



**PETRÓLEO BRASILEIRO S.A.
PETROBRAS**

Processo Seletivo Público Nível Superior

CADERNO DE PROVA

Aplicação: 28/3/2004

CARGO: 12
**Engenheiro(a) de
Equipamentos Pleno – Elétrica**

CE SPE
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Criando Oportunidades para Realizar Sonhos

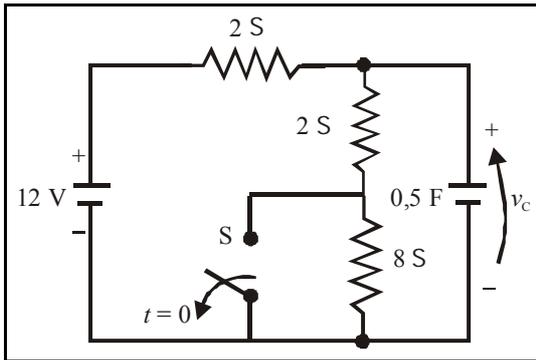
ATENÇÃO

**Neste caderno, confira atentamente o
NÚMERO e o NOME DO SEU CARGO.**

**Leia com atenção as instruções
constantes na capa do CADERNO DE
PROVA DE CONHECIMENTOS BÁSICOS
(capa colorida).**

Conhecimentos Específicos

CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS



L. Q. Orsini e D. Consonni. *Circuitos elétricos*. 2.^a ed. Edgard Blücher Ltda., vol. 1, 2002, p. 144.

A figura acima mostra um circuito elétrico alimentado por uma bateria ideal de 12 V. Depois de muito tempo de funcionamento do circuito, a chave S foi alterada da posição fechada para aberta, no instante de tempo $t = 0$. Julgue os itens a seguir, considerando que um tempo muito longo, antes ou depois de a chave mudar de posição, corresponde a um transitório desprezível em face da constante de tempo do circuito.

- 46 A corrente fornecida pela bateria imediatamente antes da chave S mudar de posição é igual a 3 A.
- 47 Após decorrido um tempo muito longo da mudança de posição da chave S , a potência fornecida pela fonte será igual a 12 W.
- 48 Para a situação $t > 0$, a constante de tempo do circuito é igual a 5 s.

Circuitos elétricos alimentados por sinais senoidais podem ser representados por grandezas complexas para fins de análise em regime permanente. Acerca dessa representação dos circuitos, quando constituídos por elementos passivos e ativos ideais, excitados por uma única fonte senoidal de frequência T , julgue o item subsequente.

- 49 No domínio da frequência, os sinais de tensão e de corrente têm módulo e fase. De acordo com o valor da fase, é possível identificar se uma dessas grandezas está adiantada ou atrasada em relação à outra.

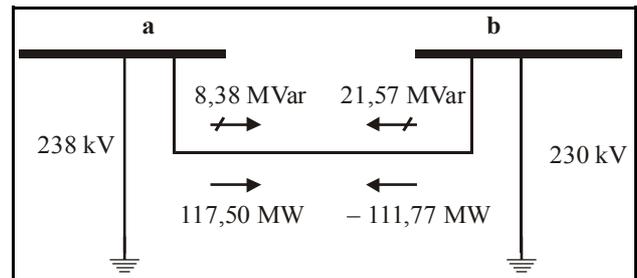
Entre os itens que devem ser utilizados para avaliação da qualidade do fornecimento de energia elétrica aos consumidores em um sistema de distribuição, inclui-se o

- 50 número de transformadores de distribuição instalados por alimentador.

A construção de linhas de transmissão com a finalidade de interligar sistemas elétricos traz benefícios técnicos e econômicos. Acerca desses benefícios, julgue os itens que se seguem.

- 51 Desde que haja condições físicas adequadas, a interligação de sistemas possibilita a ajuda mútua entre eles em caso de uma possível situação de emergência.
- 52 Com a interligação de dois sistemas isolados, normalmente ocorre redução dos níveis de ponta (pico de carga) do sistema global devido ao aproveitamento da diversidade de cargas.

A figura a seguir mostra uma linha de transmissão em 230 kV, 60 Hz, comprimento igual a 236 km, interligando os terminais **a** e **b** de um sistema elétrico de potência hipotético. Na figura, são indicados os resultados do fluxo de potência para uma determinada situação (pela convenção, o fluxo ativo é representado por setas contínuas, enquanto o fluxo de reativo é indicado por uma seta cortada por um traço inclinado). Os resultados foram obtidos considerando uma abertura angular de 15° entre os terminais e tensões de operação nos terminais **a** e **b** iguais a 238 kV e 230 kV, respectivamente. Para efeito de cálculo, a linha foi representada por uma impedância série equivalente. Neste caso hipotético, o efeito das capacitâncias não foi considerado.



C. C. de B. Camargo. *Transmissão de Energia Elétrica – Aspectos Fundamentais*. UFSC, 2.^a ed., 1991, p. 51 (com adaptações).

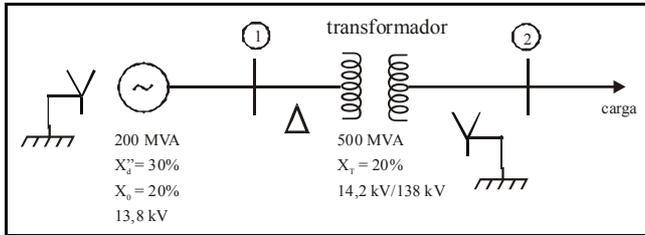
Com relação à descrição e aos dados acima, julgue o item subsequente.

- 53 Se a capacitância da linha fosse considerada nos cálculos e o módulo das tensões nos dois terminais fossem mantidos, a nova soma dos fluxos de potência reativa de cada terminal para a linha seria superior a 30 Mvar.

Em um sistema de transmissão de energia elétrica é necessário dimensionar equipamentos com a finalidade de compensação de reativo visando manter a tensão em níveis adequados. Entre os equipamentos utilizados para a compensação de potência reativa inclui-se

- 54 o motor de indução em gaiola.
- 55 o transformador de potência sem *tap*.
- 56 o capacitor *shunt* (em derivação).

RASCUNHO



A figura acima mostra o diagrama unifilar de um sistema elétrico de potência composto por um gerador, um transformador e uma carga equivalente. O transformador deveria ter tensão nominal no lado de baixa tensão igual à tensão nominal do gerador. Foi constatado, na realidade, que sua relação é 14,2kV/138kV. Apesar disso, esse equipamento foi conectado ao sistema, tendo em vista não haver outro disponível para suprir a carga. Os dados principais de placa de cada equipamento são indicados no próprio diagrama unifilar. Considere que a reatância de seqüência negativa do gerador seja igual à de seqüência positiva e todas as três reatâncias de seqüência do transformador tenham o mesmo valor. Despreze a contribuição da corrente de carga no caso de análise de faltas. Assumindo uma base de potência de 100 MVA e tensão de 13,8 kV no gerador, julgue o item a seguir.

57 Em regime permanente, caso a carga seja desligada e o gerador opere com 1,0 pu de tensão em seus terminais, a tensão no lado de alta tensão do transformador será igual a 138 kV.

Julgue o item abaixo, quanto às faltas simétricas em sistemas elétricos de potência trifásicos.

58 No ponto de falta, o cálculo de faltas simétricas é realizado com base no circuito equivalente de seqüência positiva da rede elétrica.

As figuras I e II mostradas a seguir representam, respectivamente, os circuitos equivalentes de seqüência positiva (sem a fonte equivalente) e de seqüência zero em um determinado barramento de um sistema de potência trifásico hipotético. O valor das reatâncias estão em pu da base 100 MVA e 10 kV, que é a tensão nominal do barramento \hat{I} , no qual as grandezas estão referenciadas. Suponha que a rede de seqüência negativa seja idêntica à de seqüência positiva, a menos da fonte equivalente.

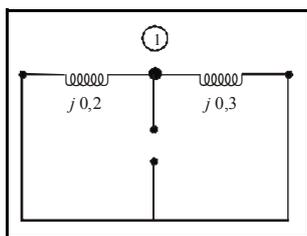


Figura I

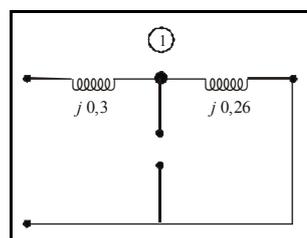


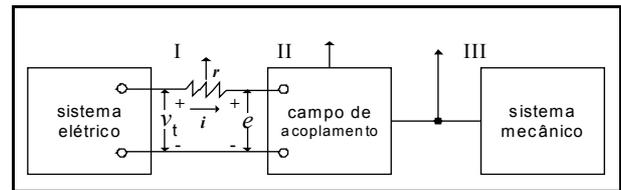
Figura II

Considerando as bases de tensão e de potência informadas e a tensão equivalente do circuito de seqüência positiva igual a 1,0 pu, e que os curtos-circuitos são francos (resistências de falta nulas), julgue os itens que se seguem, quanto às faltas assimétricas no barramento.

59 Uma falta do tipo fase-terra na barra \hat{I} , provocará uma corrente de curto-circuito na fase faltosa cuja intensidade é igual a 2,0 pu.

60 Faltas assimétricas têm sempre correntes de seqüência zero não-nulas.

61 No caso de um curto-circuito fase-terra, a tensão na fase do barramento sob falta é nula, mas as tensões nas fases sãs são diferentes de zero.



A.E. Fitzgerald, C. Kingsley Jr. e A. Kusko. **Máquinas elétricas**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975, p. 82 (com adaptações).

Com relação ao dispositivo de conversão de energia mostrado esquematicamente na figura acima, julgue os itens seguintes.

62 As três setas verticais, I, II e III, representam as perdas de energia do sistema: elétricas, no campo de acoplamento e mecânicas, respectivamente.

63 No esquema, supondo que o sistema elétrico seja a entrada de energia, é correto afirmar que $dW_{ele} = (v_t - ir)idt$ é o diferencial da energia elétrica de entrada no campo de acoplamento no intervalo de tempo dt .

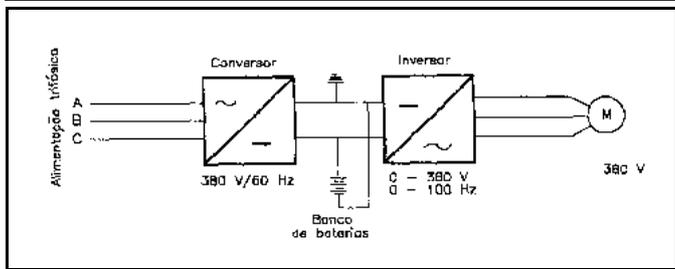
64 Se não houver movimento mecânico, a variação da energia no sistema elétrico é igual à variação da energia no campo de acoplamento.

65 Supondo que o acoplamento desse dispositivo seja de origem magnética, é correto inferir que a energia e a co-energia armazenadas no campo magnético de acoplamento são iguais.

A respeito de um transformador monofásico de dois enrolamentos alimentado por uma fonte monofásica puramente senoidal, julgue o item que se segue.

66 Se o núcleo magnético for ideal, o transformador alimentará cargas elétricas lineares com tensão puramente senoidal.

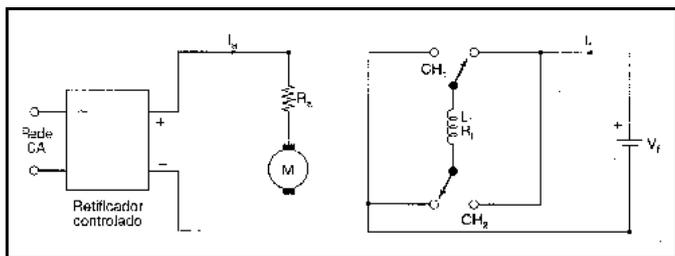
RASCUNHO



João Mamede Filho. *Instalações elétricas industriais*. 4.ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1995, p. 279.

Com relação ao acionamento de um motor de indução trifásico com rotor em gaiola mostrado na figura acima, julgue o item que se segue.

67 Com esse acionamento, a aplicação de tensão inferior à tensão nominal do motor produzirá, necessariamente, redução do conjugado desenvolvido pela máquina proporcional ao quadrado da tensão aplicada por fase.



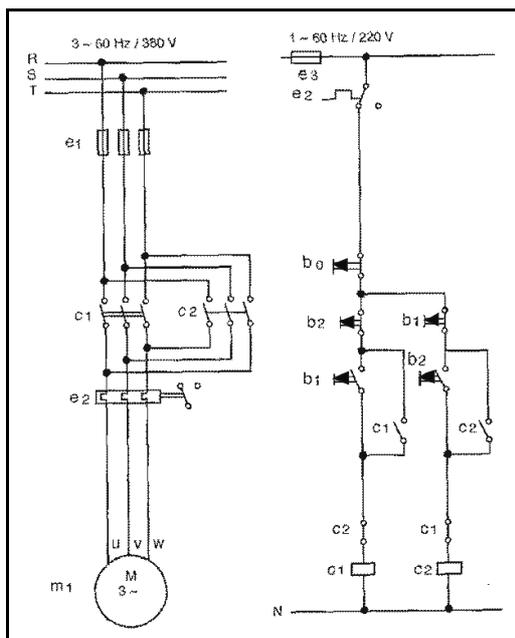
Muhammad H. Rashid. *Eletrônica de potência: circuitos, dispositivos e aplicações*. São Paulo: Makron Books, 1999, p. 597 (com adaptações).

Com relação ao acionamento de um motor CC mostrado na figura acima, julgue os itens seguintes.

68 A figura mostra o acionamento de um motor CC de excitação independente em que a amplitude da tensão aplicada ao circuito de armadura é variável, e a tensão aplicada ao circuito de campo tem amplitude fixa, mas polaridade reversível.

69 O acionamento permite a reversão do sentido de rotação do motor.

70 O chaveamento indicado na figura não pode ser executado por contatores.



Hélio Creder. *Instalações elétricas*. 14.ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000, p. 249 (com adaptações).

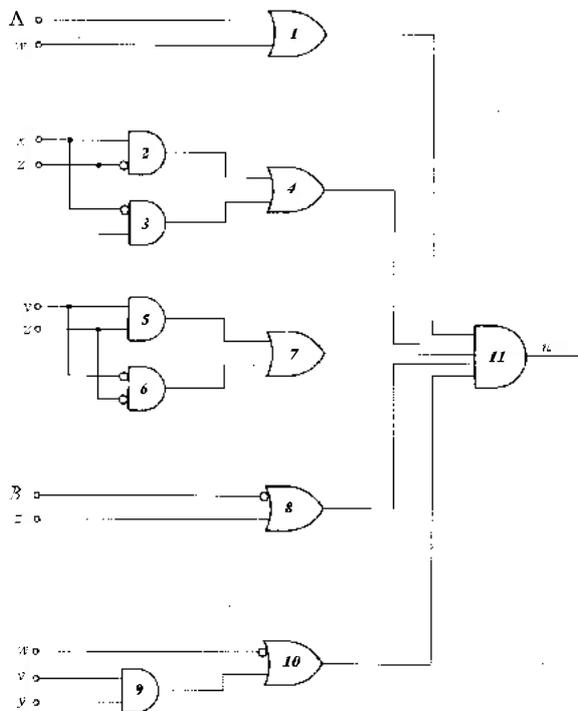
A figura anterior, do livro de Hélio Creder, mostra os diagramas de força e de controle do acionamento de um motor de indução trifásico de rotor em gaiola. Julgue o item abaixo, relativo ao acionamento e aos diagramas.

71 O acionamento utiliza dois contatores tripolares.

Julgue os itens abaixo, relativos a aspectos de circuitos digitais.

72 O número 9B, na representação hexadecimal, corresponde, na representação binária, a 01111100.

73 Com números binários de quatro bits, é possível representar apenas dezesseis números decimais diferentes.



Herbert Taub. *Circuitos digitais e microprocessadores*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1984, p. 33 (com adaptações).

A figura acima mostra uma estrutura de portas lógicas que implementa a função $u = (\overline{w} + vy)(v + w)(\overline{y} + z)(vz + \overline{vz})(\overline{xz} + \overline{xz})$. Com relação a esse assunto, julgue os itens subsequentes.

74 $A = v$.

75 $B = \overline{y}$.

RASCUNHO

Um poço submarino fictício, distante cerca de 500 m de uma plataforma *offshore* X, bombeia fluido diretamente para uma outra plataforma *offshore* Y localizada a cerca de 10 km do poço. Para o bombeamento do fluido é utilizada uma bomba centrífuga submersa (BCS). A fonte de energia principal da plataforma X é oriunda da plataforma Y, através de cabos submarinos. O poço está localizado à uma lâmina d'água de 100 m e apresenta profundidade de 2.000 m. Em relação aos componentes elétricos pertencentes à plataforma mais próxima do poço e à BCS, julgue os itens subseqüentes.

- 76** O nível de tensão mais adequado para alimentação de um motor para acionamento da BCS é 380 V, frequência 60 Hz.
- 77** Para esse tipo de instalação, é correto utilizar um transformador de potência submarino próximo à entrada do poço. No secundário desse transformador é conectada a alimentação que suprirá a BCS.
- 78** O bombeamento do fluido diretamente até a plataforma remota Y é possível, porque provavelmente a BCS foi dimensionada para operar com carregamento abaixo de 50% da sua capacidade nominal.
- 79** A fabricação de uma BCS, com a finalidade de bombeamento nesse poço de grande profundidade, deve atender a rigoroso controle de qualidade em comparação às bombas convencionais para outras aplicações, em geral.

Acerca da fonte principal de energia elétrica e da fonte de emergência presentes em uma instalação elétrica de plataformas *offshore*, julgue os itens que se seguem.

- 80** No caso da geração de energia principal ocorrer na própria plataforma, por razões de segurança, é permitida a instalação de somente um único grupo-gerador para esse fim, adequadamente projetado e normalmente alimentado à dísel.
- 81** O arranjo do sistema principal de iluminação deve ser disponibilizado de modo que o sistema de iluminação do sistema de emergência não fique inoperante, em caso de incêndio ou outro acidente no local onde estão as fontes de energia de emergência.
- 82** A fonte de energia de emergência pode ser uma bateria acumuladora.
- 83** A fonte de energia de emergência deve ser dimensionada de modo que fique ligada por no máximo cinco horas, para qualquer situação.

A respeito de instalações elétricas em áreas classificadas (atmosferas explosivas), julgue os itens a seguir.

- 84** O projeto de instalações elétricas em atmosfera explosiva exige a avaliação prévia do grau de risco e, a partir dela, a classificação das áreas, que é um mapa que define os locais em que os equipamentos elétricos podem ou não ser instalados em virtude do risco existente.

85 A avaliação do grau de risco do local em que será executada uma instalação elétrica envolve a identificação do tipo de substância inflamável que pode estar presente; a identificação das fontes de risco, ou seja, das partes dos equipamentos de processo onde exista a probabilidade de liberação de material inflamável para o meio externo; e, finalmente, a delimitação do volume de influência que essas fontes de risco apresentam para o local.

86 A norma brasileira classifica os ambientes em grupos, referindo-se aos equipamentos elétricos, e designa o grau de risco encontrado no local por zona, referindo-se à ocorrência de mistura inflamável/explosiva.

87 Segundo as normas brasileiras, um equipamento elétrico com proteção do tipo Ex d é um equipamento que está encerrado em um invólucro capaz de suportar a pressão de explosão interna e não permitir que essa explosão se propague para o meio externo.

88 Segundo as normas brasileiras, equipamentos elétricos simples, como os terminais de ligação de condutores elétricos, não podem ser classificados como equipamentos de segurança aumentada (Ex e), pois não produzem arcos voltaicos, centelhas ou alta temperatura em condições normais de operação.

89 Segundo as recomendações do NEC (*National Electrical Code*), transformadores do tipo seco não podem ser instalados em áreas classificadas.

90 De acordo com o NEC, os medidores instalados em ambientes classe I, zona 0, deverão ser providos de invólucros à prova de explosão, conectados ao sistema elétrico por meio de condutores colocados em eletrodutos rígidos ou flexíveis.

91 Segundo o NEC, não se pode utilizar extensão flexível em áreas classificadas.

Com relação a sistemas de geração de emergência, julgue os itens seguintes.

92 Referidas na NBR 5410 como instalações de alimentação de reserva, as instalações de geração de emergência têm suas configurações básicas e formas de operação rigorosamente definidas pela norma citada.

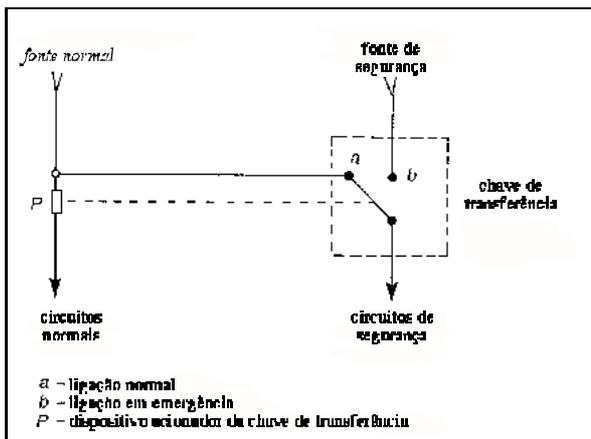
93 Os sistemas de geração de emergência são projetados para executar uma única tarefa: em determinadas condições, alimentar certas cargas industriais que, sem energia, trariam grandes prejuízos na produção e mesmo a perda de equipamentos.

94 Na geração de emergência, é comum a utilização de motores a dísel.

95 Na geração de emergência, é comum a utilização de gerador CC em conexão *shunt* com regulador eletrônico de tensão.

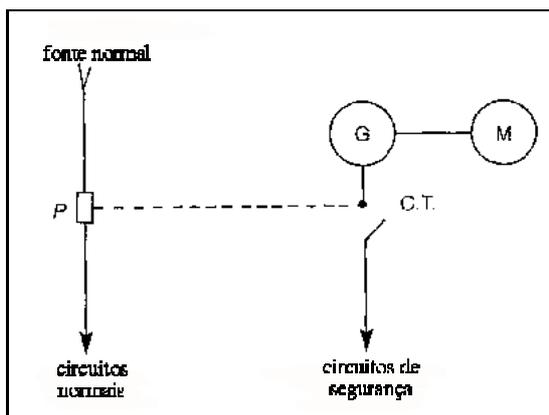
96 Os sistemas de geração de emergência podem ser acionados manual ou automaticamente, a partir da falta de energia na alimentação principal da instalação à qual pertencem, sendo o acionamento automático o mais adequado.

97 A figura a seguir mostra um esquema que pode ser corretamente utilizado por um sistema de geração de emergência que, no caso, atua como alimentação de segurança com seccionamento.



Hélio Creder. Instalações elétricas. 14.ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000, p. 263.

98 No esquema mostrado na figura abaixo, um grupo motor-gerador de emergência alimentará os circuitos de segurança em caso de interrupção da fonte normal. O fato de a fonte normal não alimentar os circuitos de segurança justifica a classificação dessa instalação como instalação de segurança não-permanente.



Hélio Creder. Instalações elétricas. 14.ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000, p. 263

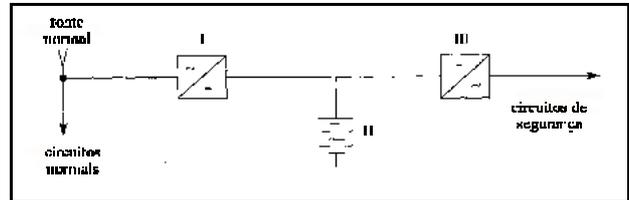
99 Considere a seguinte situação hipotética. Um grupo motor-gerador de emergência será instalado para alimentar, em 380 V e 60 Hz, cargas cujas potências somam 480 kW com fator de potência igual a 0,8 indutivo. O gerador será síncrono, trifásico, com conexão estrela e 6 pólos, e deverá ter 10% de potência de reserva. Nessa situação, a corrente nominal do gerador será superior a 1 kA, e o rotor do motor deverá girar a 1.200 rpm.

Acerca das fontes ininterruptíveis de energia — UPSs —, julgue os itens subsequentes.

100 As UPSs podem ser consideradas exemplos das instalações de segurança e de substituição citadas na literatura especializada.

101 Um *no-break* é uma UPS em que a alimentação das cargas de segurança é sempre garantida: tanto em serviço normal quanto em caso de falha da alimentação normal, as cargas são atendidas pelo *no-break*.

102 A figura a seguir mostra o esquema de um *no-break* estático. Nele, o elemento I é um retificador; o elemento II é um conjunto de baterias; e o elemento III é um inversor. Sendo assim, os circuitos de segurança são alimentados em corrente alternada.



Hélio Creder. Instalações elétricas. 14.ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000, p. 261 (com adaptações).

103 Um grupo motor-gerador, por possuir equipamentos rotativos, não pode ser utilizado em instalações de segurança em que a carga deve ser alimentada sem interrupção. Sendo assim, ele não pode integrar uma UPS.

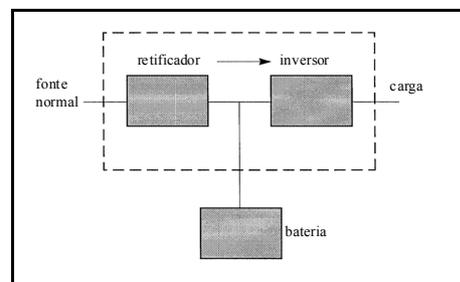


Figura I

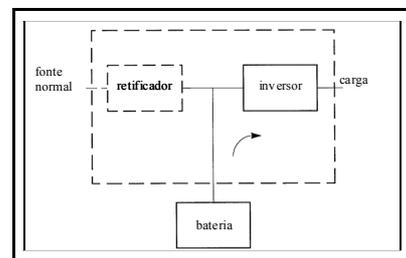


Figura II

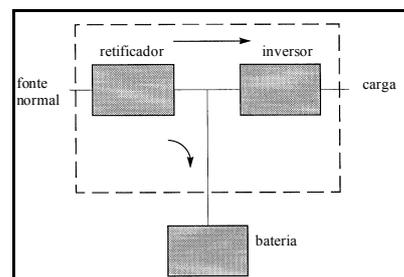


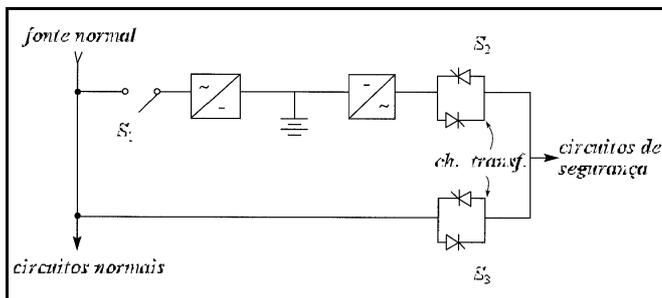
Figura III

John Platts e John St. Aubyn. *Uninterruptible power supplies*. IEE Power Series. Londres: Peter Peregrinus, 1992, p. 10-1 (com adaptações).

Nas figuras acima, que mostram diferentes momentos da operação de uma UPS, as setas representam o sentido do fluxo de potência. Com relação às figuras, julgue os itens seguintes.

104 Nos momentos representados nas figuras I e III, a fonte normal opera normalmente.

105 No momento representado na figura II, a energia armazenada na bateria é fornecida à carga, em geral, com forma de onda aproximadamente senoidal de amplitude e frequência controladas pelo inversor.



Hélio Creder. *Instalações elétricas*. 14.ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000, p. 261 (com adaptações).

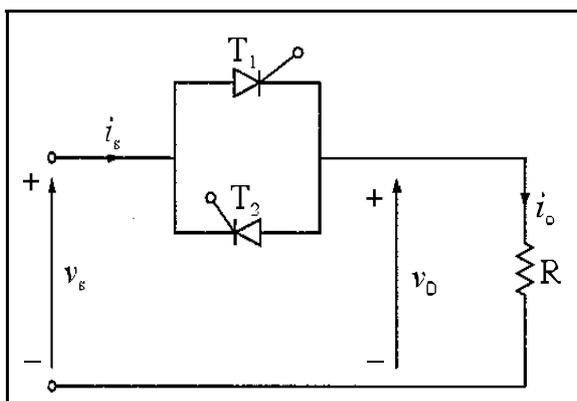
Julgue os itens que se seguem, relativos ao esquema elétrico da UPS mostrada na figura acima.

106 Em situação normal, as chaves S_1 e S_2 estão conduzindo, e a chave S_3 está bloqueada, fazendo que os circuitos de segurança sejam alimentados pela fonte normal, por meio do ramo superior do esquema.

107 Em caso de falha na fonte normal, as chaves S_1 e S_2 estão bloqueadas, e a chave S_3 está conduzindo, fazendo que os circuitos de segurança sejam alimentados pelo ramo inferior do esquema.

Com relação a conversores de frequência, julgue os itens seguintes.

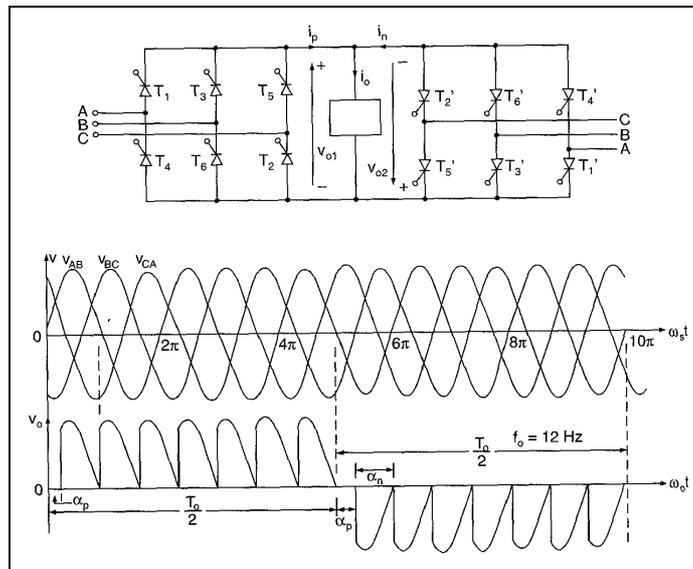
108 A figura abaixo mostra o circuito de um controlador de tensão CA, que, por meio do controle do ângulo de disparo dos tiristores, alimenta a carga com frequência inferior à frequência da fonte senoidal que o alimenta.



Muhammad H. Rashid. *Eletrônica de potência: circuitos, dispositivos e aplicações*. São Paulo: Makron Books, 1999, p. 237 (com adaptações).

109 Um cicloconversor é um variador de frequência direto, que converte tensão CA de determinada frequência em tensão CA de outra frequência, usando conversão CA-CA, sem estágio intermediário de conversão.

110 Um inversor funciona alimentado por uma fonte CC, fornecendo à carga tensão CA em amplitude e frequência desejadas. Sendo assim, ele pode ser utilizado como um acionador de frequência variável.



Muhammad H. Rashid. *Eletrônica de potência: circuitos, dispositivos e aplicações*. São Paulo: Makron Books, 1999, p. 274 (com adaptações).

Julgue os itens seguintes, relativos ao cicloconversor e às formas de onda das suas tensões de entrada (V_{AB} , V_{BC} e V_{CA}) e de saída (V_o) mostrados na figura acima.

111 O cicloconversor opera alimentando carga puramente indutiva.

112 A fonte de alimentação do cicloconversor é trifásica de 50 Hz.

113 Esse cicloconversor é adequado ao acionamento de um motor de indução trifásico.

A respeito da partida de motores acionados por conversores de frequência, julgue os itens abaixo.

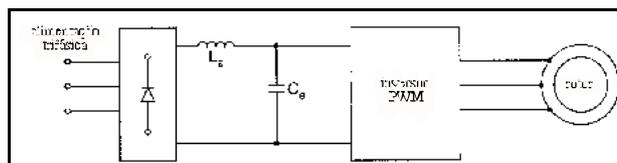
114 O acionamento do tipo *soft-starter* mais comum é aquele em que um controlador de tensão CA trifásico alimenta os enrolamentos do estator de um motor de indução trifásico com rotor em gaiola. Esse acionamento garante redução da corrente de partida, sem prejuízo do conjugado do motor.

115 A utilização de conversores de frequência para melhorar a característica de partida dos motores CA está diretamente relacionada ao fato de que a velocidade de rotação desses motores depende da frequência das tensões de alimentação.

116 Nos conversores de frequência que acionam motores de indução trifásicos, o controle simultâneo da frequência e do valor eficaz da tensão permite variar a velocidade, mantendo-se o conjugado constante.

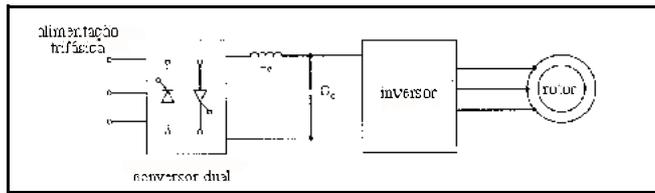
117 Os inversores trifásicos com modulação PWM são conversores inadequados aos acionamentos do tipo *soft-starter*.

118 No esquema mostrado na figura a seguir, o retificador a diodos fornece tensão CC constante ao inversor e impede a regeneração de energia.



Muhammad H. Rashid. *Eletrônica de potência: circuitos, dispositivos e aplicações*. São Paulo: Makron Books, 1999, p. 672 (com adaptações).

119 No esquema mostrado na figura abaixo, a tensão CC de alimentação do inversor é variada pelo conversor dual, e a frequência de alimentação do motor é controlada pelo inversor. Esse esquema permite a regeneração de energia.



Muhammad H. Rashid. **Eletrônica de potência: circuitos, dispositivos e aplicações**. São Paulo: Makron Books, 1999, p. 672 (com adaptações).

Julgue os itens subsequentes, com relação à filtragem de harmônicas.

120 Em um inversor monofásico, a modulação PWM é ineficaz como estratégia de eliminação de harmônicas de tensão.

121 Em inversores trifásicos, se for desejada a eliminação de harmônicas de tensão por meio da modulação PWM, é recomendável eliminar as harmônicas de frequências mais altas, pois possuem amplitudes mais elevadas. Com isso, reduzem-se custos em eventual instalação de filtros harmônicos.

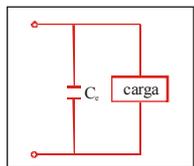


Figura I

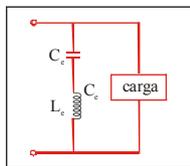


Figura II

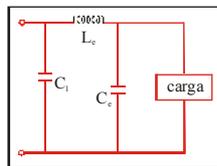


Figura III

Muhammad H. Rashid. **Eletrônica de potência: circuitos, dispositivos e aplicações**. São Paulo: Makron Books, 1999, p. 492 (com adaptações).

Julgue os seguintes itens, relativos aos filtros de saída para inversores mostrados nas figuras I, II e III acima.

122 O filtro da figura I é, certamente, o mais simples e o que drena menos potência reativa dos três.

123 O filtro da figura II é adequado à eliminação de harmônicas de ampla faixa de frequências situadas abaixo da frequência de corte do circuito.

124 O filtro da figura III é conhecido como filtro passa-alta.

125 Se os componentes do filtro da figura III forem adequadamente dimensionados, o filtro eliminará todas as harmônicas de tensão produzidas pelo inversor.

Entre os aspectos que devem ser examinados na proteção de sistemas elétricos de potência, inclui-se a prevenção contra faltas ou falhas elétricas. Acerca das providências recomendadas para a prevenção contra faltas, julgue os itens a seguir.

126 Recomenda-se a instalação de banco de capacitores em derivação próximo ao barramento de geradores.

127 Deve haver previsão de isolamento adequado de equipamentos.

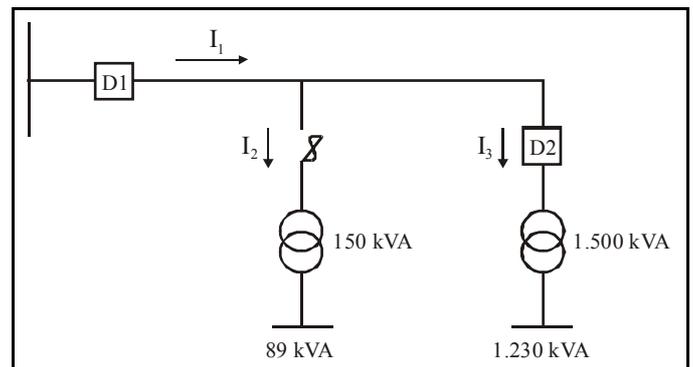
128 Recomenda-se a utilização de esquemas que façam uso da Internet para a proteção por telecomando de linhas de transmissão e de alimentadores em circuitos de distribuição, uma medida mais confiável que as opções convencionais.

Os relés de proteção contra falta utilizam normalmente a tensão e a corrente como grandezas características de entrada para a detecção de defeitos. Com relação a essas grandezas, julgue os itens que se seguem.

129 Para um determinado barramento de carga, as correntes de curto-circuito nesse local geralmente apresentam maior intensidade que as correntes de carga. Porém, em qualquer das situações, as correntes têm fases aproximadamente iguais.

130 Os relés são projetados para operar sob correntes e tensões relativamente baixas em relação às grandezas nominais dos equipamentos protegidos.

131 Existem relés cujo princípio de funcionamento é baseado na relação entre a tensão e a corrente medidas em um dos terminais (emissor ou receptor) de uma linha de transmissão. Utilizando essas medidas e tratamento adequado de sinais, esses relés podem detectar a falta e estimar o local onde ela ocorreu.



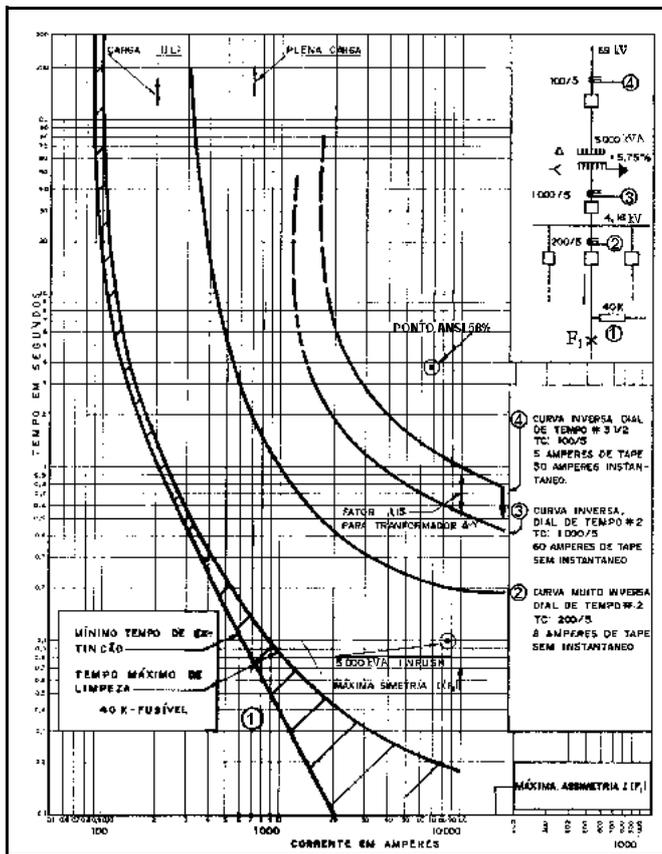
João Mamede Filho. **Manual de equipamentos elétricos**. LTC, vol. 1, 1993, p. 331.

A figura acima mostra a conexão de duas subestações industriais a um barramento, em 13,8 kV. Associados ao disjuntor D1 são utilizados relés de sobrecorrente com a finalidade de proteção. A subestação de maior potência também é protegida no seu lado de alta tensão por relés de sobrecorrentes com unidades temporizadas e instantâneas e que atuam sobre o disjuntor D2. Os relés associados a D1 e D2 são coordenados. Considerando que os relés associados a D2 sejam do tipo estático, julgue os itens a seguir, quanto às características de ajuste para esses relés.

132 A corrente nominal dos relés associados a D₂ é igual a I₃.

133 O ajuste da unidade instantânea dos relés depende da corrente de curto-circuito no local onde os relés estão instalados. A atuação dessa unidade ocorre sem nenhum tempo de retardo proposital, a não ser o próprio atraso devido à inércia dos componentes do dispositivo de proteção.

RASCUNHO



F. P. de Mello. Proteção de sistemas elétricos de potência. Série PTI, vol. 7, Convênio Eletrobrás/UFSP, p. 260 (com adaptações).

A figura acima mostra parte do diagrama unifilar de um sistema de potência, no qual então indicados um fusível (dispositivo $\hat{\Delta}$) e três relés de proteção (associados aos disjuntores \hat{I} , \hat{D} e \hat{N}) ajustados de forma coordenada, conforme ilustram as curvas de cada dispositivo ao lado esquerdo do diagrama. Os relés são do tipo sobrecorrente de tempo inverso. Uma unidade instantânea é usada também no relé \hat{N} . No diagrama, é indicado apenas um dispositivo por fase, mas há um dispositivo de proteção em cada fase.

A partir das informações e da figura acima, julgue os seguintes itens.

- 134** Uma unidade instantânea de sobrecorrente é utilizada no relé \hat{N} , uma vez que os outros relés são ajustados somente com características de tempo inverso e, no caso de ocorrer uma falta do tipo fase-terra no ponto F_1 , esse distúrbio precisa ser eliminado de forma instantânea.
- 135** O denominado ponto ANSI 58% indicado no plano *tempo × corrente* depende da impedância série equivalente do transformador.
- 136** Suponha que, no lado de mais baixa tensão, o fusível indicado no diagrama unifilar protege somente um ramal de motor. Entretanto, há outros motores com potências diferentes, sendo um por ramal, cujos dispositivos de proteção não foram mostrados no diagrama. Nessa situação, é correto afirmar que o fusível indicado — e que, portanto, está coordenado com os relés — corresponde ao dispositivo de proteção do ramal do motor de menor potência.

137 Embora fisicamente as correntes nos lados de 69 kV e 4,16 kV assumam valores consideravelmente diferentes, as curvas dos relés no plano *tempo × corrente* são ajustadas considerando correntes nos equipamentos refletidas para o lado de menor tensão.

138 O relé \hat{A} proporciona proteção de retaguarda para faltas não eliminadas no alimentador de 4,16 kV.

139 Nos pontos considerados no plano *tempo × corrente*, a curva associada ao relé \hat{N} necessariamente deve ficar acima do ponto de *inrush* e abaixo do ponto ANSI 58%.

Um painel de controle utiliza controladores lógicos programáveis (CLPs) como componentes para realizar funções que normalmente seriam executadas com o auxílio de relés eletromecânicos e temporizadores. Acerca de possíveis benefícios e desvantagens da utilização dos CLPs em painéis de controle, julgue os itens subsequentes.

140 Considerando uma mesma função, a composição de um painel com CLPs é em geral muito mais cara que as estruturas com relés eletromecânicos e com temporizadores, porque os CLPs requerem *software* e *hardware* especiais.

141 As funções de diagnóstico com controladores que utilizam CLPs permitem uma rápida detecção de possíveis erros comparativamente ao tempo necessário para diagnósticos com controladores convencionais de painéis.

142 O consumo de energia de um painel com CLPs normalmente é reduzido, porque, em relação a um painel com dispositivos de controle convencionais, o CLP requer menos energia que uma estrutura com relés, principalmente se houver funções operacionais de difícil implementação.

Em uma planta industrial com elevado grau de automação, os sistemas do tipo SCADA (*supervisory control and data acquisition*) têm como objetivo propiciar interface eficiente envolvendo operador e processo, que possibilita a obtenção de informações em tempo real de todos os eventos de importância da planta. Acerca de funções desses sistemas de supervisão, julgue os itens a seguir.

143 No controle supervísório, os algoritmos de controle do processo são executados pela unidade terminal remota (UTR) e os valores de referência (*set-points*) das malhas de controle são fixados pelo operador, uma vez ao dia, a partir de informações do dia anterior.

144 Entre as funções de operação de um sistema de supervisão, incluem-se ações de ligar/desligar equipamentos e de mudança do modo de operação de equipamentos.

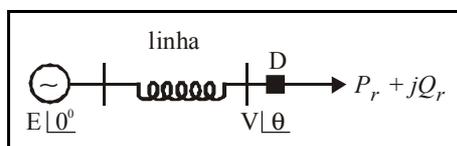
145 Funções de supervisão incluem monitoramento do processo, tais como disponibilidade de gráficos de variáveis, de sinóticos, de relatórios em vídeo e impressos etc.

Distúrbios severos em um sistema elétrico de potência podem resultar em saídas de circuitos em cascata e isolamento de áreas, causando formação de ilhas elétricas. Algumas dessas ilhas podem ter excesso de geração em relação às suas cargas e outras ter deficiência. Em relação à perda de geração em uma área elétrica isolada, dotada de geração somente com recursos para controle primário de frequência, julgue os itens subseqüentes.

146 Se ocorrer perda de geração nessa área, haverá redução na frequência da área.

147 No caso de uma área de um sistema cuja frequência nominal é igual a 60 Hz, se ocorrer perda de geração, necessariamente deve haver desligamento de carga(s) nessa área para que haja equilíbrio carga-geração e a frequência de operação retorne ao seu valor nominal.

148 Áreas que apresentam perda de geração são as causadoras de *blackouts* de grandes proporções.



A figura acima mostra o diagrama unifilar simplificado de um sistema elétrico de potência constituído de uma unidade geradora equivalente, uma linha de transmissão e uma carga equivalente com potências ativa P_r e reativa Q_r . A linha, cuja tensão é de 500 kV, tem 100 km de comprimento e é modelada somente por sua reatância série, caracterizada pelo valor de 0,35 S/km. O gerador atende uma carga de 1.000 MW, que apresenta tensão de operação igual a 1,0 pu na base de 500 kV. Considere a base de potência de 1.000 MVA e as situações a seguir em relação à potência reativa absorvida pela carga:

I potência reativa nula (fator de potência unitário);

II absorção de 0,62 pu de potência reativa.

Com base nas informações acima, julgue os itens subseqüentes.

149 Se houver rejeição da carga, devido à abertura do disjuntor D, e o gerador equivalente se mantiver sincronizado, o terminal da linha, na situação II, estará submetido a uma tensão maior do que na situação I.

150 Na situação II, o consumo de reativo por parte da linha é superior ao verificado na situação I.

151 Se houver rejeição de 25% da carga (componentes ativa e reativa), a tensão do gerador equivalente, nas duas situações apresentadas, deve aumentar para que a tensão na carga seja mantida em 1,0 pu.

Relés digitais incorporam multifunções, além da ação de proteção propriamente dita. Em termos de função de proteção, os relés digitais desempenham, com auxílio de algoritmos numéricos, a função dos relés eletromecânicos. Acerca dos relés digitais, incluindo os do tipo multifunção, julgue os itens a seguir.

152 Os relés digitais multifunção podem ser utilizados para registro de eventos de interesse, como a oscilografia durante curtos-circuitos, interrupções momentâneas de energia etc.

153 Os relés digitais não devem ser aterrados, por ficarem em geral na sala de comando das subestações e estarem interligados a equipamentos afastados, situados no pátio das subestações.

154 Um cabeamento de comunicação é utilizado entre o relé digital e o sistema supervisor. Em relação ao cabeamento, devem ser utilizados exclusivamente cabos telefônicos a fim de eliminar possível ação da interferência eletromagnética sobre os sinais transmitidos.

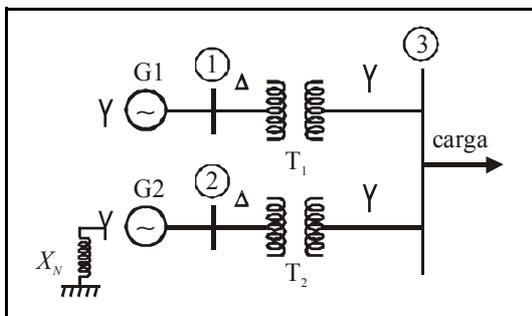
155 Ao contrário do que ocorre nos relés eletromecânicos, os relés digitais não são mecanicamente calibrados. Os relés digitais possuem recursos para ajustes em interfaces próprias localizadas nos seus painéis frontais ou traseiros.

A proteção do transformador de interligação de um autoprodutor de energia com um sistema elétrico de uma concessionária é realizada por um relé digital multifunção. Nas funções 81, 50/51 e 27/59, esse dispositivo atua, respectivamente, como relé de sub/sobrefrequência, de sobrecorrente e de sub/sobretensão. Em relação às características de funcionalidade desse relé digital multifunção, julgue os itens que se seguem.

156 Esse tipo de relé não é vantajoso para instalação nas unidades geradoras de autoprodutores de energia devido aos custos elevados de implantação do sistema de proteção. Quando se tratar de pequenas unidades geradoras, relés estáticos ou eletromecânicos são mais adequados, principalmente por serem dispositivos mais confiáveis para o tipo de proteção.

157 No caso de relés eletromecânicos, as funções mencionadas de relé de sub/sobrefrequência, de sobrecorrente e de sub/sobretensão são realizadas por unidades específicas para a função a que se destina.

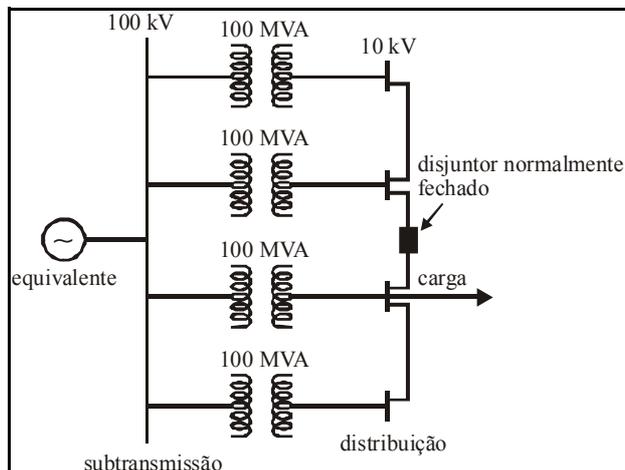
RASCUNHO



O diagrama unifilar acima representa um sistema no qual dois geradores — G1 e G2, ambos de 10 MVA, 13,8 kV, $x_d = 20\%$ — alimentam um barramento de 138 kV por meio de dois transformadores isolados (desprovidos de aterramento dos seus neutros). O gerador G1 apresenta neutro isolado, enquanto G2 tem seu neutro aterrado por uma reatância X_N . Os dois transformadores são de 10 MVA, relação 13,8 kV/138 kV e têm reatância equivalente de dispersão de 10%. Considere que todos os curtos-circuitos que incidam no sistema sejam francos, ou seja, sem resistência de falta. Suponha também que as impedâncias de sequência de cada equipamento sejam idênticas.

A partir das informações acima, julgue os itens subsequentes.

- 158** A corrente de falta fase-terra na barra \hat{A} ou na barra \hat{B} não é afetada pela reatância de aterramento X_N .
- 159** A intensidade da corrente de falta trifásica na barra \hat{B} é menor que a intensidade da corrente de curto-circuito fase-terra nessa mesma barra.
- 160** A intensidade da corrente de falta trifásica nos terminais do gerador G1 é superior a 2,5 kA. Mas, se o neutro dos transformadores fosse aterrado com reatância finita, a nova intensidade da corrente de falta seria superior a 2,5 kA em mais de 50%.
- 161** As intensidades das correntes de falta fase-fase-terra (bifásica-terra) e fase-fase (bifásica) serão iguais, caso tais faltas ocorram na barra \hat{A} . Entretanto, se as faltas ocorrerem na barra \hat{B} , as intensidades das correntes serão diferentes.
- 162** A proteção convencional de terra, adequadamente ajustada, muito provavelmente apresentará dificuldade para detectar uma falta fase-terra na barra \hat{D} .
- 163** Se um dos transformadores tivesse o neutro aterrado, uma falta fase-terra na barra \hat{D} provocaria uma corrente cuja intensidade seria inferior a 500 A.



A figura acima mostra o diagrama unifilar simplificado de um sistema elétrico de potência utilizado para a avaliação do nível de curto-circuito no barramento de distribuição. O sistema de subtransmissão é representado por um equivalente no barramento de 100 kV, cuja potência de curto-circuito trifásico nesse referido barramento é igual a 2.000 MVA. Uma carga equivalente no sistema de distribuição é alimentada por quatro transformadores idênticos, cada um deles com potência de 100 MVA e reatância equivalente de dispersão de 20% na base do equipamento.

Em relação ao nível de defeito trifásico no barramento de distribuição, julgue os itens que se seguem.

- 164** O seccionamento desse sistema, por meio da abertura do disjuntor indicado no diagrama unifilar, reduz a potência de curto-circuito trifásico no barramento de distribuição.
- 165** Se o disjuntor for substituído por um reator com reatância igual a 10Ω , a potência de curto-circuito trifásico no barramento de distribuição aumentará em mais de 10% em relação à situação na qual o disjuntor permanece fechado.
- 166** A substituição do disjuntor por um reator de reatância finita provoca uma queda de tensão no reator.

RASCUNHO

Existem medidas eficazes para a redução da potência de curto-circuito fase-terra em um sistema elétrico de potência e, conseqüentemente, do nível de curto-circuito monofásico. Acerca dessas medidas, julgue os itens seguintes.

167 Normalmente, a corrente normal de carga é afetada por medidas para a redução do nível de curto-circuito fase-terra.

168 Reatores de aterramento ou pequenos transformadores de distribuição podem ser utilizados para a redução do nível das correntes de defeito fase-terra, com a vantagem adicional de possibilitar — em sistemas mal-aterrados — a redução de sobretensões sustentadas no local onde são instalados.

169 Um procedimento muito utilizado na interligação entre subsistemas com níveis de tensão diferentes é a inserção de um capacitor em série com o enrolamento terciário do transformador de potência do ponto de interligação. Essa medida possibilita redução de até 20% no nível da corrente de defeito na interligação.

Entre os tipos definidos de aterramento em sistemas de distribuição de energia elétrica, incluem-se aqueles caracterizados por aterramento simples e por aterramentos especiais. Em pontos da rede de distribuição urbana acessíveis para aterramento, o aterramento simples pode ser instalado corretamente nos

170 religadores.

171 transformadores de distribuição.

Um sistema elétrico de potência com neutro aterrado por impedância de valor elevado é classificado como não-efetivamente aterrado. Quando o módulo da impedância de aterramento tende a infinito, o sistema é denominado isolado. Em relação às características de sistema isolado e aterrado por resistor, julgue os itens a seguir.

172 O aterramento por resistor não é utilizado para aterramento de geradores.

173 Nos sistemas isolados, as correntes de defeito para a terra são maiores do que as correntes para o mesmo tipo de falta em sistemas com aterramento adequado.

174 Em sistemas isolados, as sobretensões sustentadas são elevadas em comparação a sobretensões normalmente observadas em sistemas efetivamente aterrados.

175 O aterramento por resistor é ineficiente e inadequado em sistemas não-efetivamente aterrados.