

Universidade Federal de Goiás
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO

Instalações Elétricas Experimental

ROTEIROS DE AULAS



Prof. Euler Bueno dos Santos

3ª Edição

Goiânia, junho de 2026

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Profa. Cacilda de Jesus Ribeiro e Prof. Antônio Cesar Baleeiro Alves pelas providências que resultaram na existência do Laboratório de Pesquisa em Aterramentos Elétricos da UFG, o qual em sintonia com o Laboratório de Instalações Elétricas propicia importantes experimentos como a **medição da resistência de aterramento** cujo roteiro faz parte deste trabalho.

Agradeço os colegas de equipe, a seguir relacionados, cujas contribuições para ministrar a disciplina Instalações Elétricas Experimental facilitaram a elaboração deste trabalho.

Prof. Adalberto José Batista

Prof. Adriano Cesar Santana

Profa. Ana Claudia Marques do Valle

Prof. Antônio Cesar Baleeiro Alves

Prof. Antônio Melo de Oliveira

Prof. Bernardo Pinheiro de Alvarenga

Profa. Cacilda de Jesus Ribeiro

Prof. Enes Gonçalves Marra

Prof. Eurides Curvo

Prof. Fernando Nunes Belchior

Prof. Getúlio Antero de Deus Júnior

Prof. Igor Kopcak

Prof. José Wilson Lima Nerys

Prof. Lourenço Matias

Prof. Luiz Roberto Lisita

Prof. Marcelo Stehling de Castro

Prof. Marco Antonio Assfalk de Oliveira

Prof. Paulo Cesar Miranda Machado

Prof. Reinaldo Gonçalves Nogueira

Prof. Rodrigo Pinto Lemos

Prof. Sérgio Araujo de Figueiredo

Prof. Weber Martins

A todos os professores e técnicos administrativos que direta ou indiretamente contribuíram para execução deste trabalho, meus agradecimentos.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	4
2 APRESENTAÇÃO DO LABORATÓRIO E PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA.....	5
3 ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DE DEFASAGEM ENTRE TENSÃO E CORRENTE....	7
4 ENSAIOS COM LÂMPADAS: INCANDESCENTE, MISTA E DE LED	9
5 ENSAIOS COM LÂMPADAS DE DESCARGA.....	13
6 CIRCUITO DE ILUMINAÇÃO COM DISPOSITIVOS DE ACIONAMENTO.....	16
7 MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO	19
8 ELEMENTOS DE PROJETO E MONTAGEM DE UMA INSTALAÇÃO ELÉTRICA	26
9 MEDIÇÃO DE POTÊNCIA E FATOR DE POTÊNCIA EM CIRCUITOS MONOFÁSICOS.....	29
10 MEDIÇÃO DE POTÊNCIA EM CIRCUITOS TRIFÁSICOS.....	32
11 ENSAIO PARA ANÁLISE E IDENTIFICAÇÃO DOS ENROLAMENTOS DO MIT E PROCEDIMENTOS PARA CONEXÃO DOS TERMINAIS	36
12 PARTIDA DIRETA DE MIT UTILIZANDO CONTATOR	42
13 REVERSÃO DO SENTIDO DE ROTAÇÃO DE MIT UTILIZANDO CONTADORES.....	48
14 PARTIDA DE UM MIT UTILIZANDO CHAVE ESTRELA-TRIÂNGULO AUTOMÁTICA	52
15 PARTIDA AUTOMÁTICA DE UM MIT UTILIZANDO CHAVE COMPENSADORA COM AUTOTRANSFORMADOR	57
16 INVESTIGAÇÃO DE DEFEITOS EM CHAVES DE PARTIDA DE MIT	62
BIBLIOGRAFIA.....	69

1 INTRODUÇÃO

A disciplina Instalações Elétricas Experimental é caracterizada por atividades práticas na área de instalações elétricas, a qual faz parte da matriz curricular do curso de engenharia elétrica da Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação (EMC) da Universidade Federal de Goiás (UFG) como matéria obrigatória.

Alguns dos objetivos da disciplina Instalações Elétricas Experimental são: estimular as habilidades dos alunos em questões práticas; prover informações sobre o funcionamento e aplicação de dispositivos utilizados em instalações elétricas de baixa tensão nas áreas residencial, comercial e industrial; estimular o raciocínio para identificar e solucionar defeito em circuitos da instalação; utilizar conceitos existentes na disciplina Instalações Elétricas e outras, em tarefas práticas.

Como parte da metodologia utilizada, na disciplina, são disponibilizados roteiros para orientação na realização dos experimentos programados.

Os roteiros apresentados nesta oportunidade abordam tópicos relativos a: segurança para realização de atividades práticas em laboratório; funcionamento e acionamento de dispositivos de iluminação; projeto e montagem de instalações elétricas; medição e análise de grandezas elétricas, inclusive procedimentos para correção de fator de potência com utilização de banco de capacitores; medição de resistência de aterramento; análise e configuração de enrolamentos de motores de indução trifásico (MIT); partida (automática) de MIT, direta e compensada; reversão do sentido de rotação do MIT utilizando contatores; investigação de defeito em painéis elétricos.

As aulas serão ministradas no Laboratório de Instalações Elétricas e no Laboratório de Pesquisa em Aterramentos Elétricos, ambos da EMC/UFG.

2 APRESENTAÇÃO DO LABORATÓRIO E PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA

2.1- Objetivo

Mostrar aos alunos o ambiente de trabalho e dispositivos que serão utilizados para a realização dos experimentos; orientar quanto aos quesitos de segurança para evitar acidentes nas tarefas no Laboratório; informar sobre a metodologia a ser adotada na disciplina destacando o processo de avaliação e informações sobre relatório.

2.2- Considerações iniciais

Em Instalações Elétricas Experimental serão realizados procedimentos que utilizarão dispositivos energizados em baixa tensão na frequência nominal de 60 Hz.

A utilização da eletricidade requer cuidados em virtude dos riscos que potencialmente pode representar.

Em várias situações o perigo da eletricidade é invisível, implicando na necessidade da conscientização do usuário sobre a origem de riscos. Portanto, medidas de controle e sistemas preventivos são necessários para garantir a segurança e saúde de quem interaja em tarefas com eletricidade. Neste sentido deve ser observado o que recomenda as normas regulamentadoras NR-10 e NR-06.

Pelo exposto, nesta oportunidade, o aluno deve ser orientado sobre: a importância da segurança no manuseio da eletricidade; cumprimento de medidas visando eliminar os riscos de acidente; ter um comportamento adequado, como por exemplo, organização da bancada e evitar brincadeiras com os colegas, durante a realização das tarefas para resultar no aumento da produtividade com segurança.

2.3- Atividades

- Apresentação do Laboratório de Instalações Elétricas.
- Explicação sobre a metodologia e processo de avaliação.
- Discussão dos temas a seguir relacionados.

a) Choque elétrico e seus efeitos.

b) Medidas de segurança no Laboratório.

- Manuseio com diferentes acessórios a serem utilizados na bancada.

2.4- Solicitações

O aluno deverá realizar as solicitações a seguir:

a) Descreva dois fatores que contribuem para que os efeitos da corrente alternada (frequência nominal do sistema 60 Hz), no corpo humano, sejam diferentes daqueles provocados pela corrente contínua, para o mesmo valor de tensão.

b) Cite três condições de segurança necessárias às instalações elétricas desenergizadas, e em particular às bancadas do laboratório.

3 ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DE DEFASAGEM ENTRE TENSÃO E CORRENTE

3.1- Objetivo

Determinar e analisar a defasagem entre tensão e corrente considerando grandezas elétricas medidas em circuitos contendo cargas lineares.

3.2- Considerações iniciais

As tarefas deste roteiro serão baseadas no circuito da Figura 1, que representa o esquema de ligação do circuito que alimenta a carga considerada linear, tanto para os procedimentos teóricos quanto para os experimentais. A correspondente legenda está apresentada na Tabela 1.

Figura 1 – Esquema de ligação do circuito com instrumentos de medição

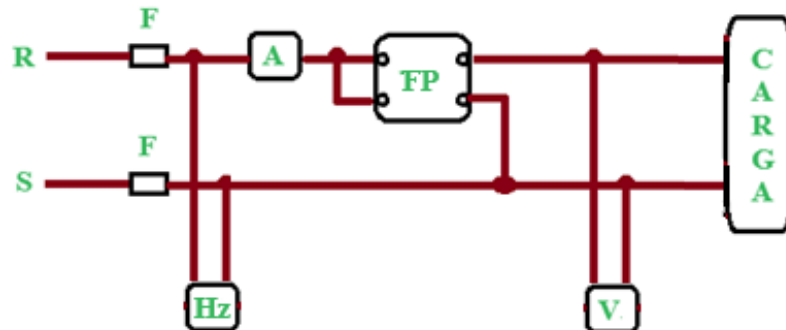


Tabela 1 – Legenda da simbologia gráfica

Símbolo	Descrição	Símbolo	Descrição
	Amperímetro		Frequencímetro
	Condutor		Fusível
	Cossefímetro		Voltímetro
	Fases da linha de alimentação		

A carga da Figura 1 deve ser considerada em três situações independente, ou seja: constituída de resistor; em seguida indutor; e por último capacitor. Os valores nominais a serem utilizados são: $R = 150 \Omega$, $L = 300 \text{ mH}$, $C = 5 \text{ uF}$, tensão de alimentação de 220 V e $f = 60 \text{ Hz}$.

3.3- Material

A Tabela 2 a seguir apresenta o material para utilização.

Tabela 2 – Material e respectiva quantidade

Material	Quant.
Amperímetro	1
Cabos	variável
Capacitor	1
Cossefímetro	1
Frequencímetro	1
Fusíveis	2
Indutor	1
Resistor	variável
Voltímetro	1

3.4- Procedimento experimental

- Inicialmente observe as questões de segurança para execução das tarefas.
- Com base no circuito da Figura 1 calcule o fusível a ser empregado na proteção do circuito.
- Utilizando os valores teóricos calcule a defasagem entre tensão e corrente nas três situações mencionadas para composição da carga.
- Monte o circuito da Figura 1, na bancada WEG, e com base nos valores medidos determine a defasagem entre tensão e corrente nas três situações de composição da carga.

3.5- Solicitações

- Descrever sucintamente uma análise dos resultados obtidos.
- Confrontar os resultados teóricos com os experimentais e relatar.

4 ENSAIOS COM LÂMPADAS: INCANDESCENTE, MISTA E DE LED

4.1- Objetivo

Estudar determinados comportamentos das lâmpadas incandescente, de LED e mista.

4.2- Considerações iniciais

Para atendimento dos propósitos dos experimentos deste roteiro é apresentado o esquema de ligação do circuito que alimenta a lâmpada, ilustrado na Figura 1 e correspondente significado da simbologia gráfica mostrada na Tabela 1.

Figura 1 – Esquema do circuito de alimentação da lâmpada

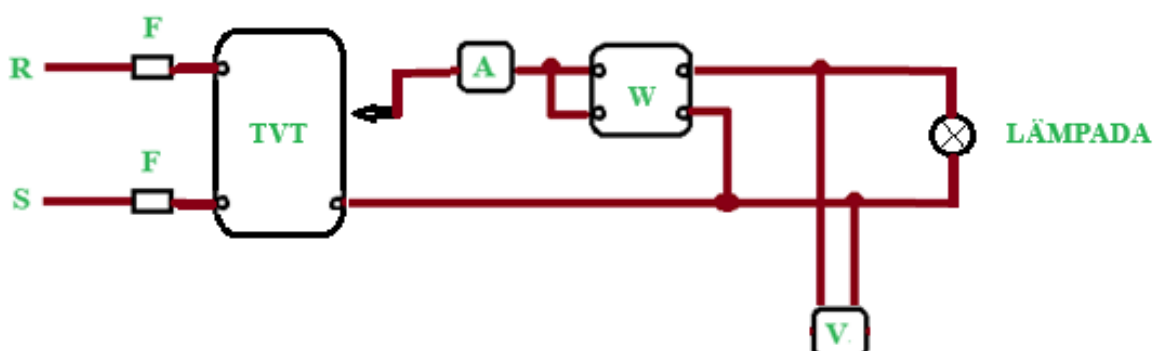


Tabela 1 – Legenda da simbologia gráfica

Símbolo	Descrição	Símbolo	Descrição
	Amperímetro		Lâmpada
	Condutor		Transformador variador de tensão
	Fases da linha de alimentação		Voltímetro
	Fusível		Wattímetro

4.3- Material

A Tabela 2 a seguir apresenta o material para utilização.

Tabela 2 – Material e respectiva quantidade

Material	Quant.
Amperímetro	1
Cabos	variável
Cronômetro	1
Fusíveis	2
Lâmpada incandescente (220 V)	1
Lâmpada de LED	5
Lâmpada mista (220 V)	1
Transformador variador de tensão (TVT)	1
Voltímetro	1
Wattímetro	1

4.4- Procedimento experimental

- Para as três tecnologias de lâmpadas, anote os valores de tensão nominal e potência nominal, marcados nos bulbos delas.
- Monte e teste o circuito da Figura 1.

4.4.1- Lâmpada Incandescente e de LED

- Aumente a tensão do autotransformador de 20 em 20 V, até 230 V, anotando os valores de potência (P), tensão (U) e corrente (I).
- Monte uma tabela, conforme a apresentada a seguir, com os dados coletados e para cada ponto calcule a relação U/I.

Tensão (V)	Corrente (A)	Potência (W)	U/I (Ω)
20			
40			
60			
80			
100			
120			
140			
160			
180			
200			
220			
230			

- Trace os gráficos de $P \times I$, $(U/I) \times I$ e $P \times U$.

4.4.2- Lâmpada mista

4.4.2.1- Operação na tensão nominal

- Aplique diretamente 220 V na lâmpada e inicie o cronômetro. Anote os valores de P, U e I a cada 20 segundos até a estabilização. Monte uma tabela, conforme a que segue, com os dados coletados. Esboce os gráficos de Potência versus Tempo e Corrente versus Tempo.

Tempo	Potência (W)	Tensão (V)	Corrente (A)
0''			
20''			
40''			
1'			
1'20''			
1'40''			
2'			
2'20''			
2'40''			
3'			
3'20''			

4.4.2.2- Operação em tensão diferente da tensão nominal

- Reduza a tensão para 210 V (espere estabilizar) e meça os valores de P e I. Aumente para 230 V (espere estabilizar) e meça P e I.
- Aplique 220 V e espere estabilizar. Desligue a lâmpada, e, ao mesmo tempo, aplique tensão e dispare o cronômetro. Meça o tempo necessário para o religamento.

4.5- Solicitações

Responda as seguintes perguntas:

I-O que é uma lâmpada incandescente?

II- Como é o comportamento da relação U/I de uma lâmpada incandescente?

III- O que é uma lâmpada mista?

IV- Como é o comportamento da relação U/I de uma lâmpada mista?

V- O que é uma lâmpada de LED?

VI- Como é o comportamento da relação U/I de uma lâmpada de LED?

5 ENSAIOS COM LÂMPADAS DE DESCARGA

5.1- Objetivo

Ensaiar e verificar o comportamento das seguintes lâmpadas de descarga: fluorescente; a vapor de sódio e a vapor de mercúrio.

5.2- Considerações iniciais

Para realização das tarefas deste experimento serão utilizadas bancada WEG. No caso das lâmpadas a vapor de mercúrio e a vapor de sódio elas estarão alojadas em refletores.

5.3- Material

A Tabela 1 a seguir apresenta o material para utilização.

Tabela 1 – Material e respectiva quantidade

Material	Quant.
Amperímetro	1
Cabos	variável
Cronômetro	1
Fusíveis	2
Lâmpada fluorescente e acessórios (220 V)	1
Lâmpada a vapor de mercúrio e acessórios (220 V)	1
Lâmpada a vapor de sódio e acessório (220 V)	1
Voltímetro	1

5.4- Procedimento experimental

Realize os procedimentos conforme itens a seguir.

5.4.1- Lâmpada fluorescente

Com uma lâmpada fluorescentes e acessórios pertinentes, da bancada WEG, realizar os seguintes procedimentos:

5.4.1.1- Anote os valores nominais da lâmpada e acessórios.

5.4.1.2- A Figura 1 mostra o esquema ilustrativo do circuito que alimenta a lâmpada e acessórios, com instrumentos de medição. A legenda da simbologia gráfica está apresentada na Tabela 2. Monte e teste o esquema da Figura 1.

Figura 1 – Esquema ilustrativo para alimentação da lâmpada fluorescentes

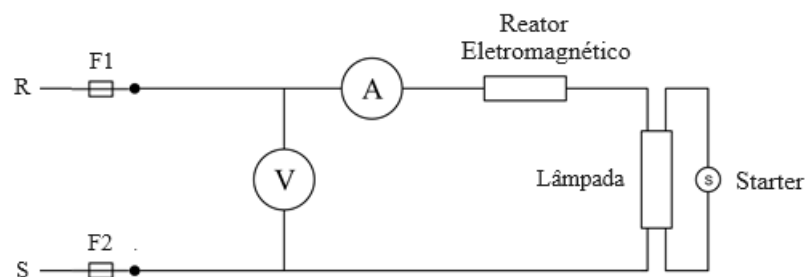





Tabela 2 – Legenda da simbologia gráfica

Símbolo	Descrição
	Amperímetro
	Fusível
	Voltímetro

5.4.2- Lâmpada a vapor de sódio e a vapor de mercúrio

I- Considerando os instrumentos de medição (voltímetro e amperímetro) e os acessórios necessários ao funcionamento da lâmpada a vapor de sódio desenhe o circuito de alimentação e proceda a montagem para ensaio.

II- Alimente o circuito com tensão nominal de 220 V e inicie o cronômetro. Anote os valores da tensão e da corrente a cada 20 segundos até a estabilização. Monte uma tabela com os dados

coletados e os gráficos da tensão e da corrente em função do tempo. Observar e relatar o comportamento da lâmpada durante o ensaio.

III- Repetir os procedimentos I e II para a lâmpada a vapor de mercúrio.

Segue sugestão para tabela.

Tempo	Tensão (V)	Corrente (A)
0''		
20''		
40''		
1'		
1'20''		
1'40''		
2'		
2'20''		
2'40''		
3'		
3'20''		

5.5- Solicitações

Responda as seguintes perguntas:

I- O que é uma lâmpada fluorescente?

II- O que é uma lâmpada a vapor de sódio e a vapor de mercúrio?

III- O que é uma lâmpada eficiente no aspecto de eficiência luminosa?

6 CIRCUITO DE ILUMINAÇÃO COM DISPOSITIVOS DE ACIONAMENTO

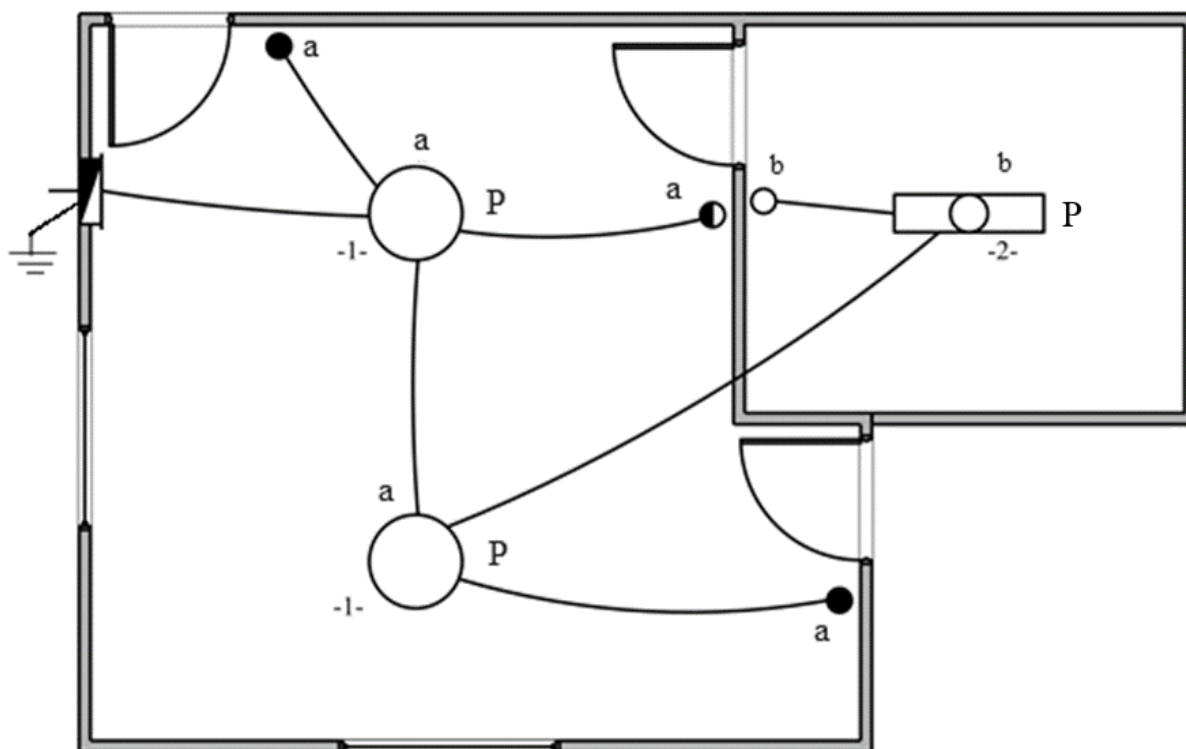
6.1- Objetivo

Realizar a representação correta da fiação representativa de uma instalação elétrica com lâmpadas acionadas por interruptores: simples, paralelo (*three-way*) e intermediário (*four-way*). Executar a instalação de circuitos terminais.

6.2- Considerações iniciais






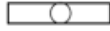


Este experimento que tem como uma das tarefas realizar a representação correta de fiação, pertencente a tubulação embutida no teto e paredes da edificação, utilizará a planta baixa da Figura 1 cuja legenda está apresentada na Tabela 1. Esta figura contém a representação gráfica que mostra a trajetória das tubulações e posição das peças elétricas a serem consideradas. A implantação e verificação de funcionamento dos correspondentes circuitos terminais serão efetuados na bancada WEG.

Figura 1- Planta baixa com representação e locação de peças elétricas



Obs.: a, b – indica comando; P – indica potência em Watts; 1, 2 – indica número do circuito.

Tabela 1 – Legenda da simbologia gráfica

Símbolo	Descrição
	Aterramento
	Eletroduto embutido no teto
	Interruptor intermediário
	Interruptor paralelo
	Interruptor simples
	Luminária com lâmpada tubular no teto
	Luminária com lâmpada incandescente ou de LED no teto
	Quadro de distribuição de luz

6.3- Material

A Tabela 2 a seguir apresenta o material para utilização.

Tabela 2 – Material e respectiva quantidade

Material	Quant.
Cabos	variável
Fusíveis	2
Lâmpada fluorescente e acessórios (220 V)	1
Lâmpada incandescente ou de LED (220 V)	2
Interruptor intermediário	1
Interruptor paralelo	2
Interruptor simples	1
Multímetro	1

6.4- Procedimento experimental

- I- Faça a representação correta da fiação necessária ao funcionamento da instalação elétrica da Figura 1, considerando a tensão de alimentação da bancada WEG.
- II- Após efetuar a representação da fiação nas tubulações da instalação da Figura 1 implementá-la na bancada e testar o funcionamento.

III- Medir e registrar a tensão: na alimentação dos circuitos e nas cargas.

IV- Efetuar uma representação correta da fiação necessária ao funcionamento da instalação elétrica da Figura 1, considerando a tensão de alimentação da rede de baixa tensão da Distribuidora de Energia Elétrica local.

6.5- Solicitação

Atender os itens I e IV em plantas baixas separadas.

7 MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO

7.1- Objetivo

Prover informações sobre aterramento, realizar medição da resistência de aterramento e analisar os resultados obtidos.

7.2- Considerações iniciais

De acordo com a ABNT NBR 5410:2004 (versão corrigida 2008), toda edificação deve dispor de uma infraestrutura de aterramento, denominada “eletrodo de aterramento”. Ainda conforme a mencionada norma esta infraestrutura deve ser concebida de modo que: “seja confiável e satisfaça os requisitos de segurança das pessoas”; “possa conduzir correntes de falta à terra sem riscos de danos térmicos, termomecânicos e eletromecânicos, ou de choques elétricos causados por essas correntes”; “quando aplicável, atenda também aos requisitos funcionais da instalação”.

7.2.1 – Termos e significados

Neste roteiro serão utilizados alguns termos cujo significados foram extraídos da norma ABNT NBR 15749:2009 no item referente a termos e definições como, por exemplo, os que seguem.

7.2.1.1 - Aterramento: “ligação intencional de parte eletricamente condutiva à terra, através de um condutor elétrico”.

7.2.1.2 - Condutor de aterramento: “Condutor ou elemento metálico que, não estando em contato com o solo, faz a ligação elétrica entre uma parte de uma instalação que deve ser aterrada e o eletrodo de aterramento”.

7.2.1.3 - Eletrodo de aterramento: “Elemento ou conjunto de elementos do sistema de aterramento que assegura o contato elétrico com o solo e dispersa a corrente de defeito, de retorno ou de descarga atmosférica na terra”.

É oportuno comentar que conforme a norma ABNT NBR 5419-3:2026 (Versão corrigida), - “Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida”, expõe os seguintes tipos de eletrodo de aterramento:

7.2.1.3.1 - “**eletrodo de aterramento em anel (ring earth electrode)**”: “eletrodo formado em anel fechado enterrado ao redor da estrutura, destinado a dissipar correntes elétricas no solo”.

7.2.1.3.2 - “**eletrodo de aterramento em malha (meshed earth electrode)**”: “conjunto de elementos condutores, não naturais, formando módulos, interligados, enterrados em uma área limitada pela instalação a ser atendida, destinado a dissipar correntes elétricas no solo”.

7.2.1.3.3 - “**eletrodo natural de aterramento (foundation earth electrode)**”: “elemento condutivo imerso na terra ou em meio semicondutivo enterrado, cuja finalidade original não é de aterramento, mas que se comporta como um eletrodo de aterramento, destinado a dissipar correntes elétricas no solo”.

7.2.1.4 - Malha de aterramento: “conjunto de condutores nus, interligados e enterrados no solo”.

7.2.1.5 - Resistência de aterramento de um eletrodo: “relação da tensão medida entre o eletrodo e o terra remoto e a corrente injetada no eletrodo”.

7.2.1.6 - Sistema de aterramento: “conjunto de todos os eletrodos e condutores de aterramento, interligados ou não entre si, assim como partes metálicas que atuam direta ou indiretamente com a função de aterramento, tais como: torres e pórticos, armaduras de edificações, capas metálicas de cabos, tubulações e similares”.

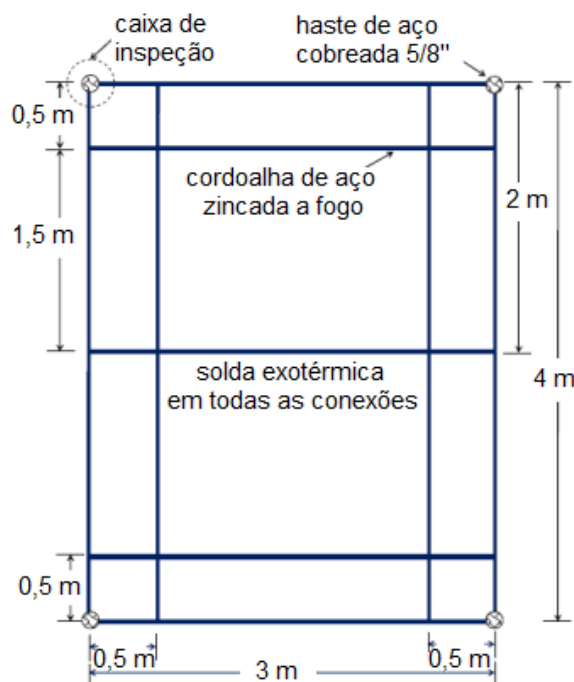
7.2.2 – Malha de aterramento a ser ensaiada

Nesta oportunidade serão realizadas medições de resistência de aterramento, na malha de aterramento experimental pertencente ao Laboratório de Pesquisa em Aterramentos Elétricos da UFG.

O referido Laboratório é vinculado à Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação da Universidade Federal de Goiás.

A topologia da malha de aterramento referida está apresentada na Figura 1, sendo oportuno destacar que o ponto de acesso para medição (tomada de terra) está indicado como caixa de inspeção e as hastes de terra possuem comprimento de 2,4 m.

Figura 1 – Malha de aterramento com disposição dos elementos constituintes



7.2.3 – Cuidados necessários

Antes de iniciar as tarefas de medição devem ser adotadas medidas de segurança, devido a possibilidade de surgimento de potenciais perigosos próximo à malha a ser ensaiada, com objetivo de evitar acidentes durante a realização do trabalho. Seguem algumas instruções.

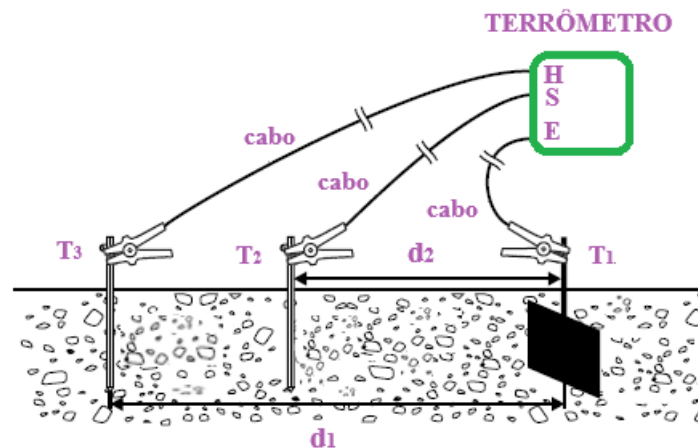
- Utilizar equipamentos de proteção individual (EPI) necessários.
- Não realizar medições em situações de condições atmosféricas adversas que possibilite a ocorrência de descarga atmosférica.
- Não permitir a presença de animais, ou de pessoas sem envolvimento com as tarefas a serem realizadas.
- Cabos que interligam dispositivos de instalações elétricas à malha de aterramento devem ser desconectados antes do início dos trabalhos.

7.2.4 - Metodologia

Neste experimento para realização das medições da resistência de aterramento será utilizado o MÉTODO DA QUEDA DE POTENCIAL com procedimentos e equipamentos conforme as normas: ABNT NBR 15749 de 2009 e ABNT NBR 5410 revisão de 2008. Portanto nesta oportunidade será utilizado TERRÔMETRO.

De um modo geral o terrômetro, programado na função medição da resistência de aterramento, possui: um borne, denotado por H ou Ec, para interligação via cabo à estaca auxiliar de corrente aqui indicado por T3; um borne, denotado por S ou ET, para interligação via cabo à estaca auxiliar de tensão aqui indicado por T2; um borne, denotado por E ou Exc, para interligação via cabo à tomada de terra da malha a ser ensaiada aqui indicada por T1. A Figura 2 mostra a disposição e interligação entre os componentes utilizados considerando o método da queda de potencial, onde: d_1 é a distância entre os pontos de locação de T1 e T3, e d_2 é a distância entre os pontos de locação de T1 e T2. Observa-se que, neste caso, as estacas auxiliares são constituídas por hastes metálicas cravadas firmemente no solo e que T2 está sobre a reta imaginária que passa por T1 e T3.

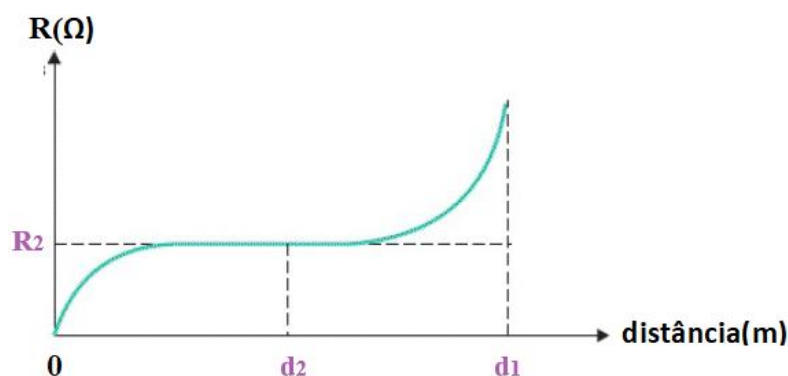
Figura 2 – Esquema ilustrativo para aplicação do método da queda de potencial



Estando a estaca auxiliar de corrente (T3) posicionada a uma distância maior que a zona de influência da malha ensaiada e deslocando a estaca auxiliar de tensão (T2) de modo que T2 ocupe diferentes pontos na mesma direção e sentido sobre a reta imaginária de T1 para T3, obtém-se uma curva de resistência em função da distância. Esta curva é semelhante àquela apresentada na Figura 3 que é uma curva típica de resistência de aterramento em função da posição relativa das estacas auxiliares de tensão e de corrente.

Conforme ABNT NBR 15749 de 2009: teoricamente, o deslocamento da estaca auxiliar de tensão no mesmo sentido da estaca auxiliar de corrente apresenta, para um determinado ponto, valor verdadeiro da resistência de aterramento do eletrodo sob ensaio; para solo homogêneo, eletrodo de aterramento cuja maior dimensão seja inferior a 10 metros e afastamento (d_1) entre T1 e T3 adequado, o mencionado ponto se localiza em relação a T1 a uma distância de 62% de d_1 . Deste modo neste experimento será considerado $d_2 = 0,62 \cdot d_1$.

Figura 3 – Resistência de aterramento versus posição relativa das estacas auxiliares



Ainda de acordo com a norma citada no parágrafo anterior para verificação do trecho horizontal (patamar) observa-se que: a distância d_1 deve ser maior que três vezes a maior dimensão do eletrodo sob ensaio; devem ser realizadas verificações, em relação a sobreposição das zonas de influência (área próximo de cada estaca na qual observa-se um gradiente de potencial significativo) do eletrodo sob ensaio e estaca de corrente, mudando a estaca auxiliar de tensão (inicialmente na posição $d_2 = 0,62 \cdot d_1$) em 5% de d_1 para a direita ($d_{21} = d_2 + 0,05 \cdot d_1$) e para a esquerda ($d_{22} = d_2 - 0,05 \cdot d_1$) da posição inicial d_2 .

Será considerado sem sobreposição das áreas de influência se a porcentagem entre a diferença dos valores medidos com a estaca auxiliar de tensão em d_{21} e d_{22} e o valor medido em d_2 não for maior que 10%, caso contrário um novo valor para d_1 maior que o anterior deve ser estabelecido e todos os procedimentos devem ser repetidos. Neste experimento será adotado como referência o critério de considerar que o raio de cada zona de influência seja da ordem de 3 vezes a maior dimensão da malha e estaca observadas.

7.3- Material

A Tabela 1 a seguir apresenta o material para utilização.

Tabela 1 – Material e respectiva quantidade

Material	Quant.
Cabos flexíveis com garra que acompanha o equipamento	3
Malha de aterramento	1
Estacas auxiliares	2
Marreta	1
Multímetro (com sonda para medir temperatura)	1
Terrômetro	1
Trena	1

7.4- Procedimento experimental

A montagem para medição da resistência de aterramento será conforme o esquema ilustrativo apresentado na Figura 2, e instruções que seguem.

I – Determine os valores de d_1 e d_2 , com base nas dimensões da malha de aterramento a ser ensaiada.

II – Posicione e crave no terreno a estaca auxiliar de corrente (T3) e a estaca auxiliar tensão (T2) sobre a reta imaginária que passa por T1 e T3. Em seguida conecte estas estacas ao terrômetro, através dos cabos (que acompanham o equipamento), nos bornes H(Ec) e S(ET) respectivamente à T3 e T2. A tomada de terra da malha de aterramento, cuja resistência pretende-se medir, deve ser conectada ao borne E(Exc) do terrômetro.

III – Se o terrômetro possuir múltiplas funções deve ser selecionado a função medida de resistência, que corresponde a utilização dos três terminais mencionados, e selecione uma escala adequada para efetuar a leitura do valor de resistência.

IV – De posse do valor da resistência com T2 posicionado em d_2 , deslocar a estaca auxiliar de tensão para as posições correspondentes às distâncias em d_{21} e d_{22} (mencionadas no item 7.2.4), e com os valores das resistências obtidos, montar uma tabela, realizar os procedimentos para verificar e solucionar possível existência de sobreposição das zonas de influência.

V – Resolvido a questão da sobreposição das zonas de influência o resultado obtido com T2 posicionado em d2 é assumido como sendo o valor da resistência de aterramento da malha ensaiada.

7.5- Solicitações

- a) Considerando 20.000Ω a resistência de entrada do circuito voltimétrico do equipamento de medição, comparar este valor com o valor encontrado para resistência de tomada de terra e comentar o erro adicional provocado por este efeito.
- b) Comentar uma desvantagem para utilização do método da queda de potencial.
- c) Mencione dois fatores que influenciam no valor da resistência de um aterramento.

8 ELEMENTOS DE PROJETO E MONTAGEM DE UMA INSTALAÇÃO ELÉTRICA

8.1- Objetivo

Estimular habilidade para manusear e instalar corretamente diferentes dispositivos de uma instalação elétrica, envolvendo quadro de distribuição e circuitos terminais, bem como representação em planta baixa.

8.2- Considerações iniciais

Este experimento refere-se a uma instalação elétrica. As tarefas consistem na: elaboração de esquema ilustrativo em planta baixa; montagem e realização de testes de funcionalidade. Os procedimentos serão realizados em ambiente adequado contendo infraestrutura apropriada, considerando a importância dos componentes a serem utilizados e a disponibilidade de tempo de duas aulas seguidas.

Devem ser observadas e seguidas as regras de segurança.

Os dispositivos elétricos e suas ligações devem ser alocados no cubículo de montagens.

Neste experimento a alimentação do quadro de distribuição será feita com tensão de fase de 220 V.

Seguem a Figura 1 que ilustra o esquema unifilar da referida instalação e a Tabela 1 com a respectiva legenda.

Figura 1 – Esquema unifilar

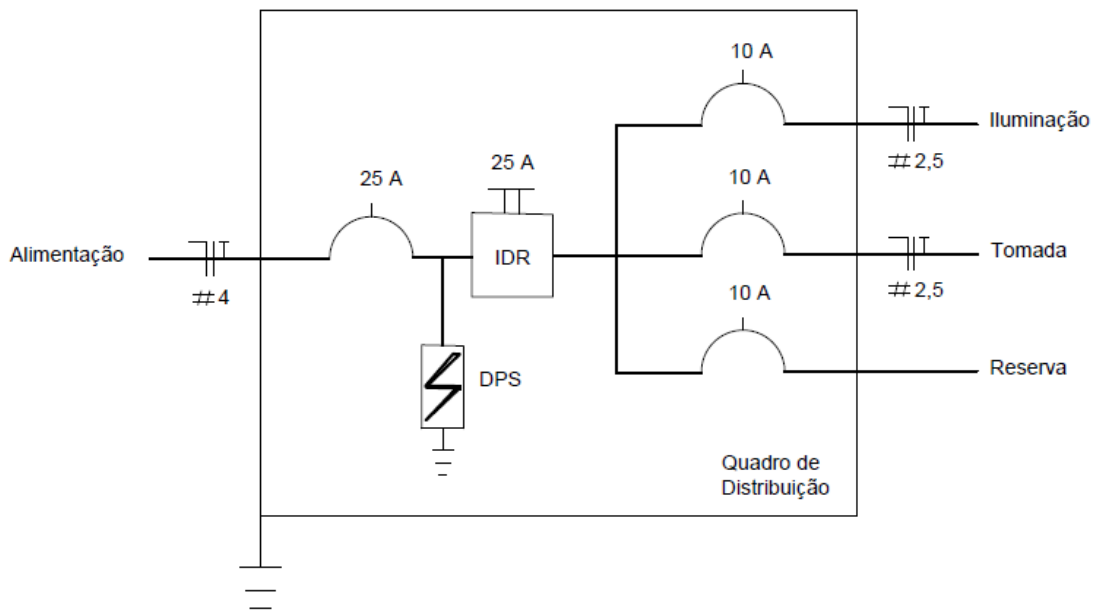


Tabela 1 – Legenda da simbologia gráfica

Símbolo	Descrição
	Aterramento
	Disjuntor monopolar
	Dispositivo de proteção contra surto (DPS)
	Interruptor diferencial residual (IDR)

8.3- Material

A Tabela 2 a seguir apresenta o material para utilização.

Tabela 2 – Material e respectiva quantidade

Material	Quant.
Barramento de neutro	1
Barramento de terra	1
Cabos	variável
Conjunto de luminária, interruptor, tomada	1
Cubículo de montagem com infraestrutura	1
Barramento de neutro	1
Disjuntor monopolar 25 A	1
Disjuntor monopolar 10 A	3
DPS	1
Ferramentas	variável
IDR	1
Multímetro	1
Quadro de distribuição com trilho DIN	1

8.4- Procedimento experimental

- I - Desenhar em planta baixa o ambiente da instalação elétrica a ser efetuada, e apresentar legenda da simbologia empregada.
- II - Os circuitos da instalação elétrica devem seguir o esquema unifilar da Figura 1.
- III - Observar as condições e modo de ligação de todos os dispositivos a serem utilizados.
- IV - Verificar a continuidade da fiação.
- V - Estabelecer a melhor disposição dos componentes no quadro de distribuição.
- VI - Proceder a montagem e ligação de todos os componentes da instalação.
- VII - Realizar os testes operacionais necessários.

8.5- Solicitações

Descrever sucintamente o funcionamento e emprego dos seguintes dispositivos: disjuntor termomagnético, DR, IDR e DPS.

9 MEDIÇÃO DE POTÊNCIA E FATOR DE POTÊNCIA EM CIRCUITOS MONOFÁSICOS

9.1- Objetivo

Dimensionamento e aplicação de dispositivos de proteção. Obtenção de valores teóricos e experimentais de determinadas grandezas elétricas e procedimentos de análise.

9.2- Considerações iniciais

No experimento deste roteiro serão desenvolvidas atividades relacionadas a: dimensionamento e aplicação de dispositivos de proteção para circuitos de alimentação; utilização de equipamentos de medição; obtenção no modo teórico e experimental, da potência e fator de potência, associados a uma carga, com análise e confrontação; correção do fator de potência.

As tarefas serão baseadas nas figuras 1 e 2 que mostram esquemas de circuitos de alimentação contendo equipamentos de medição e determinada carga. As cargas a serem estudadas são denotadas por: carga 1, que é uma impedância constituída por resistor (valor nominal de 150Ω) em série com um indutor (valor nominal de 300 mH); carga 2, que é constituída pela carga 1 em paralelo com um capacitor (valor nominal de $5 \mu\text{F}$). A tensão nominal de alimentação é 220 V .

Seguem figuras 1 e 2 e respectiva legenda exposta na Tabela 1.

Figura 1 – Esquema do circuito para determinação das potências

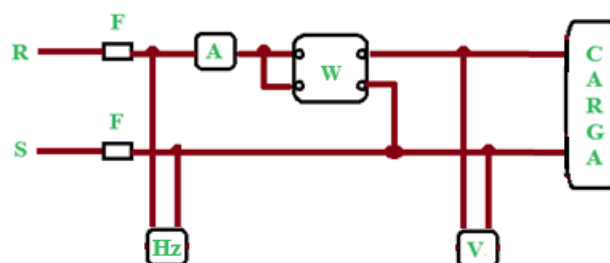


Figura 2 – Esquema do circuito para determinação do fator de potência

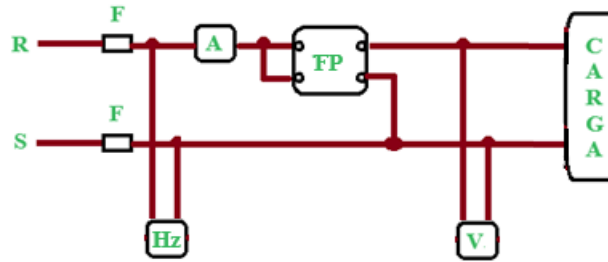


Tabela 1 – Legenda da simbologia gráfica

Símbolo	Descrição	Símbolo	Descrição
	Amperímetro		Frequencímetro
	Condutor		Fusível
	Cossefímetro		Voltímetro
	Fases da linha de alimentação		Wattímetro

9.3- Material

A Tabela 2 a seguir apresenta o material para utilização.

Tabela 2 – Material e respectiva quantidade

Material	Quant.
Amperímetro	1
Cabos	variável
Capacitor 5 uF	1
Cossefímetro	1
Frequencímetro	1
Fusíveis	2
Indutor 300 mH	1
Resistor 150 Ω	1
Voltímetro	1
Wattímetro	1

9.4- Procedimentos

- Seguir os procedimentos de segurança necessários.
- A carga 1 e carga 2, tanto teórica como prática, possuem a configuração conforme mencionado no item 9.2.
- Com base no circuito da Figura 1 e considerando os valores nominais dos componentes da carga 1, carga 2, e tensão de alimentação, calcular as correntes no circuito para determinação dos fusíveis. Em seguida determine os valores das potências e fator de potência associados às cargas 1 e 2.
- Considerando a carga 1, monte o circuito da Figura 1, na bancada WEG, e registre os valores medidos. Em seguida monte o circuito da Figura 2 e registre os valores medidos.
- Considerando a carga 2, execute os mesmos procedimentos realizados para a carga 1.
- Com base nos valores medidos obtenha todas as potências e fator de potência associadas a cada carga.
- Monte uma tabela contendo valores teóricos, obtidos das medições, e diferenças percentuais.

9.5- Solicitações

- Justificar as diferenças entre valores teóricos e obtidos das medições.
- Com relação ao fator de potência proceder análise considerando o valor exigido atualmente no Brasil.
- Descrever sucintamente sobre a correção do fator de potência.

10 MEDIÇÃO DE POTÊNCIA EM CIRCUITOS TRIFÁSICOS

10.1- Objetivo

Revisar conceitos e praticar procedimentos que envolvam impedâncias ligadas em estrela, e triângulo.

Utilizar o método dos dois wattímetros para determinação de potências em circuitos trifásicos.

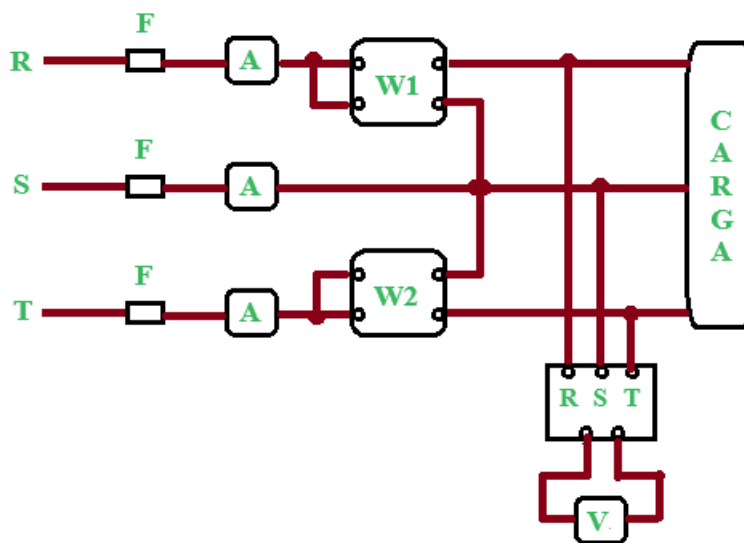
10.2- Considerações iniciais

Nesta oportunidade será dada atenção às cargas trifásicas. Em relação a estas cargas existem situações como, por exemplo, os motores de indução trifásicos com determinado tipo de ligação em que é praticamente impossível medir diretamente a tensão de fase ou a corrente de fase.

Quando é possível medir as tensões de fase e correntes de fase a potência total normalmente é obtida pela soma das potências de wattímetros instalados em cada fase. Nas outras situações a literatura técnica recomenda determinar a potência utilizando as tensões de linha e correntes de linha.






O wattímetro fornecer leitura do produto $V \cdot I \cdot \cos(\varnothing)$ onde: V é o valor eficaz da tensão; I é o valor eficaz da corrente; \varnothing é o ângulo de fase entre a tensão e a corrente. Assim sendo com base na teoria de circuitos elétricos e considerando o esquema da Figura 1 é possível demonstrar que dois wattímetros são suficientes para medir a potência ativa fornecida à carga trifásica. Na Figura 1 sendo P_1 a potência registrada no wattímetro W_1 e P_2 a potência registrada no wattímetro W_2 , a potência total (P) é a soma destas duas potências ou seja: $P = P_1 + P_2$.

Figura 1 – Esquema ilustrativo de circuito de alimentação com dois wattímetros



Segue a Tabela 1 com a legenda da simbologia gráfica.

Tabela 1 – Legenda da simbologia gráfica

Simbolo	Descrição	Símbolo	Descrição
	Amperímetro		Fusível
	Chave comutadora		Voltímetro
R, S, T	Fases da linha de alimentação		Wattímetro, onde $j = 1, 2$

Este método que é denominado de Método de Dois Wattímetros é utilizado para determinar potências em circuitos trifásicos a três fios. As cargas trifásicas podem estar ligadas em Y ou Δ e podem ser balanceadas ou não.

10.3- Material

A Tabela 2 a seguir apresenta o material para utilização.

Tabela 2 – Material e respectiva quantidade

Material	Quant.
Amperímetro	3
Cabos	variável
Chave comutadora	1
Fusíveis	3
Indutores 300 mH	3
Resistor 150 Ω	3
Voltímetro	1
Wattímetro	2

10.4- Procedimento experimental

Montar três impedâncias, cada uma constituída por circuito RL série, sendo os seguintes valores nominais $R = 150 \Omega$ e $L = 300 \text{ mH}$, com terminais nomeados por: 1 e 4 na impedância Z1; 2 e 5 na impedância Z2; 3 e 6 na impedância Z3. Deste modo podem ser efetuadas conexões para obtenção de cargas trifásicas, caracterizando as ligações estrela (Y) e triângulo (Δ) conforme figuras 2.a e 2.b respectivamente.

Figura 2 – Cargas trifásicas

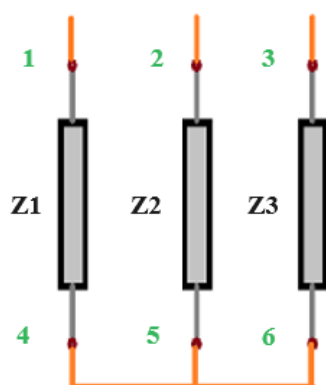
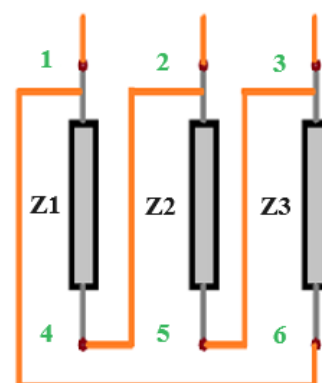


Figura 2.a – Ligação Y

Figura 2.b – Ligação Δ

Com base nas figuras 1, 2.a e 2.b considere o valor eficaz da tensão de alimentação entre fases, igual a 220 V (nominal), e os valores de R e L mencionados para calcular:

- a) Fusíveis de proteção da alimentação;
- b) Potências ativa, reativa e aparente para carga ligada em Y;
- c) Potências ativa, reativa e aparente para carga ligada em Δ .

Montar o circuito da Figura 1 (na bancada WEG) e utilizar a carga ligada inicialmente em Y, e depois em Δ , para obter os valores das potências ativas, tensão e corrente. Em seguida determine os valores das potências reativas e aparente.

IMPORTANTE: Conferir as ligações de todos os dispositivos antes de energizar.

10.5- Solicitações

- Montar tabela contendo resultados obtidos com valores teóricos, com valores medidos e diferenças percentuais entre eles. Fazer comparação e explicar.
- Proceda análise sobre as potências dos circuitos com as cargas conectadas em estrela e em triângulo.

11 ENSAIO PARA ANÁLISE E IDENTIFICAÇÃO DOS ENROLAMENTOS DO MIT E PROCEDIMENTOS PARA CONEXÃO DOS TERMINAIS

11.1- Objetivo

Este experimento tem como objetivo identificação e nomeação dos terminais dos enrolamentos de um motor de indução trifásico, com consideração das polaridades, e a correta conexão dos enrolamentos para energização.

11.2- Considerações iniciais

Nesta oportunidade será observado o motor de indução trifásico (MIT), devido ser este o motor mais empregado nos diferentes tipos de instalações elétricas.

O MIT a ser utilizado neste experimento pode operar em duas tensões nominais de alimentação diferentes (motor com dupla tensão de alimentação) especificadas como, por exemplo, 220/380 V. Assim sendo, cada um dos três enrolamentos de fase do estator, aqui denotados por enrolamento I, II e III, devem possuir dois terminais acessíveis para permitir as conexões triângulo (Δ) que está relacionada à tensão de alimentação menor (neste caso 220 V), ou estrela (Y) que está relacionada à tensão de alimentação maior (neste caso 380 V). As linhas de alimentação serão denotadas por L1, L2 e L3.

Segundo a norma ABNT NBR 15367:2006 a identificação dos cabos terminais dos enrolamentos pode ser feita utilizando notação alfanumérica, com caracteres latinos seguidos por numerais arábicos sem espaço entre os dois. As figuras 1 e 2 mostram respectivamente os diagramas de conexão Δ e Y, com as identificações dos terminais e esquema de ligação correspondente.

Figura 1 – Conexão triângulo, tensão menor

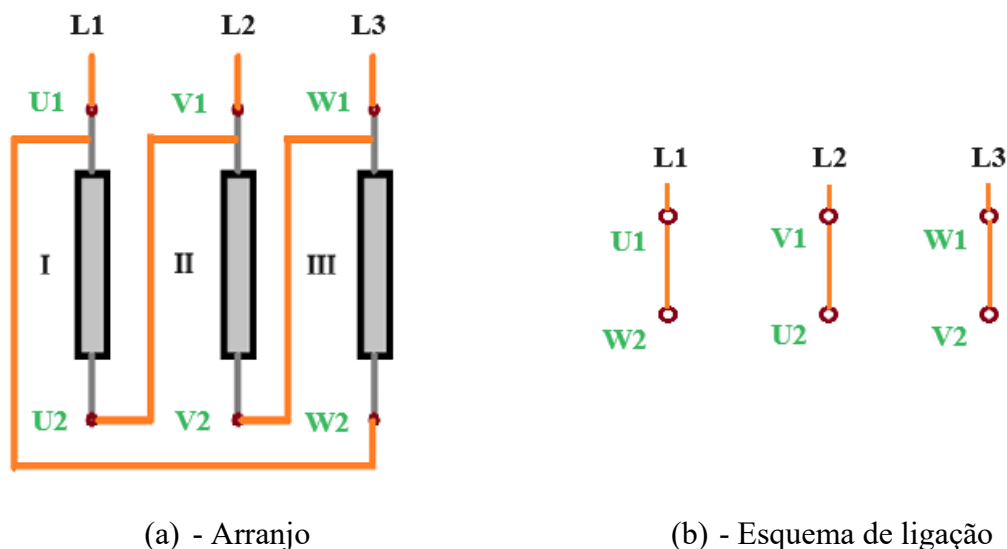
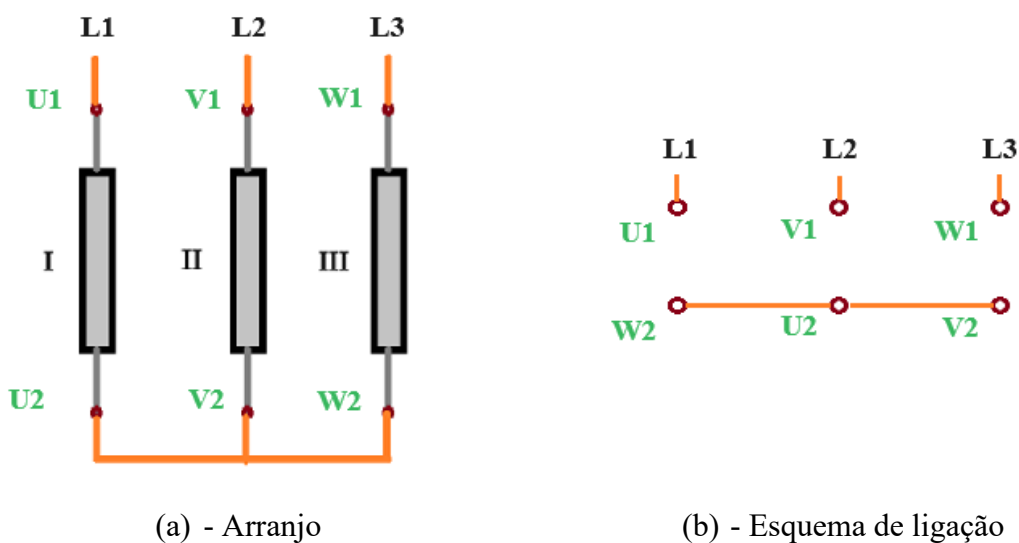


Figura 2 – Conexão estrela, tensão maior



Vale salientar que os fabricantes utilizam também outras maneiras para nomeação dos terminais dos enrolamentos como, por exemplo, aquela que utiliza apenas caracteres numéricos resultando na seguinte nomeação: enrolamento I terminais 1-4; enrolamento II terminais 2-5; enrolamento III terminais 3-6.

Por vezes é necessário conferir ou então efetuar a nomeação dos cabos terminais dos enrolamentos de fase de um MIT. Portanto o tópico de procedimento experimental apresenta instruções que permitem a realização desta tarefa.

11.3- Material

A Tabela 1 a seguir apresenta o material para utilização.

Tabela 1 – Material e respectiva quantidade

Material	Quant.
Cabos	variável
Fusíveis	2
Motor de indução trifásico	1
Motor de indução trifásico da bancada WEG	1
Voltímetro	1
Transformador variador de tensão (TVT)	1

11.4- Procedimento experimental

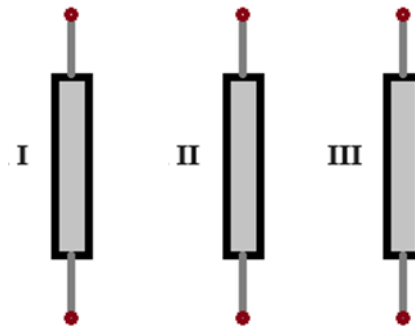
A tarefa de nomeação dos cabos terminais dos enrolamentos de fase de um MIT, objetivando a correta conexão, ocorre por ausência ou para conferência destas nomeações.

Considerando um MIT com seus terminais sem identificação, a tarefa de identificar pode ser realizada em três etapas como seguem.

11.4.1 - Etapa 1

Realizar a identificação de cada enrolamentos de fase e separar os seus terminais conforme ilustra a Figura 1, utilizando um multímetro e aplicando o teste de continuidade.

Figura 1 – Representação dos três enrolamentos de fase do MIT



11.4.2- Etapa 2

Nesta etapa, após separados os terminais de cada enrolamento de fase, medir a tensão induzida em um enrolamento provocada pela energização da associação dos outros dois enrolamentos.

A escolha da sequência dos enrolamentos para os procedimentos é arbitrária. Portanto, nesta oportunidade será seguida a seguinte ordem: inicialmente será observado o enrolamento I, o qual será referência; em seguida o enrolamento II; por último o enrolamento III.

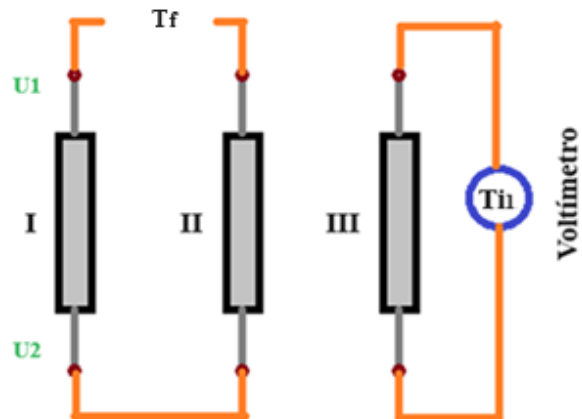
11.4.2.1- Enrolamento I

Nomear os terminais deste enrolamento com: U1 considerado o início, e U2 considerado o final. Este enrolamento será considerado inicialmente como referência.

11.4.2.2- Enrolamento II

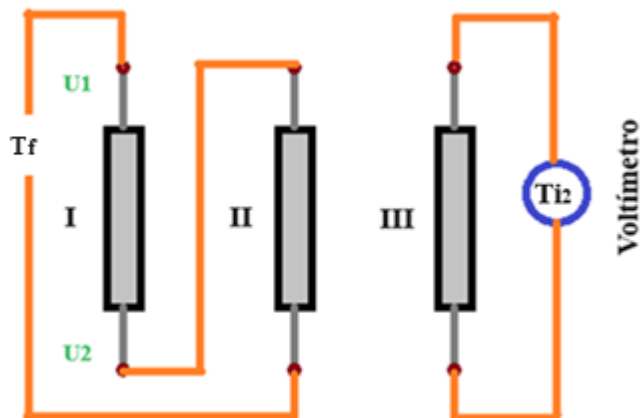
Interligar o terminal U2 do enrolamento I a um dos terminais do enrolamento II. Os terminais que ficaram livres desta associação serão alimentados com uma tensão da fonte (T_f) inferior à tensão nominal menor do MIT (T_{menor}), ou seja $T_f = 0,2 \cdot T_{menor}$. Nos terminais do enrolamento III deve ser instalado um voltímetro para medição da tensão induzida, conforme ilustra a Figura 2 que mostra o primeiro esquema ilustrativo de ligações. Monte o esquema da Figura 2 e colete o valor da tensão induzida.

Figura 2 – Primeiro esquema ilustrativo



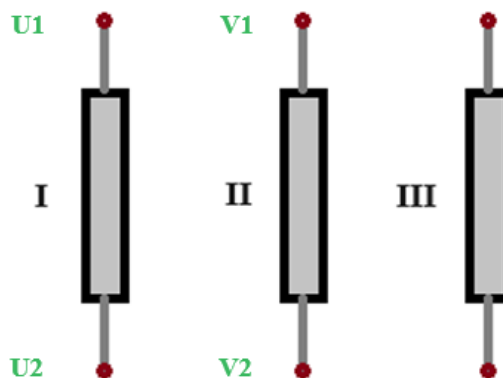
Após registrado o valor da tensão induzida (T_{i1}), desligue a alimentação e transfira a ligação do terminal atual do enrolamento II para seu outro terminal, conforme ilustra a Figura 3 que mostra o segundo esquema ilustrativo de ligações. Montar o esquema da Figura 3 e registrar o valor da tensão induzida (T_{i2}).

Figura 3 – Segundo esquema ilustrativo



Compare os valores de T_{i1} com T_{i2} e o maior valor indica que o esquema correspondente trata-se de ligação do terminal U2 com o terminal inicial do enrolamento II. Assim sendo supondo o caso em que $T_{i2} > T_{i1}$ a nomeação fica conforme a Figura 4.

Figura 4 – Nomeação dos terminais dos enrolamentos I e II



11.4.2.3- Enrolamento III

Após a identificação dos terminais do enrolamento II ele pode ser utilizado como enrolamento de referência e associado ao enrolamento II. Deste modo ligar o terminal V2 com um terminal do enrolamento III, utilizando o enrolamento I para obtenção das tensões induzidas, e com base nos procedimentos realizados para a nomeação dos terminais do enrolamento II, proceder a nomeação dos terminais do enrolamento III. Nos terminais do enrolamento III nomear o início com W1 e o final com W2.

11.4.3- Etapa 3

Com o MIT sem alimentação realizar as conexões (fechamento) vinculadas à tensão de alimentação menor e à tensão de alimentação maior.

11.5- Solicitação

Descreva a justificativa que comprova a eficiência do método utilizado, com base no conceito de polaridade.

12 PARTIDA DIRETA DE MIT UTILIZANDO CONTATOR

12.1- Objetivo

Este experimento tem como objetivo estimular a habilidade do aluno para o entendimento do funcionamento e montagem de dispositivos que propicie o acionamento de um motor de indução trifásico com partida direta.

12.2- Considerações iniciais

Em virtude dos efeitos causados na rede de distribuição, motivados pela corrente de partida do motor de indução trifásico (MIT), as distribuidoras de energia elétrica no Brasil estabelecem valores máximos de potência do MIT para funcionamento com partida direta. Como exemplo pode-se citar que no Estado de Goiás a distribuidora Equatorial Energia em sua “Norma Técnica - NT 001 Revisão 07 – 2023” intitulada “FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM BAIXA TENSÃO” estabelece que: “Motores trifásicos com potência nominal de até 5 CV, poderão ser acionados, sem dispositivos para a redução da corrente de partida”.

Neste roteiro são apresentadas instruções para o entendimento do funcionamento e montagem de chave de partida direta para o MIT.

12.2.1 - Dispositivos

Nesta oportunidade vale comentar sobre os seguintes dispositivos: botoeira e o contator que podem ser utilizados para acionar o MIT tanto localmente quanto à distância; e o relé de sobrecarga térmico utilizado para proteção.

12.2.1.1 - Botoeira

A botoeira é um dispositivo de acionamento manual que possui contato normalmente aberto (NA) e/ou normalmente fechado (NF), e funciona do seguinte modo: quando o botão é pressionado o(s) seu(s) contato muda de estado, ou seja, o contato aberto fecha e o fechado abre mantendo-se neste estado enquanto pressionado. Portanto, os contatos voltam ao estado normal após o botão ser liberado.

12.2.1.2 - Contator

O contator é um dispositivo de manobra que opera no modo não manual, sendo capaz de conduzir e interromper correntes de um circuito.

O contator possui contatos principais (associados ao circuito de potência) que são normalmente abertos (NA), e os contatos auxiliares (associado ao circuito de comando) que pode ser normalmente aberto (NA) e/ou normalmente fechado (NF). O contator possui também uma bobina que comanda todos os seus contatos. Esta bobina ao ser energizada muda o estado de todos os contatos os quais só retornam à posição inicial após ela ser desenergizada.

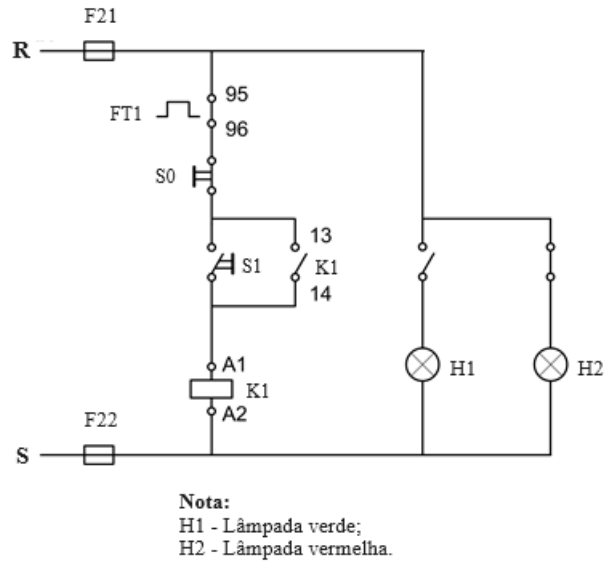
12.2.1.3 – Relé de sobrecarga térmico

O relé de sobrecarga térmico é um dispositivo que possui lâminas bimetálicas. Quando é percorrido por uma corrente de determinada intensidade, maior que a corrente ajustada, suas lâminas sofrem o efeito da dilatação térmica provocando a operação dos contatos móveis. Os contatos auxiliares desligam a carga por meio de um contator que deve estar interligado a este relé.

12.2.2 – Esquema de circuito

Os esquemas dos circuitos, relativos à chave de partida direta, a serem utilizados nas tarefas dos procedimentos experimentais estão apresentados nas figuras 1 e 2 que seguem, com respectivas legendas nas tabelas 1 e 2.

Figura 1 – Esquema do circuito de comando



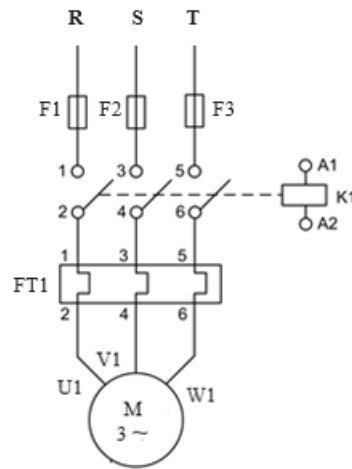
Observações:

- a) Motor ligado – lâmpada verde acesa; motor desligado – lâmpada vermelha acesa;
- b) As lâmpadas são vinculadas aos contatos auxiliares do contator k1.

Tabela 1 – Legenda da simbologia gráfica

Símbolo	Descrição	Símbolo	Descrição
	Fusível		Sinaleiro
	Botoeira NA		Botoeira NF
	Contato normalmente aberto (NA) do contator		Contato normalmente fechado (NF) do contator
	Bobina do contator		Contato normalmente fechado do relé de sobrecarga térmica

Figura 2 – Esquema do circuito de potência



Notas:

- a) Observar a tensão de alimentação;
- b) Para alimentar na **tensão menor** os terminais do motor devem ser ligados em triângulo e na **tensão maior** em estrela.

Tabela 2 – Legenda da simbologia gráfica

Símbolo	Descrição
	Contator
	Relé de sobrecarga térmico
	Motor trifásico

12.3- Material

A Tabela 3 a seguir apresenta o material para utilização.

Tabela 3 – Material e respectiva quantidade

Material	Quant.
Amperímetro	1
Botoeira 1NA	1
Botoeira 1 NF	1
Cabos	variável
Contator, bobina 220 V	1
Fusíveis	5
Lâmpada de sinalização verde	1
Lâmpada de sinalização vermelha	1
Motor de indução trifásico	1
Relé de sobrecarga térmico	1
Voltímetro	1

12.4- Procedimento experimental

12.4.1- Verifique o funcionamento e complete o circuito de comando da Figura 1.

12.4.2- Montar e testar o circuito de comando conforme Figura 1 completada.

12.4.3- Observar a Figura 2, e completar se for o caso.

12.4.4- Verifique o funcionamento do circuito de potência apresentado na Figura 2, considerando o circuito de comando da Figura 1 completada.

12.4.5- Efetue a conexão dos terminais do motor (fechamento), considerando a tensão de alimentação da bancada.

12.4.6- Monte o circuito de potência da Figura 2 e inclua um amperímetro e um voltímetro.

12.4.7- Ligar o sistema montado e observar a sinalização luminosa, corrente e tensão de partida, corrente de regime permanente e sentido de rotação do rotor.

12.5- Solicitações

12.5.1- Descreva a função do contato 95-96 do relé de sobrecarga térmico no esquema de comando.

12.5.2- Descreva a função dos fusíveis, do contator e do relé de sobrecarga térmico na chave de partida direta do MIT.

13 REVERSÃO DO SENTIDO DE ROTAÇÃO DE MIT UTILIZANDO CONTADORES

13.1- Objetivo

O objetivo deste experimento é estimular o raciocínio para entender a lógica de funcionamento e montar circuitos que permitam a inversão do sentido de rotação do eixo de um motor de indução trifásico, e exercitar o conceito de intertravamento.

13.2- Considerações iniciais

Este roteiro trata da **partida direta com reversão do sentido de rotação** do motor de indução trifásico (MIT), por ser importante em determinados processos industriais. Este método de partida é muito utilizado quando é necessário controlar a operação do motor de modo a possibilitar movimentos em sentidos opostos de uma determinada direção como, por exemplo, esteiras transportadoras.

Como se trata de partida direta com reversão do sentido de rotação, aplicada ao MIT, vale lembrar que os efeitos da corrente de partida e da mudança brusca da direção de rotação devem ser considerados, inclusive torna este tipo de partida aplicável a motores de baixa potência e em alguns casos ela é impraticável. Este comentário mostra algumas desvantagens deste tipo de partida, no entanto vale comentar também vantagens como, por exemplo, custo de aquisição dos dispositivos, de manobra e proteção, relativamente baixo e os esquemas orientativos para funcionamento e montagem resulta em circuitos simples implicando em fácil manutenção.

Em atenção aos propósitos deste roteiro as figuras 1 e 2 mostram os esquemas dos circuitos de comando e de potência respectivamente, para o MIT, com utilização de contadores. As tabelas 1 e 2 expõem as legendas das simbologias gráficas.

Figura 1 – Esquema do circuito de comando

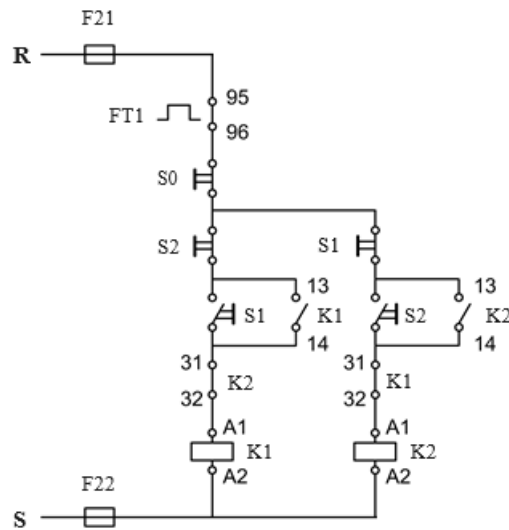


Tabela 1 – Legenda da simbologia gráfica









Símbolo	Descrição	Símbolo	Descrição
	Bobina do contator		Contato normalmente fechado (NF) do contator
	Botoeira NA		Contato normalmente fechado do relé de sobrecarga térmico
	Botoeira NF		Fusível
	Contato normalmente aberto (NA) do contator		Lâmpada de sinalização

Figura 2 – Esquema do circuito de potência

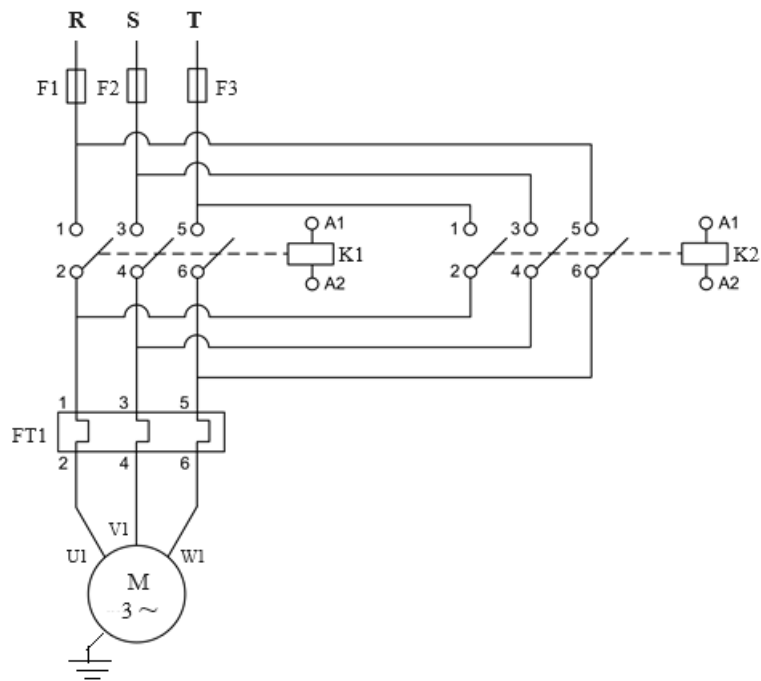


Tabela 2 – Legenda da simbologia gráfica

Símbolo	Descrição
	Aterramento
	Contator
	Motor de indução trifásico
	Relé de sobrecarga térmico

13.3- Material

Segue a Tabela 3 com a relação de material para utilização.

Tabela 3 – Material e respectiva quantidade

Material	Quant.
Amperímetro	1
Botoeira 1NF	1
Botoeira 2NA + 2NF	2
Cabos	variável
Contatores, bobina 220 V	2
Fusíveis	5
Lâmpada verde	2
Motor de indução trifásico	1
Relé de sobrecarga térmico	1
Voltímetro	1

13.4- Procedimento experimental

- Analisar e inserir sinalização luminosa que permita identificar o sentido de rotação do eixo do motor no esquema do circuito de comando da Figura 1, em seguida montar e testar o seu funcionamento.
- Analisar o esquema do circuito de potência da Figura 2 considerando a Figura 1, inserir o amperímetro e voltímetro, montar o circuito de potência, e em seguida testar o funcionamento e registrar as medições.

Atenção: Alterar o sentido de rotação após o motor desligado e o eixo sem movimento.

13.5- Solicitações

- 1 - Comente a função dos contatos 31-32 dos contatores K1 e K2 no diagrama de comando.
- 2 - Faça uma comparação entre corrente nominal e corrente de partida para o eixo nos dois sentidos de rotação.
- 3 - Comente sobre o valor da corrente se a mudança do sentido de rotação acontecer com o eixo em movimento, comparada à corrente de partida.
- 4 - Explique o resultado de uma operação em que os dois contatores sejam acionados ao mesmo tempo.

14 PARTIDA DE UM MIT UTILIZANDO CHAVE ESTRELA-TRIÂNGULO AUTOMÁTICA

14.1- Objetivo

Utilizar uma tecnologia que possibilite a redução da corrente de partida de um MIT. Neste sentido realizar tarefas que permitam compreender o funcionamento e os efeitos provocados pela chave de partida estrela-triângulo, bem como estimular a habilidade para montagem e acionamento.

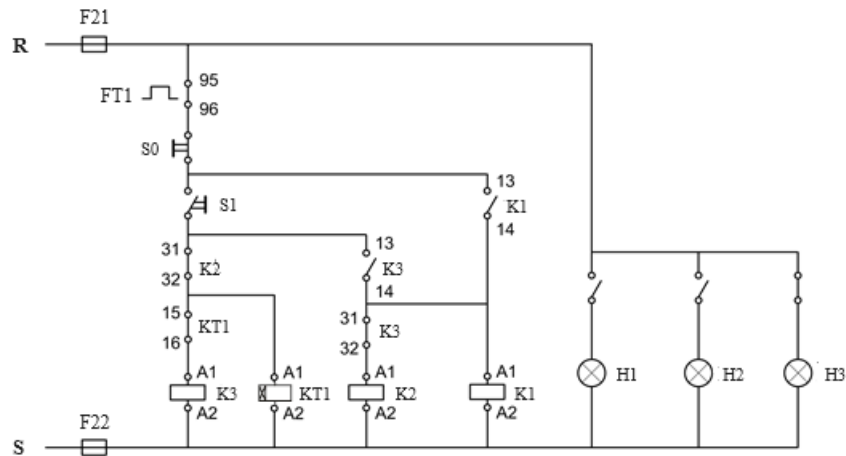
14.2- Considerações iniciais

O princípio de funcionamento da chave estrela-triângulo se baseia no método de redução da tensão na partida do motor. Em estrela a corrente de linha e o conjugado são três vezes menores que em triângulo. O conjugado reduz por ser proporcional ao quadrado da tensão de fase, tornando esta chave aplicável de modo mais adequado quando o motor parte a vazio.

As chaves estrela-triângulo podem ser utilizadas para acionamento de motores com potências acima de 5 cv, no entanto os seis terminais (dois de cada fase) dos enrolamentos do estator devem estar acessíveis para permitirem a conexão em estrela ou em triângulo. É oportuno salientar que o motor deve permitir operação em dupla tensão nominal como, por exemplo, 220/380 V. Durante a partida os terminais do motor são ligados em estrela, fazendo com que o motor tenha partida sob tensão reduzida e com corrente de partida reduzida a um terço do valor se a partida fosse em triângulo, e após aproximadamente 10 segundos os terminais são conectados em triângulo, alimentando o motor com a tensão nominal de serviço.

A chave estrela-triângulo pode ser manual ou automática. No experimento deste roteiro será utilizada a chave estrela-triângulo automática, portanto: na Figura 1 está exposto um esquema representativo do circuito de comando com respectiva legenda da simbologia gráfica da Tabela 1; e na Figura 2 um esquema representativo de circuito de potência com respectiva legenda da simbologia gráfica da Tabela 2.

Figura 1 – Esquema do circuito de comando



Nota:

H1 - Lâmpada verde
H2 - Lâmpada amarela
H3 - Lâmpada vermelha

Tabela 1 – Legenda da simbologia gráfica

Símbolo	Descrição	Símbolo	Descrição
	Bobina do contator		Contato normalmente fechado do relé de sobrecarga térmico
	Bobina do relé temporizador		Contato normalmente fechado (NF) do contator
	Botoeira NA		Contato normalmente fechado do relé temporizador
	Botoeira NF		Fusível
	Contato normalmente aberto (NA) do contator		Lâmpada de sinalização

Figura 2 – Esquema do circuito de potência

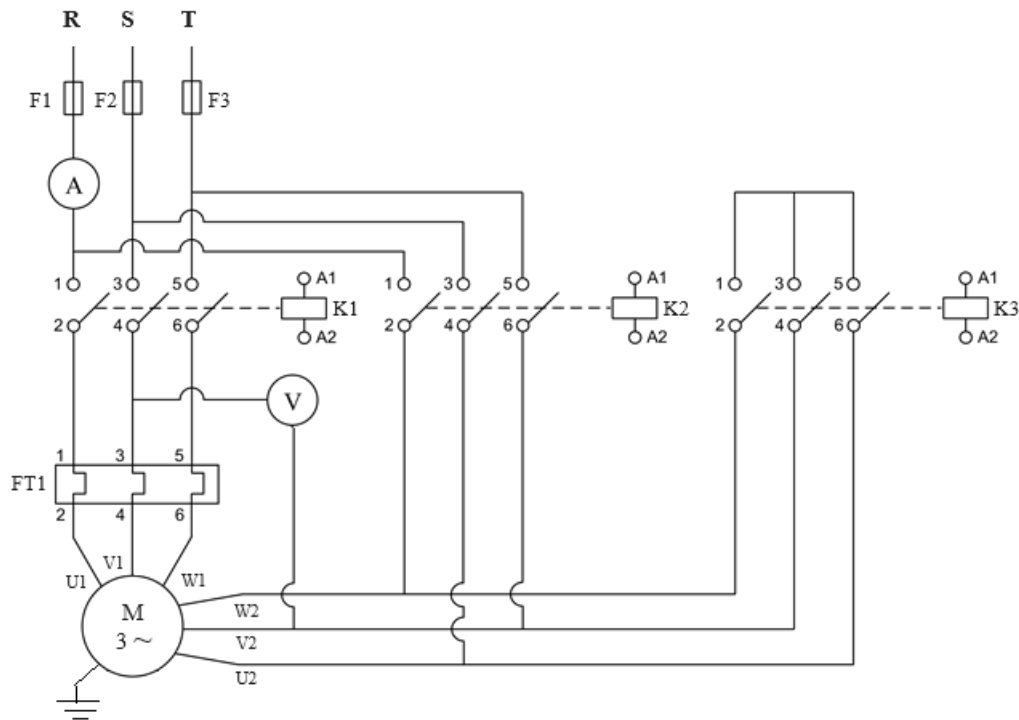


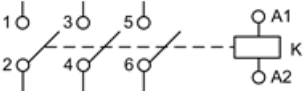
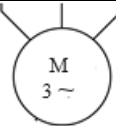
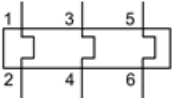



Tabela 2 – Legenda da simbologia gráfica

Símbolo	Descrição
	Amperímetro
	Aterramento
	Contator
	Motor de indução trifásico
	Relé de sobrecarga térmico
	Voltímetro

14.3- Material

A Tabela 3 a seguir apresenta o material para utilização.

Tabela 3 – Material e respectiva quantidade

Material	Quant.
Amperímetro	1
Botoeira 1NA	1
Botoeira 1 NF	1
Cabos	variável
Contatores, bobina 220 V	3
Fusíveis	5
Lâmpada amarela	1
Lâmpada verde	1
Lâmpada vermelha	1
Motor de indução trifásico	1
Relé de sobrecarga térmico	1
Relé temporizador - RE	1
Voltímetro	1

Nota: RE – Retardo na energização

14.4- Procedimento experimental

- Analisar e compreender a lógica de funcionamento do circuito de comando mostrado na Figura 1, conjuntamente com o circuito de potência da Figura 2.
- Nomear os elementos sem identificação no circuito de comando da Figura 1 considerando a sinalização luminosa do seguinte modo: lâmpada vermelha para o motor desligado, lâmpada amarela para o motor ligado em estrela, e lâmpada verde para o motor ligado em delta.
- Montar e testar o circuito de comando.
- Montar o circuito de potência com base na Figura 2.
- Acionar o MIT observando e registrando os valores da tensão e da corrente em todos os estágios de funcionamento. Observar o sentido de rotação do eixo.

14.5- Solicitações

- Descrever sucintamente a sequência de funcionamento do circuito de comando considerando o circuito de potência.
- Descreva três vantagens e três desvantagens da partida do MIT utilizando chave estrela-triângulo automática em relação a chave de partida direta.
- Comparar e relatar os valores medidos, das grandezas elétricas nos diferentes estágios do acionamento do MIT, considerando os valores nominais e aqueles obtidos nos ensaios com a partida direta.

15 PARTIDA AUTOMÁTICA DE UM MIT UTILIZANDO CHAVE COMPENSADORA COM AUTOTRANSFORMADOR

15.1- Objetivo

Compreender o funcionamento e operação da chave compensadora, que utiliza autotransformador, na partida de um motor de indução trifásico (MIT). Estimular habilidades para montagens dos circuitos elétricos necessários ao acionamento. Observar e analisar o comportamento de grandezas elétricas em diferentes momentos do funcionamento.

15.2- Considerações iniciais

Nesta oportunidade será estudada a partida de um motor de indução trifásico (MIT) utilizando chave compensadora automática que possui autotransformador. Esta chave que doravante será denominado de **chave compensadora** é aplicável a motores com potência relativamente alta e que partem sob carga como, por exemplo, britadores. A chave compensadora reduz a corrente de partida, evitando sobrecarga no circuito, ficando o motor com conjugado suficiente para partida e aceleração.

Os autotransformadores utilizados nas chaves compensadoras têm a função de reduzir a tensão através de seus taps, que normalmente possuem valores de 50%, 65% e 80% da tensão nominal, e possui limitação na frequência de manobra. Os taps do autotransformador utilizado no experimento deste roteiro são de 65% e 80% da tensão nominal.

Com a utilização da chave compensadora durante a partida os terminais do motor são alimentados com uma parcela da tensão nominal de serviço, fazendo com que o motor tenha partida sob tensão reduzida, e após aproximadamente 10 segundos o autotransformador é desconectado do circuito e então o motor é alimentado com a tensão nominal de serviço.

A chave compensadora a ser utilizada nas tarefas do experimento deste roteiro seguirá: a Figura 1 onde está exposto um esquema representativo do circuito de comando com respectiva legenda da simbologia gráfica da Tabela 1; e a Figura 2 que mostra um esquema representativo de circuito de potência com respectiva legenda da simbologia gráfica da Tabela 2.

Figura 2 – Esquema do circuito de potência

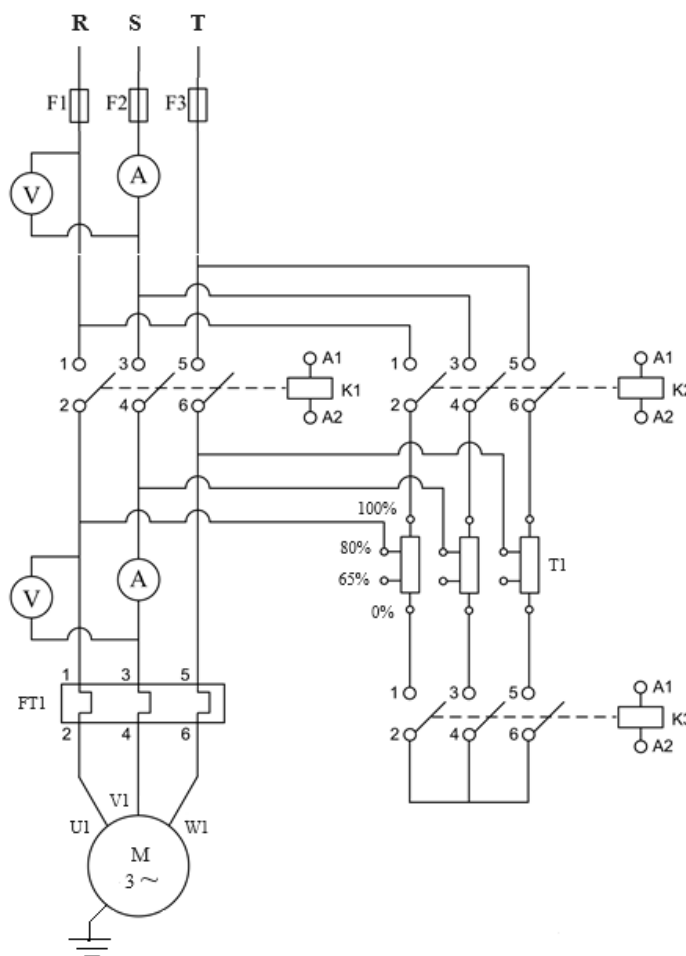


Tabela 2 – Legenda da simbologia gráfica (cont.)

Símbolo	Descrição	Símbolo	Descrição
	Amperímetro		Motor de indução trifásico
	Autotransformador		Relé de sobrecarga térmico
	Aterramento		Voltímetro
	Contator		

15.3- Material

A Tabela 3 a seguir apresenta o material para utilização.

Tabela 3 – Material e respectiva quantidade

Material	Quant.
Amperímetro	2
Autotransformador	1
Botoeira 1NA	1
Botoeira 1 NF	1
Cabos	variável
Contatores, bobina 220 V	3
Fusíveis	5
Lâmpada amarela	1
Lâmpada verde	1
Motor de indução trifásico	1
Relé de sobrecarga térmico	1
Relé temporizador - RE	1
Voltímetro	2

Nota: RE – Retardo na energização

15.4- Procedimento experimental

- Analisar e compreender a lógica de funcionamento do circuito de comando mostrado na Figura 1, conjuntamente com o circuito de potência da Figura 2.
- Nomear os elementos sem identificação no circuito de comando da Figura 1 considerando a sinalização luminosa do seguinte modo: lâmpada amarela para motor com tensão reduzida; lâmpada verde para motor com tensão nominal.
- Montar e testar o circuito de comando.
- Montar o circuito de potência com base na Figura 2.
- Acionar o MIT observando e registrando os valores da tensão e da corrente em todos os estágios de funcionamento. Observar o sentido de rotação do eixo. Repetir os procedimentos para o autotransformador com tap de 65%.

15.5- Solicitações

- Descrever sucintamente a sequência de funcionamento do circuito de comando considerando o circuito de potência, com as complementações.
- Descreva comparação entre as chaves compensadora e estrela-triângulo, ambas automática, destacando duas vantagens e duas desvantagens para cada chave.
- Comparar e relatar os valores medidos, das grandezas elétricas nos diferentes estágios do acionamento do MIT com a chave compensadora, considerando os valores nominais e aqueles obtidos nos ensaios com a chave de partida estrela-triângulo.

16 INVESTIGAÇÃO DE DEFEITOS EM CHAVES DE PARTIDA DE MIT

16.1- Objetivo

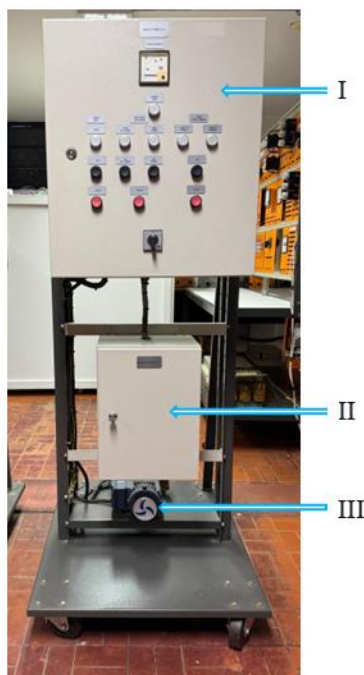
Estimular a habilidade do aluno para investigar e solucionar problemas como, por exemplo, defeitos em quadros de distribuição.

16.2- Considerações iniciais

Na área da engenharia elétrica é cada vez maior a necessidade de profissionais com habilidade no quesito manutenção, tornando importante as questões de identificação de problemas nas instalações elétricas e em particular em quadros de distribuição. Portanto, tarefas que estimulem ações para solução de problemas são perfeitamente justificáveis. Neste sentido nos experimentos deste roteiro serão inseridos defeitos (simulados), em pontos dos circuitos de diferentes chaves de partida do motor de indução trifásico (MIT), para que sejam investigados. Para este propósito será utilizada bancada didática, contendo chaves de partida e simulador de defeitos.

A Figura 1 mostra uma vista frontal da bancada didática na qual: I indica o quadro de distribuição que contém chave de partida direta, chave de partida direta com reversão, e chave de partida estrela-triângulo; II indica a caixa do simulador de defeitos que possui chaves as quais possibilitam a inserção de defeitos nos circuitos do quadro de distribuição; e III indica o motor de indução trifásico (MIT).

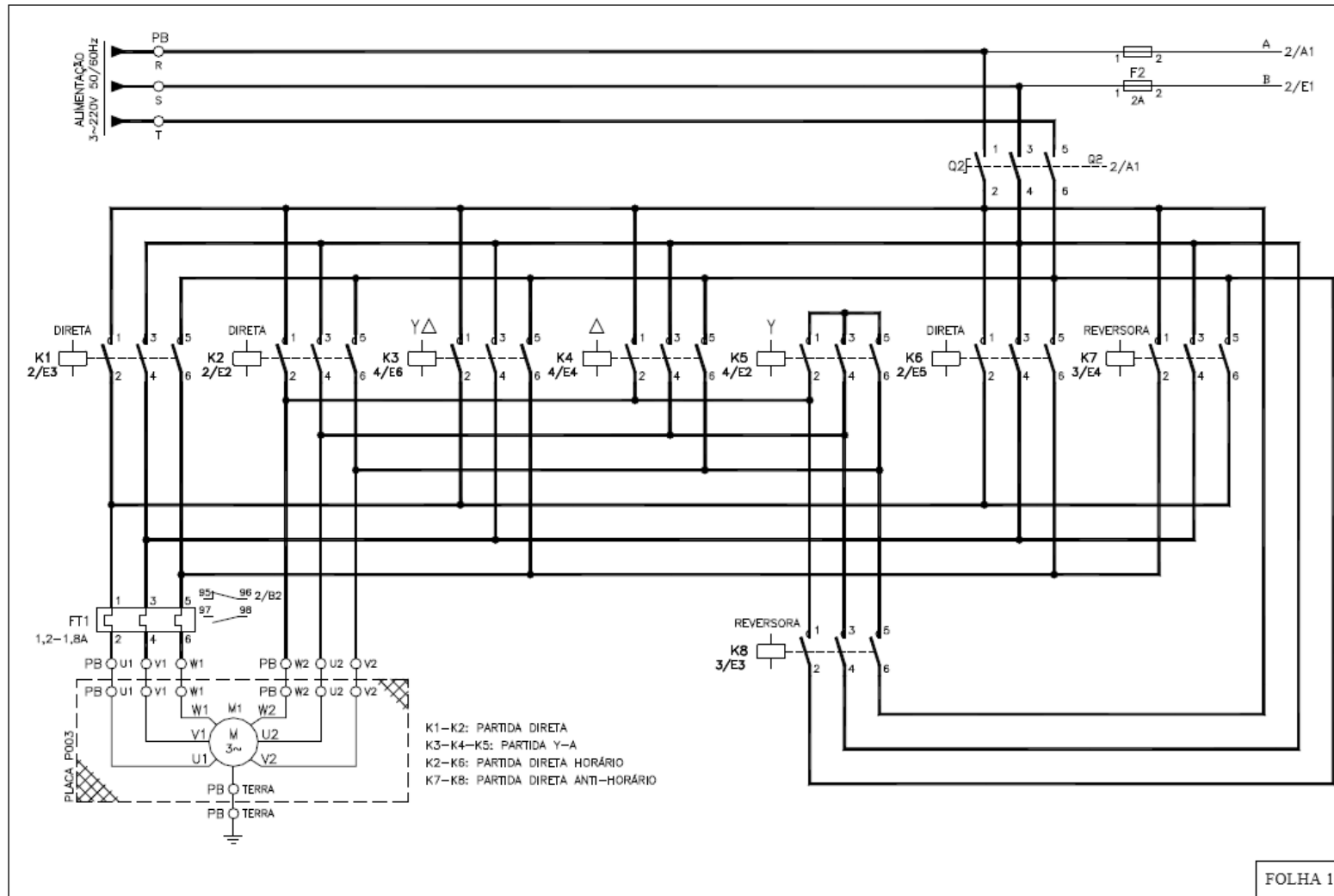
Figura 1 – Vista frontal do kit chaves de partida com simulador de defeitos



Nota: I – Quadro de distribuição; II – Simulador de defeitos; III – MIT.

Para compreensão de como os componentes estão interligadas dentro da caixa do quadro de distribuição e o funcionamento das chaves de partida que o compõe, nas 4 páginas seguintes são apresentados: esquema de ligação do circuito elétrico de potência envolvendo chave de partida direta, chave de partida estrela-triângulo e chave de partida direta com reversão; esquema de ligação do circuito elétrico de comando. Nestes esquemas para facilitar a localização dos dispositivos ao qual os contatos estão vinculados (indicado junto ao nome do contato, ou tag), bem como facilitar a localização dos contatos posicionados abaixo das bobinas (indicados na referência cruzada), devem ser consideradas as numerações das folhas de 1 a 4 apresentadas dentro da caixa dos desenhos.

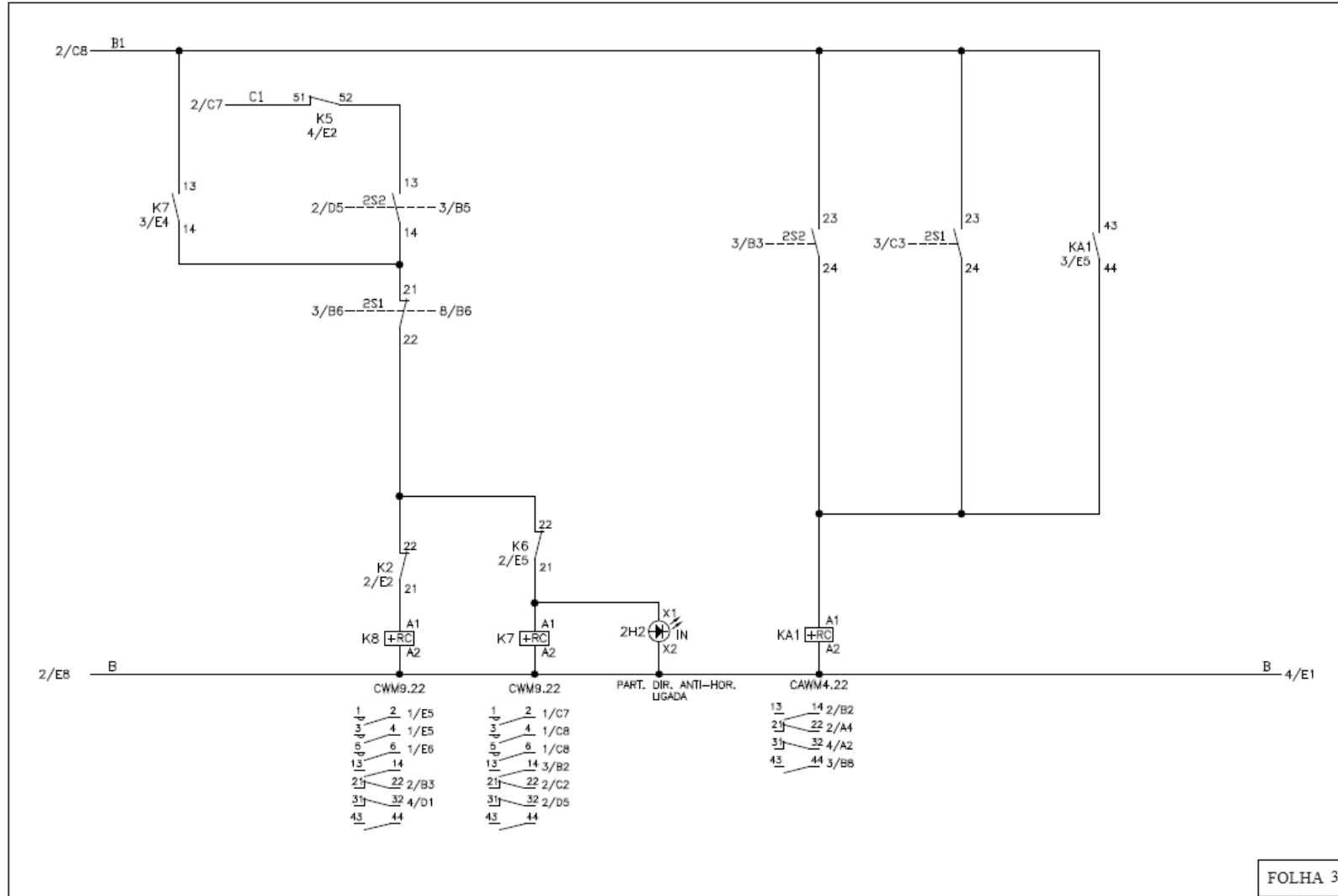
Esquema de ligação do circuito de potência



FOLHA 1

Fonte: Modificado de material da WEG

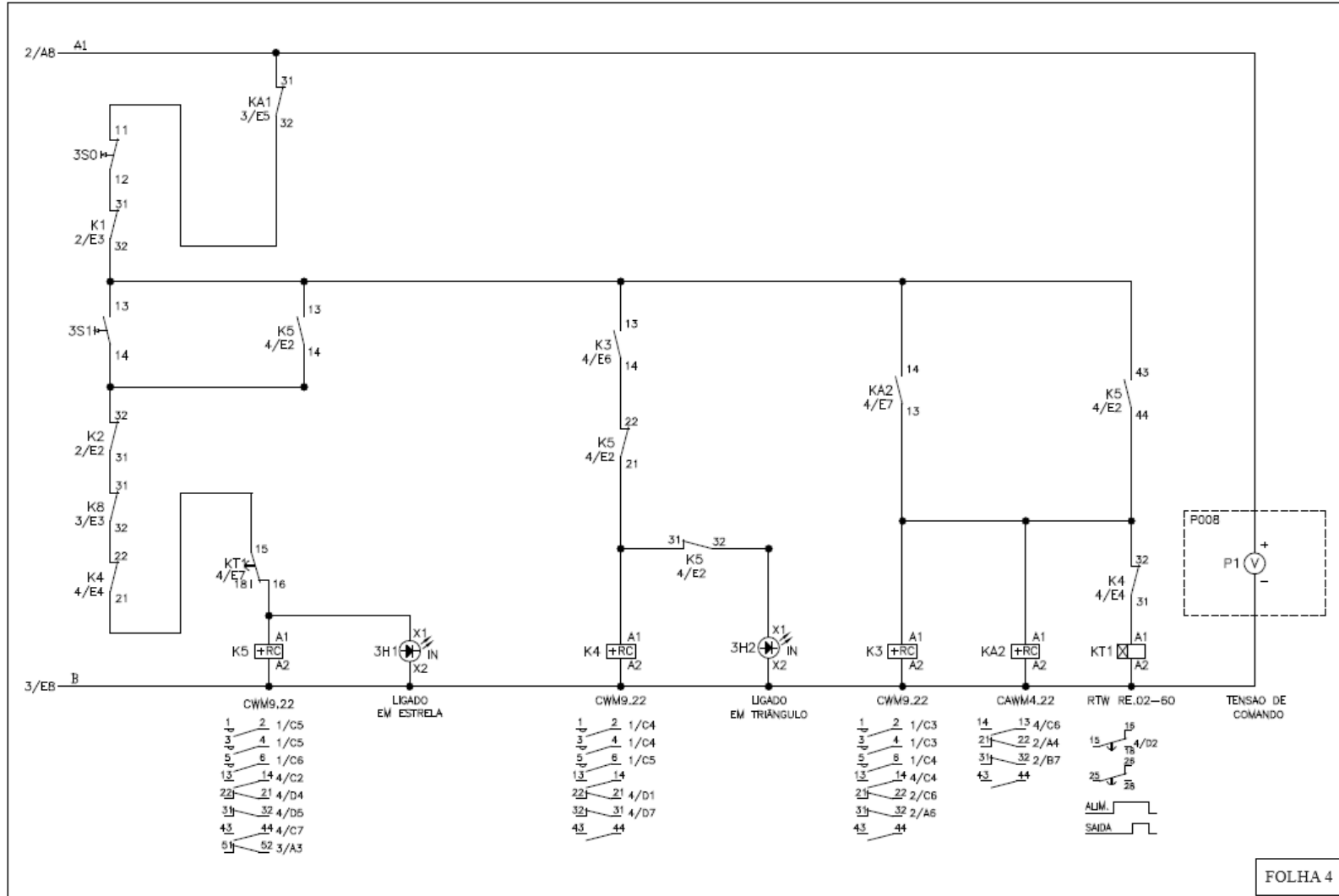
Esquema de ligação do circuito de comando (cont.)



FOLHA 3

Fonte: Modificado de material da WEG

Esquema de ligação do circuito de comando



Fonte: Modificado de material da WEG

16.3- Material

A Tabela 3 a seguir apresenta o material para utilização.

Tabela 3 – Material e respectiva quantidade

Material	Quant.
Bancada (WEG) para simulação de defeito	1
Esquema de ligação	2
Multímetro	1

16.4- Procedimento experimental

- Todas as condições de **segurança necessárias** devem ser seguidas obrigatoriamente, inclusive porque procedimentos serão realizados com circuito energizado.
- Além dos diagramas de ligação, instrumento de medição poderá ser utilizado.
- Depois que cada defeito for inserido, basear em testes de funcionalidade para identificá-los.
- Identificado o ponto de defeito informar ao professor.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15749**: Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5419-3**: Proteção contra descargas atmosféricas. Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida. Rio de Janeiro: ABNT, 2026.

COTRIN, ADEMARO A. M. B. Instalações Elétricas. 5ª ed. São Paulo – SP: Pearson Prentice Hall, 2008.

CREDER, HÉLIO. Instalações Elétricas. 17ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2022.

MAMEDE FILHO, JOÃO. Instalações elétricas industriais. 10ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023.

NISKIER, JULIO; MACINTYRE, A. J. Instalações Elétricas. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

NORMA REGULAMENTADORA No. 6 (NR-06) - EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL - EPI. Brasília – DF: MTP, 2022.

NORMA REGULAMENTADORA No. 10 (NR-10) - SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE. Brasília – DF: MTE, 2026.