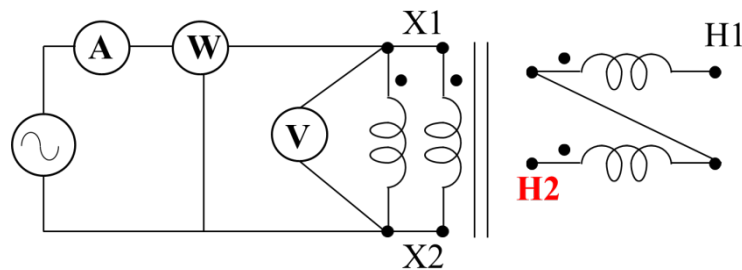


Questão 1. (Valor: 2,0)

Um transformador monofásico é composto por 2 (duas) bobinas no primário e 2 (duas) bobinas no secundário. As 4 (quatro) bobinas possuem as mesmas características elétricas e todas terão que ser utilizadas nos ensaios. Cada bobina, individualmente, suporta 100V / 5A e podem ser associadas conforme a necessidade do sistema. Considere que a forma de onda da tensão nos ensaios é satisfatória, com um desvio máximo de 0,5%.

Em relação à escolha dos enrolamentos utilizados nos ensaios, considere o que estabelece a NBR 5356 (Transformadores de Potência), no que se refere a conveniência e a facilidade nas medições.

- A) Faça o esquema de ligação das bobinas deste transformador com os medidores necessários para a realização do ensaio a vazio. (0,5)



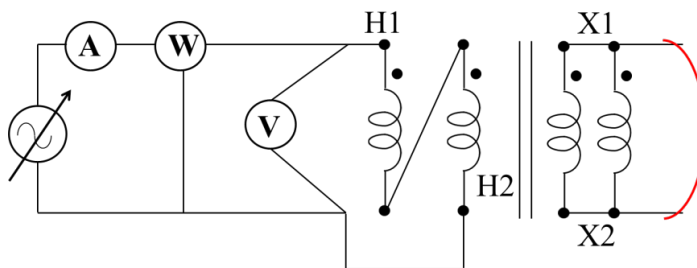
### CRITÉRIO DE CORREÇÃO

Ligação dos 3 (três) medidores em BT: 0,2

Rede em BT e AT aberto: 0,2

Polarização das bobinas: 0,1

- B) Descreva, em até 15 (quinze) linhas, como deve ser realizado o ensaio a vazio em um transformador monofásico. (0,5)
- Usar, no mínimo, 1 voltímetro em paralelo (para medir V eficaz e outro para medir V média, porém graduado em valores eficazes), 1 amperímetro em série e 1 wattímetro com a bobina de corrente em série com o primário e a bobina de tensão em paralelo com o primário do ensaio (BT), todos no lado de BT
  - Certificar-se que o lado de AT está aberto.
  - Aumentar gradativamente a tensão até o valor nominal no lado de BT.
  - Fazer a leitura do valor eficaz da corrente (corrente de excitação,  $I_0$ ) que flui do terminal de linha do enrolamento BT, na condição de tensão nominal, à frequência nominal.
  - Verificar se a bobina de corrente do wattímetro está no tap imediatamente acima do valor desta corrente de excitação.
  - Fazer a leitura da potência ativa absorvida ( $P_0$ ) medida pelo wattímetro em BT.
- C) Faça o esquema de ligação das bobinas deste transformador e dos medidores necessários para a realização do ensaio em curto-circuito. (0,5)



Ligação dos 3 (três) medidores em AT: 0,2

Rede em AT e BT em curto: 0,2

Polarização das bobinas: 0,1

D) Descreva, em até 15 (quinze) linhas, como deve ser realizado o ensaio em curto circuito em um transformador monofásico. (0,5)

- Usar 1 voltímetro em paralelo, 1 amperímetro em série e 1 wattímetro com a bobina de I em série e a bobina de V em paralelo, todos no enrolamento de AT. A fonte tem de ser variável e praticamente senoidal, à frequência nominal. Este ensaio tem de ser realizado o mais rápido possível, para que o aumento da temperatura não introduza erros significativos no valor da impedância de curto-circuito. Certificar-se que o secundário do ensaio (BT) está em curto circuito.
- Aumentar gradativamente a V, em AT, até que a I eficaz seja pelo menos igual a 50% do valor nominal. Neste caso a P medida terá que ser corrigida multiplicando-se a medida pelo quadrado da relação entre a I nominal e a I utilizada no ensaio. O valor obtido tem de ser corrigido à temperatura de referência entre 10°C a 40°C.
- Fazer a leitura da potência ativa, quando a I nominal flui através do terminal de linha do enrolamento AT e estando os terminais de BT curto-circuitados. Esta potência ( $P_{CC}$ ) é considerada a perda no cobre com carga nominal, também denominada perdas em carga desde que esteja à temperatura de referência.

Ementa:

Circuitos em corrente alternada monofásicos e trifásicos; Circuitos magnéticos; Transformadores; e Medidas elétricas.

Referências:

BALBINOT, Alexandre; BRUSAMARELLO, Valner João. **Instrumentação e fundamentos de medidas**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. v. 1.

BRASIL. **Norma Regulamentadora NR 10**. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/imagens/Documentos/SST/NR/NR10.pdf>.

MEDEIROS FILHO, Sólton de. **Fundamentos de medidas elétricas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1981.

MEDEIROS FILHO, S. **Medição de energia elétrica**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1997.

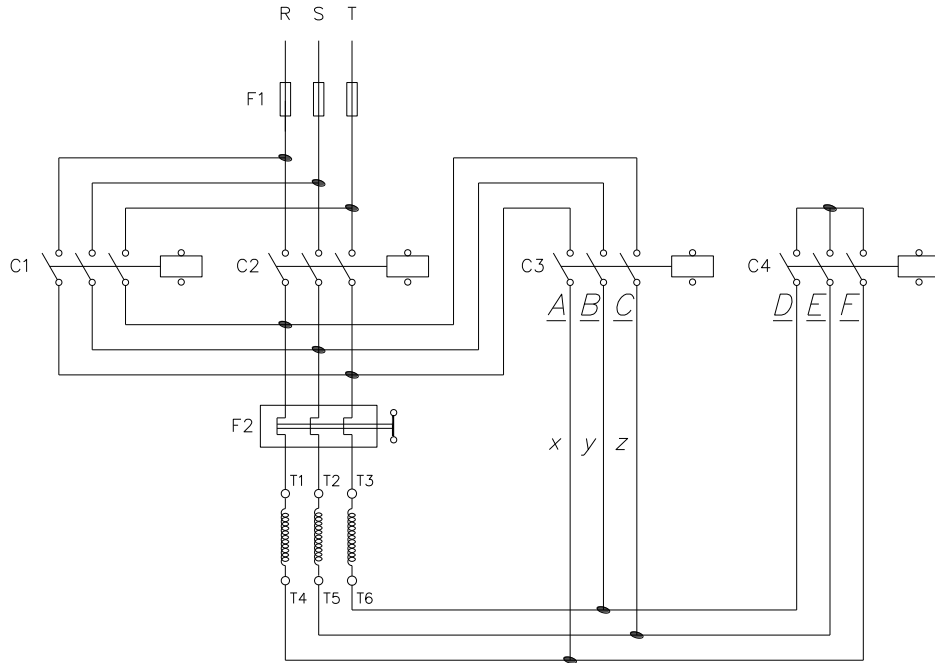
WOLSKI, B. **Circuitos e Medidas Elétricas**. Curitiba: Base Editorial, 2010.

CHAPMAN, Stephen J. **Fundamentos de Máquinas Elétricas**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

KOSOW, I. L. **Máquinas elétricas e transformadores**. 15 ed. São Paulo: Globo, 2005.

Questão 2. (Valor: 2,0)

Responda levando em consideração o esquema de ligação abaixo. Onde as letras A, B, C, D, E, F são os bornes, para a conexão dos condutores, e as letras x, y, z são os condutores que ligam dois ou mais componentes.



A) Descreva, em até 2 (duas) linhas, as finalidades deste esquema de ligação (0,3)

Inverter o sentido de rotação de um motor de indução trifásico e reduzir a sua corrente de partida, através de uma chave estrela triângulo.

B) Descreva, em até 2 (duas) linhas, o que ocorrerá se apenas o borne D for desconectado de C4. (0,3)

O motor tentará partir, na ligação estrela, com apenas 2 fases. Depois da contagem de tempo este será ligado em triângulo corretamente.

C) Cite, em até 3 (três) linhas por cada resposta (componente), outros 3 (três) componentes essenciais que poderiam ser acrescentados para otimizar a proteção e aumentar a confiabilidade neste esquema de ligação. (0,3)

Todos os tipos sensores / monitores de corrente e de tensão.

Contadoras com intertravamento mecânico.

No motor: sensores de vibração e temperatura.

D) Descreva o que ocorrerá se os bornes E, F forem desconectados de C4. (0,3)

O motor não será ligado em estrela, *não reduzirá a corrente de partida*. Ele partirá *diretamente na ligação triângulo*.

- E) Descreva o que ocorrerá se o condutor  $z$  for conectado no borne **A**; o condutor  $y$  for conectado no borne **C**; e o condutor  $x$  for conectado no borne **B**. (0,3)

O motor partirá normalmente na ligação estrela e, depois da contagem de tempo, passará normalmente para a ligação triângulo. Nem a partida e nem a inversão do sentido de giro serão afetadas.

- F) Descreva o nome, o funcionamento e a função da chave eletrônica (equipamento) que poderá substituir este esquema eletromagnético.

Priorizando o investimento, leve em consideração os dois casos abaixo:

- F.1) A rede que alimenta este motor não suporta sobrecarga e o motor necessita de parada controlada para mitigar desgastes mecânicos e golpe de aríete. A carga acionada por este motor tem requisito de manutenção da velocidade constante durante o período de funcionamento. (0,25)

Soft-starter.

Consiste de um conjunto de pares de tiristores (SCR) (combinações), um em cada borne de potência do motor. O ângulo de disparo de cada par de tiristores é controlado eletronicamente para aplicar uma tensão variável aos terminais do motor durante a aceleração e a desaceleração. No final do período de partida, ajustável tipicamente entre 2 e 30 segundos, a tensão atinge seu valor pleno após uma aceleração suave ou uma rampa ascendente, ao invés de ser submetido a incrementos ou saltos repentinos. Com isso, consegue-se manter a corrente de partida (na linha) próxima da nominal e com suave variação. Além da vantagem do controle da tensão (corrente) durante a partida, a chave eletrônica apresenta, também, a vantagem de não possuir partes móveis ou que gerem arco, como nas chaves mecânicas ou eletromecânicas. Este é um dos pontos fortes das chaves eletrônicas, pois sua vida útil torna-se mais longa.

Como o conjugado varia com o quadrado do valor da tensão, o soft-starter não poderá ser utilizado se for necessário um conjugado constante no sistema motor/carga.

F.2) A carga que este motor aciona necessita variação da sua velocidade, mantendo o seu conjugado otimizado. (0,25)

Inversor de frequência ou outro nome comercial deste equipamento.

O circuito eletrônico, interno ao inversor, retifica a tensão de entrada (rede), depois oscila para variar a frequência da tensão que alimenta o motor. Não funciona para motores CC.

Possibilita conjugado constante para diferentes velocidades.

Ajuste contínuo de velocidade e conjugado, com relação à carga mecânica.

Controle escalar: varia a velocidade sem o controle do conjugado. Utiliza um controle em malha aberta.

Controle vetorial: alta performance dinâmica, operação suave em baixa velocidade e sem oscilação de torque, mesmo com variação da carga. Através da separação da corrente de magnetização e da corrente que produz o torque, em tempo real, calcula-se o produto vetorial que será proporcional ao torque produzido no motor. Com baixa velocidade e I de partida na mesma ordem que a I nominal, mantém o torque nominal.

Ou.

O controle escalar impõe no motor uma determinada tensão/frequência, visando manter a relação  $V/f$  constante, ou seja, o motor trabalha com fluxo aproximadamente constante. É aplicado quando não há necessidade de respostas rápidas a comandos de torque e velocidade e é particularmente interessante quando há conexão de múltiplos motores a um único conversor. O controle é realizado em malha aberta e a precisão da velocidade é função do escorregamento do motor. Para melhorar o desempenho do motor nas baixas velocidades, alguns inversores possuem funções especiais como a compensação de escorregamento (atenua a variação da velocidade em função da carga) e o boost de tensão (aumento da relação  $V/f$  para compensar o efeito da queda de tensão na resistência estática), de maneira que a capacidade de torque do motor seja mantida.

O controle vetorial possibilita atingir um elevado grau de precisão e rapidez no controle do torque e da velocidade do motor. O controle decompõe a corrente do motor em dois vetores: um que produz o fluxo magnetizante e outro que produz torque, regulando separadamente o torque e o fluxo. O controle vetorial pode ser realizado em malha aberta (“sensorless”) ou em malha fechada (com realimentação).

Ementa:

Motores de indução trifásicos e Acionamentos eletromagnéticos e eletrônicos de motores de indução trifásicos.

Referências:

FRANCHI, C. M. **Acionamentos Elétricos**. 5. ed. São Paulo: Érica, 2014.

LELUDAK, J. A. **Acionamentos Eletromagnéticos**. Curitiba: Base Editorial, 2010.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações elétricas industriais**. 9. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2017.

NASCIMENTO, G. **Comandos elétricos: teoria e atividades**. São Paulo: Livros Érica, 2011.

Questão 3: (Valor: 2,0) Utilize, para o desenvolvimento e a resposta, apenas o espaço disponível logo abaixo do item da questão.

Considere uma rede trifásica senoidal, em estrela, onde as tensões são representadas pelos fasores:

$$V_{ab} = 173,2 /_{-} 0^{\circ}V; V_{bc} = 173,2 /_{-} 120^{\circ}V; V_{ca} = 173,2 /_{-} + 120^{\circ}V$$

Esta rede trifásica alimenta, primeiramente, 3 (três) impedâncias exatamente iguais, uma em cada fase da rede, no valor de  $3 + j4\Omega$ .

Determine:

- A)  $V_c$  (módulo e fase). (0,3)

$$V_c = 100 /_{-} + 120^{\circ} - 30^{\circ} = + 90^{\circ} V$$

$$V_c = 100 /_{-} + 90^{\circ}V$$

- B) O valor da corrente no neutro. (0,3)

Zero, por que o circuito está equilibrado.

- C) Da terceira fase foi retirada a impedância  $Z_x = 3 + j4\Omega$  e nela foi ligada uma nova impedância,  $Z_y$ , formada por uma associação série com:

$$R = 1k\Omega; (\omega.L) = 400\Omega \text{ e } 1/X_C = 0,0025\Omega^{-1}$$

Nesta nova condição, determine o ângulo de defasagem formado entre a corrente, em  $Z_y$ , e a tensão na qual esta  $Z_y$  está submetida. (0,3)

Sendo:  $X_C = 1/\omega C = (1/0,0025) = 400\Omega$ , esta impedância provocou ressonância nesta terceira fase. Pois,  $X_L = 400\Omega$  tem o mesmo valor de  $X_C$ .

Logo, a  $I$  está em fase com a  $V$ . Ou seja: o ângulo de defasagem é  $0^{\circ}$ .

- D) Da terceira fase foi retirada a impedância  $Z_x = 3 + j4\Omega$  e também a  $Z_y$  e nela foi ligada uma nova impedância,  $Z_z$ , formada por uma nova associação série com:

$$R_z = 1k\Omega \text{ e } 1/X_Z = 1,0m\Omega^{-1}$$

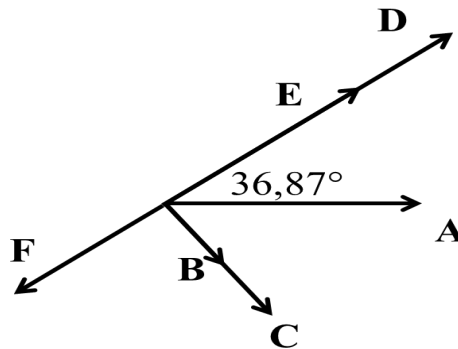
Nesta nova condição, determine o fator de potência nesta terceira fase. (0,3)

$X_Z = 1.000,0\Omega$ . Esta impedância forma um triângulo retângulo isósceles.

Logo, o ângulo entre qualquer cateto e a hipotenusa é de  $45^{\circ}$ .

O fator de potência nesta fase é de  $70,71\% = 0,7071$ .

- E) Observe os fasores abaixo representados pelas letras A, B, C, D, E, F, que representam todas as tensões e a corrente de um circuito RLC série, monofásico, que é independente da fonte utilizada nos itens das letras A até D. (0,3)



Identifique e justifique cada fasor sabendo-se que a tensão da fonte está representada como referência, o módulo da corrente é menor que o módulo da queda de tensão que está em fase com a corrente e que este circuito tem predominância indutiva.

- A → é a  $E$  da fonte, pois está representada no ângulo  $0^\circ$ .  
 B → é o fasor  $I$ , pois está em fase com a qdt na  $R$  e tem o seu módulo menor.  
 C → é a qdt em  $R$ , pois tem o mesmo ângulo de  $I$  e tem o seu módulo maior.  
 D → é a qdt em  $X_L$ , pois está em fase oposta a qdt em  $X_C$  e em fase com  $(V_L - V_C)$ , neste circuito que tem predominância indutiva. E ainda, defasada de  $+90^\circ$  em relação a qdt em  $R$ .  
 E → é a qdt  $(V_L - V_C)$ , pois está em fase com a qdt em  $X_L$ .  
 F → é a qdt em  $X_C$ , pois está em fase oposta a qdt em  $X_L$  e também com a qdt resultante entre  $(V_L - V_C)$ . Neste circuito a predominância é indutiva. E ainda,  $V_{X_C}$  está defasada de  $-90^\circ$  em relação a qdt em  $R$ .

- F) Descreva as consequências de uma ruptura do neutro que liga a fonte à carga. Considere que não há aterramento do neutro, nem na carga e nem na fonte e as  $Z$  alimentadas são:  $Z_A = 10/_0^\circ \Omega$ ;  $Z_B = 10/_+80^\circ \Omega$ ;  $Z_C = 10/_-80^\circ \Omega$  (0,5)

Haverá o que se denomina deslocamento do neutro.

Serão observadas as seguintes alterações:

- ✓ Na carga: os valores das tensões de fase, que antes eram nominais, serão alterados para valores acima ou abaixo do nominal. Este novo valor dependerá do módulo e do ângulo de defasagem provocado pelas cargas. Ou seja, da natureza da predominância das cargas ( $R$ ,  $L$ ,  $C$ ). Isto fará com que as correntes que circularão tanto pelas cargas como pela fonte, assumam valores abaixo ou muitas vezes maior que a  $I$  nominal, danificando-as.
- ✓ As tensões de linha não sofrerão alteração, nem na carga e nem na rede.
- ✓ Surgirá uma  $ddp > 0V$  entre o neutro da fonte e o falso neutro da carga, denominada tensão de deslocamento do neutro. Dependendo do valor da  $V$  e da  $Z$ , esta tensão poderá ser muitas vezes maior que a  $V$  de linha.
- ✓ Haverá uma única corrente entre a  $Z_{eq}$  formada pelas duas  $Z$  na fase A e a  $Z_B$ . Com a supressão do neutro, a  $Z_{eq}$  A ficará em série com  $Z_B$ .

- ✓ Em caso de uma ruptura do neutro, mesmo havendo uma Z em cada fase, haverá sempre deslocamento do neutro, em circuitos desequilibrados. E uma ddp elevada no ponto da ruptura.

Ementa:

Circuitos em corrente alternada monofásicos e trifásicos.

Referências:

BOYLESTAD, Robert. **Introdução à Análise de Circuitos**. 12 ed. São Paulo: Pearson. 2012

NILSSON, J. W.; RIEDEL, S. A. **Circuitos Elétricos**. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

Questão 4: (Valor: 2,0)

Para garantir que descargas atmosféricas tenham a dispersão das suas correntes para a terra, sem causar sobretensões perigosas, o arranjo e as dimensões do subsistema de aterramento são mais importantes que o valor da resistência de aterramento.

Valendo-se desta abordagem, descreva:

- A) Cite 3 (três) tipos de eletrodos indicados para sistemas de aterramento distintos, residenciais, com a finalidade que estes eletrodos sejam interligados através de uma ligação equipotencial que resulte em uma baixa impedância? (0,3)

Aterramento natural pelas fundações da edificação (armaduras de aço das fundações);

Armaduras da fundação;

Fitas, barras ou cabos metálicos;

Malhas metálicas;

Condutores em anel;

Hastes verticais ou inclinadas; e

Condutores horizontais radiais.

Cu  $\geq 50\text{mm}^2$ ; Aço  $\geq 80\text{mm}^2$ .

- **RECEBERAM GRAU MÁXIMO TODOS OS CANDIDATOS QUE RELACIONARAM, PELO MENOS, 3 (TRÊS) TIPOS DE ELETRODOS, MESMO SEM AS DIMENSÕES MÍNIMAS.**

- B) Cite 3 (três) tipos de materiais, normatizados, para eletrodos enterrados utilizados em SPDA? (0,3)

Cobre;

Aço de construção civil ou galvanizado a quente;

Aço inoxidável; e

Alumínio.

- C) Cite os fatores que impactam no valor da resistividade do solo, classificando-os como fatores naturais e fatores influenciados pela ação humana. (0,3)

Fatores Naturais: Nível de umidade; Profundidade das camadas; Idade de formação geológica; Temperatura do solo; e Salinidade.

Fatores não Naturais, Influenciados pela ação humana: Contaminação e Compactação.

D) Descreva qual a finalidade de um aterramento temporário em BT. (0,3)

Medida de segurança elétrica obrigatória estabelecida pela NR n.º 10, sendo fundamental para proteção dos profissionais em atividades de manutenção de instalações elétricas com “circuito desenergizado”.

Ele garante a equipotencialidade e protege contra reenergizações acidentais, induções ou correntes residuais, criando um caminho seguro para a terra. Normalmente, são utilizados “conjuntos de aterramento temporário” compostos por cabos de cobre extraflexíveis, grampos e um ponto de aterramento comum.

E) Descreva as particularidades do sistema TN-S. (0,3)

O sistema **TN-S** oferece maior segurança e confiabilidade operacional. Nele, o condutor neutro e o condutor de proteção são distribuídos separadamente por toda a instalação. Esta separação evita que a corrente de funcionamento circule pela carcaça dos equipamentos. Isto é garantia que o sistema de proteção atue apenas quando realmente houver uma falha. Fidelidade à atuação do DR.

F) Descreva o motivo para o seguinte diagnóstico, constatado ao testar um dispositivo a corrente diferencial-residual (DR). (0,5)

Diagnóstico: ao ensaiar um dispositivo DR, em um sistema com aterramento IT, observou-se que o DR não conseguia atuar efetivamente, tal qual atuou no sistema TN-S.

O sistema IT é caracterizado por uma Z em série com o eletrodo de aterramento, que impede o desligamento na primeira falha de isolamento. Ou seja, não há aterramento direto no eletrodo, tal qual no TN-S. Isto é uma restrição física/elétrica imposta pelo sistema IT. O objetivo é permitir que cargas críticas (ex.: IT médico; infraestrutura; transportes; sinalização; processos contínuos; data centers...) continuem operando. A I de fuga não é suficiente para o DR operar, embora haja a detecção desta, através do DSI.

Ementa:

Aterramento de sistemas e equipamentos. Proteção: de circuitos, de subestações e de linhas de transmissão.

Referências:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

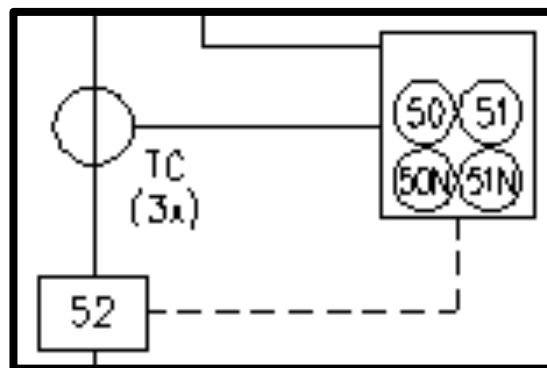
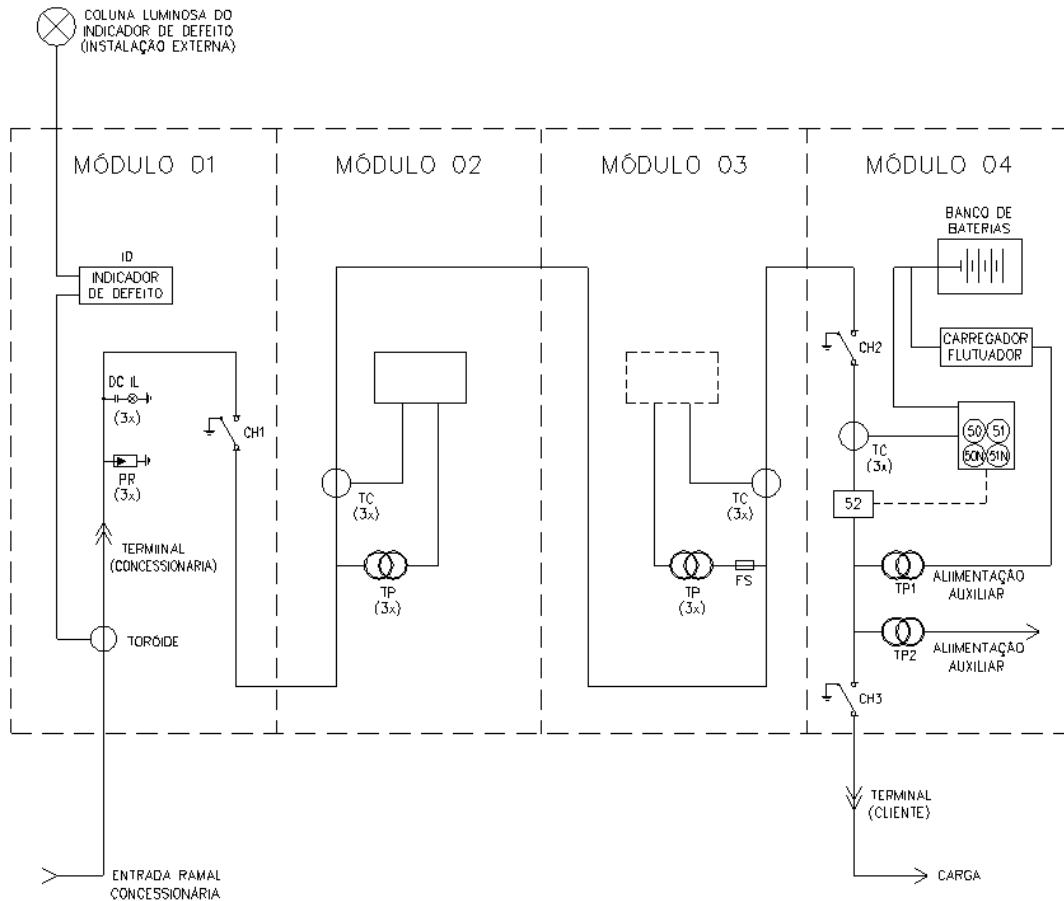
NISKIER, J. e MACINTYRE, A. J. **Instalações Elétricas**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

BRASIL. Norma Regulamentadora **NR 10**. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/imagens/Documentos/SST/NR/NR10.pdf>.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações elétricas industriais**. 9. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2017.

Questão 5: (Valor 2,0). Utilize, para o desenvolvimento e a resposta, apenas o espaço disponível logo abaixo do item da questão.

Abaixo consta uma representação de uma subestação de MT de uma planta industrial.



Representação parcial do módulo 4.

Sobre a representação responda:

A) Qual a função do módulo 1? (0,3)

Entrada de energia da concessionária para o consumidor de média.

Ou.

Alojar os equipamentos da concessionária responsáveis pelo monitoramento de defeitos na entrada de energia, indicação de presença de energia (proteção indireta do operador).

B) Qual a função do PR no módulo 1? (0,3)

Limitar, proteger contra surtos de tensão.

Proteger contra sobretensões transitórias originadas por descargas atmosféricas ou manobras.

Proteger das sobretensões transitórias de frente lenta, rápida e muito rápida.

C) Qual a função do TC do módulo 2? (0,3)

Medição da I que será utilizada na medição do consumo.

Reduzir o valor da corrente de carga, na relação X:1 ou X:5 (ou outra relação comercial), para o circuito de corrente do medidor da concessionária de energia elétrica.

D) Qual a função do módulo 4? (0,3)

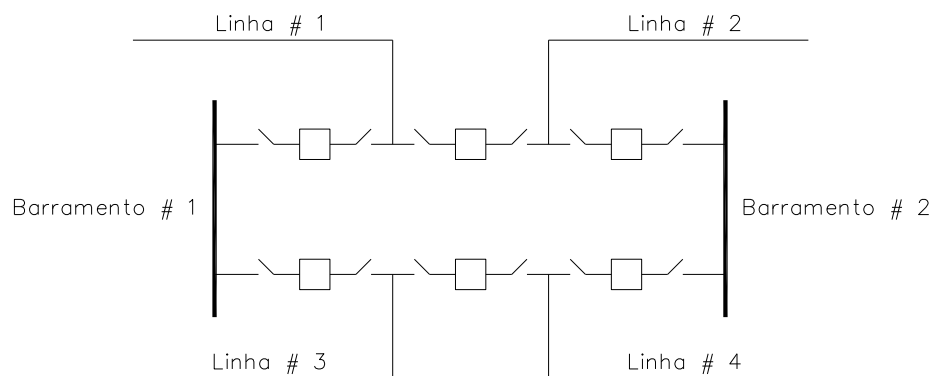
Proteção geral da instalação.

E) De acordo com a tabela ANSI (American National Standards Institute), o código 52, presente no módulo 4, recebe qual denominação? (0,3)

Disjuntor de corrente alternada.

F) Uma falha na atuação da proteção de barras pode comprometer a instalação devido aos esforços mecânicos e térmicos gerados pelas altas correntes de curto-circuito.

Abaixo está representada a proteção de duas barras de uma determinada subestação AT.



Sobre este arranjo, determine a sua denominação, as vantagens e as desvantagens.

Denominação: Barra dupla com disjuntor e meio. (0,1)

(0,2) Vantagens: Este tipo de arranjo é muito utilizado para subestações de alta e extra alta tensão devido à alta flexibilidade. Uma falha na barra não provoca nenhuma interrupção de linhas e equipamentos, a menos que algum disjuntor esteja em manutenção.

➤ Continuidade e confiabilidade do fornecimento elevado.

- Facilidade operacional de transferência de circuitos de uma barra para outra.
- Tempo curto de recomposição do sistema após uma falha.
- Defeito em qualquer disjuntor ou chave não interrompe a carga associada.
- Qualquer disjuntor pode ser retirado e substituído sem interrupção do fornecimento.
- Qualquer barra pode ser retirada de serviço para manutenção sem perda das cargas a ela associadas.
- A perda de uma barra não afeta as cargas a ela conectadas, já que podem ser transferidas para a outra barra.
- Um arranjo em anel pode ser transformado em disjuntor e meio, sem a necessidade de se iniciar da etapa zero.

Ou

O arranjo de barra dupla com disjuntor e meio é uma das configurações mais robustas e confiáveis utilizadas em subestações de alta e extra-alta tensão no setor elétrico. A sua principal vantagem reside no elevado grau de confiabilidade na continuidade de serviço, uma vez que a perda de uma das barras principais devido a uma falta não provoca o desligamento de nenhuma linha de transmissão ou transformador conectado. O sistema opera com três disjuntores para cada dois circuitos (barras), o que confere uma flexibilidade operacional para manobras de manutenção e operação. Qualquer disjuntor pode ser isolado para reparos sem que haja a necessidade de interromper o fluxo de potência do circuito associado. Essa topologia dispensa o uso de um disjuntor de transferência exclusivo. A flexibilidade estende-se à possibilidade de operar com as duas barras interligadas ou separadas, otimizando o fluxo de carga e o controle de curto-circuito na subestação. Em cenários de expansão do sistema elétrico, novas barras podem ser adicionadas facilmente sem comprometer a integridade das instalações já existentes. Embora exija um investimento inicial elevado, o arranjo mitiga os prejuízos financeiros decorrentes de multas por indisponibilidade no sistema.

(0,2) Desvantagens: Necessita de mais disjuntores que o arranjo em anel para o mesmo número de linhas e equipamentos.

- Investimento muito elevado.
- Complexidade operacional no esquema de proteção.
- Necessita de áreas maiores para implantação.
- Almojarifados maiores e com maior rigor no controle de temperatura e umidade.
- Maior pátio de manobra.
- Utiliza mais seccionadoras para isolar os disjuntores.

Ou

A principal desvantagem reside no elevado investimento inicial, visto que o arranjo exige três disjuntores para cada duas barras de circuito, aumentando consideravelmente os gastos com equipamentos de pátio. Há um acréscimo proporcional no número de chaves seccionadoras, transformadores de corrente e de potencial. A área física necessária para a implantação da subestação é substancialmente maior, exigindo mais gastos com terraplenagem, cabos de controle, malha de aterramento e estruturas metálicas de suporte. Os esquemas de proteção de barra e de rejeição de carga demandam lógica de intertravamento avançada e complexa para evitar desligamentos indevidos. Utilização de maior número de pontos de conexão.

Ementa:

Proteção: de circuitos, de subestações e de linhas de transmissão.

Referências:

A.C. Caminha. **Introdução à Proteção dos Sistemas Elétricos**. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.

Duarte, Antônio Carlos da Rocha 1.ed. **Equipamentos de geração e transmissão: conceitos e critérios** / Antônio Carlos da Rocha Duarte. – 1.ed. – São Paulo: Artiliber Editora, 2018. 440 p.; il.; 21 x 28 cm. – (Introdução à proteção de sistemas elétricos de potência).

MAMEDE FILHO, João. **Manual de equipamentos elétricos**. 4.ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2013. 669 p.

MAMEDE FILHO, João; MAMEDE, Daniel Ribeiro. **Proteção de sistemas elétricos de potência**. 1. ed., reimpr. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2017. 605 p.

VASCONCELOS, F. M. **Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica**. 1.ed. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017. 200p.