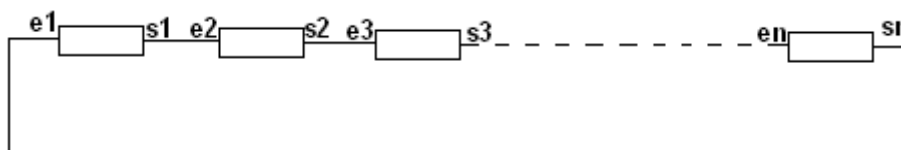


Fig. 42 – Associação Série.

Quando ligamos em paralelo, ligamos os componentes um ao lado do outro. Nesta forma de ligação todos os terminais de entrada são interligados no mesmo ponto e todos os terminais de saída a outro ponto.

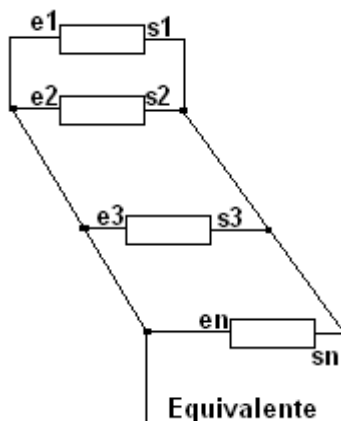


Fig. 43 – Associação Paralelo.

8.2 OBJETIVO

Utilizando Lâmpadas relacionar as características elétricas de corrente e tensão com as ligações paralelo e série

8.3 CUIDADOS ESPECIAIS

Não ligar o circuito sem a autorização do professor.

Antes de iniciar as conexões desligar a bancada e sinalizar.

8.4 PROCEDIMENTO

8.4.1 Ler o roteiro antes de iniciar o trabalho.

Através do desenho discutir as atividades que serão realizadas.

8.4.2 Conferir materiais.

Conferir todos os materiais entregue.

Lista de materiais

3 Lâmpadas de potências diversas (40W, 60W, 100W)

- 1 Módulo de Lâmpadas
- 1 Placa com proteção com disjuntor
- 1 Placa com interruptor,
- 1 Multitester
- Cabos com ponteira tipo banana

8.4.3 Circuito Paralelo.

Ligar as Lâmpadas conforme diagrama abaixo.

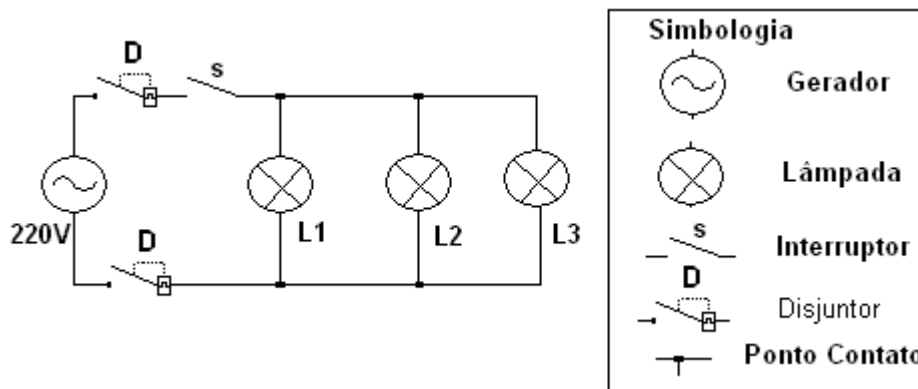


Fig. 44 – Associação Paralelo.

Observar a luminosidade da lâmpada e medir as tensões com o multitester.

8.4.4 Circuito Série .

Ligar as lâmpadas conforme diagrama abaixo.

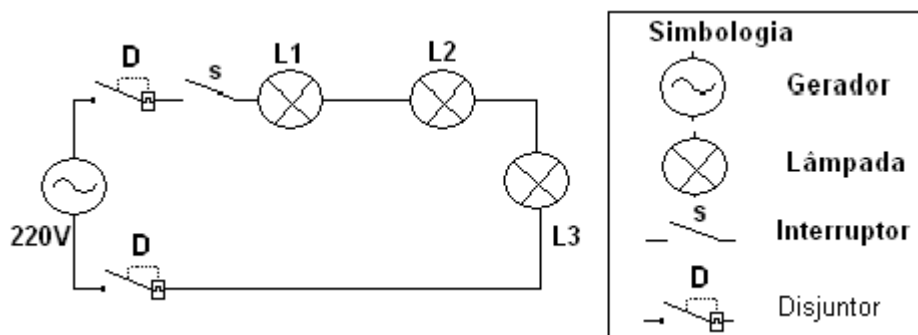


Fig. 45 – Associação Série.

Observar a luminosidade da lâmpada e medir as tensões.

8.4.5 Resistência da Lâmpada .

Medir a resistência da lâmpada e verificar a não linearidade da resistência da lâmpada.

8.5 RESULTADOS

Explicar o que ocorreu com o brilho das lâmpadas quando foram associadas a outras lâmpadas.

Como você explica a variação no brilho da lâmpada entre estas duas associações?

Sobre as tensões medidas nos circuitos das figuras 44 e 45 o que você pode concluir?

Defina circuito série e paralelo em função das tensões e correntes do circuito.

9 - Laboratório – Associação de Resistores

9.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

As grandezas elétricas (tensão, corrente e resistência) se relacionam entre si através da LEI DE OHM, que define:

$$E = R \cdot I$$

Em circuitos com mais de um resistor é necessário realizar as associações série e paralelo, conforme caso específico, para determinar as grandezas elétricas de um circuito. Em associações série o resistor equivalente é igual a soma dos resistores associados.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

O resistor equivalente de uma associação paralela é obtido através do inverso das somas inversas de cada resistor:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

9.2 OBJETIVO

Utilizar amperímetro, voltímetro e ohmímetro em circuito com resistores, para comprovar o valor de associações de resistores.

9.3 CUIDADOS ESPECIAIS

- Não ligar o circuito sem a autorização do professor.
- Antes de iniciar as conexões desligar a bancada e sinalizar.
- Desconectar sempre que possível a fonte de alimentação.
- Não colocar o multímetro na escala de corrente.
- Ao medir resistência desconectar o resistor do circuito.

9.4 PROCEDIMENTO

9.4.1 Ler o roteiro antes de iniciar o trabalho.

Através do desenho discutir as atividades que serão realizadas.

9.4.2 Conferir materiais.

Conferir todos os materiais entregue.

Lista de materiais

- 1 Placa com resistores de fio;
- 1 Placa com proteção com disjuntor;
- 1 Placa com amperímetro
- 1 multímetro
- 2 ponteiros para multímetro
- Cabos com pino banana

9.4.3 Determinar o resistor equivalente em série.

Utilizando o ohmímetro medir as resistências

Montar os circuitos a seguir e verificar os sinais de corrente, conforme especificado abaixo. Utilize: $R_1 = 150\Omega/150W$ e $R_2 = 90\Omega/100W$.

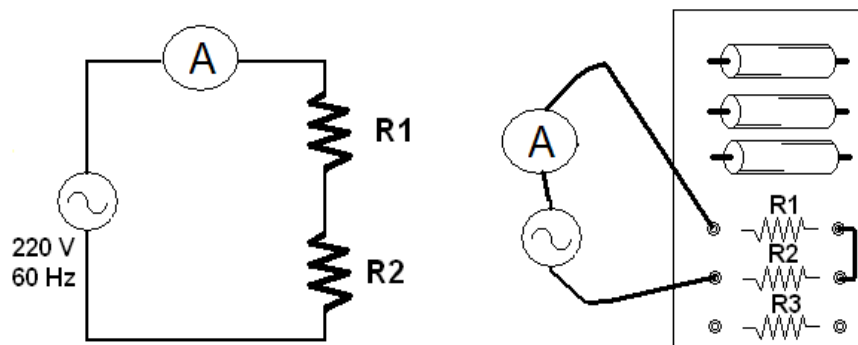


Fig. 46 – Resistência Equivalente.

Realizar a leitura da corrente elétrica.

Com auxílio do multímetro, na escala de tensão, meça as tensões E_1 , E_2 e E .

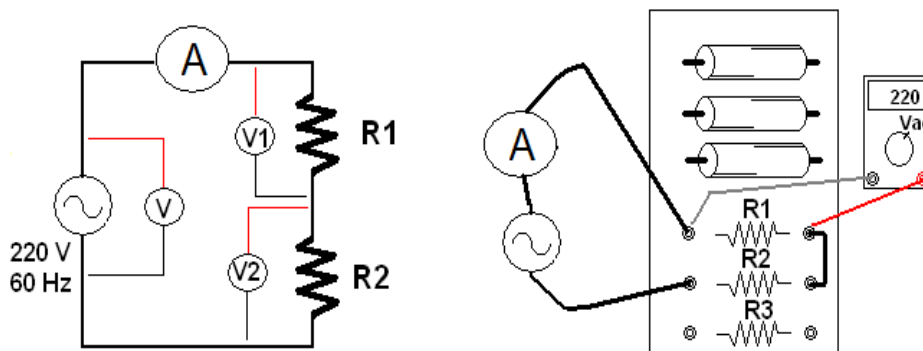


Fig. 47 – Resistência Equivalente.

Utilizando o valor de E e I medidos, calcule a resistência equivalente do circuito, utilizando a lei de ohm $R = E / I$.

Em seu relatório você deve explicar o que você observou e comprovar através de cálculo os valores que você mediu.

9.4.4 Efetuar leitura do valor real de cada resistor .

Desligue a fonte de alimentação e retire os condutores que ligam o circuito ao amperímetro e a fonte de tensão.

Coloque o multímetro na escala de resistência e meça a resistência do conjunto, ou seja, a resistência equivalente.

Compare os dados com os valores teórico da associação série.

9.4.5 Determinar o resistor equivalente em paralelo.

Montar os circuitos a seguir e verificar os sinais de corrente, conforme especificado abaixo. Utilize: $R_1 = 150\Omega/150W$ e $R_2 = 90\Omega/100W$.

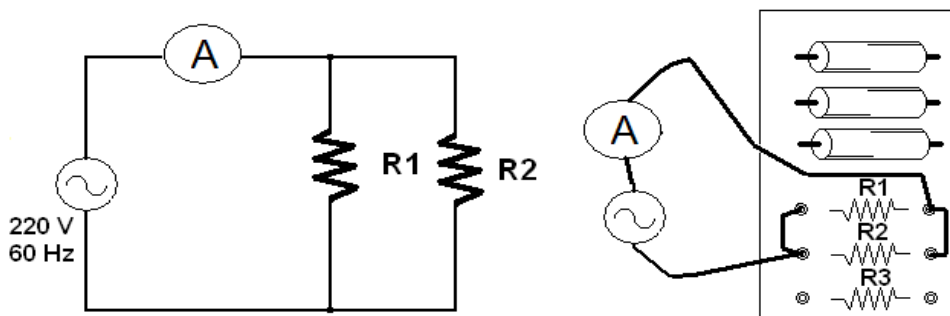


Fig. 48 – Resistência Equivalente.

Realizar a leitura da corrente elétrica.

Com auxílio do multímetro, na escala de tensão, meça as tensões E_1 , E_2 e E .

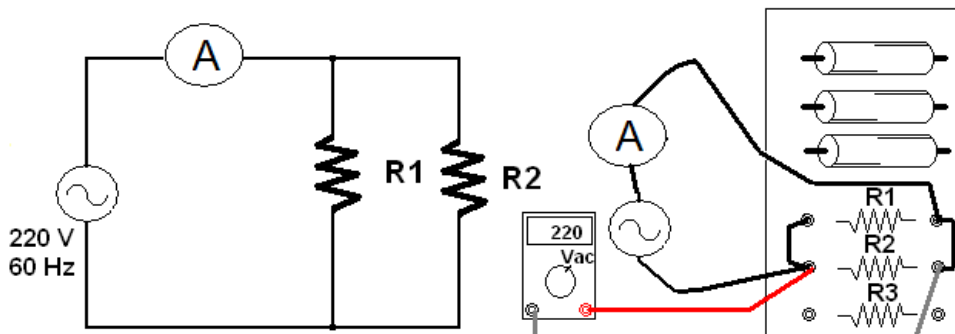


Fig. 49 – Resistência Equivalente.

Utilizando o valor de E e I medidos, calcule a resistência equivalente do circuito.

Em seu relatório você deve explicar o que você observou e comprovar através de cálculo os valores que você mediu.

9.4.6 Efetuar leitura do valor real de cada resistor .

Desligue a fonte de alimentação e retire os condutores que conectam os resistores ao amperímetro e a fonte de tensão, mas mantenha os condutores que interligam os resistores entre si.

Coloque o multímetro na escala de resistência e meça a resistência do resistor equivalente da associação.

Compare o valor lido com o valor obtido no cálculo da associação.

9.5 RESULTADOS

Comprovar os valores obtidos com os valores de sala de aula.

Deve ser entregue um relatório, por grupo. No relatório deve ter toda a descrição do procedimento experimental realizado e os resultados encontrados.

10 - Laboratório - Carga Indutiva

10.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Circuito CA – Circuitos de corrente alternada são circuitos que apresentam uma oscilação nos pólos da fonte, que ficam se alternando no tempo.

Indutores – Indutores é constituído de espiras de fios em torno de um núcleo e que apresentam uma resistência em circuito de corrente alternada. Em circuito de corrente alternada os indutores defasam o sinal de corrente do sinal de tensão.

Cossefímetro – Este aparelho permite a medição do fator de potência ($\cos \theta$). O cosseno desse ângulo corresponde a defasagem entre a tensão e corrente. Este equipamento é constituído de 4 terminais de entrada, 2 para a leitura da tensão e dois para a leitura da corrente.

10.1.1 Cosefímetro [$\cos\phi$]

Instrumento utilizado para medir o fator de potência ou o fator que determina a defasagem entre a forma de onda da corrente e da tensão para uma carga indutiva ou capacitiva.

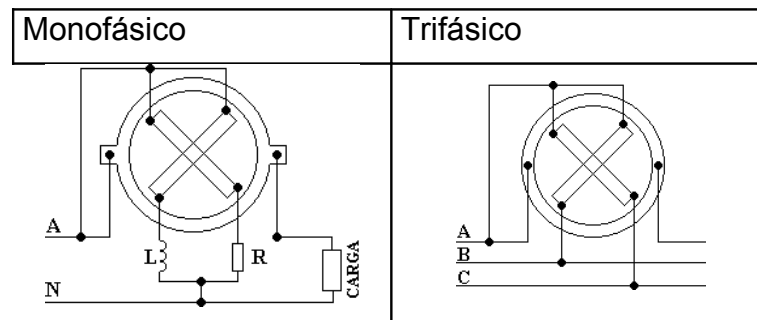


Fig. 50 – Tipos de cosefímetro

10.1.2 FREQUÊNCÍMETRO [Hz]

Instrumento utilizado para medir a frequência dos circuitos de corrente alternada. A seguir serão apresentados alguns modelos.

- **Frequencímetro de Lâminas:**

A lâmina que possui a mesma frequência da fonte de Tensão (V) entra em ressonância e vibra. Descrevendo uma faixa no mostrador.

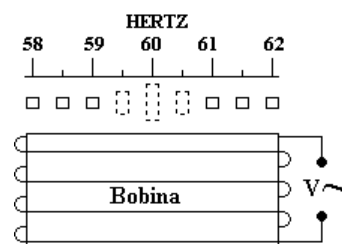


Fig. 51 – Vista frontal do frequencímetro de Lâminas.

- **Frequencímetro Eletrodinâmico:**

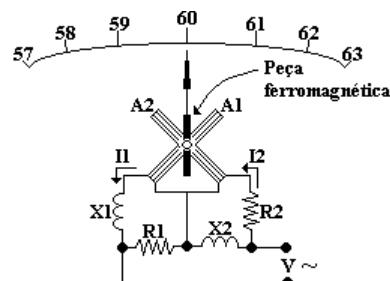


Fig. 52 – Frequencímetro de Eletromagnético.

Principais características:

Se $I_1 = I_2$, há o equilíbrio do ponteiro. Ou seja, 60 Hz.

Para frequências maiores que 60Hz, as reatâncias X_1 e X_2 aumentarão seus valores. Logo $I_2 > I_1$.

Para frequências menores que 60Hz, as reatâncias X_1 e X_2 diminuirão seus valores. Logo $I_2 < I_1$.

- **Frequencímetro de Laboratório:**

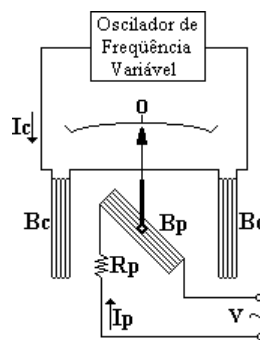


Fig. 53 – Frequencímetro de Laboratório.

Características dos frequencímetros:

Ajusta-se vagarosamente o “oscilador de frequência variável” até que se consiga fazer o ponteiro do instrumento sair da posição de repouso (0). Quando isto acontecer, o valor da frequência ajustada no oscilador será igual à frequência da fonte de tensão (V).

10.2 OBJETIVO

Utilizar amperímetro, voltímetro e cossefímetro em circuito CA para comprovar a defasagem de corrente e tensão em circuitos de corrente alternada.

10.3 CUIDADOS ESPECIAIS

1. Não ligar a bancada sem a autorização do professor.
2. Antes de iniciar as conexões desligar a bancada.
3. Sinalizar sempre que a bancada estiver desligada.

10.4 PROCEDIMENTO

10.4.1 Ler o roteiro antes de iniciar o trabalho.

Através do diagrama (circuito) discutir as atividades que serão realizadas.

10.4.2 Conferir materiais.

Conferir todos os materiais entregue.

Lista de materiais

- X – Cabos Bananas
- 1 Módulo com indutor
- 1 Módulo com resistor
- 1 Módulo com Voltímetro
- 1 Módulo com Amperímetro
- 1 Módulo com cossefímetro
- 1 alicate wattímetro

10.4.3 Conexão Cabos

Conectar cabos conforme diagrama elétrico.

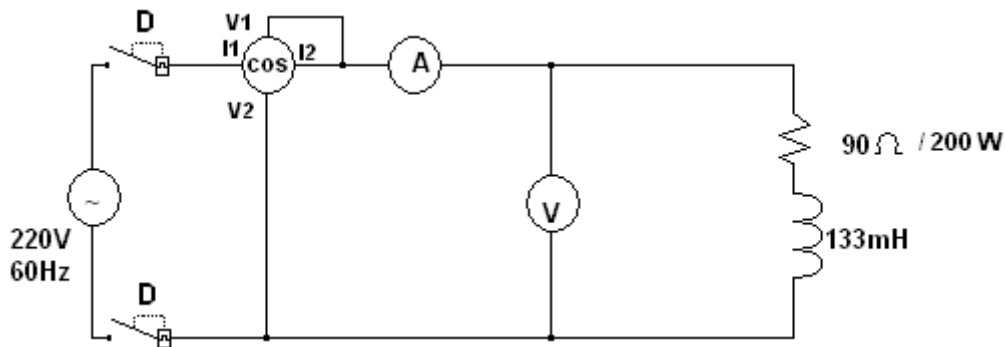


Fig. 54 – Circuito para Medição Fator de Potência.

10.4.4 Determinar as medidas elétricas.

No circuito medir:

- cosseno com o cossefímetro;
- Corrente com amperímetro;
- Tensão com o voltímetro

10.4.5 Comprovação dos valores.

Calcule a potência aparente ($S = VA$)

Calcule a potência útil ($P = S \cos \theta$)

Calcule o valor do indutor, utilizando o triângulo das impedâncias.

Sabendo-se que: $\Theta = \cos^{-1} \cos \theta$

$$Z = R / \cos \Theta$$

$$X_L = Z \cdot \sin \Theta$$

$$X_L = 2 \pi F L$$

$$L = X_L / 2 \pi F$$

10.5 RESULTADOS

Comparar os valores obtidos no laboratório com os valores de sala de aula.

11 - Laboratório - Carga Capacitiva

11.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Os capacitores são componentes elétricos que armazenam cargas elétricas em circuito de corrente alternada (CA) defasam a corrente e tensão de forma contrária ao indutor e desta forma os capacitores são utilizados para corrigir a defasagem dos indutores.

Para aumentar o valor de uma associação de capacitores, devemos associá-los em paralelo.

O wattímetro é um equipamento que mede a potência útil de um dispositivo. Este equipamento é constituído de duas bobinas, uma de tensão e uma outra de corrente, correspondendo as terminais de conexão do equipamento.

11.1.1 WATTÍMETRO [W]

Para medir potência útil utiliza-se o wattímetro. O Wattímetro é composto de duas bobinas, uma de tensão e outra de corrente que indicam a potência do circuito.

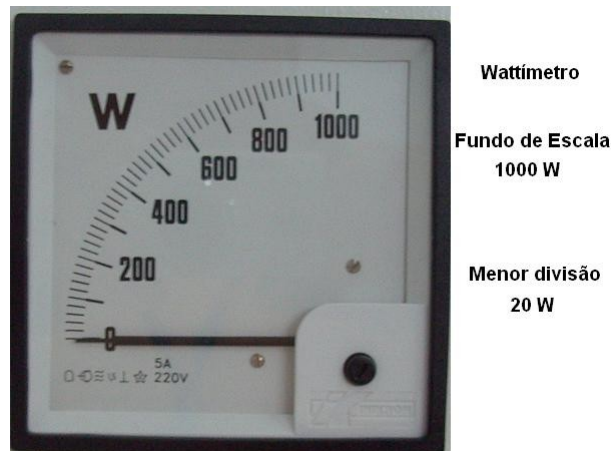


Fig. 55 – Wattímetro de Bancada.

O wattímetro é representado no circuito por:

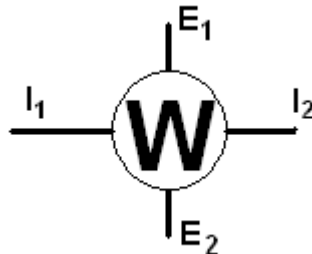


Fig. 56 – Símbolo do Wattímetro.

Onde I_1 e I_2 correspondem aos terminais da bobina de corrente e E_1 e E_2 aos terminais da bobina de tensão.

A seguir serão apresentadas algumas configurações das ligações do wattímetro.

11.1.1.1 Com dois condutores:

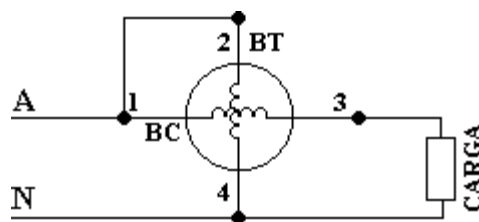


Fig. 57 – Wattímetro em um sistema monofásico.

BT é a Bobina de Tensão;

BC é a Bobina de Corrente;

A é uma das fases de um sistema trifásico;

N é o neutro;

1, 2, 3 e 4 são os terminais do wattímetro;

CARGA pode ser um motor, uma lâmpada, etc.

11.1.1.2 Com três condutores:

○ CARGA DESEQUILIBRADA:

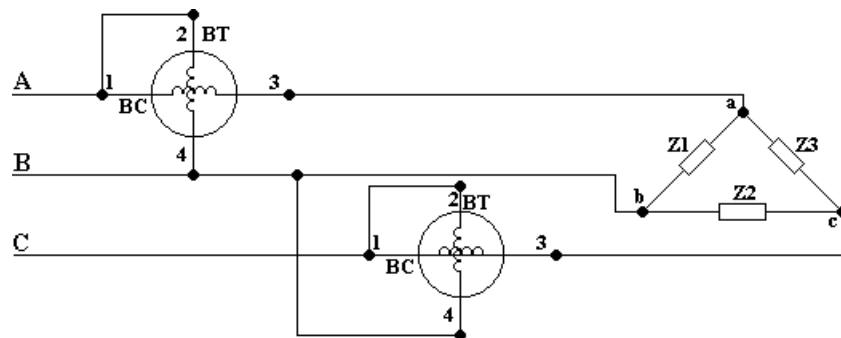


Fig. 58 – Dois wattímetros monofásicos conectados a uma carga em triângulo.

● Com quatro condutores:

○ CARGA EQUILIBRADA OU DESEQUILIBRADA:

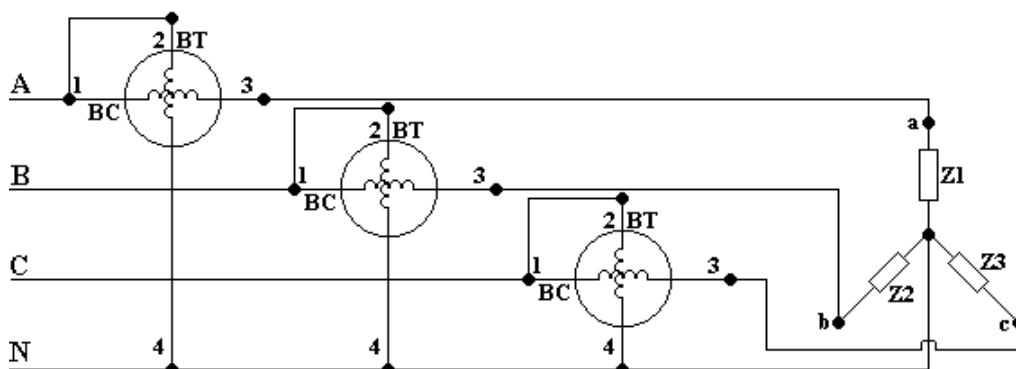


Fig. 59 – Três wattímetros monofásicos conectados a uma carga em estrela.

11.2 OBJETIVO

Utilizar amperímetro, voltímetro, wattímetro e cossefímetro em circuito CA para comprovar a defasagem de corrente e tensão em circuitos de corrente alternada com capacitores.

11.3 CUIDADOS ESPECIAIS

1. Não ligar a bancada sem a autorização do professor.
2. Antes de iniciar as conexões desligar a bancada.
3. Sinalizar sempre que a bancada estiver desligada.

11.4 PROCEDIMENTO

11.4.1 Ler o roteiro antes de iniciar o trabalho.

Através do diagrama discutir as atividades que serão realizadas.

11.4.2 Conferir materiais.

Conferir todos os materiais entregue.

Lista de materiais

- X – Cabos Bananas
- 1 Módulo com capacitores
- 1 Módulo com resistor
- 1 Módulo com Voltímetro
- 1 Módulo com Amperímetro
- 1 Módulo com Wattímetro
- 1 alicate wattímetro

11.4.3 4.3 Conexão Cabos

Conectar cabos conforme diagrama elétrico.

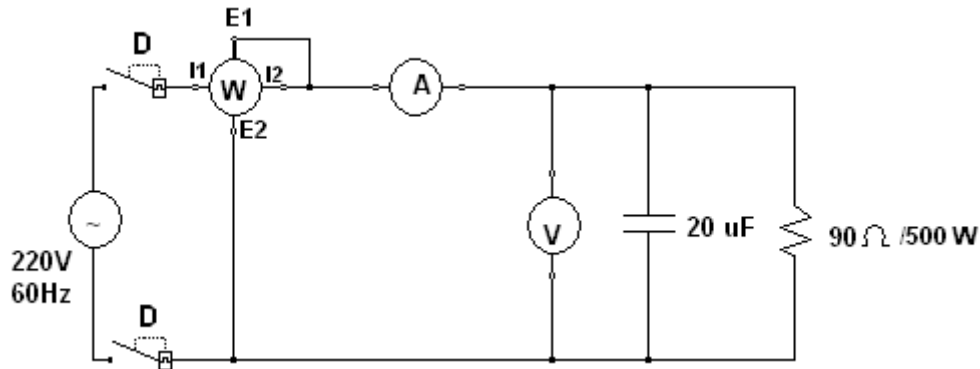


Fig. 60 – Circuito para Medição Fator de Potência.

11.4.4 Determinar as medidas elétricas.

Utilizando o circuito é medir:

- potência útil com o wattímetro;
- Corrente com amperímetro;
- Tensão com o voltímetro

11.4.5 Comprovação dos valores.

Calcule a potência aparente ($S = VA$)

Calcule o $\cos \theta$ ($\cos \theta = P / S$)

11.4.6 Aumentando a carga capacitiva.

O que acontecerá se aumentarmos o valor do capacitor em 5 uF. Responda o que acontecerá com a Potência Ativa, com a corrente e com a tensão.

Insira o capacitor no circuito, certificando-se antes que a bancada está desligada e chame o professor para conferir a associação.

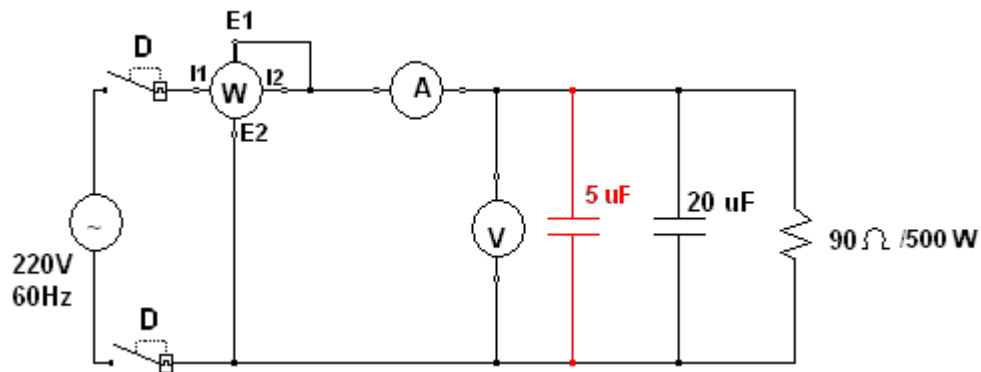


Fig. 61 – Circuito2 para Medição Fator de Potência.

11.5 RESULTADOS

Comparar os valores obtidos no laboratório com os valores de sala de aula.

Responda o relatório a questão do item 11.4.6.

Não esqueças de realizar as considerações quando a reatância capacitiva, a corrente e potência ativa do circuito.

12 - Laboratório - Fator de Potência

12.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Fator de Potência (FP) é um conceito de eletricidade que indica a relação entre a quantidade de energia útil e total do circuito. Esta relação é o $\cos \Theta$ que indica a defasagem entre a potência útil e a potência aparente da carga.

Quanto maior o ângulo menor o cosseno Θ e portanto maior a quantidade de energia reativa em relação útil. Quanto menor o ângulo maior o cosseno Θ e portanto menor a energia reativa em relação útil. No Brasil o FP mínimo permitido é de 0,93, ou seja, este valor deve variar entre 0,93 a 1.

Como as cargas industriais normalmente são motores, utilizamos os capacitores para corrigir o fator de potência.

12.2 OBJETIVO

Utilizar Capacitores e instrumentos de medidas adequados para corrigir o fator de potência de uma instalação.

12.3 CUIDADOS ESPECIAIS

1. Não ligar a bancada sem a autorização do professor.
2. Antes de iniciar as conexões desligar a bancada.
3. Sinalizar sempre que desligar a bancada.

12.4 PROCEDIMENTO

12.4.1 Ler o roteiro antes de iniciar o trabalho.

Através do diagrama (circuito) discutir as atividades que serão realizadas.

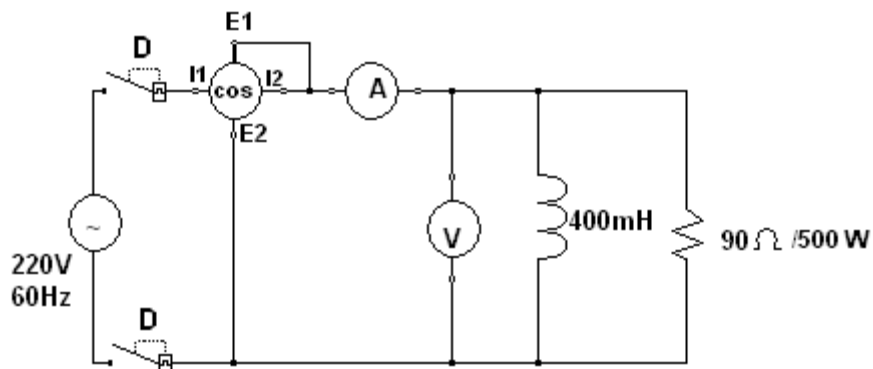


Fig. 62 – Circuito para Medição Fator de Potência.

12.4.2 Conferir materiais.

Conferir todos os materiais entregue.

Lista de materiais

- X – Cabos Bananas
- 1 Módulo com capacitores
- 1 Módulo com indutores
- 1 Módulo com resistor
- 1 Módulo com Voltímetro
- 1 Módulo com Amperímetro

1 Módulo com cossefímetro

1 alicate wattímetro

1 multímetro

12.4.3 Conexão Cabos

Conectar cabos conforme diagrama elétrico.

12.4.4 Determinar as medidas elétricas.

Utilizando os instrumentos e medir o fator de potência do circuito, a corrente a tensão e valor do resistor.

12.4.5 Calcular o valor do banco de capacitores

Calcule o valor da reatância capacitiva a ser adicionada para aumentar o fator de potência acima de 0,93, sabendo-se que:

$$\Theta = \cos^{-1} \text{FP}$$

$$S = E \cdot I$$

$$P = S \cdot \cos \Theta$$

$$Q = S \cdot \sin \Theta$$

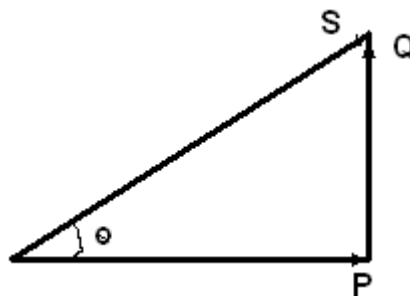


Fig. 63 – Triângulo das Potências

como queremos FP = 0,93 = cos Θ

$$\Theta = \cos^{-1} \text{FP} = \cos^{-1} 0,93 = 21,5$$

então podemos calcular a Potência Ativa máxima do circuito:

$$Q_{\max} = P \cdot \text{tg } 21,5$$

Ou seja temos que retirar a seguinte carga, com a adição de capacitores:

$$Q_c = Q - Q_{\max}$$

E podemos calcular o valor do capacitor se sabemos que:

$$Q = E \cdot I = E_2 / X_c$$

E X_c ,

$$X_c = 1 / (2 \pi F C)$$

ou seja,

$$C = 1 / (2 \pi F X_c)$$

12.4.6 Associar capacitores

Associar os capacitores para ter um banco de capacitores acima do valor calculado.

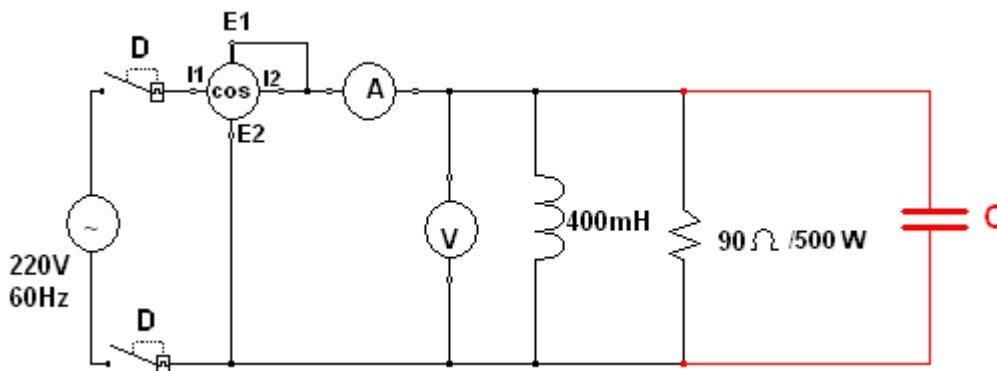


Fig. 64 – Circuito para Correção Fator de Potência.

12.4.7 Instalar o banco de capacitores

Instalar o banco de capacitores e verificar a correção.

12.5 RESULTADOS

Comparar os valores obtidos no laboratório com os valores de sala de aula. Não esqueças de verificar a amplitude da corrente elétrica com e sem correção.

Anexo I - Série Comercial de Resistores

Comercialmente para cada faixa de tolerância encontramos uma serie de valores padronizados para a comercialização. Para resistores com tolerância de 10% encontrados a série E12 que permite representar toda a faixa de resistores com 12 valores padronizados. Para a tolerância de 5% utilizamos a serie E24 com 24 valores padronizados.

E12	Faixa 10%	E24	Faixa 5%
1,0	0,9 a 1,1	1,0	0,95 a 1,05
		1,1	1,04 a 1,15
1,2	1,08 a 1,32	1,2	1,14 a 1,26
		1,3	1,23 a 1,37
1,5	1,35 a 1,65	1,5	1,43 a 1,58
		1,6	1,52 a 1,68
1,8	1,62 a 1,98	1,8	1,71 a 1,89
		2,0	1,90 a 2,10
2,2	1,98 a 2,42	2,2	2,09 a 2,31
		2,4	2,28 a 2,52
2,7	2,43 a 2,97	2,7	2,57 a 2,83
		3,0	2,85 a 3,15
3,3	2,97 a 3,63	3,3	3,13 a 3,47
		3,6	3,42 a 3,78
3,9	3,51 a 4,29	3,9	3,70 a 4,10
		4,3	4,09 a 4,51
4,7	4,23 a 5,17	4,7	4,47 a 4,93
		5,1	4,85 a 5,35
5,6	5,04 a 6,16	5,6	5,32 a 5,88
		6,2	5,89 a 6,51
6,8	6,12 a 7,48	6,8	6,46 a 7,14
		7,5	7,13 a 7,88
8,2	7,38 a 9,02	8,2	7,79 a 8,61
		9,1	8,65 a 9,55

Anexo II - Grandezas Elétricas – Múltiplos e Submúltiplos

GRANDEZA	UNIDADE	X 1.000	X 1.000.000	÷ 1.000	÷1.000.000
Tensão	Volt (V)	kV	MV	mV	μ V
Corrente	Ampère (A)	kA	MA	mA	μ A
Resistência	Ohm (Ω)	k Ω	M Ω	m Ω	$\mu\Omega$
Impedância	Ohm (Ω)				
Reatância	Ohm (Ω)				
Potência Útil	Watt (W)	kW	MW	mW	μ W
Potência Aparente	Volt-Ampère (VA)	kVA	MVA		
Potência Reativa	Volt-Ampère-Reativo (Var)	kVAr	MVAr		
Capacitância	Farad (F)			mF	μ F
Indutância	Henry (H)			mH	μ H
Frequência	Hertz (Hz)				
Período	Segundo (s)			ms	μ s

Prefixos das Unidades: São múltiplos ou submúltiplos da unidade básica no sistema internacional (S.I.):

Prefixo	Símbolo	Fator de Multiplicação
Tera	T	10^{12}
Giga	G	10^9
Mega	M	10^6
Quilo	k	10^3
Mili	m	10^{-3}
Micro	μ	10^{-6}
Nano	η	10^{-9}
Pico	ρ	10^{-12}
Fento	f	10^{-15}
Atto	a	10^{-18}

Ficha de Avaliação

Nossa instituição avalia os alunos por competências atribuindo as seguintes notas:

- E = Excelente
- P = Proficiente
- S = Suficiente
- I = Insuficiente

A tabela a seguir deve ser utilizada por você para ajudá-lo a acompanhar o processo de ensino e aprendizagem na disciplina de eletricidade básica. Nesta tabela nas colunas são apresentadas as habilidades e atitudes que serão avaliadas no transcorrer do semestre. Você deve ir preenchendo com os conceitos que lhe serão atribuídos nas avaliações do semestre.

