

*Transformador tipo submersível
para redes de distribuição até 36,2
kV*

ESA | DENG | NRM-342 | 2023

Especificação Técnica Unificada

ETU - 109.5

Versão 1.1 - Março / 2024



Apresentação

Esta Especificação Técnica apresenta as diretrizes necessárias para padronização das características técnicas e requisitos mínimos, elétricos e mecânicos, exigidos para fornecimento de transformadores de distribuição (TD), tipo submersível, trifásicos, imersos em óleo vegetal isolante (OVI) com resfriamento natural, para redes de distribuição subterrâneas (RDS), nas tensões primárias até 34,5 kV e nas tensões secundárias usuais dos transformadores, nas concessionárias de distribuição do grupo Energisa S.A.

Para tanto foram consideradas as especificações e os padrões do material em referência, definidos nas Normas Brasileiras (NBR) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), ou outras normas internacionais reconhecidas, acrescidos das modificações baseadas nos resultados de desempenho destes materiais nas empresas do grupo Energisa.

As cópias e/ou impressões parciais ou em sua íntegra deste documento não são controladas.

A presente revisão desta Especificação Técnica é a versão 1.1, datada de março de 2024.

Cataguases - MG., Março de 2024.

GTD - Gerência Técnica de Distribuição

Esta Especificação Técnica, bem como as alterações, poderá ser acessada através do código abaixo:





Equipe técnica de revisão da ETU-109.5 (versão 1.1)

Ricardo Campos Rios

Grupo Energisa

Ricardo Machado de Moraes

Grupo Energisa

Gilberto Teixeira Carrera

Grupo Energisa

Tercius Cassius Melo de Moraes

Grupo Energisa



Aprovação técnica

Ademálio de Assis Cordeiro

Grupo Energisa

Guilherme Damiance Souza

Energisa Tocantins (ETO)

Antônio Maurício de Matos Gonçalves

Energisa Acre (EAC)

Jairo Kennedy Soares Perez

Energisa Paraíba (EPB)

Erika Ferrari Cunha

Energisa Sergipe (ESE)

Paulo Roberto dos Santos

Energisa Mato Grosso do Sul (EMS)

Fabio Lancelotti

Energisa Minas Rio (EMR)

Ricardo Langone Marques

Dir. Suprimentos Logística

Fabício Sampaio Medeiros

Energisa Mato Grosso (EMT)

Rodrigo Brandão Fraiha

Energisa Sul-Sudeste (ESS)

Fernando Espíndula Corradi

Energisa Rondônia (ERO)

Sumário

| | | |
|--------|---|----|
| 1 | OBJETIVO..... | 12 |
| 2 | CAMPO DE APLICAÇÃO..... | 12 |
| 3 | OBRIGAÇÕES E COMPETÊNCIAS..... | 12 |
| 4 | REFERÊNCIAS NORMATIVAS | 12 |
| 4.1 | LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO FEDERAL | 13 |
| 4.2 | NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS | 16 |
| 4.3 | NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONAIS | 20 |
| 4.4 | NORMAS TÉCNICAS DO GRUPO ENERGISA | 26 |
| 5 | TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES | 28 |
| 5.1 | TRANSFORMADOR | 28 |
| 5.1.1 | Transformador de distribuição (TD)..... | 28 |
| 5.1.2 | Transformador em líquido isolante..... | 28 |
| 5.1.3 | Transformador submersível..... | 28 |
| 5.1.4 | Transformador trifásico..... | 28 |
| 5.2 | BUCHA..... | 28 |
| 5.3 | COMUTADOR DE DERIVAÇÃO | 29 |
| 5.4 | DERIVAÇÃO | 29 |
| 5.4.1 | Derivação inferior..... | 29 |
| 5.4.2 | Derivação principal..... | 29 |
| 5.4.3 | Derivação superior..... | 29 |
| 5.5 | DEGRAU DE DERIVAÇÃO | 29 |
| 5.6 | DESLOCAMENTO ANGULAR | 30 |
| 5.7 | DISPOSITIVO DE ALÍVIO DE PRESSÃO (DAP)..... | 30 |
| 5.8 | ENROLAMENTO | 30 |
| 5.8.1 | Enrolamento primário | 30 |
| 5.8.2 | Enrolamento secundário | 30 |
| 5.9 | INDICADOR DE NÍVEL DE ÓLEO (INO)..... | 31 |
| 5.10 | INVÓLUCRO ISOLANTE | 31 |
| 5.11 | LIGAÇÃO DELTA | 31 |
| 5.12 | LIGAÇÃO ESTRELA | 31 |
| 5.13 | NÍVEL DE ISOLAMENTO..... | 31 |
| 5.14 | NÚCLEO | 32 |
| 5.14.1 | Núcleo envolvente | 32 |
| 5.14.2 | Núcleo envolvido..... | 32 |
| 5.15 | ÓLEO VEGETAL ISOLANTE (OVI)..... | 32 |
| 5.16 | PARTE ATIVA..... | 32 |
| 5.17 | PERDAS EM VAZIO | 32 |

| | | |
|-------|---|----|
| 5.18 | PERDAS TOTAIS | 32 |
| 5.19 | RADIADOR | 32 |
| 5.20 | TERMINAL DE LIGAÇÃO..... | 33 |
| 5.21 | ENSAIOS DE RECEBIMENTO | 33 |
| 5.22 | ENSAIOS DE TIPO | 33 |
| 5.23 | ENSAIOS ESPECIAIS | 33 |
| 6 | HOMOLOGAÇÃO DE FORNECEDORES..... | 33 |
| 7 | CONDIÇÕES GERAIS | 34 |
| 7.1 | CONDIÇÕES DO SERVIÇO | 35 |
| 7.2 | LINGUAGENS E UNIDADES DE MEDIDA | 36 |
| 7.3 | ACONDICIONAMENTO | 36 |
| 7.4 | TRANSPORTE..... | 39 |
| 7.5 | MEIO AMBIENTE | 40 |
| 7.6 | EXPECTATIVA DE VIDA ÚTIL | 41 |
| 7.7 | GARANTIA | 42 |
| 7.8 | IDENTIFICAÇÃO DE ISENTOS DE PCB..... | 42 |
| 7.9 | NUMERAÇÃO DE PATRIMÔNIO..... | 42 |
| 7.10 | INCORPORAÇÃO AO PATRIMÔNIO DA ENERGISA | 43 |
| 7.11 | MANUAL DE INSTRUÇÕES..... | 44 |
| 7.12 | AVALIAÇÃO TÉCNICA DO MATERIAL | 44 |
| 8 | CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS | 46 |
| 8.1 | CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO | 46 |
| 8.2 | POTÊNCIA NOMINAL (S) | 46 |
| 8.3 | TENSÃO NOMINAL (U_R) | 47 |
| 8.4 | NÍVEIS DE ISOLAMENTO | 47 |
| 8.5 | DERIVAÇÕES (TAPS) E TENSÕES NOMINAIS | 47 |
| 8.6 | FREQUÊNCIA NOMINAL (F_R) | 48 |
| 8.7 | ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA..... | 48 |
| 8.8 | PERDAS, CORRENTE DE EXCITAÇÃO E TENSÃO DE CURTO-CIRCUITO | 48 |
| 8.9 | DIAGRAMA FASORIAL, DESIGNAÇÃO DE LIGAÇÕES E INDICAÇÃO DO DESLOCAMENTO ANGULAR | 49 |
| 8.10 | TENSÃO DE RÁDIO INTERFERÊNCIA (TRI) | 50 |
| 8.11 | CAPACIDADE DE RESISTIR A CURTOS-CIRCUITOS | 50 |
| 8.12 | NÍVEL DE RUÍDO | 51 |
| 9 | CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS | 51 |
| 9.1 | MATERIAIS ISOLANTES | 51 |
| 9.2 | RESFRIAMENTO..... | 52 |
| 9.3 | ESTRUTURA DO TRANSFORMADOR | 52 |
| 9.3.1 | Tanque do transformador e respectiva tampa..... | 52 |
| 9.3.2 | Base do tanque | 53 |

| | | |
|--------|---|----|
| 9.3.3 | Radiadores | 54 |
| 9.3.4 | Fixação e suspensão da parte ativa | 54 |
| 9.3.5 | Orelhas de suspensão | 54 |
| 9.3.6 | Proteção das buchas | 55 |
| 9.3.7 | Soldas | 55 |
| 9.4 | BUCHAS ISOLANTE E TERMINAIS DE LIGAÇÃO | 55 |
| 9.4.1 | Bucha isolante primária | 56 |
| 9.4.2 | Bucha isolante e terminal secundário | 57 |
| 9.4.3 | Terminal de neutro | 58 |
| 9.5 | DISPOSITIVO DE ATERRAMENTO | 58 |
| 9.6 | JUNTAS DE VEDAÇÃO | 58 |
| 9.7 | PLACA DE IDENTIFICAÇÃO | 59 |
| 9.8 | FERRAGENS EXTERNAS | 61 |
| 9.9 | MASSA DO TRANSFORMADOR | 62 |
| 10 | ACESSÓRIOS DO TRANSFORMADOR | 62 |
| 10.1 | BUJÃO PARA ENCHIMENTO | 62 |
| 10.2 | DISPOSITIVO DE ALÍVIO DE PRESSÃO (DAP) | 62 |
| 10.3 | DISPOSITIVO PARA ENCHIMENTO DE GÁS | 63 |
| 10.4 | INDICADOR DE NÍVEL DE ÓLEO (INO) | 63 |
| 10.5 | MANOVACUÔMETRO TIPO MOSTRADOR PARA GÁS INERTE | 64 |
| 10.6 | TERMÔMETRO | 65 |
| 10.7 | VÁLVULA-GLOBO PARA DRENAGEM | 67 |
| 11 | PARTE ATIVA | 67 |
| 11.1 | NÚCLEO | 67 |
| 11.2 | ENROLAMENTOS | 68 |
| 11.3 | SISTEMA DE COMUTAÇÃO DE TENSÃO | 68 |
| 12 | PINTURA E MARCAÇÕES | 70 |
| 12.1 | CONDIÇÕES GERAIS | 70 |
| 12.2 | ACABAMENTO INTERNO | 71 |
| 12.3 | ACABAMENTO EXTERNO | 71 |
| 12.4 | MARCAÇÕES E SIMBOLOGIA DO TRANSFORMADOR | 72 |
| 12.4.1 | Marcações dos terminais | 72 |
| 12.4.2 | Marcação de identificação do transformador | 72 |
| 12.4.3 | Simbologia | 73 |
| 13 | INSPEÇÃO E ENSAIOS | 73 |
| 13.1 | GENERALIDADES | 73 |
| 13.2 | RELAÇÃO DE ENSAIOS | 77 |
| 13.2.1 | Ensaio de tipo (T) | 77 |
| 13.2.2 | Ensaio de recebimento (RE) | 79 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 13.2.3 | Ensaio especiais (E) | 81 |
| 13.3 | DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS..... | 83 |
| 13.3.1 | Inspeção geral | 83 |
| 13.3.2 | Verificação dimensional..... | 84 |
| 13.3.3 | Ensaio de resistência dos enrolamentos | 84 |
| 13.3.4 | Ensaio de resistência de isolamento | 84 |
| 13.3.5 | Ensaio de relação de transformação | 85 |
| 13.3.6 | Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases..... | 85 |
| 13.3.7 | Ensaio de impedância de curto-circuito | 85 |
| 13.3.8 | Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio | 85 |
| 13.3.9 | Ensaio de corrente de excitação..... | 85 |
| 13.3.10 | Ensaio de tensão suportável à frequência industrial | 86 |
| 13.3.11 | Ensaio de tensão induzida de curta duração | 86 |
| 13.3.12 | Ensaio de impulso atmosférico | 86 |
| 13.3.13 | Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão | 87 |
| 13.3.14 | Ensaio de elevação de temperatura | 87 |
| 13.3.15 | Ensaio de tensão de rádio interferência (TRI)..... | 87 |
| 13.3.16 | Ensaio de nível de ruído | 87 |
| 13.3.17 | Ensaio do comutador sem tensão (CST) | 87 |
| 13.3.17.1 | Ensaio de elevação de temperatura dos contatos..... | 88 |
| 13.3.17.2 | Ensaio de corrente de curto-circuito..... | 88 |
| 13.3.17.3 | Ensaio mecânicos | 88 |
| 13.3.17.4 | Ensaio de tensão suportável à frequência industrial..... | 88 |
| 13.3.17.5 | Ensaio de impulso atmosférico | 89 |
| 13.3.17.6 | Intemperismo artificial..... | 89 |
| 13.3.17.7 | Ensaio de determinação das propriedades de impacto Charpy | 89 |
| 13.3.17.8 | Ensaio mecânicos de recebimento | 89 |
| 13.3.17.9 | Ensaio de sequência de operações | 90 |
| 13.3.18 | Ensaio do dispositivo de alívio de pressão (DAP)..... | 90 |
| 13.3.18.1 | Ensaio de resistência ao vácuo..... | 90 |
| 13.3.18.2 | Ensaio de fechamento do dispositivo de alívio de pressão..... | 90 |
| 13.3.18.3 | Ensaio de grau de proteção..... | 91 |
| 13.3.18.4 | Espessura da película seca do revestimento anticorrosivo..... | 91 |
| 13.3.18.5 | Aderência da película seca do revestimento anticorrosivo | 91 |
| 13.3.18.6 | Ensaio de corrosão por exposição à névoa salina | 91 |
| 13.3.18.7 | Verificação da pressão de atuação | 92 |
| 13.3.19 | Estanqueidade e resistência à pressão | 92 |
| 13.3.20 | Ensaio de verificação da pintura do transformador | 92 |
| 13.3.20.1 | Ensaio de aderência | 93 |
| 13.3.20.2 | Ensaio de brilho | 93 |
| 13.3.20.3 | Ensaio de espessura..... | 93 |
| 13.3.20.4 | Ensaio de impermeabilidade | 93 |

| | | |
|------------|---|-----|
| 13.3.20.5 | Ensaio de névoa salina | 94 |
| 13.3.20.6 | Ensaio de resistência ao líquido isolante | 94 |
| 13.3.20.7 | Ensaio de resistência atmosférica úmida saturada na presença de SO ₂ | 94 |
| 13.3.20.8 | Ensaio de resistência marítima | 95 |
| 13.3.20.9 | Ensaio de umidade | 95 |
| 13.3.21 | Ensaio das juntas de vedação..... | 95 |
| 13.3.21.1 | Ensaio de identificação do material..... | 95 |
| 13.3.21.2 | Ensaio de densidade | 96 |
| 13.3.21.3 | Ensaio de dureza Shore A | 96 |
| 13.3.21.4 | Ensaio de cinza | 96 |
| 13.3.21.5 | Ensaio de enxofre livre..... | 96 |
| 13.3.21.6 | Ensaio de tensão de ruptura..... | 96 |
| 13.3.21.7 | Ensaio de alongamento..... | 97 |
| 13.3.21.8 | Ensaio de envelhecimento térmico em ar | 97 |
| 13.3.21.9 | Ensaio de envelhecimento em líquido isolante | 97 |
| 13.3.21.10 | Ensaio de deformação permanente a compressão | 98 |
| 13.3.21.11 | Ensaio de relaxação de relaxamento de tensão por compressão .. | 98 |
| 13.3.21.12 | Ensaio de resistência ao ozônio | 98 |
| 13.3.21.13 | Ensaio de compatibilidade das juntas de vedação com líquido isolante | 99 |
| 13.3.22 | Ensaio físico-químico do líquido isolante | 99 |
| 13.3.22.1 | Ensaio de aspecto visual | 99 |
| 13.3.22.2 | Ensaio de cor | 99 |
| 13.3.22.3 | Ensaio de fator de perdas dielétricas ou fator de dissipação..... | 99 |
| 13.3.22.4 | Ensaio de índice de neutralização (IAT) | 100 |
| 13.3.22.5 | Ensaio de ponto de combustão..... | 100 |
| 13.3.22.6 | Ensaio de rigidez dielétrica por eletrodo de disco | 100 |
| 13.3.22.7 | Ensaio de teor de água | 100 |
| 13.3.22.8 | Ensaio de teor de bifenilas policloradas (PCB) | 101 |
| 13.3.23 | Ensaio de medição da camada de revestimento de zinco | 101 |
| 13.3.23.1 | Ensaio de massa por unidade de área | 101 |
| 13.3.23.2 | Ensaio de aderência da camada | 101 |
| 13.3.23.3 | Ensaio de espessura da camada..... | 101 |
| 13.3.23.4 | Ensaio de uniformidade da camada | 102 |
| 13.3.24 | Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação | 102 |
| 13.3.24.1 | Camada de estanho..... | 102 |
| 13.3.24.2 | Camada de prata | 102 |
| 13.3.25 | Ensaio de verificação do torque nos terminais..... | 102 |
| 13.3.26 | Ensaio de medição da impedância de sequência zero | 103 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 13.3.27 | Ensaio de suportabilidade a impulso atmosférico de baixa-tensão (BT) 103 | |
| 13.3.28 | Ensaio de suportabilidade a curto-circuito | 103 |
| 13.3.29 | Ensaio de medição de harmônicas da corrente de excitação | 104 |
| 13.3.30 | Ensaio de medição do fator de potência do isolamento (tg δ) e capacitâncias | 104 |
| 13.4 | RELATÓRIOS DOS ENSAIOS | 104 |
| 14 | PLANOS DE AMOSTRAGEM | 105 |
| 14.1 | ENSAIOS DE TIPO E ESPECIAIS | 105 |
| 14.2 | ENSAIOS DE RECEBIMENTO | 106 |
| 14.2.1 | Inspeção geral e verificação dimensional | 106 |
| 14.2.2 | Ensaio físico-químico do líquido isolante | 106 |
| 14.2.3 | Ensaio de elevação de temperatura..... | 106 |
| 14.2.4 | Demais ensaios | 106 |
| 15 | ACEITAÇÃO E REJEIÇÕES..... | 106 |
| 15.1 | ENSAIOS DE TIPO E ESPECIAIS | 107 |
| 15.2 | ENSAIOS DE RECEBIMENTO | 107 |
| 16 | NOTAS COMPLEMENTARES | 108 |
| 17 | HISTÓRICO DE VERSÕES DESTE DOCUMENTO | 108 |
| 18 | VIGÊNCIA..... | 108 |
| 19 | TABELAS..... | 110 |
| | TABELA 1 - Características elétricas dos transformadores de distribuição submersível | 110 |
| | TABELA 2 - Níveis de isolamento | 113 |
| | TABELA 3 - Derivações e relações de tensões | 113 |
| | TABELA 4 - Limites de elevação de temperatura | 114 |
| | TABELA 5 - Valores de perdas, correntes de excitação e tensões de curto-circuito | 115 |
| | TABELA 6 - Tolerâncias..... | 118 |
| | TABELA 7 - Nível máximo de ruído dos transformadores..... | 118 |
| | TABELA 8 - Espessura mínima da chapa de aço | 119 |
| | TABELA 9 - Momento de torção dos parafusos..... | 119 |
| | TABELA 10 - Características elétricas dos invólucros isolantes secundários | 120 |
| | TABELA 11 - Características elétricas dos terminais secundários..... | 120 |
| | TABELA 12 - Informações constantes no QR-Code | 121 |
| | TABELA 13 - Plano de amostragem para ensaios de recebimento | 122 |
| | TABELA 14 - Relação de ensaios | 123 |
| 20 | DESENHOS | 125 |

| | |
|---|-----|
| DESENHO 1 - Transformador de distribuição submersível..... | 125 |
| DESENHO 2 - Características dimensionais do transformador de distribuição submersível | 127 |
| DESENHO 3 - Invólucro isolante primário tipo cavidade para inserção | 129 |
| DESENHO 4 - Invólucro isolante secundário e terminal de ligação tipo T3-800 A . | 130 |
| DESENHO 5 - Invólucro isolante secundário e terminal de ligação tipo 2.000/3.150 A | 132 |
| DESENHO 6 - Terminal de neutro | 134 |
| DESENHO 7 - Dispositivo de aterramento..... | 136 |
| DESENHO 8 - Bujão para enchimento de líquido isolante | 137 |
| DESENHO 9 - Dispositivo para enchimento de gás..... | 138 |
| DESENHO 10 - Indicador de nível do óleo (INO) | 139 |
| DESENHO 11 - Manovacuômetro tipo mostrador para gás inerte..... | 140 |
| DESENHO 12 - Termômetro tipo mostrador para líquido isolante | 141 |
| DESENHO 13 - Válvula globo para drenagem e ligação do filtro-prensa | 142 |
| DESENHO 14 - Dispositivo de alívio de pressão (DAP)..... | 143 |
| DESENHO 15 - Placa de identificação (modelo) | 144 |
| DESENHO 16 - Simbologia de identificação de enrolamentos em alumínio..... | 145 |
| DESENHO 17 - Simbologia de identificação de núcleo de metal amorfo | 146 |
| DESENHO 18 - Simbologia de identificação de óleo vegetal isolante..... | 147 |
| DESENHO 19 - Modelo de etiqueta autoadesiva “ISENTO DE PCB” | 148 |
| 21 ANEXOS..... | 149 |
| ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas | 149 |
| ANEXO 2 - Quadro de desvios técnicos e exceções | 154 |
| ANEXO 3 - Inspeção geral dos transformadores | 155 |

1 OBJETIVO

Esta Especificação Técnica estabelece os requisitos técnicos mínimos exigíveis, mecânicos e elétricos, para fabricação, ensaios e recebimento de Transformadores de Distribuição (TD), tipo submersível (SBM), trifásicos, imersos em óleo vegetal isolante (OVI), com resfriamento natural, nas tensões primárias até 34,5 kV e nas tensões secundárias usuais, a serem usados no sistema de distribuição de energia da Energisa.

2 CAMPO DE APLICAÇÃO

Aplica-se às montagens das estruturas das redes distribuição subterrâneas (RDS), em classe de tensão até 36,2 kV, situado em áreas urbanas e rurais, previstas nas normas técnicas, vigentes nas Empresas do Grupo Energisa.

Esta Especificação Técnica não se aplica a transformadores de distribuição:

- Tipo aéreo (todos);
- Tipo seco;
- Tipo pedestal.

NOTA:

- I. Este material tem seu uso proibido em subestações de distribuição (SED).

3 OBRIGAÇÕES E COMPETÊNCIAS

Compete a áreas de planejamento, engenharia, patrimônio, suprimentos, elaboração de projetos, construção, ligação, combate a perdas, manutenção, linha viva e operação do sistema elétrico cumprir e fazer cumprir este instrumento normativo.

4 REFERÊNCIAS NORMATIVAS


Esta Especificação Técnica foi baseada no seguinte documento:

- IEEE C57.12.24, IEEE Standard for submersible, three-phase transformers, 3750 kVA and smaller: high voltage, 34 500 grdy/19 920 volts and below; low voltage, 600 volts and below

Como forma de atender aos processos de fabricação, inspeção e ensaios, os transformadores de distribuição devem satisfazer às exigências desta Especificação Técnica, bem como de todas as normas técnicas mencionadas abaixo.

4.1 legislação e regulamentação federal

- Constituição da República Federativa do Brasil - Título VIII: Da Ordem Social - Capítulo VI: Do Meio Ambiente
- Lei Federal N.º 7.347, de 24/07/1985, Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico e dá outras providências
- Lei Federal N.º 9.605, de 12/02/1998, Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências
- Lei Federal N.º 9.966, de 28/04/2000, Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências
- Lei Federal N.º 10.295, de 17/10/2001, Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências
- Lei Federal N.º 12.305, de 02/08/2010, Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei Federal N.º 9.605, de 12/02/1998; e dá outras providências
- Lei Federal N.º 14.250, de 25/11/2021, Dispõe sobre a eliminação controlada de materiais, de fluidos, de transformadores, de capacitores e de demais



equipamentos elétricos contaminados por bifenilas policloradas (PCBs) e por seus resíduos

- Decreto Federal N.º 41.019, de 26/02/1957, Regulamenta os serviços de energia elétrica
- Decreto Federal N.º 73.080, de 05/11/1973, Altera o artigo 47, do Decreto Federal N.º 41.019, de 26/02/1957, que regulamenta os serviços de energia elétrica
- Decreto Federal N.º 96.044, de 18/05/1988 - Regulamenta o Transporte Rodoviário de produtos Perigosos, e dá outras providências
- Decreto Federal N.º 9.864, de 27/07/2019, Regulamenta a Lei n.º 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dispõe sobre o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
- Decreto Federal N.º 6.514, de 22/07/2008, Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências
- Decreto Federal Legislativo N.º 43, de 29/05/1998, Aprova o texto da Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta, e Cooperação em Caso de Poluição por Óleo, 1990, concluída em Londres, em 30/11/1990
- Decreto Federal Legislativo N.º 204, de 2004, Aprova o texto da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes, adotada, naquela cidade, em 22/05/2001
- Portaria Interministerial MME/MDIC/MCTIC N.º 19, de 29/01/1981, Contaminação do meio ambiente por bifenis policlorados - PCBs (Ascarel, Aroclor, Clophen, Phenoclor, Kanechlor etc.)

- Portaria Interministerial MME/MDIC/MCTIC N.º 104, de 22/03/2013, Regulamentação específica que define requisitos mínimos de desempenho para transformadores de distribuição em líquido isolante
- Portaria Interministerial MME/MDIC/MCTIC N.º 3, de 31/07/2018, Aprova o programa de metas para transformadores de distribuição em líquido
- Portaria Interministerial MTE/MS N.º 775, de 28/04/2004, Dispõe sobre a proibição, em todo o Território Nacional, da comercialização de produtos acabados que contenham "benzeno" em sua composição
- Portaria Ministro de Estado dos Transportes N.º 204, de 20/05/1997, Baixa instruções complementares ao Decreto Federal N.º 96.044, de 18/05/1988
- Resolução Normativa ANEEL N.º 1.000, de 07/12/2021, Estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica
- Resolução Normativa ANP N.º 900, de 18/11/2022, Dispõe sobre as especificações dos óleos minerais isolantes tipo A e tipo B, de origem nacional ou importada, comercializados no território nacional.
- Resolução Normativa CONAMA N.º 1, de 23/01/1986, Dispõe sobre os critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA
- Resolução Normativa CONAMA N.º 9, de 31/08/1993, Óleos lubrificantes e resíduos
- Resolução Normativa CONAMA N.º 23, de 12/12/1996, Controle de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e seu depósito
- Resolução Normativa CONAMA N.º 237, de 19/12/1997, dispõe sobre os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental
- Resolução Normativa CONAMA N.º 362, de 23/06/2005, Óleos lubrificantes e resíduos

- Portaria Normativa INMETRO N.º 140, 19/03/2021, Aprova os Requisitos Gerais de Declaração do Fornecedor de Produtos (RGDF Produto) - Consolidado
- Norma Regulamentadora N.º 10 (NR-10), Segurança em instalações e serviços em eletricidade
- Norma Regulamentadora N.º 17 (NR-17), Ergonomia
- Norma Regulamentadora N.º 33 (NR-33), Segurança e saúde nos trabalhos em espaços confinados

4.2 Normas técnicas brasileiras

- ABNT IEC TS 60815-1, Seleção e dimensionamento de isoladores para alta-tensão para uso sob condições de poluição - Parte 1: Definições, informações e princípios gerais
- ABNT NBR 5034, Buchas para tensões alternadas superiores a 1 kV
- ABNT NBR 5356-1, Transformadores de potência - Parte 1: Generalidades
- ABNT NBR 5356-2, Transformadores de potência - Parte 2: Aquecimento
- ABNT NBR 5356-3, Transformadores de potência - Parte 3: Níveis de isolamento, ensaios dielétricos e espaçamentos externos em ar
- ABNT NBR 5356-4, Transformadores de potência - Parte 4: Guia para ensaio de impulso atmosférico e de manobra para transformadores e reatores
- ABNT NBR 5356-5, Transformadores de potência - Parte 5: Capacidade de resistir a curtos-circuitos
- ABNT NBR 5356-7, Transformadores de potência - Parte 7: Guia de carregamento para transformadores imersos em líquido isolante
- ABNT NBR 5370, Conectores de cobre para condutores elétricos em sistemas de potência

- ABNT NBR 5440, Transformadores para redes aéreas de distribuição - Requisitos
- ABNT NBR 5456, Eletricidade geral - Terminologia
- ABNT NBR 5458, Transformadores de potência - Terminologia
- ABNT NBR 5460, Sistemas elétricos de potência
- ABNT NBR 5590, Tubos de aço-carbono com ou sem solda longitudinal, pretos ou galvanizados - Requisitos
- ABNT NBR 5915-1, Chapas e bobinas de aço laminadas a frio - Parte 1: Requisitos
- ABNT NBR 6323, Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido - Especificação
- ABNT NBR 6648, Bobinas e chapas grossas de aço-carbono para uso estrutural - Especificação
- ABNT NBR 6649, Bobinas e chapas finas a frio de aço-carbono para uso estrutural - Especificação
- ABNT NBR 6650, Bobinas e chapas finas a quente de aço-carbono para uso estrutural - Especificação
- ABNT NBR 6869, Líquidos isolantes elétricos - Determinação da rigidez dielétrica (eletrodos de disco)
- ABNT NBR 7036, Recebimento, armazenagem, instalação e manutenção de transformadores de distribuição até a classe de tensão de 36,2 kV, imersos em líquido isolante
- ABNT NBR 7095, Ferragens eletrotécnicas para linhas de transmissão e subestações de alta tensão e extra alta tensão


- ABNT NBR 7277, Transformadores e reatores - Determinação do nível de ruído
- ABNT NBR 7318, Elastômero vulcanizado para uso em veículos automotores - Determinação da dureza
- ABNT NBR 7348, Pintura industrial - Preparação de superfície de aço com jateamento abrasivo ou hidrojateamento
- ABNT NBR 7397, Produto de aço e ferro fundido galvanizado por imersão a quente - Determinação da massa do revestimento por unidade de área - Método de ensaio
- ABNT NBR 7398, Produto de aço e ferro fundido galvanizado por imersão a quente - Verificação da aderência do revestimento - Método de ensaio
- ABNT NBR 7399, Produto de aço e ferro fundido galvanizado por imersão a quente - Verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo - Método de ensaio
- ABNT NBR 7400, Galvanização de produtos de aço e ferro fundido por imersão a quente - Verificação da uniformidade do revestimento - Método de ensaio
- ABNT NBR 8667-1, Comutadores de derivação - Parte 1: Especificação e ensaios
- ABNT NBR 8840, Diretrizes para amostragem de líquidos isolantes
- ABNT NBR 10443, Tintas e vernizes - Determinação da espessura da película seca sobre superfícies rugosas - Método de ensaio
- ABNT NBR 10710, Líquido isolante elétrico - Determinação do teor de água
- ABNT NBR 11003, Tintas - Determinação da aderência
- ABNT NBR 11341, Derivados de petróleo - Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland


- ABNT NBR 11407, Elastômero vulcanizado - Determinação das alterações das propriedades físicas, por efeito de imersão em líquidos - Método de ensaio
- ABNT NBR 11888, Bobinas e chapas finas a frio e a quente de aço-carbono e de aço de alta resistência e baixa liga - Requisitos gerais
- ABNT NBR 11889, Bobinas e chapas grossas de aço-carbono e de aço de baixa liga e alta resistência - Requisitos
- ABNT NBR 12133, Líquidos isolantes elétricos - Determinação do fator de perdas dielétricas e da permissividade relativa (constante dielétrica) - Método de ensaio
- ABNT NBR 13231, Proteção contra incêndio em subestações elétricas
- ABNT NBR 13882, Líquidos isolantes elétricos - Determinação do teor de bifenilas policloradas (PCB)
- ABNT NBR 14105-1, Medidores de pressão - Parte 1: Medidores analógicos de pressão com sensor de elemento elástico - Requisitos de fabricação, classificação, ensaios e utilização
- ABNT NBR 14248, Produtos de petróleo - Determinação do número de acidez e de basicidade - Método do indicador
- ABNT NBR 14483, Produtos de petróleo - Determinação da cor - Método do colorímetro ASTM
- ABNT NBR 14842, Soldagem - Critérios para a qualificação e certificação de inspetores para o setor de petróleo e gás, petroquímico, fertilizantes, naval e termogeração (exceto nuclear)
- ABNT NBR 15055, Válvulas-gaveta, globo, angular e de retenção de bronze - Requisitos
- ABNT NBR 15158, Limpeza de superfícies de aço por produtos químicos


- ABNT NBR 15422, Óleo vegetal isolante para equipamentos elétricos
- ABNT NBR 16126, Projeto mecânico de transformadores e reatores para sistemas de potência
- ABNT NBR 16367-2, Acessórios para transformadores e reatores de sistemas de potência imersos em líquido isolante - Parte 2: dispositivo de alívio de pressão
- ABNT NBR 16367-3, Acessórios para transformadores e reatores de sistemas de potência imersos em líquido isolante - Parte 3: Indicadores de temperatura do óleo e do enrolamento
- ABNT NBR 16367-5, Acessórios para transformadores e reatores de sistemas de potência imersos em líquido isolante - Parte 5: Indicador de nível de óleo
- ABNT NBR 16856, Buchas para transformadores imersos em líquido isolante - Tensão nominal de 1,2 kV e correntes de 160 A até 8.000 A - Especificação
- ABNT NBR 17088, Corrosão por exposição à névoa salina - Métodos de ensaio
- ABNT NBR IEC 60060-1, Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão - Parte 1: Definições gerais e requisitos de ensaio
- ABNT NBR IEC 60085, Isolação elétrica - Avaliação e designação térmicas
- ABNT NBR IEC 60156, Líquidos isolantes - Determinação da rigidez dielétrica à frequência industrial - Método de ensaio
- ABNT NBR IEC 60529, Graus de proteção providos por invólucros (Códigos IP)

4.3 Normas técnicas internacionais


- ASTM A90/A90M, Standard test method for weight [mass] of coating on iron and steel articles with zinc or zinc-alloy coatings
- ASTM A153/A153M, Standard specification for zinc coating (hot-dip) on iron and steel hardware

- 
- ASTM A239, Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles
 - ASTM A876/A876M, Standard specification for flat-rolled, grain-oriented, silicon-iron, electrical steel, fully processed types
 - ASTM A900/A900M, Standard test method for lamination factor of amorphous magnetic strip
 - ASTM A901, Standard specification for amorphous magnetic core alloys, semi-processed types
 - ASTM B6, Standard specification for zinc
 - ASTM B117, Standard practice for operating salt spray (fog) apparatus
 - ASTM B545, Standard specification for electrodeposited coatings of tin
 - ASTM B571, Standard practice for qualitative adhesion testing of metallic coatings
 - ASTM B700, Standard specification for electrodeposited coatings of silver for engineering use
 - ASTM D92, Standard test method for flash and fire points by cleveland open cup tester
 - ASTM D297, Standard test methods for rubber products-chemical analysis
 - ASTM D395, Standard test methods for rubber property - Compression set
 - ASTM D412, Standard test methods for vulcanized rubber and thermoplastic elastomers-tension
 - ASTM D471, Standard test method for rubber property-effect of liquids
 - ASTM D523, Standard test method for specular gloss

- 
- ASTM D573, Standard test method for rubber-deterioration in an air oven
 - ASTM D870, Standard practice for testing water resistance of coatings using water immersion
 - ASTM D877/D877M, Standard test method for dielectric breakdown voltage of insulating liquids using disk electrodes
 - ASTM D924, Standard test method for dissipation factor (or power factor) and relative permittivity (dielectric constant) of electrical insulating liquids
 - ASTM D974, Standard test method for acid and base number by color - Indicator titration
 - ASTM D1171, Standard test method for rubber deterioration - Surface ozone cracking outdoors (triangular specimens)
 - ASTM D1500, Standard test method for ASTM color of petroleum products (ASTM color scale)
 - ASTM D1533, Standard test method for water in insulating liquids by coulometric karl fischer titration
 - ASTM D1619, Standard test methods for carbon black - Sulfur content
 - ASTM D1735, Standard practice for testing water resistance of coatings using water fog apparatus
 - ASTM D2240, Standard test method for rubber property - Durometer hardness
 - ASTM D3359, Standard test methods for rating adhesion by tape test
 - ASTM D3677, Standard test methods for rubber - Identification by infrared spectrophotometry
 - ASTM D4059, Standard test method for analysis of polychlorinated biphenyls in insulating liquids by gas chromatography

- 
- ASTM D6147, Standard test method for vulcanized rubber and thermoplastic elastomer-determination of force decay (stress relaxation) in compression
 - ASTM D6871, Standard specification for natural (vegetable oil) ester fluids used in electrical apparatus
 - ASTM E376, Standard practice for measuring coating thickness by magnetic-field or eddy current (electromagnetic) testing methods
 - AWS B3.0, Welding procedure and performance qualification
 - AWS D1.1/D1.1M, Structural welding code - Steel
 - CISPR TR 18-2, Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment - Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits
 - IEC 60060-1, High-voltage test techniques - Part 1: General definitions and test requirements
 - IEC 60076-1, Power transformers - Part 1: General
 - IEC 60076-2, Power transformers - Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers
 - IEC 60076-3, Power transformers - Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air
 - IEC 60076-4, Power transformers - Part 4: Guide to the lightning impulse and switching impulse testing - Power transformers and reactors
 - IEC 60076-5, Power transformers - Part 5: Ability to withstand short circuit
 - IEC 60076-7, Power transformers - Part 7: Loading guide for mineral-oil-immersed power transformers
 - IEC 60076-10, Power transformers - Part 10: Determination of sound levels

- IEC 60085, Electrical insulation - Thermal evaluation and designation
- IEC 60156, Insulating liquids - Determination of the breakdown voltage at power frequency - Test method
- IEC 60214-1, Tap-changers - Part 1: Performance requirements and test methods
- IEC 60247, Insulating liquids - Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor (tan d) and d.c. resistivity
- IEC 60404-8-7, Magnetic materials - Part 8-7: Specifications for individual materials - Cold-rolled grain-oriented electrical steel strip and sheet delivered in the fully-processed state
- IEC 60475, Method of sampling insulating liquids
- IEC 60529, Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
- IEC 60721-1, Classification of environmental conditions - Part 1: Environmental parameters and their severities
- IEC 60721-2-1, Classification of environmental conditions - Part 2-1: Environmental conditions appearing in nature - Temperature and humidity
- IEC 60721-2-2, Classification of environmental conditions - Part 2-2: Environmental conditions appearing in nature - Precipitation and wind
- IEC 60721-2-4, Classification of environmental conditions - Part 2-4: Environmental conditions appearing in nature - Solar radiation and temperature
- IEC 61619, Insulating liquids - Contamination by polychlorinated biphenyls (PCBs) - Method of determination by capillary column gas chromatography
- IEC 62770, Fluids for electrotechnical applications - Unused natural esters for transformers and similar electrical equipment

- 
- IEC TS 60815-1, Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions - Part 1: Definitions, information and general principles
 - IEEE 386, IEEE Standard for separable insulated connector systems for power distribution systems rated 2.5 kV through 35 kV
 - IEEE 979, IEEE Guide for substation fire protection
 - IEEE C57.100, IEEE Standard for test procedure for thermal evaluation of insulation systems for liquid-immersed distribution, power, and regulating transformers
 - ISO 179-1, Plastics - Determination of Charpy impact properties - Part 1: Non-instrumented impact test
 - ISO 752, Zinc ingots
 - ISO 2409, Paints and varnishes - Cross-cut test
 - ISO 2592, Petroleum and related products - Determination of flash and fire points - Cleveland open cup method
 - ISO 4892-1, Plastics - Methods of exposure to laboratory light sources - Part 1: General guidance
 - ISO 6618, Petroleum products and lubricants - Determination of acid or base number - Colour-indicator titration method
 - ISO 7619-1, Rubber, vulcanized or thermoplastic - Determination of indentation hardness - Part 1: Durometer method (Shore hardness)
 - ISO 8501-1, Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness - Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings

- ISO 8501-4, Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness - Part 4: Initial surface conditions, preparation grades and flash rust grades in connection with water jetting
- ISO 12937, Petroleum products - Determination of water - Coulometric Karl Fischer titration method
- ISO 19840, Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Measurement of, and acceptance criteria for, the thickness of dry films on rough surfaces
- SSPC-SP 1, Solvent cleaning

4.4 Normas técnicas do grupo Energisa

- ETU-189.2, Óleo vegetal isolante (OVI)
- NDU-027, Critérios para utilização de equipamentos e materiais em área de corrosão atmosférica

NOTAS:

- II. Todas as normas nacionais e internacionais (ABNT, IEEE, IEC, ANSI, ASTM etc.) mencionadas acima devem estar à disposição do inspetor da Energisa no local da inspeção;
- III. Todos os materiais que não são especificamente mencionados nesta Especificação Técnica, mas que são usuais ou necessários para a operação eficiente do equipamento, considerar-se-ão como aqui incluídos e devem ser fornecidos pelo fabricante sem ônus adicional;
- IV. A utilização de normas de quaisquer outras organizações credenciadas será permitida, desde que elas assegurem uma qualidade igual, ou melhor, que as anteriormente mencionadas e não contradigam a presente Especificação Técnica;

V. As siglas acima referem-se a:

- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
- ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
- INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
- MCTIC - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
- MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio Exterior e Serviços
- MME - Ministério de Minas e Energia
- ETU - Especificação Técnica Unificada (grupo Energisa)
- NDU - Norma de Distribuição Unificada (grupo Energisa)
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- NBR - Norma Brasileira
- NM - Norma Mercosul
- ASTM - American Society for Testing and Materials
- AWS - American Welding Society
- CISPR - Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques
- IASC - International Annealed Copper Standard
- IEC - International Electrotechnical Commission

- IEEE - Institute of Electrical and Electronic Engineers
- ISO - International Organization for Standardization
- SSPC - Society for Protective Coatings

5 TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES

A terminologia adotada nesta Especificação Técnica corresponde a das normas ABNT NBR 5356-1, ABNT NBR 5456, ABNT NBR 5460, ABNT NBR 5458 e IEEE C57.12.24, complementadas pelos seguintes termos:

5.1 Transformador

Equipamento elétrico estático que, por indução eletromagnética, transforma tensão e corrente alternadas entre dois ou mais enrolamentos, sem mudança de frequência.

5.1.1 Transformador de distribuição (TD)

Transformador de potência utilizado em sistemas de distribuição de energia elétrica.

5.1.2 Transformador em líquido isolante

Transformador cuja parte ativa é imersa em líquido isolante.

5.1.3 Transformador submersível


Transformador constituído para ser instalado em câmara, abaixo do nível do solo.

Também conhecido como “transformador subterrâneo”.

5.1.4 Transformador trifásico

Transformador cujos enrolamentos primário e secundário são polifásicos.

5.2 Bucha



Peça ou estrutura de material isolante, que assegura a passagem isolada de um condutor através de uma parede não isolante.

NOTA:

- VI. Uma bucha completa inclui também o dispositivo de fixação à parede. Pode ainda incluir, dependendo do tipo da bucha, o condutor central e os dispositivos de ligação deste aos condutores externos à bucha.

5.3 Comutador de derivação

Dispositivo para mudança de ligação de derivação de um enrolamento de um transformador.

5.4 Derivação

Ligação feita em qualquer ponto do enrolamento, de modo a permitir a mudança da relação das tensões do transformador.

NOTA:

- VII. Nas demais definições o termo derivação pode também ser entendido como uma combinação de derivações.

5.4.1 Derivação inferior

Derivação cuja tensão de derivação é inferior à tensão nominal do enrolamento.

5.4.2 Derivação principal

Derivação à qual é referida a característica nominal de um enrolamento.

5.4.3 Derivação superior

Derivação cuja tensão de derivação é superior à tensão nominal do enrolamento.

5.5 Degrau de derivação

Diferença entre as tensões de derivação de duas derivações adjacentes, expressas em porcentagem da tensão nominal do enrolamento.

5.6 Deslocamento angular

Diferença angular entre os fasores que representam as tensões entre o ponto neutro (real ou fictício) e os terminais correspondentes de 2 (dois) enrolamentos, quando um sistema de tensões de sequência positiva é aplicado aos terminais do enrolamento de mais média tensão (MT), em ordem de sequência alfabética, se eles forem identificados por letras ou em sequência numérica, se identificados por números.

Convenciona-se que os fasores giram em sentido anti-horário.

NOTA:

- VIII. O fasor do enrolamento de mais média tensão (MT) é tomado como referência e a defasagem de todos os outros enrolamentos é expressa por uma indicação horária, isto é, a hora indicada pelo fasor do enrolamento, considerando-se que o fasor do enrolamento de mais média tensão está sobre a posição 12 (doze) horas quanto maior o número, maior a defasagem em atraso).

5.7 Dispositivo de alívio de pressão (DAP)

Dispositivo de proteção cuja finalidade é aliviar a pressão interna excedente devido a uma anormalidade, cooperando assim para a integridade do tanque do transformador.

5.8 Enrolamento

Conjunto das espiras que constituem um circuito elétrico, monofásico ou polifásico, de um transformador.

5.8.1 Enrolamento primário

Enrolamento que recebe energia.

5.8.2 Enrolamento secundário



Enrolamento que fornece energia.

5.9 Indicador de nível de óleo (INO)

Dispositivo de proteção cuja finalidade é indicar o nível de óleo no transformador ou reator de potência, de modo que ele possa ser monitorado visualmente, eletricamente e/ou eletronicamente.

5.10 Invólucro isolante

Peça rígida de material isolante, que assegura o isolamento externo especificado de uma bucha.

NOTA:

- IX. O invólucro isolante pode constituir, ou fazer parte, ou ser independente da isolação principal.

5.11 Ligação delta

Ligação de um enrolamento polifásico, em que as extremidades de polaridades opostas dos enrolamentos de fase são ligadas entre si, duas a duas, de modo a formar um único percurso fecha.

5.12 Ligação estrela

Ligação de um enrolamento polifásico em que uma das extremidades de mesma polaridade dos diversos enrolamentos de fase, é ligada a um ponto comum.

NOTA:

- X. No caso do enrolamento trifásico esta ligação pode ser denominada “ligação Y”.

5.13 Nível de isolamento

Conjunto de valores de tensões suportáveis nominais.

5.14 Núcleo

Circuito magnético de um transformador.

5.14.1 Núcleo envolvente

Núcleo é constituído por colunas interligadas pelos jugos, das quais algumas não atravessam as bobinas dos enrolamentos.

5.14.2 Núcleo envolvido

Núcleo é constituído por colunas interligadas pelos jugos, todas elas atravessando as bobinas dos enrolamentos.

5.15 Óleo vegetal isolante (OVI)

Óleo vegetal constituído por moléculas de triacilgliceróis (triglicerídeos), caracterizadas pela ligação éster formulado a partir de óleo extraído de vegetais, como sementes/grãos, e aditivos para melhoria de desempenho.

Também conhecido como “éster natural isolante”.

5.16 Parte ativa

Conjunto formado pelo núcleo, enrolamentos e suas partes acessórias.


5.17 Perdas em vazio

Potência ativa absorvida por um transformador quando alimentado por um de seus enrolamentos, com os terminais dos outros enrolamentos em circuito aberto.

5.18 Perdas totais

Soma das perdas em vazio e das perdas em cargas de um transformador.

5.19 Radiador



Dispositivo que aumenta a superfície de irradiação, para facilitar a dissipação de calor.

5.20 Terminal de ligação

Parte condutora de um transformador destinada à sua ligação elétrica a um circuito externo.

5.21 Ensaios de recebimento

O objetivo dos ensaios de recebimento é verificar as características de um material que podem variar com o processo de fabricação e com a qualidade do material componente.

Estes ensaios devem ser executados sobre uma amostragem de materiais escolhidos aleatoriamente de um lote que foi submetido aos ensaios de rotina.

5.22 Ensaios de tipo

O objetivo dos ensaios de tipo é verificar as principais características de um material que dependem de seu projeto.

Os ensaios de tipo devem ser executados somente uma vez para cada projeto e repetidos quando o material, o projeto ou o processo de fabricação do material for alterado ou quando solicitado pelo comprador.

5.23 Ensaios especiais

O objetivo dos ensaios especiais é avaliar materiais com suspeita de defeitos, devendo ser executados quando da abertura de não-conformidade, sendo executados em unidades recolhidas em cada unidade de negócio.

Este tipo de ensaio é executado e custeado pela Energisa.

6 HOMOLOGAÇÃO DE FORNECEDORES

O cadastro comercial, via Web Supply, é uma obrigatoriedade a todos os fornecedores do Grupo Energisa. A manutenção deste cadastro atualizado é de obrigação do fornecedor.

A homologação técnica é conforme os níveis de complexidade das classes de materiais envolvidos conforme pode ser observado em nosso Manual da Qualidade de Fornecedores no link abaixo:

<https://www.grupoenergisa.com.br/fornecedores>

7 CONDIÇÕES GERAIS

Os transformadores de distribuição devem:

- a) Ser fornecidos completos e completamente montados, cheios de líquido isolante, com as buchas e terminais, todos os dispositivos, equipamentos e acessórios descritos nesta Especificação Técnica e outros não descritos, mas, solicitados nela ou no contrato, necessários para o seu pronto funcionamento e aptos para operação;
- b) Ter todas as peças correspondentes intercambiáveis, quando de mesmas características nominais e fornecidas pelo mesmo fabricante;
- c) Ser projetados com matérias primas empregadas na fabricação e acabamento devem incorporar tanto quanto possível as mais recentes técnicas e melhoramentos;
- d) Ser projetados, de modo que, as manutenções possam ser efetuadas pelo grupo Energisa ou em oficinas por ele qualificadas, sem o emprego de máquinas ou ferramentas especiais;
- e) Ser projetados para os limites de elevação de temperatura dos enrolamentos sem comprometer as características dos materiais isolantes.

NOTA:

- XI. No caso das buchas primárias, as mesmas devem ser intercambiáveis mesmo sendo fornecidas por fabricante diferentes.

7.1 Condições do serviço

Os transformadores de distribuição tratados nesta Especificação Técnica devem ser adequados para operar nas seguintes condições:

- a) Altitude não superior a 1.500 metros acima do nível do mar;
- b) Temperatura, conforme IEC 60721-2-1:
 - Máxima do ar ambiente: 45 °C;
 - Média, em um período de 24 horas: 35 °C;
 - Mínima do ar ambiente: 0 °C;
- c) Pressão máxima do vento: 700 Pa (70 daN/m²), valor correspondente a uma velocidade do vento de 122,4 km/h, conforme IEC 60721-2-2;
- d) Umidade relativa do ar até 100 %, conforme IEC 60721-2-1;
- e) Nível de radiação solar: 1,1 kW/m², com alta incidência de raios ultravioleta, conforme IEC 60721-2-4;
- f) Precipitação pluviométrica: média anual de 1.500 a 3.000 mm;
- g) Classe de severidade de poluição local (SPS) leve e médio, conforme ABNT IEC TS 60815-1 ou IEC TS 60815-1;
- h) Vibrações insignificantes devido a causas externas aos transformadores ou devido a tremores de terra, conforme IEC 60721-1;
- i) Funcionamento em condições tais como:
 - Em regime ou frequências não usuais; ou
 - Com forma de onda distorcida ou com tensões assimétricas.

- j) Exposição a materiais explosivos na forma de gases ou pós;
- k) Limitação de espaço na sua instalação;
- l) Necessidade de proteção especial de pessoas contra contatos acidentais com partes vivas dos transformadores de distribuição.

7.2 Linguagens e unidades de medida

O sistema métrico de unidades deverá ser usado como referência nas descrições técnicas, especificações, desenhos e quaisquer outros documentos. Qualquer valor, que por conveniência, for mostrado em outras unidades de medida também deverá ser expresso no sistema métrico.

Todas as instruções, relatórios de ensaios técnicos, desenhos, legendas, manuais técnicos etc., a serem enviados pelo fabricante, bem como as placas de identificação, devem ser escritos em português. No caso de equipamentos importados deve ser fornecida uma versão em português e outra no idioma de origem.

NOTA:

XII. Os relatórios de ensaios técnicos, excepcionalmente, poderão ser aceitos em inglês ou espanhol.

7.3 Acondicionamento

Os transformadores de distribuição devem ser acondicionados em container (caixa para transporte), não retornáveis, com massa bruta não superior a 6.000 (seis mil) quilogramas, obedecendo às seguintes condições:

- a) Serem adequadamente embalados de modo a garantir o transporte (ferroviário, rodoviário, hidroviário, marítimo ou aéreo) seguro até o local do armazenamento ou instalação em qualquer condição que possa ser encontrada como intempéries, umidade, choques etc., e ao manuseio;

b) A embalagem deve ser feita de modo que o peso e as dimensões sejam conservados dentro de limites razoáveis a fim de facilitar o manuseio, o armazenamento e o transporte. As embalagens devem ser construídas de modo a possibilitar:

- Uso de empilhadeiras e carro hidráulico; e/ou
- Carga e descarga, através da alça de suspensão do transformador, com o uso de pontes rolantes.

c) As embalagens devem ter:

- Travas diagonais para evitar movimentos laterais dos transformadores durante o transporte;
- Topo nivelado de modo a permitir o perfeito empilhamento de outra embalagem sobreposta;
- Suas laterais superiores dimensionadas para suportar, sem deformação, o peso de outra embalagem sobreposta.

d) E demais indicações no protocolo logístico do material, disponível no site da Energisa, através do link:

<https://www.energisa.com.br/paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/normas-tecnicas.aspx>

NOTAS:

XIII. Para equipamentos com peso bruto superior a 6.000 (seis mil) quilogramas, deve ser informado a necessidade de equipamento especial para carga e descarga;

XIV. A embalagem, quando confeccionada em madeira, a mesma deve:

- Ser de boa qualidade, reforçadas, contendo suporte para apoio e marcação dos pontos e sentidos de içamento, isentos de trincas, rachaduras ou

qualquer outro tipo de defeito e não apresentar pontas ou cabeças de pregos ou parafusos que possam danificar os transformadores de serviço auxiliar.

- Ter qualidade no mínimo igual à do pinus de segunda e certificada pelo IBAMA.
- Não devem conter substâncias ou produtos passíveis de agredir o meio ambiente quando do descarte ou reaproveitamento dessas embalagens.

XV. A embalagem deve ser elaborada com material reciclável. Não serão aceitas embalagens elaboradas com poliestireno expandido, popularmente conhecido como “isopor”.

Cada container deve ser identificado, de forma legível e indelével e contendo as seguintes informações:

- a) Nome ou logotipo da Energisa;
- b) Nome ou marca comercial do fabricante;
- c) País de origem;
- d) Mês e ano de fabricação (MM/AAAA);
- e) Tipo, dimensões e número de série da embalagem;
- f) Identificação completa dos transformadores de distribuição (tipo/modelo, quantidade, tensão primária nominal (kV), tensão secundária nominal (V), potência nominal (kVA) etc.);
- g) Massa líquida, em quilogramas (kg);
- h) Massa bruta, em quilogramas (kg);
- i) IEEE C57.12.24;

- j) Número e quaisquer outras informações especificadas na Ordem de Compra de Material (OCM).

NOTAS:

- XVI. O fornecedor brasileiro deverá numerar os diversos volumes e anexar à nota fiscal uma relação descritiva (romaneio) do conteúdo de cada volume;
- XVII. O fornecedor estrangeiro deverá encaminhar simultaneamente à Energisa e ao despachante indicado, cópias da relação descritiva (romaneio) do conteúdo de cada volume.

7.4 Transporte

O transporte de transformadores de distribuição deve ser realizado, preferencialmente, com o transformador completamente preenchido, com o seu nível normal de operação. Quando da impossibilidade deve ser transportado:


- a) Parcialmente preenchido com líquido isolante: o nível do líquido isolante deve ser tal que cubra no mínimo a parte ativa, e as partes sem líquido isolante devem ser preenchidas com uma camada de gás seco a uma pressão relativa entre 0,15 kgf/cm² e 0,30 kgf/cm², à temperatura de 25 °C;
- b) Sem líquido isolante: o tanque deve ser pressurizado com gás seco, mantendo-se a pressão relativa entre 0,15 kgf/cm² e 0,30 kgf/cm², à temperatura de 25 °C.

NOTA:

- XVIII. Deve ser identificado de modo indelével, o valor da pressão e a temperatura em que foi efetuado o preenchimento, através de etiqueta fixada junto ao manovacuômetro.

O fornecedor deverá fornecer as proteções das buchas primárias e secundárias juntamente com os transformadores.

- a) As buchas primárias deverão ser fornecidas com dispositivo tipo tampão;

- 
- b) As buchas secundárias deverão ser fornecidas com instalação de placa de metal para proteção e aparafusada no transformador. As placas não serão devolvidas ao fabricante e devem ser de material resistente pintado com o mesmo processo da pintura externa do transformador.

O fabricante, a partir de 01/01/2025, deve instalar registradores de impacto para monitoramento do transporte, devendo ser mantido até o descarregamento no local de recebimento. Se os valores medidos ultrapassarem os limites máximos indicados pelo fabricante, este fato deve ser comunicado, tanto ao fabricante, quanto à Energisa, para avaliar os resultados e indicar as ações de inspeção da parte ativa, seguindo os procedimentos indicados na ABNT NBR 7036.

7.5 Meio ambiente

O fornecedor nacional deve cumprir, rigorosamente, em todas as etapas da fabricação, do transporte e do recebimento dos transformadores de distribuição, a legislação ambiental brasileira e as demais legislações federais, estaduais e municipais aplicáveis.

No caso de fornecimento internacional, os fabricantes/fornecedores estrangeiros devem cumprir a legislação ambiental vigente nos seus países de origem e as normas internacionais relacionadas à produção, ao manuseio e ao transporte dos transformadores de distribuição, até a entrega no local indicado pela Energisa. Ocorrendo transporte em território brasileiro, os fabricantes e fornecedores estrangeiros devem cumprir a legislação ambiental brasileira e as demais legislações federais, estaduais e municipais aplicáveis.

O fornecedor é responsável pelo pagamento de multas e pelas ações que possam incidir sobre a Energisa, decorrentes de práticas lesivas ao meio ambiente, quando derivadas de condutas praticadas por ele ou por seus subfornecedores.

A Energisa poderá verificar, junto aos órgãos oficiais de controle ambiental, a validade das licenças de operação das unidades industriais e de transporte dos fornecedores e dos subfornecedores.

O fornecedor deverá apresentar as seguintes informações:

- Tipo de madeira utilizada nas embalagens e respectivo tratamento preservativo empregado e os efeitos desses componentes no ambiente, quando de sua disposição final (descarte);
- Quanto à forma mais adequada de disposição final dos transformadores, em particular do óleo vegetal isolante (OVI) contido nos equipamentos e dos componentes em contato com o óleo, conforme as legislações ambientais aplicáveis;
- As condições para receber de volta os transformadores de sua fabricação, ou por ele fornecidas, que estejam fora de condições de uso.


Não podem ser usados na fabricação de quaisquer materiais ou equipamentos a serem adquiridos pela Energisa:

- a) Amianto ou asbesto;
- b) Bifenilas Policloradas (PCB);
- c) Poluentes orgânicos persistentes (POPS), conforme Decreto Legislativo N.º 204, de 2004;
- d) Benzeno, conforme Portaria Interministerial MTE/MS nº 775 de 28/04/2004.

As substâncias consideradas perigosas não poderão ser utilizadas em concentração acima da recomendada, conforme diretiva 2011/65/EU para RoHS (Restriction of Certain Hazardous Substances) e WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment).

Os processos produtivos que geram efluentes líquidos industriais ou emissões atmosféricas e radioativas, devem se enquadrar aos padrões normativos previstos na legislação ambiental aplicável.

7.6 Expectativa de vida útil



Os transformadores de distribuição devem ter uma expectativa de vida útil, mínima, de 27 (vinte e sete) anos a partir da data de fabricação, contra qualquer falha, provenientes de processo fabril, sob condições normais de operação prevista nesta especificação técnica.

NOTA:

XIX. A expectativa de vida útil é estabelecida pela ANEEL, através do Manual de Controle Patrimonial do Setor Elétrico (MCPSE).

7.7 Garantia

O período de garantia dos materiais deve obedecer ao disposto na Ordem de Compra de Materiais (OCM) contra qualquer defeito de fabricação, material e acondicionamento.

Caso os materiais apresentem qualquer tipo de defeito de fabricação, um novo período de garantia deve entrar em vigor para todo o lote em questão.


Dentro do referido período as despesas com mão-de-obra decorrentes da retirada e instalação de equipamentos comprovadamente com defeito de fabricação, bem como o transporte destes entre o almoxarifado da concessionária e o fornecedor, incidirão sobre o último.

7.8 Identificação de isento de PCB

Os equipamentos reformados ou recuperados deverão utilizar óleo vegetal isolante isentos de PCB para seu preenchimento, utilizando para identificação etiqueta autoadesiva conforme Desenho 19.

A etiqueta deverá ser do tipo autocolante, para uso ao tempo e ser impressa em fundo branco ou na segunda cor de impressão da embalagem que ofereça o maior contraste possível, na cor preta, notação Munsell N.º NA/1 e 2 % R.

7.9 Numeração de patrimônio



Os transformadores de distribuição devem conter a numeração de patrimônio, sequencial patrimônio, fornecida pela Energisa. A numeração deverá ser de forma legível e indelével, cor preta, notação Munsell N1, e resistir às condições de ambiente agressivo, durante a vida útil do equipamento.

O fabricante deverá fornecer à Energisa, após a liberação dos transformadores de distribuição, uma relação individualizada, por concessionária, contendo:

- a) Número de série de fabricação;
- b) Número de patrimônio correspondente;
- c) Tensão primária nominal, em quilovolt (kV);
- d) Tensão secundária nominal, em volt (V);
- e) Potência nominal, em quilovolts-ampère (kVA).

7.10 Incorporação ao patrimônio da Energisa

Somente serão aceitos transformadores de distribuição, em obras particulares, para incorporação ao patrimônio da Energisa que atendam as seguintes condições:

- a) Provenientes de fabricantes cadastrados e homologados pela Energisa;
- b) Deverão ser novos, com período máximo de 24 (vinte e quatro) meses da data de fabricação, não se admitindo, em hipótese nenhuma, transformadores usados e/ou recuperadas;
- c) Deverá acompanhar a (s) nota (s) fiscal (is), bem como, os relatórios de ensaios em fábrica, comprovando sua aprovação nos ensaios de rotina e/ou recebimento, previstos nesta Especificação Técnica.

NOTAS:

XX. A critério da Energisa, os transformadores de distribuição poderão ser ensaiados em laboratório próprio ou em laboratório credenciado, para

comprovação dos resultados dos ensaios conforme a os valores exigidos nesta Especificação Técnica;

XXI. A relação dos fabricantes homologados de transformadores de distribuição pode ser consulta no site da Energisa, através do link abaixo:

<https://www.grupoenergisa.com.br/fornecedores>

7.11 Manual de instruções

Os transformadores de distribuição devem estar acompanhados, quando for o caso, de manuais de operação, escritos em português, que forneçam todas as informações necessárias ao seu manuseio.


Os manuais deverão conter, no mínimo, as seguintes informações:

- a) Instruções completas cobrindo: descrição, funcionamento, manuseio, instalação, ajustes, operação, incluindo os modelos aos quais ele se aplica;
- b) Relação completa de todos os componentes e acessórios, incluindo nome, descrição, número de catálogo, quantidade usada, identificação do desenho;
- c) Procedimentos específicos relativos ao descarte dos equipamentos propostos, quer ao final da sua vida útil, quer em caso de inutilização por avaria.

7.12 Avaliação técnica do material

O fornecedor deve apresentar os documentos técnicos relacionados a seguir, atendendo aos requisitos especificados na Energisa, relativos a prazos e demais condições de apresentação de documentos:

- a) Apresentar o quadro de dados técnicos e características garantidas total e corretamente preenchido, conforme apresentado no Anexo 1;
- b) Apresentar catálogos e outras informações pertinentes;
- c) Apresentar desenho técnicos detalhado, quando aplicável.



O fornecedor deve apresentar uma cópia em português, com medidas no sistema métrico decimal, dos desenhos a seguir relacionados:

- a) Tipo e código do fabricante;
- b) Vistas principais dos equipamentos, por potência, mostrando a localização das peças e acessórios, dimensões e distâncias;
- c) Desenhos detalhados, em planta e cortes, do conjunto núcleo-enrolamentos indicando material usado e processos de montagem e de manutenção;
- d) Das placas de identificação;
- e) Das buchas e terminais de média e baixa tensão, com dimensões, detalhes de montagem e características físicas e dielétricas, indicando fabricante, tipo e designação;
- f) Das alças para suspensão do transformador, com dimensões e material utilizado;
- g) Detalhamento da fixação e vedação da tampa indicando dimensões, número e tipo de parafusos de fixação e material utilizado;
- h) Do dispositivo de aterramento, com dimensões e material utilizado;
- i) Do comutador interno, com dimensões, processos para fixação e indicação da marcação dos taps;
- j) Da base do transformador;
- k) Desenhos da embalagem para transporte, contendo:
 - Dimensões;
 - Massa;
 - Detalhes para içamento;
 - Tipo de madeira e tratamento utilizado;

- Localização do centro de gravidade.

l) Uma cópia dos manuais de instrução, cobrindo instalação e manutenção do equipamento.

Quando os transformadores de distribuição propostos apresentarem divergências em relação a esta Especificação Técnica, o fornecedor deverá submeter os desvios à prévia aprovação junto à área de Engenharia e Cadastro, através do Anexo 2.

NOTAS:

- XXII. Quando da consulta para aprovação dos desvios, os mesmos deverão estar claramente identificados, e tratados como tal, tanto no texto como nos desenhos;
- XXIII. As empresas Distribuidoras do Grupo Energisa, não se responsabilizam pela fabricação dos equipamentos em desacordo com a presente especificação técnica.

8 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

8.1 Condições de carregamento

Os transformadores de distribuição devem, além de sua potência nominal em carga contínua, ser capaz de atender às condições especificadas na ABNT NBR 5356-7 ou IEC 60076-7.

Os equipamentos auxiliares, tais como buchas, comutadores de derivações e outros, devem suportar sobrecargas correspondentes a até uma 1,5 vezes a potência nominal do transformador.

8.2 Potência nominal (S)

As potências nominais, em quilovolts-ampère (kVA), para transformadores de distribuição em regime contínuo, são as seguintes:

- 150 kVA, 300 kVA e 500 kVA. Devem ser usados em todos os projetos novos de redes de distribuição e em obras sujeitas à incorporação;
- 750 kVA e 1.000 kVA. Para uso exclusivo da Energisa em sistemas que ainda possuem esse tipo de transformador.

8.3 Tensão nominal (U_r)

As tensões nominais padronizadas, em quilovolts (kV), são:

- a) Primárias: 11,4 kV, 13,8 kV, 22,0 kV e 34,5 kV;
- b) Secundárias: 220/127 V e 380/220 V.

Os transformadores de distribuição devem ser capazes de operar, sem danos, sob uma condição de sobrefluxo onde a relação tensão/frequência não exceda em 5,0 % a relação tensão/frequência especificada.

8.4 Níveis de isolamento

Os níveis de isolamento, em quilovolts (kV), e os espaçamentos mínimos no ar, em milímetros (mm), devem obedecer a Tabela 2.

8.5 Derivações (taps) e tensões nominais

As derivações devem ser do tipo degraus com:

- Classe 15,0 kV: 600 V;
- Classe 24,2 kV: 1.100 V;
- Classe 36,2 kV: 1.500 V.

As derivações e relações de tensões são as constantes da Tabela 3.

NOTAS:

XXIV. Os transformadores devem ser expedidos na derivação (tap) correspondente à tensão primária nominal, conforme item 8.3;

XXV. Não serão aceitos transformadores com derivações em percentual (%) de redução ou elevação.

8.6 Frequência nominal (f_r)

A frequência nominal dos transformadores de distribuição deve ser de 60 Hertz (Hz).

8.7 Elevação de temperatura

A elevação de temperatura de cada enrolamento do transformador, projetado para operação em condições normais de serviço, não pode exceder o limite especificado na Tabela 4.

Os transformadores deverão possuir limites de elevação de temperatura máximas correspondentes ao:

- Alternativa “1” com data de fabricação até 31/12/2026;
- Alternativa “2” com data de fabricação após 01/01/2027.

NOTA:

XXVI. Os limites de elevação de temperatura são válidos para todas as derivações.

8.8 Perdas, corrente de excitação e tensão de curto-circuito

O fabricante deve garantir as perdas, em vazio e totais, na temperatura de referência, com tensão senoidal, à frequência nominal, na derivação principal. A Energisa pode indicar para quais derivações, além da principal, o fabricante deve informar as perdas em vazio e as perdas totais.

Os transformadores de distribuição deverão possuir níveis de perdas máximas correspondentes ao:

- Nível “D” a partir da data de fabricação de 01/01/2019;

- Nível “C” a partir da data de fabricação de 01/01/2024.

Para as temperaturas de referência citadas na Tabela 4, os valores de perdas em vazio (P_0), perdas totais (P_T), corrente de excitação máxima (I_0) e tensão de curto-circuito são os indicados na Tabela 5 e referidos à derivação principal.

Os valores individuais não devem ultrapassar os valores garantidos na proposta, observadas as tolerâncias especificadas na Tabela 6.

8.9 Diagrama fasorial, designação de ligações e indicação do deslocamento angular

Os enrolamentos primários devem ser ligados em delta/triângulo (Δ) e os secundários em estrela aterrada, com deslocamento angular entre eles 30° (trinta graus), com as fases de baixa tensão (BT) atrasadas em relação às correspondentes de média tensão (MT). O diagrama de ligações deve estar em conformidade com a Figura 1.

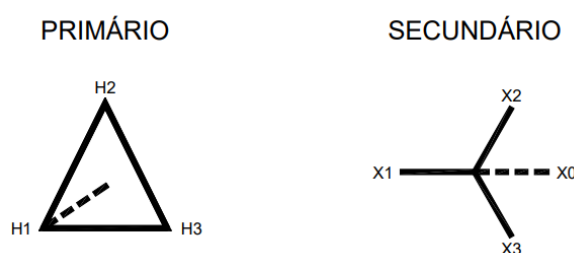


Figura 1 - Diagrama de ligação

O transformador de distribuição deve possuir diagrama fasorial Dyn1, conforme Figura 2.

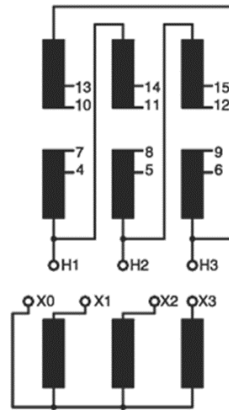


Figura 2 - Diagrama fasorial Dyn1

8.10 Tensão de rádio interferência (TRI)

Os transformadores de distribuição devem ser submetidos ao ensaio de tensão de rádio interferência, conforme CISPR TR 18-2, com a tensão máxima de 1,1 vez o valor da tensão da maior derivação entre terminais de média tensão (MT) acessíveis.

Nestas condições, o valor máximo da tensão de rádio interferência deve ser:

- 250 μv , para a tensão máxima de 15 kV.
- 650 μv , para a tensão máxima de 24,2 e 36,2 kV.

8.11 Capacidade de resistir a curtos-circuitos

Os transformadores de distribuição devem ser capazes de resistir, sem se danificarem, aos efeitos térmicos e dinâmicos, causados por curto-circuito nos seus terminais secundários, com tensão nominal nos terminais primários, sob as condições da ABNT NBR 5356-5 ou IEC 60076-5, limitados a corrente simétrica ao máximo de 25 (vinte e cinco) vezes a corrente nominal do transformador.

NOTA:

- XXVII. O fabricante deve enviar, para cada ensaio de curto-circuito, a memória de cálculo referente à máxima temperatura média atingida pelo enrolamento, após curto-circuito nas condições anteriormente estabelecidas.

8.12 Nível de ruído

Os transformadores de distribuição devem atender aos níveis máximos de ruído, conforme Tabela 7.

9 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

O projeto mecânico do transformador de distribuição deve, obrigatoriamente, atender os requisitos técnicos estabelecidos pela ABNT NBR 16126 ou norma internacional compatível.


Os transformadores de distribuição devem possuir equilíbrio estável, preenchidos ou não com líquido isolante, quando inclinados em até 15 graus.

Os transformadores de distribuição devem ser projetados e construídos para operar selado, devendo suportar variações de pressão interna, bem como o seu próprio peso, quando levantado.

9.1 Materiais isolantes

O líquido isolante deve ser óleo vegetal isolante (OVI) e ter especificação mínima conforme ABNT NBR 15422 ou ASTM D6871, devendo apresentar as seguintes características:

- a) Classificado como fluido de alto ponto de combustão (classe K) conforme a ABNT NBR 13231 ou IEEE 979, ou seja, deve apresentar ponto de combustão acima de 300 °C;
- b) Provenientes de fontes renováveis, e ensaios específicos devem ser realizados para demonstrar sua fácil biodegradabilidade;
- c) Resultados de estudos de envelhecimento acelerado através de tubos selados e método de teste Lockie, conforme IEEE C57.100);
- d) Ter publicado seus fatores de carregamento A e B da equação de Arrhenius para envelhecimento do papel isolante.



Os materiais isolantes dos transformadores de distribuição devem ser, no mínimo, de classe térmica 105 °C (A), conforme ABNT NBR IEC 60085 ou IEC 60085. Quando o transformador for projetado para elevações de temperatura mais altas, conforme previsto no item 8.7 e Tabela 4, devem ser utilizados materiais compatíveis com a alternativa selecionada.

9.2 Resfriamento

Os transformadores de distribuição devem ser resfriamento em um sistema tipo KNAN (Óleo natural, ar natural) por circulação natural.

9.3 Estrutura do transformador

Não é permitida a instalação de conservador de líquido isolante no transformador.

9.3.1 Tanque do transformador e respectiva tampa

O tanque e a tampa devem ser confeccionados de chapas de aço, laminadas a quente, conforme ABNT NBR 6648, ABNT NBR 6649, ABNT NBR 6650, ABNT NBR 11888 e ABNT NBR 11889, com espessuras indicadas na Tabela 8, devendo suportar a pressão manométrica de 69 kPa (0,7 kgf/cm²), durante 1,0 (uma) hora.

Os seguintes dispositivos e acessórios devem estar localizados nas paredes laterais:

- a) Dispositivo para aterramento;
- b) Ganchos para suspensão do transformador;
- c) Indicador de nível de líquido isolante;
- d) Terminal de neutro;
- e) Válvula globo para ligação do filtro prensa e drenagem e enchimento do líquido isolante.

Todas as aberturas existentes na tampa devem ser providas de ressaltos construídos de maneira a evitar acumulação e/ou penetração de água.



Os seguintes dispositivos devem estar localizados na tampa:

- a) Dispositivo de suspensão da tampa;
- b) Dispositivo para enchimento de gás;
- c) Dispositivo de alívio de pressão (DAP);
- d) manovacuômetro tipo mostrador;
- e) Termômetro tipo mostrado para o líquido isolante.

Todas as aberturas na tampa do transformador de distribuição devem ter ressaltos para impossibilitar acumulação e penetração de água junto as guarnições. A abertura de inspeção deverá ser construída com a mesma chapa especificada para a tampa principal, deverá localizar-se e ter dimensões que permitam a realização de inspeção interna e acesso ao comutador de derivações, buchas secundárias e ao neutro.


A borda do tanque do transformador deve ser adequada para permitir o correto alojamento das juntas, de modo a evitar seu deslizamento.

Deverá ser gravado, em baixo relevo, o número de série nas seguintes partes do transformador:

- a) No tanque, logo acima da placa de identificação;
- b) Na tampa;
- c) Nas alças de suspensão.

9.3.2 Base do tanque

O transformador de distribuição deve possuir base de arrasto ou base para rodas e apoio para seu levantamento, utilizando macacos, instalada com comprimento não inferior a 1/3 da altura total do transformador e disposto de maneira tal que utilizando macacos ou alavancas para suspendê-lo, não danifiquem o fundo ou os seus radiadores.



A base deverá ser apropriada para o deslocamento do transformador com o uso de roletes ou suporte com rodas, que não fazem parte deste fornecimento.

A projeção do tanque, sem radiadores e acessórios, deve estar contida no contorno da base de arraste.

9.3.3 Radiadores

Os radiadores devem ser do tipo aletados, tubulares ou painéis corrugados, fixados ao tanque, através de solda e devem ser confeccionados em:

- Chapas de 1,2 mm de espessura, no mínimo, conforme a ABNT NBR 5915-1; ou
- Tubos de 1,5 mm de espessura, no mínimo, conforme a ABNT NBR 5590.

Quando necessário, devem ser providos de reforços estruturais verticais e/ou horizontais.


9.3.4 Fixação e suspensão da parte ativa

A parte ativa deve ser fixada nas paredes internas do tanque através de dispositivos laterais que não dificultem sua retirada e sua recolocação no tanque. Devem também permitir a retirada da tampa sem necessidade de remoção da parte ativa.

A fixação deve ser obtida por meio de parafusos ou tirantes rosqueados, equipados com porca e contraporca ou porca, arruela de pressão e arruela lisa. As arruelas podem ser substituídas por travamento químico. Os parafusos ou tirantes não devem ser puncionados na rosca.

Os olhais para suspensão da parte ativa devem ser em número de dois ou mais, com diâmetro mínimo de 20 mm e estar localizados na parte superior do núcleo, de modo a manter o conjunto na vertical e a não danificar as chapas de aço silício durante a suspensão. É permitido que o olhal de suspensão seja o mesmo para fixação da parte ativa ao tanque desde que não haja interferência entre as funções.

9.3.5 Orelhas de suspensão



O transformador de distribuição deve ser provido de quatro orelhas de suspensão que permitam seu levantamento total com líquido isolante em seu nível normal, com a chave interruptora a óleo e o protetor de rede montados, sem danos ao tanque.

A tampa principal deve ser provida de pelo menos 2 (duas) orelhas de suspensão que permitam seu içamento, independentemente do içamento total do transformador.

9.3.6 Proteção das buchas

Todos os transformadores de distribuição devem ser fornecidos com dispositivos de proteção das buchas para transporte.

Os transformadores devem ser fornecidos com proteções para buchas (primário e secundário) fixadas em flanges.

9.3.7 Soldas

As soldas executadas na confecção do tanque, tampa e radiadores e demais partes dos transformadores devem ser executadas de modo contínuo e de ambos os lados, interno ou externo, de modo a garantir a estanqueidade e as características mecânicas para transporte e operação e seguir as recomendações da AWS D1.1/D1.1M.


As soldas devem ser isentas de porosidade, rachaduras e devem assegurar boa penetração e cobertura nas junções.

As soldas devem ser feitas por soldadores qualificados e aprovados por entidades oficiais em testes de qualificação conforme a ABNT NBR 14842 e AWS B3.0, às expensas do fornecedor.

NOTA:

XXVIII. Quando requerido, certificados de qualificação dos soldadores devem ser disponibilizados para avaliação pela Energisa.

9.4 Buchas isolante e terminais de ligação



As buchas isolantes e terminais, primárias e secundárias, devem ser localizadas conforme Desenhos 1 e 2 e devem ser desmontáveis somente pela parte interna do transformador.

Os terminais de ligação secundário e o terminal de neutro, devem ser fornecidos com parafusos, arruelas e porcas, em quantidade adequada ao tipo de terminal, sendo:

- Parafusos de cabeça sextavada, tipo M12, com rosca 1,75 e comprimento de 40 mm, em liga de cobre;
- Porcas e arruelas de pressão, compatíveis com os parafusos, em liga de cobre;
- Arruelas de pressão, compatíveis com os parafusos, devem ser de aço inoxidável.

NOTA:

XXIX. Outros tipos de materiais podem ser aceitos pela Energisa, desde que aprovados previamente.

Os terminais de ligação e parafusos sextavados devem suportar, sem avarias na rosca ou ruptura de qualquer parte dos componentes, as torções mínimas indicadas na Tabela 9.

Nos projetos dos transformadores deve ser previsto reforço estrutural para sustentação dos terminais de ligação de baixa tensão, a fim de evitar danos aos mesmos quando da instalação dos condutores de baixa tensão (BT).

9.4.1 Bucha isolante primária

As buchas isolantes primárias devem ser do tipo cavidade para inserção (poço), próprias para o uso de para-raios e terminais desconectáveis tipo cotovelo (TDC), de classe de tensão adequada, do tipo “load break”, com dispositivo para instalação dos grampos de fixação dos TDC, conforme IEEE 386 e Desenho 3, com corrente nominal de:

- 15,0 kV e 24,2 kV: 200 ampères (A);

- 34,5 kV: 600 ampères (A).

O poço de inserção deve ter dispositivo para fixação dos grampos dos terminais “dead break”.

NOTAS:

- XXX. As buchas isolantes tipo poço, fornecida nos transformadores de distribuição, devem ser providas, obrigatoriamente, das suas respectivas coberturas protetoras;
- XXXI. As buchas primárias devem ser intercambiáveis, mesmo sendo fornecidas por fabricante diferentes.

9.4.2 Bucha isolante e terminal secundário


Os invólucros isolantes das buchas secundarias devem ser confeccionados em porcelana vitrificada ou de material polimérico de alto desempenho, nas cores:

- Marrom, notação Munsell 5,0 YR 3,0/3,0 ou notação RAL 8016; ou
- Cinza-claro, notação Munsell 5BG 7.0/0.4 ou notação RAL 7047.

As características compatíveis dos invólucros devem estar em conformidade com ABNT NBR 5034 e ABNT NBR 16856, com níveis de isolamento e distâncias de escoamento em conformidade com a Tabela 10.

Os terminais de ligação secundários devem ser do tipo bandeira (Spade) com 2 ou mais furos, no padrão tipo NEMA, conforme Desenhos 4 e 5 e ABNT NBR 16856, confeccionados em liga de cobre ou cobre eletrolítico, revestido por imersão a quente, com camada mínima em:

- Estanho: 8,0 µm para qualquer amostra e de 12 µm para a média das amostras;
- Prata: 2,0 µm.



E devem possuir condutividade mínima 25 % IACS a 20 °C, não pode haver soldas ou emendas nos terminais.

9.4.3 Terminal de neutro

O condutor de neutro do enrolamento de tensão secundária deverá ser ligado a uma barra de material condutor, em aço inox ou cobre eletrolítico, com capacidade de condução de corrente não inferior à dos terminais de tensão secundária, soldada na face interna da parede do transformador.

Externamente, o terminal de neutro, em aço inoxidável, deverá ser soldado na mesma parede do tanque, em posição simétrica oposta à barra interna, conforme Desenho 6.

A ligação interna deverá ser facilmente desfeita preferencialmente através da abertura de inspeção, ou através da abertura de fixação da válvula de alívio de pressão, quando possível.

9.5 Dispositivo de aterramento


Os transformadores de distribuição devem possuir, na parte inferior do tanque, próximo à base, 1 (um) dispositivos de aterramento confeccionado em material não ferroso ou inoxidável, conforme indicado no Desenho 7, que permitam fácil ligação a terra, condutores de cobre ou alumínio.

NOTA:

- XXXII. Para transformadores de distribuição com potência nominal igual ou superior a 1.000 kVA, devem ser previstos, no mínimo, 2 (dois) dispositivos de aterramento, em posição diagonalmente oposta.

9.6 Juntas de vedação

As juntas de vedação dos transformadores de distribuição devem ser em elastômeros tipo nitrílica, fluorelastômero e/ou fluorsilicone e atender os seguintes requisitos mínimos:

- 
- a) Classe térmica: Topo do líquido isolante, conforme Tabela 4, acrescido de 40 °C;
- b) Densidade: 1,15 g/cm³ a 1,30 g/cm³;
- c) Dureza Shore A: 65 (± 5,0);
- d) Tensão de ruptura (mín.):
- Elastômero nitrílicos e fluorelastômero: 10 MPa;
 - Elastômero fluorsilicone: 2,5 MPa.
- e) Alongamento (mín.):
- Elastômero nitrílicos e fluorelastômero: 300 %;
 - Elastômero fluorsilicone: 150 %.

Os elastômeros nitrílicos devem apresentar alto teor de acrilonitrila, ou seja, teor ≥ 37 %.


9.7 Placa de identificação

O transformador de distribuição deve ser provido de placa de identificação metálica, a prova de tempo, em posição visível, sempre que possível do lado de baixa tensão (BT), conforme Desenho 1, de modo a permitir fácil leitura dos dados.

A placa de identificação deve possuir dimensões e formato A6 (105 x 148 mm), conforme Desenho 15 e ser confeccionada em:

- Aço-inoxidável com espessura 0,5 mm.; ou
- Alumínio anodizado, com espessura mínima 0,8 mm.

A fixação da placa de identificação deve ser por intermédio de rebites de material resistente à corrosão, em suporte com base que impeça a sua deformação.



A placa de identificação deve conter, no mínimo, as informações listadas a seguir, que devem ser gravadas de forma legível e indelével:

- a) “TRANSFORMADOR TIPO SUBMERSÍVEL”;
- b) Nome do fabricante e local de fabricação;
- c) Número de série de fabricação;
- d) Mês/ano de fabricação (MM/AAAA);
- e) Norma aplicável (IEEE C57.12.24)
- f) Tipo (segundo a classificação do fabricante);
- g) Número de fases (trifásico);
- h) Potência nominal, em quilovolt ampère (kVA);
- i) Frequência nominal, em Hertz (Hz);
- j) Tensão nominal, incluindo tensão das derivações, em volt (V);
- k) Níveis de isolamento, em quilovolt (kV);
- l) Impedância de curto-circuito (temperatura de referência e potência base), em porcentagem (%);
- m) Diagrama de ligações, contendo todas as tensões nominais, de derivação e respectivas correntes;
- n) Diagrama fasorial;
- o) Tipo de óleo e volume necessário, em litros (l);
- p) Massa total aproximada, em quilogramas (kg);
- q) Número do manual de instruções;
- r) QR-CODE, conforme Tabela 12;

s) Constar informação: “Produto isento de PCB”.

NOTAS:

- XXXIII. A impedância de curto-circuito (I) deve ser indicada para a derivação principal, referida à temperatura de referência. Devem ser indicadas, para cada impedância de curto-circuito, as respectivas tensões nominais ou de derivação, potência e frequência de referência;
- XXXIV. Até 01/06/2024, a placa de identificação pode possuir etiqueta indelével, do tipo autocolante, com código de barras 2D (QR CODE). A partir da data indicada, o QR-CODE deve ser gravado diretamente na placa de identificação.

9.8 Ferragens externas

As fixações externas confeccionadas em aço-carbono (porcas, arruelas, parafusos e grampos de fixação) devem ser revestidas de zinco por imersão a quente, conforme a ABNT NBR 6323 ou ASTM A153/A153M.

O zinco deve ser do tipo comum, cuja composição química compatível com ISO 752 ou ASTM B6.

Os revestimentos das peças zincadas devem estar:

- Transformadores para ambientes não-agressivos: Em conformidade com ABNT NBR 7095;
- Transformadores para ambientes agressivos: Com espessura mínima de 54 µm e massa mínima de 380 g/m², tanto individualmente quanto na média.

NOTAS:

- XXXV. São considerados áreas de ambiente agressivos, as áreas litorâneas de Sergipe e Paraíba, conforme NDU-027;
- XXXVI. É permitida a utilização de processos de proteção anticorrosivos alternativos à zincagem por imersão a quente, mediante aprovação prévia da Energisa.

Entretanto não ser admitindo, em hipótese alguma, o processo de galvanização eletrolítica.

9.9 Massa do transformador

A massa total do transformador de distribuição não deverá ultrapassar 5.500 (cinco mil e quinhentos) quilogramas.

NOTA:

XXXVII. Em equipamento que ultrapasse o valor acima, a Energisa deverá ser comunicada no momento do transporte.

10 Acessórios do transformador

Todos os acessórios do transformador devem ser possuir:


- Grau de proteção mínimo IP-68, conforme ABNT NBR IEC 60529 ou IEC 60529;
- Opera em temperatura entre: - 25 °C e + 115 °C;
- Suportar as pressões positivas e negativas do transformador;
- Ter compatibilidade com o líquido isolante.

10.1 Bujão para enchimento

O transformador de distribuição deve ser provido de bujão de enchimento, para ligação ao filtro-prensa e para enchimento do líquido isolante, instalado na tampa do transformador e ser confeccionado conforme a Desenho 8.

10.2 Dispositivo de alívio de pressão (DAP)

O transformador de distribuição deve ser provido de dispositivo de alívio de pressão (DAP), conforme ABNT NBR 16367-2 e ter formato e dimensões conforme Desenho 14, devendo ser montado na tampa do tanque.



O dispositivo de alívio de pressão (DAP) deve permitir o deslocamento do duto de descarga, sem prejuízo a pressurização do equipamento.

10.3 Dispositivo para enchimento de gás

O transformador de distribuição deve ser provido de enchimento de gás, instalado na tampa do transformador e ser confeccionado conforme a Desenho 9.

10.4 Indicador de nível de óleo (INO)

O transformador de distribuição deve ser provido de indicador de nível de óleo (INO), montado do lado de média tensão (MT) e ser compatível com a ABNT NBR 16367-5 e possuir dimensões conforme Desenho 10.

O indicador de nível de óleo (INO) deve ser confeccionado em:

- a) Corpo: em alumínio injetado, com anel rosqueável;
- b) Visor: em vidro ou policarbonato;
- c) Boia: nitropil;
- d) Elemento de fixação: aço inoxidável;
- e) Mostrador: em alumínio com fundo preto e caracteres branco;
- f) Nível de isolamento: suportar tensão aplicada contra a terra de 1.500 V, à 60 Hz;
- g) Atuação dos contatos: atuar quando ponteiro este entre 3 e 7;
- h) Número de operação: ≥ 10.000 operações;
- i) Características dos contatos:
 - Condução: 0,5 ampères (A) em 125 V_{CC} e 6,0 ampères (A) e 220 V_{CA};
 - Interrupção: 0,5 ampères (A) em 125 V_{CC} e 0,5 ampères (A) e 220 V_{CA}.

NOTA:

XXXVIII. Não será aceito indicadores de nível de óleo do tipo visor.

10.5 Manovacuômetro tipo mostrador para gás inerte

O transformador de distribuição deve ser provido de manovacuômetro tipo mostrador para gás inerte, tipo submersível, conforme ABNT NBR 14105-1, montado em posição de fácil leitura, que atenda as condições de funcionamento:

- Escala que indique a faixa de: - 1,0 kgf/cm² à + 1,0 kgf/cm², graduada em intervalos de, no máximo, 0,2 kgf/cm;
- Mostrador com diâmetro mínimo de 100 mm com inscrições indelévelis e resistentes ao calor e à umidade;
- Ponteiros de arraste para indicação da pressão máxima e mínima;
- Ímã para possibilitar retorno dos ponteiros de arraste;
- ter 2 (dois) contatos, um para sinalização de pressão acima de 0,6 kgf/cm² e outro para indicação de pressão zero.

O manovacuômetro deve ser confeccionado em:

- a) Corpo: em alumínio injetado, com anel roscável;
- b) Visor: em vidro ou policarbonato;
- c) Sensor: tipo Bourdon, em tubo de Tombak sem costura para pressão de 100 BAR;
- d) Mostrador: em alumínio com fundo branco e caracteres pretos;
- e) Faixa de cores:
 - Faixa de 0 a 0,07 kgf/cm²: Amarelo;
 - Faixa de 0,07 a 0,35 kgf/cm²: Verde;

- Faixa de 0,35 a 0,70 kgf/cm²: Vermelho.

f) Mecanismo: componentes latão e bronze fosforoso;

g) Exatidão: Classe B = $\pm 2,0$ % (ABNT/ANSI).

O manovacuômetro tipo mostrador deve possuir formato e dimensões conforme Desenho 11.

10.6 Termômetro

O transformador de distribuição deve ser provido de termômetro tipo mostrador, conforme ABNT NBR 16367-3, montado na parede lateral de maior dimensão do tanque (reversível para ambas as laterais).

O termômetro deve ser confeccionado em:

- a) Corpo: em alumínio injetado, com anel roscável;
- b) Visor: em vidro ou policarbonato;
- c) Sensor: bulbo de expansão de fluido térmico com haste rígida;
- d) Mostrador: em alumínio com fundo branco e caracteres pretos;
- e) Bourdon: tubo em aço inoxidável AISI 316 ou AISI 316L;
- f) Faixa de cores:
 - 0 °C a 85 °C: Verde;
 - 85 °C a 100 °C: Amarelo;
 - 100 °C a 120 °C: Vermelho.
- g) Ponteiros:
 - Indicador: cor preta;
 - Arraste: cor vermelha.

h) Mecanismo: componentes latão e bronze fosforoso;

i) Exatidão: Classe B = $\pm 2,0 \%$ (ABNT/ANSI).

O termômetro deve indicar a temperatura próxima à superfície do líquido isolante, que atenda as condições de:

- a) Deve ser lacrado de fábrica, com selo de integridade do fabricante. Desta forma, os contatos de alarme deverão vir já pré-ajustados em 95 °C e 105 °C para que não seja necessária à sua abertura para ajustes;
- b) Ser preferencialmente do tipo de haste reta. Alternativamente, pode ser do tipo de tubo capilar, devendo neste caso ser o tubo capilar protegido contra corrosão, abrasão e choques mecânicos por meio de uma armadura metálica flexível;
- c) Possuir ponteiro para indicar a temperatura instantânea do óleo e um ponteiro de arraste para indicar a temperatura máxima atingida num determinado período. O ponteiro de arraste deve ter ainda um dispositivo de acesso externo para seu retorno (por imã). Não será admitido sistema de retorno do ponteiro de arraste por haste que atravesse o vidro;
- d) Escala graduada de, no mínimo, 0 °C a 150 °C, em intervalos de no máximo 5,0 °C, com precisão mínima de $\pm 3,0 \%$ na faixa de 40 °C a 120 °C e em arco de 210 graus;
- e) Mostrador com diâmetro mínimo de 100 mm, com inscrições indelévels sob calor e umidade;
- f) Meios que possibilitem a aferição e calibração do instrumento, por comparação com um termômetro padrão.

O termômetro tipo mostrador deve ser compatível com o Desenho 12.

NOTA:

XXXIX. Quando instalado na parede lateral do tanque, deve ser previsto um dispositivo na face oposta.

10.7 Válvula-globo para drenagem

O transformador de distribuição deve ser provido de válvula-globo, conforme ABNT NBR 15055, para ligação filtro-prensa e drenagem do líquido isolante, na parte inferior do transformador.

A válvula-globo deve ser compatível com o Desenho 13.

11 PARTE ATIVA

11.1 Núcleo

O núcleo deve ser projetado e construído de modo a permitir o seu reaproveitamento em caso de manutenções, sem a necessidade de empregar máquinas ou ferramentas especiais.

O núcleo deve ser construído de:

- Chapas de aço silício de grão orientado, conforme a IEC 60404-8-7 ou ASTM A876/A876M;
- Metal amorfo, conforme as ASTM A900/A900M e ASTM A901.

As lâminas devem ser presas por uma estrutura apropriada que sirva como meio de centrar e firmar o conjunto núcleo-bobina, de tal modo que este não tenha movimento em qualquer direção, de maneira a garantir rigidez mecânica e evitar vibrações. Essa estrutura deve propiciar a retirada das bobinas para reparos.

O núcleo e suas ferragens de fixação devem ser aterrados, por meio de um único ponto, à massa do transformador.

Quando aplicável, os tirantes que atravessam as lâminas do núcleo devem ser isolados dessas lâminas e aterrados.

Todas as porcas dos parafusos utilizados na construção do núcleo devem ser providas de travamento mecânico ou químico.

11.2 Enrolamentos

Os enrolamentos do equipamento devem ser em condutores de cobre ou alumínio, e devem ser capazes de suportar, sem danos, os efeitos térmicos e dinâmicos provenientes de correntes de curto-circuito externos, quando o transformador for ensaiado conforme a ABNT NBR 5356-5 ou IEC 60076-5.

NOTA:


XL. Não serão aceitos transformadores com enrolamentos confeccionados a partir de materiais provenientes de reciclagem.

O acabamento das bobinas deve ser liso, uniforme, sem cantos vivos e arestas cortantes.

Os materiais isolantes empregados deverão:

- a) Conter agentes químicos antidegradantes, de maneira a assegurar a não propagação e auto extinção de chama, além da não liberação de gases tóxicos;
- b) Ser compatíveis entre si e não devem afetar nem serem afetados pelo óleo isolante;
- c) Não sofrer deterioração indevida, quando submetidos à temperatura resultante da operação do equipamento em regime contínuo de carga, necessária a uma elevação de temperatura que atinja os limites estabelecidos no item 8.7;
- d) Ser usado papel termo estabilizado neutro sem impregnação ou parcialmente impregnado com epóxi de tal forma a permitir a impregnação do papel com o óleo isolante do transformador.

11.3 Sistema de comutação de tensão



O transformador de distribuição deve ter um sistema de comutação de tensões, conforme ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1, com as seguintes características:

- a) Ser projetado operarem imersos em líquido isolante e operação sem tensão;
- b) Ser de classe I e ter isolamento adequada ao nível de tensão do transformador de distribuição a ser aplicado;
- c) Ser do tipo linear ou rotativo, com acionamento rotativo, com mudança simultânea nas fases, com comando único de acionamento;
- d) Permitir as condições de carregamento em emergência do transformador, conforme a ABNT NBR 5356-7 ou IEC 60076-7.

A tampa de proteção do acionamento do comutador deve ter dispositivo antiqueda, ser de aço inoxidável ou alumínio anodizado e resistente às solicitações mecânicas inerentes às operações de retirada e fixação da mesma.


NOTA:

XLI. A tampa não pode quebrar ou sofrer danos que impeçam sua correta fixação e proteção do comutador.

As posições do sistema de comutação devem ser marcadas em baixo relevo e pintadas com tinta indelével, em cor contrastante com a do comutador. Deve possuir um sistema de travamento em qualquer posição e a indicação da derivação deve ser visível e com caracteres com altura mínima de 7,0 mm.

No acionamento do comutador, deve ser indicado, de forma indelével, que o comutador deve ser operado somente sem tensão. Adicionalmente, deve ser indicado, próximo ao acionamento do comutador, de forma visível e indelével, os dizeres “OPERAR SEM TENSÃO”, com as letras pintadas na cor vermelha, notação Munsell 5 R 4/14.

Os componentes metálicos do comutador de derivações como cupilhas e pinos devem ser de aço inoxidável ou material não ferroso.



O acionamento do comutador deve ser instalado na lateral do transformador de distribuição, em local que seja possível ter acesso após a montagem em poste e que não influa nas características elétricas do transformador.

NOTA:

- XLII. Não sendo aceitos acionamento do comutador na instalados na tampa do transformador.

12 PINTURA E MARCAÇÕES

12.1 Condições gerais

O esquema de pintura das superfícies metálicas do transformador de distribuição deve seguir os procedimentos abaixo:

- a) A pintura deve ser aplicada somente após a preparação da superfície, devendo ser utilizado o método de esguicho (“flooding”);
- b) A medida de espessura da película seca não deve contemplar a rugosidade da chapa, isto é, a espessura deve ser medida acima dos picos;
- c) O desengraxe das superfícies deve ser realizado com o uso de solventes, conforme SSPC-SP 1.

NOTAS:

- XLIII. O fabricante pode apresentar, como alternativa, outro processo de pintura, desde que este, tenha garantia mínima de 10 (dez) anos contra corrosão em ambiente tipo “industrial”, com nível de poluição “pesado”, conforme ABNT IEC TS 60815-1 ou IEC TS 60815-1. Para isso, deve também detalhar na proposta os materiais utilizados, processos, ensaios, normas e o tempo de garantia;
- XLIV. Alternativamente, as tintas mencionadas podem ser substituídas por processo de pintura eletrostático.

12.2 Acabamento interno

No acabamento interno do tanque do transformador de distribuição, devem ser observados os seguintes requisitos:

- a) As impurezas devem ser totalmente removidas por processo adequado, imediatamente após a fabricação do tanque;
- b) Deve ser aplicada base antiferruginosa, branco, notação Munsell N 9,5, que não afete nem seja afetada pelo líquido isolante;
- c) Espessura seca total mínima de 30 μm .

Os transformadores de distribuição devem ter um traço demarcatório indelével indicando o nível do líquido isolante a 25 °C, pintado em cor contrastante com o acabamento interno do tanque, do mesmo lado do suporte para fixação no poste, de maneira que seja bem visível, retirando-se a tampa do tanque.

12.3 Acabamento externo

No acabamento externo do transformador de distribuição, devem ser observados os seguintes requisitos:

- a) As impurezas devem ser removidas por processo químico, conforme ABNT NBR 15158 ou ISO 8501-4, e/ou jateamento abrasivo seco ao metal, padrão visual Sa 2.1/2, conforme ABNT NBR 7348 ou ISO 8501-1, logo após a fabricação do tanque;
- b) Em seguida, aplica-se 1ª demão de base tinta epóxi alcatrão de hulha, curada com poliamida, conforme padrão Petrobras N-1265, com espessura seca (demão) de 150 μm ;
- c) Aplica-se 2ª demão de base tinta epóxi alcatrão de hulha, curada com poliamida, conforme padrão Petrobras N-1265, com espessura seca (demão) de 150 μm ;

d) Por fim, 3ª demão de base tinta epóxi alcatrão de hulha, curada com poliamida, conforme padrão Petrobras N-1265, com espessura seca (demão) de 150 µm, na cor preta, notação Munsell N1.

e) Espessura seca total mínima de 450 µm.

12.4 Marcações e simbologia do transformador

Todas as marcações deverão ser feitas por meio de tinta resistente a umidade e sujeira, nas cores:

- Simbologia: Cor azul, notação Munsell 2.5 PB 4/10;
- Terminais de ligação: Cor amarelo (Petrobrás), notação Munsell 2,5Y8/12; e
- Demais marcações: Cor branco, notação Munsell N9,5.


12.4.1 Marcações dos terminais

As marcações dos terminais, primários e secundários, devem possuir altura dos caracteres não inferior a 30 mm e nas posições abaixo dos respectivos terminais.

Os terminais dos enrolamentos e respectivas ligações devem ser claramente identificados por meio de marcação constituída por letras e algarismos, as quais devem ser fielmente reproduzidas no diagrama de ligações:

- Terminais primários: Deve ser reservada a letra “H”, acompanhadas por números 1, 2 e 3;
- Terminais secundários: Deve ser reservada a letra “X”, acompanhadas por números 1, 2 e 3;
- Terminal de neutro: Deve ser reservada a letra “X”, acompanhada por número 0;

12.4.2 Marcação de identificação do transformador



As marcações de identificação do transformador devem possuir altura dos caracteres não inferior a 50 mm e abaixo dos terminais primários.

As marcações devem seguir a seguinte ordem:

- a) Nome do fabricante ou marca ou logotipo;
- b) Nome “ENERGISA”
- c) Tensão nominal, em quilovolt (kV) / Potência do transformador, em quilovolt-ampere (kVA);
- d) Número de série;
- e) Número patrimonial, conforme item 7.9.

12.4.3 Simbologia


O transformador de distribuição deve possuir simbologia, pintados abaixo dos terminais secundários, representadas por:

- Letras “AL” dentro de um círculo: para transformador com enrolamento de alumínio, conforme Desenho 16;
- Letras “AM” dentro de um círculo: para transformador com núcleo em metal amorfo, conforme Desenho 17;
- Letras “V” dentro de um círculo: para transformador com líquido isolante vegetal, conforme Desenho 18.

13 INSPEÇÃO E ENSAIOS


13.1 Generalidades

- a) Os materiais devem ser submetidos a inspeção e ensaios em fábrica, conforme a esta Especificação Técnica e com as normas nacionais e internacionais aplicáveis, na presença de inspetores credenciados pela Energisa, devendo a




mesma deve ser comunicada pelo fornecedor das datas em que os lotes estiverem prontos para inspeção final, completos com todos os acessórios, com antecedência de pelo menos:

- 30 (trinta) dias para fornecedor nacional; e
 - 60 (sessenta) dias para fornecedor internacional.
- b) A Energisa reserva-se ao direito de inspecionar e testar os materiais durante o período de fabricação, antes do embarque ou a qualquer tempo em que julgar necessário. O fabricante deverá proporcionar livre acesso do inspetor aos laboratórios e às instalações onde os materiais em questão estiverem sendo fabricados, fornecendo-lhe as informações solicitadas e realizando os ensaios necessários. O inspetor poderá exigir certificados de procedências de matérias-primas e componentes, além de fichas e relatórios internos de controle.
- c) O fornecedor deve apresentar, para aprovação da Energisa, o seu Plano de Inspeção e Testes (PIT), onde devem ser indicados os requisitos de controle de qualidade para utilização de matérias primas, componentes e acessórios de fornecimento de terceiros, assim como as normas técnicas empregadas na fabricação e inspeção dos equipamentos, bem como uma descrição sucinta do ensaio (constantes, métodos e instrumentos empregados e os valores esperados).
- d) O fornecedor deverá apresentar juntamente com o pedido de inspeção, a sequência de ensaios finais em fábrica, e o respectivo cronograma dia a dia dos ensaios.
- e) Os certificados de ensaio de tipo, previstos no item 13.2.1, para materiais de características similares ao especificado, porém aplicáveis, que podem ser aceitos desde que realizados em laboratórios reconhecidamente oficiais e com validade máxima de 5 (cinco) anos e que a Energisa considere que tais dados comprovem que os materiais propostos atendem ao especificado.



Os dados de ensaios devem ser completos, com todas as informações necessárias, tais como métodos, instrumentos e constantes usadas e indicar claramente as datas nas quais os mesmos foram executados. A decisão final, quanto à aceitação dos dados de ensaios de tipos existentes, será tomada posteriormente pela Energisa, em função da análise dos respectivos relatórios. A eventual dispensa destes ensaios somente terá validade por escrito.

- f) O fabricante deve dispor de pessoal e aparelhagem próprios ou contratados, necessários à execução dos ensaios. Em caso de contratação, deve haver aprovação prévia por parte da Energisa.
- g) O fabricante deve assegurar ao inspetor da Energisa o direito de familiarizar-se, em detalhes, com as instalações e equipamentos a serem utilizados, estudar todas as instruções e desenhos, verificar calibrações, presenciar ensaios, conferir resultados e, em caso de dúvida, efetuar novas inspeções e exigir a repetição de qualquer ensaio.
- h) Todos os instrumentos e aparelhos de medição, máquinas de ensaios etc., devem ter certificado de aferição emitido por instituições acreditadas pelo INMETRO ou órgão internacional compatível, válidos por um período de 24 (vinte e quatro) meses. Por ocasião da inspeção, devem estar ainda dentro deste período, podendo acarretar desqualificação do laboratório o não cumprimento dessa exigência.
- i) O fabricante deve disponibilizar para o inspetor da Energisa, no local da inspeção, todas as normas técnicas, nacionais e internacionais, em sua versão vigente, que serão utilizadas nos ensaios.
- j) A aceitação dos materiais e/ou a dispensa de execução de qualquer ensaio:
 - Não exime o fabricante da responsabilidade de fornecê-lo conforme a os requisitos desta Especificação Técnica;
 - Não invalida qualquer reclamação posterior da Energisa a respeito da qualidade do material e/ou da fabricação.



Em tais casos, mesmo após haver saído da fábrica, os materiais podem ser inspecionados e submetidos a ensaios, com prévia notificação ao fabricante e, eventualmente, em sua presença. Em caso de qualquer discrepância em relação às exigências desta Especificação Técnica, eles podem ser rejeitados e sua reposição será por conta do fabricante.

- k) Após a inspeção dos materiais/equipamentos, o fabricante deverá encaminhar à Energisa, por meio digital, um relatório completo dos ensaios efetuados, devidamente assinada por ele e pelo inspetor credenciado pela Energisa.

Esse relatório deverá conter todas as informações necessárias para o seu completo entendimento, conforme descrito no item 13.4.

- l) Todas as unidades de produto rejeitadas, pertencentes a um lote aceito, devem ser substituídas por unidades novas e perfeitas, por conta do fabricante, sem ônus para a Energisa.
- m) Nenhuma modificação nos materiais deve ser feita “a posteriori” pelo fabricante sem a aprovação da Energisa. No caso de alguma alteração, o fabricante deve realizar todos os ensaios de tipo, na presença do inspetor da Energisa, sem qualquer custo adicional.
- n) Para efeito de inspeção, os materiais devem ser divididos em lotes, devendo os ensaios serem feitos na presença do inspetor credenciado pela Energisa.
- o) O custo dos ensaios deve ser por conta do fabricante.
- p) A Energisa reserva-se o direito de exigir a repetição de ensaios em equipamentos já aprovados. Neste caso, as despesas serão de responsabilidade da Energisa, se as unidades ensaiadas forem aprovadas na segunda inspeção, caso contrário correrão por conta do fabricante.
- q) A Energisa poderá, em qualquer ocasião, solicitar a execução dos ensaios de tipo para verificar se os materiais estão mantendo as características de projeto preestabelecidas por ocasião da aprovação dos protótipos.

r) Os custos da visita do inspetor da Energisa, tais como, locomoção, hospedagem, alimentação, homem-hora e administrativos, correrão por conta do fabricante se:

- Na data indicada na solicitação de inspeção, os materiais não estiverem prontos;
- O laboratório de ensaio não atender às exigências citadas nas alíneas f) a h);
- O material fornecido necessitar de acompanhamento de fabricação ou inspeção final em subfornecedor, contratado pelo fornecedor, em localidade diferente da sua sede;
- O material necessitar de reinspeção por motivo de recusa.

NOTA:

XLV. Os fabricantes estrangeiros devem providenciar intérpretes da língua portuguesa para tratar com os representantes da Energisa, no local de inspeção, em qualquer época.


13.2 Relação de ensaios

Todos os ensaios relacionados estão constando na Tabela 14.

13.2.1 Ensaios de tipo (T)

Os ensaios de tipo (T) são constituídos dos ensaios relacionados abaixo:

- a) Ensaio de resistência dos enrolamentos, conforme item 13.3.3;
- b) Ensaio de resistência de isolamento, conforme item 13.3.4;
- c) Ensaio de relação de transformação, conforme item 13.3.5;
- d) Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases, conforme item 13.3.6;


- 
- e) Ensaio de impedância de curto-circuito, conforme item 13.3.7;
 - f) Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio, conforme item 13.3.8;
 - g) Ensaio de corrente de excitação, conforme item 13.3.9;
 - h) Ensaio de tensão suportável à frequência industrial, conforme item 13.3.10;
 - i) Ensaio de tensão induzida de curta duração, conforme item 13.3.11;
 - j) Ensaio de impulso atmosférico, conforme item 13.3.12;
 - k) Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão, conforme item 13.3.13;
 - l) Ensaio de elevação de temperatura, conforme item 13.3.14;
 - m) Ensaio de tensão de rádio interferência (TRI), conforme item 13.3.15;
 - n) Ensaio de nível de ruído, conforme item 13.3.16;
 - o) Ensaio do comutador, conforme item 13.3.17:
 - Ensaio de elevação de temperatura dos contatos;
 - Ensaio de corrente de curto-circuito;
 - Ensaio mecânicos;
 - Ensaio de tensão suportável à frequência industrial;
 - Ensaio de impulso atmosférico;
 - Intemperismo artificial;
 - Determinação das propriedades de impacto Charpy.
 - p) Ensaio do dispositivo de alívio de pressão, conforme item 13.3.18:
 - Ensaio de resistência ao vácuo;

- Ensaio de fechamento do dispositivo de alívio de pressão;
 - Ensaio de grau de proteção;
 - Espessura da película seca do revestimento anticorrosivo;
 - Aderência da película seca do revestimento anticorrosivo;
 - Ensaio de corrosão por exposição à névoa salina.
- q) Ensaio de verificação da pintura do transformador, conforme item 13.3.19:
- Ensaio de brilho;
 - Ensaio de impermeabilidade;
 - Ensaio de névoa salina;
 - Ensaio de resistência ao líquido isolante;
 - Ensaio de resistência atmosférica úmida saturada na presença de SO₂;
 - Ensaio de umidade.
- r) Ensaio físico-químico do líquido isolante, conforme ETU-189.2.

13.2.2 Ensaios de recebimento (RE)

São ensaios de recebimento (RE) são constituídos dos ensaios relacionados abaixo:

- a) Inspeção geral, conforme item 13.3.1.
- b) Verificação dimensional, conforme item 13.3.2;
- c) Ensaio de resistência dos enrolamentos, conforme item 13.3.3;
- d) Ensaio de resistência de isolamento, conforme item 13.3.4;
- e) Ensaio de relação de transformação, conforme item 13.3.5;

- 
- f) Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases, conforme item 13.3.6;
- g) Ensaio de impedância de curto-circuito, conforme item 13.3.7;
- h) Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio, conforme item 13.3.8;
- i) Ensaio de corrente de excitação, conforme item 13.3.9;
- j) Ensaio de tensão suportável à frequência industrial, conforme item 13.3.10;
- k) Ensaio de tensão induzida de curta duração, conforme item 13.3.11;
- l) Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão, conforme item 13.3.13;
- m) Ensaio de elevação de temperatura, conforme item 13.3.14;
- n) Ensaio do comutador, conforme item 13.3.17:
- Ensaio mecânicos;
 - Ensaio de sequência de operações.
- o) Ensaio do dispositivo de alívio de pressão, conforme item 13.3.18:
- Verificação da pressão de atuação;
 - Tensão aplicada entre terminais contra terra;
 - Estanqueidade e resistência à pressão.
- p) Ensaio de verificação da pintura do transformador, conforme item 13.3.19:
- Ensaio de aderência;
 - Ensaio de espessura.
- q) Ensaio das juntas de vedação, conforme item 13.3.20;
- r) Ensaio físico-químico do líquido isolante, conforme item 13.3.21;

- s) Ensaio de medição da camada de revestimento de zinco, conforme item 13.3.22;
- t) Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação, conforme item 13.3.23;
- u) Ensaio de verificação do torque nos terminais, conforme item 13.3.24.

13.2.3 Ensaio especiais (E)

São ensaios especiais (E) são constituídos dos ensaios relacionados abaixo:

- a) Ensaio de resistência dos enrolamentos, conforme item 13.3.3;
- b) Ensaio de resistência de isolamento, conforme item 13.3.4;
- c) Ensaio de relação de transformação, conforme item 13.3.5;
- d) Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases, conforme item 13.3.6;
- e) Ensaio de impedância de curto-circuito, conforme item 13.3.7;
- f) Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio, conforme item 13.3.8;
- g) Ensaio de corrente de excitação, conforme item 13.3.9;
- h) Ensaio de tensão suportável à frequência industrial, conforme item 13.3.10;
- i) Ensaio de tensão induzida de curta duração, conforme item 13.3.11;
- j) Ensaio de impulso atmosférico, conforme item 13.3.12;
- k) Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão, conforme item 13.3.13;
- l) Ensaio de elevação de temperatura, conforme item 13.3.14;
- m) Ensaio de tensão de rádio interferência (TRI), conforme item 13.3.15;
- n) Ensaio de nível de ruído, conforme item 13.3.16;

o) Ensaio do comutador, conforme item 13.3.17:

- Ensaio de elevação de temperatura dos contatos;
- Ensaio de corrente de curto-circuito;
- Ensaio mecânicos;
- Ensaio de tensão suportável à frequência industrial;
- Ensaio de impulso atmosférico;
- Intemperismo artificial;
- Determinação das propriedades de impacto Charpy;
- Ensaio mecânicos;
- Ensaio de sequência de operações.

p) Ensaio do dispositivo de alívio de pressão, conforme item 13.3.18:

- Ensaio de resistência ao vácuo;
- Ensaio de fechamento do dispositivo de alívio de pressão;
- Ensaio de grau de proteção;
- Espessura da película seca do revestimento anticorrosivo;
- Aderência da película seca do revestimento anticorrosivo;
- Ensaio de corrosão por exposição à névoa salina;
- Verificação da pressão de atuação;
- Tensão aplicada entre terminais contra terra;
- Estanqueidade e resistência à pressão.

- q) Ensaio das juntas de vedação, conforme item 13.3.20;
- r) Ensaio físico-químico do líquido isolante, conforme item 13.3.21;
- s) Ensaio de medição da camada de revestimento de zinco, conforme item 13.3.22;
- t) Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação, conforme item 13.3.23;
- u) Ensaio de verificação do torque nos terminais, conforme item 13.3.24;
- v) Ensaio de medição da impedância de sequência zero, conforme item 13.3.25;
- w) Ensaio de suportabilidade a impulso atmosférico de baixa-tensão (BT), conforme item 13.3.26;
- x) Ensaio de suportabilidade a curto-circuito, conforme item 13.3.27;
- y) Ensaio de medição de harmônicas da corrente de excitação, conforme item 13.3.28;
- z) Ensaio de medição do fator de potência do isolamento ($\text{tg } \delta$) e capacitâncias, conforme item 13.3.29.

13.3 Descrição dos ensaios

13.3.1 Inspeção geral

O inspetor deverá efetuar uma inspeção geral verificando, os seguintes itens:

- a) Presença de todos os acessórios e opcionais, conforme Ordem de Compra de Materiais (OCM);
- b) Acondicionamento e identificação das embalagens, conforme item 7.3;
- c) Etiqueta de identificação de “Isento de PCB”, conforme item 7.8;
- d) Pintura e marcações, conforme item 12 e Anexo 3;

e) Placa de identificação, conforme item 9.7.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de não-conformidade de qualquer um desses requisitos.

13.3.2 Verificação dimensional

O inspetor deverá efetuar inspeções de:

- As dimensões do equipamento e seus acessórios requeridos, conforme item 9 e Desenhos 1 e 2;
- Verificação dos terminais de ligação, conforme item 9.4 e Desenhos 3 e 7;
- Verificação da massa dos transformadores para verificação da conformidade com a indicação constante da placa de identificação.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de não conformidade de qualquer um desses requisitos.

NOTA:

XLVI. É aceitável uma variação máxima de 3,0 % entre a massa encontrada e a indicada na placa de identificação.

13.3.3 Ensaio de resistência dos enrolamentos

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Este ensaio não tem valores reprobatórios, servindo de referência para o ensaio de elevação de temperatura do transformador.

13.3.4 Ensaio de resistência de isolamento

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.



Este ensaio serve para avaliação preliminar na execução de ensaios dielétricos.

13.3.5 Ensaio de relação de transformação

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos relação de transformação que não satisfaçam as tensões primárias e secundárias especificadas na Tabela 1.

13.3.6 Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- a) Deslocamento angular: diferente de 30 °; e
- b) Sequência de fases: diferentes das marcações indicadas no transformador.

13.3.7 Ensaio de impedância de curto-circuito

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos superiores aos valores especificados pelas Tabela 5.

13.3.8 Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos superiores aos valores especificados pelas Tabela 5.

13.3.9 Ensaio de corrente de excitação

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos superiores aos valores especificados pelas Tabela 5.

13.3.10 Ensaio de tensão suportável à frequência industrial

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR IEC 60060-1 ou IEC 60060-1, e estar em conformidade com a ABNT NBR 5356-3 ou IEC 60076-3.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de descarga disruptiva ou qualquer dano a algum componente do transformador.

13.3.11 Ensaio de tensão induzida de curta duração


O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR IEC 60060-1 ou IEC 60060-1, e estar em conformidade com a ABNT NBR 5356-3 ou IEC 60076-3.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- a) Nível de ruído ambiente não deve exceder 100 pC;
- b) Colapso da tensão de ensaio;
- c) Valor contínuo de carga aparente em U_2 , durante o segundo período de 5,0 (cinco) minutos, exceder 300 pC em todos os terminais de medição;
- d) Nível de descargas parciais mostrar nenhuma tendência de crescimento contínuo;
- e) Nível de carga aparente não exceder $100 \text{ pC a } 1,1 U_m / \sqrt{3}$.

13.3.12 Ensaio de impulso atmosférico

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR IEC 60060-1 ou IEC 60060-1, e estar em conformidade com a ABNT NBR 5356-3 ou IEC 60076-3.



Constitui falha, se a amostra apresentar diferenças significativas entre os transitórios de corrente e tensão registrados com impulso de valor reduzido e aqueles registrados com impulso pleno constitui evidência de que o isolamento suportou o ensaio.

13.3.13 Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1, e estar em conformidade com a ABNT NBR 5356-3 ou IEC 60076-3.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de vazamento de pressão manométrica inferiores à 0,07 MPa (0,71 kgf/cm²).

13.3.14 Ensaio de elevação de temperatura

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-2 ou IEC 60076-2.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de elevações de temperatura superiores aos limites especificados no item 8.7.

13.3.15 Ensaio de tensão de rádio interferência (TRI)

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da CISPR TR 18-2.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de tensão de rádio interferência superiores aos valores estabelecidos no item 8.10.

13.3.16 Ensaio de nível de ruído

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 7277 ou IEC 60076-10.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de níveis de ruído superiores aos valores estabelecidos no item 8.12.

13.3.17 Ensaios do comutador sem tensão (CST)

13.3.17.1 Ensaio de elevação de temperatura dos contatos

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar limites de elevação de temperatura dos contatos para comutador de derivações desenergizado forem superiores a 20 °C.

13.3.17.2 Ensaio de corrente de curto-circuito

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência danificação dos contatos, de forma a evitar a continuação da operação correta na máxima corrente passante nominal.

NOTA:

- XLVII. Outras partes pelas quais há passagem de corrente não podem mostrar sinais de distorção mecânica permanente.

13.3.17.3 Ensaio mecânicos

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de falha ou desgaste indevido dos contatos ou peças mecânicas que possam levar a uma falha mecânica em operação contínua.

13.3.17.4 Ensaio de tensão suportável à frequência industrial

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de descarga disruptiva ou qualquer dano a componente do comutador.

13.3.17.5 Ensaio de impulso atmosférico

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de descarga disruptiva ou qualquer dano a componente do comutador.

13.3.17.6 Intemperismo artificial

O ensaio é aplicável no material da parte externa do comutador, se não for metálico.

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ISO 4892-1, com um tempo de exposição de 1.000 horas.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- a) Trilhamento, erosão, fissuras ou rachaduras após o período de ensaio;
- b) Perda da resistência mecânica forem serem superiores que 50 %.

13.3.17.7 Ensaio de determinação das propriedades de impacto Charpy

O ensaio é aplicável no material da parte externa do comutador, se não for metálico.

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ISO 179-1, com um tempo de exposição de 1.000 horas.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- a) Trilhamento, erosão, fissuras ou rachaduras após o período de ensaio;
- b) Perda da resistência mecânica forem serem superiores que 50 %.

13.3.17.8 Ensaios mecânicos de recebimento

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de erro na operação mecânica do comutador.

NOTA:

XLVIII. Serão aceitos relatórios de ensaios emitidos pelos fornecedores dos componentes, com prazo máximo de 12 (doze) meses.

13.3.17.9 Ensaio de sequência de operações

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de erro na operação mecânica do comutador.

NOTA:

XLIX. Serão aceitos relatórios de ensaios emitidos pelos fornecedores dos componentes, com prazo máximo de 12 (doze) meses.

13.3.18 Ensaio do dispositivo de alívio de pressão (DAP)

13.3.18.1 Ensaio de resistência ao vácuo

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- a) Falha ou desgaste indevido das peças mecânicas;
- b) Reprova no ensaio de verificação de atuação.

13.3.18.2 Ensaio de fechamento do dispositivo de alívio de pressão



O ensaio deve ser definido pelo fabricante do dispositivo de alívio de pressão.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de fechamento do dispositivo de alívio com pressão inferior a 50 % da pressão de abertura.

13.3.18.3 Ensaio de grau de proteção

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR IEC 60529 ou IEC 60529.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de grau de proteção inferiores à IP-68.

13.3.18.4 Espessura da película seca do revestimento anticorrosivo

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 10443 ou ISO 19840.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- Pontos com valor inferior a 80 % do especificado;
- Média de 5 (cinco) pontos inferiores ao valor especificado;

13.3.18.5 Aderência da película seca do revestimento anticorrosivo

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 11003 ou ISO 2409 ou ASTM D3359.

Constitui falha, se a amostra não apresentar no mínimo, o grau de aderência:

- Método A: X₁Y₁; ou
- Método B: Gr₁.

13.3.18.6 Ensaio de corrosão por exposição à névoa salina

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 17088 ou ASTM B117, com período mínimo de 1.000 horas.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- Empolamento ou defeitos similares;
- Penetração superior a 4,0 mm.

13.3.18.7 Verificação da pressão de atuação

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 16367-2.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência erro na atuação com o valor especificado.

NOTAS:

- L. A tolerância entre o valor especificado e o valor medido, não pode ultrapassar 5,0 kPa;
- LI. Serão aceitos relatórios de ensaios emitidos pelos fornecedores dos componentes, com prazo máximo de 12 (doze) meses.

13.3.19 Estanqueidade e resistência à pressão

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 16367-2.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de acionamento com valor de pressão de 15 kPa abaixo da pressão nominal.

NOTA:

- LII. Serão aceitos relatórios de ensaios emitidos pelos fornecedores dos componentes, com prazo máximo de 12 (doze) meses.

13.3.20 Ensaio de verificação da pintura do transformador

13.3.20.1 Ensaio de aderência

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 11003 ou ISO 2409 ou ASTM D3359.

Constitui falha, se a amostra não apresentar no mínimo, o grau de aderência:

- Método A: X_1Y_1 ; ou
- Método B: Gr_1 .

13.3.20.2 Ensaio de brilho

Este ensaio é exclusivo para pintura da parte externa do transformador.

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D523.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de brilho de inferior a 55 ou superior a 65.

13.3.20.3 Ensaio de espessura

Este ensaio é exclusivo para pintura da parte externa do transformador.

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 10443 ou ISO 19840.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de espessura inferiores aos especificados nos itens 12.2 e 12.3.

13.3.20.4 Ensaio de impermeabilidade

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D870, e em conformidade com a ABNT NBR 5440.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- Bolhas, enchimentos, absorção de água;

- Manchas e/ou corrosão.

13.3.20.5 Ensaio de névoa salina

Este ensaio é exclusivo para pintura da parte externa do transformador.

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 17088 ou ASTM B117, e em conformidade com a ABNT NBR 5440.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- Empolamento ou defeitos similares;
- Penetração superior a 4,0 mm.

13.3.20.6 Ensaio de resistência ao líquido isolante

Este ensaio é exclusivo para pintura da parte interna do transformador.

O ensaio consiste em:


- Preparar um painel metálico, com dimensão de 150 por 150 mm, com esquema de pintura, conforme item 12.2;
- 24 horas após a secagem da pintura, o painel deve ser imerso em líquido isolante, conforme item 9.1, a temperatura de 110 °C (± 2 °C), por período mínimo de 106 horas.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de alterações das características da pintura, machas na pintura, empolamentos ou defeitos similares.

13.3.20.7 Ensaio de resistência atmosférica úmida saturada na presença de SO₂

Este ensaio é exclusivo para pintura da parte externa do transformador.

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5440.



Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de apresentar bolhas, enchimentos, absorção de água, carregamento e não pode apresentar manchas e corrosão.

13.3.20.8 Ensaio de resistência marítima

Este ensaio é exclusivo para pintura da parte externa do transformador e aplicado aos transformadores de uso exclusivos das áreas de ambiente agressivo.

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D1014, e em conformidade com a ABNT NBR 5440.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- Empolamento ou defeitos similares;
- Penetração superior a 4,0 mm.

13.3.20.9 Ensaio de umidade

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D1735, e em conformidade com a ABNT NBR 5440.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de empolamentos ou defeitos similares.

13.3.21 Ensaio das juntas de vedação

Para todos os ensaios relacionados às juntas de vedação serão aceitos relatórios de ensaios emitidos pelos fornecedores dos componentes, com prazo máximo de 6,0 (seis) meses.

13.3.21.1 Ensaio de identificação do material

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D3677.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de identificação que caracterize o material diferente do estabelecido no item 9.6.

13.3.21.2 Ensaio de densidade

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D297.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de densidade inferiores à 1,15 g/cm³ ou superiores à 1,30 g/cm³.

13.3.21.3 Ensaio de dureza Shore A

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 7318 ou ASTM D2240 ou ISO 7619-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de dureza inferiores à 60 DB ou superiores à 70 DB.

13.3.21.4 Ensaio de cinza

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D297.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de cinza inferiores à 1,0 % ou superiores à 3,0 %.

13.3.21.5 Ensaio de enxofre livre

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D1619.

Constitui falha, se a amostra apresentar quaisquer valores medidos de enxofre livre.

13.3.21.6 Ensaio de tensão de ruptura

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D412.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de tensão de ruptura inferiores à:

- a) Elastômero nitrílicos e fluorelastômero: 10 MPa;
- b) Elastômero fluorsilicone: 2,5 MPa.

13.3.21.7 Ensaio de alongamento

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D412.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de alongamento inferiores à:

- a) Elastômero nitrílicos e fluorelastômero: 300 %;
- b) Elastômero fluorsilicone: 150 %.

13.3.21.8 Ensaio de envelhecimento térmico em ar

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D573, à temperatura de 125 °C e por período de 70 horas.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- a) Fissuras ou afloramento;
- b) Variação de dureza Shore A, superiores a 15 pontos;
- c) Variação de tensão de ruptura: diferença superior à - 25 %, quando comparado com antes do ensaio;
- d) Variação de alongamento: diferença superior a - 50 %, quando comparado com antes do ensaio.

13.3.21.9 Ensaio de envelhecimento em líquido isolante

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 11407 ou ASTM D471, à temperatura de 125 °C e por período de 70 horas.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- a) Fissuras;
- b) Variação de dureza Shore A, superiores a ± 10 pontos;

- c) Variação de tensão de ruptura: diferença superior à - 15 %, quando comparado com antes do ensaio;
- d) Variação de alongamento: diferença superior a - 30 %, quando comparado com antes do ensaio.

13.3.21.10 Ensaio de deformação permanente a compressão

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D395, com compressão de 30 %, temperatura de 100 °C e por período de 22 horas.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de:

- a) Fissuras;
- b) Variação de deformação superiores à:
 - Elastômero nitrílicos e fluorelastômero: 22 %;
 - Elastômero fluorsilicone: 35 %.

13.3.21.11 Ensaio de relaxação de relaxamento de tensão por compressão


O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D6147, por período de 168 horas a:

- Ar: 100 °C;
- Fluido isolante: 60 °C (no com 25 % de compressão).

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de variação superior à:

- a) Ar: 20 %;
- b) Fluido isolante: 15 %.

13.3.21.12 Ensaio de resistência ao ozônio



Ensaio exclusivo para elastômeros de uso externo, em contato com o ar, ou de uso combinado, em contato com o ar e líquido isolante.

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D1171, à temperatura de 25 °C, 50 pphm de ozônio e por período de 70 horas.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de trincas ou fissuras.

13.3.21.13 Ensaio de compatibilidade das juntas de vedação com líquido isolante

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 16431 ou ASTM D6871.

Constitui falha, se a amostra apresentar não-conformidade com os requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 16431 ou ASTM D6871.

13.3.22 Ensaio físico-químico do líquido isolante

13.3.22.1 Ensaio de aspecto visual

O ensaio consiste na verificação visual do líquido isolante.

Constitui falha, se a amostra apresentar aspectos escuro e/ou com materiais em suspensão.

13.3.22.2 Ensaio de cor

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 14483 ou ASTM D1500.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos da cor superiores a 1,0.

13.3.22.3 Ensaio de fator de perdas dielétricas ou fator de dissipação

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 12133 ou ASTM D924 ou IEC 60247, com temperaturas de 25° C e 100 °C.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de fator de perdas dielétricas superiores a:

- 25 °C: 0,5 %;
- 100 °C: 8,0 %.

13.3.22.4 Ensaio de índice de neutralização (IAT)

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 14248 ou ASTM D974 ou ISO 6618.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de índice de neutralização superiores a 0,06 mgKOH/g.

13.3.22.5 Ensaio de ponto de combustão

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 11341 ou ASTM D92 ou ISO 2592.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de ponto de combustão inferiores a 300 °C.

13.3.22.6 Ensaio de rigidez dielétrica por eletrodo de disco


O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 6869 ou ASTM D877/D877M.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de rigidez dielétrica inferiores a 30 kV.

NOTA:

- LIII. Alternativamente, podem ser executado o ensaio de rigidez dielétrica por eletrodo de calota, conforme ABNT NBR IEC 60156 ou IEC 60156, com resultados igual ou superior a 42 kV.

13.3.22.7 Ensaio de teor de água



O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 10710 (método B) ou ASTM D1533 ou ISO 12937.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de teor de água superiores a 300 mg/kg.

13.3.22.8 Ensaio de teor de bifenilas policloradas (PCB)

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 13882 ou ASTM D4059 ou IEC 61619.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de teor de PCB superiores a 2,0 mg/kg.

13.3.23 Ensaio de medição da camada de revestimento de zinco

Serão aceitos relatórios de ensaios emitidos pelos subfornecedores dos materiais base, com prazo máximo de 12 (doze) meses, desde que comprovada no documento a rastreabilidade do lote.

13.3.23.1 Ensaio de massa por unidade de área

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 7397 ou ASTM A90/A90M.


Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos inferiores aos especificados no item 9.8.

13.3.23.2 Ensaio de aderência da camada

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 7398 ou ASTM B571.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos inferiores aos especificados no item 9.8.

13.3.23.3 Ensaio de espessura da camada



O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 7399 ou ASTM E376.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos inferiores aos especificados no item 9.8.

13.3.23.4 Ensaio de uniformidade da camada

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 7400 ou ASTM A239.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos inferiores aos especificados no item 9.8.

13.3.24 Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação

Este ensaio é aplicável exclusivamente aos terminais de ligação de baixa tensão (BT).

Serão aceitos relatórios de ensaios emitidos pelos fornecedores dos componentes, com prazo máximo de 12 (doze) meses.

13.3.24.1 Camada de estanho

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM B545 ou ISO 2093.

Constitui falha, se a amostra apresentar não-conformidade aos requisitos estabelecidos no item 9.4.

13.3.24.2 Camada de prata

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM B700 ou ISO 4521.

Constitui falha, se a amostra apresentar não-conformidade aos requisitos estabelecidos no item 9.4.

13.3.25 Ensaio de verificação do torque nos terminais

Este ensaio é aplicável exclusivamente aos terminais de ligação de baixa tensão (BT) e neutro.

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5370, submetidos aos valores especificados na Tabela 9.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de qualquer dano ou deformação permanente nos parafusos, porcas ou componentes dos terminais ou dispositivo de aterramento.

NOTA:

LIV. Serão aceitos relatórios de ensaios emitidos pelos fornecedores dos componentes, com prazo máximo de 12 (doze) meses.

13.3.26 Ensaio de medição da impedância de sequência zero

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Este ensaio não apresenta requisitos reprobatórios. Os resultados devem ser relacionados nos relatórios.

13.3.27 Ensaio de suportabilidade a impulso atmosférico de baixa-tensão (BT)

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-4 ou IEC 60076-4, e estar em conformidade com a ABNT NBR 5440.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de descarga disruptiva ou qualquer dano à bucha de baixa tensão (BT) do transformador.

13.3.28 Ensaio de suportabilidade a curto-circuito

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-5 ou IEC 60076-5.

Constitui falha, se a amostra não suportar aos esforços de curtos-circuitos inferiores a 25 (vinte e cinco) vezes a corrente nominal do transformador.

NOTA:

LV. A empresa responsável pelo ensaio de curto-circuito deve enviar a memória de cálculo referente à máxima temperatura média atingida pelo enrolamento, após curto-circuito nas condições anteriormente estabelecidas.

13.3.29 Ensaio de medição de harmônicas da corrente de excitação

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de distorção harmônica superiores a 5,0 %.

13.3.30 Ensaio de medição do fator de potência do isolamento ($\text{tg } \delta$) e capacitâncias


O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de fator de potência do isolamento e capacitâncias inferiores à 2,5 kV.

13.4 Relatórios dos ensaios

Os relatórios dos ensaios devem ser em formulários com as indicações necessárias à sua perfeita compreensão e interpretação conforme indicado a seguir:

- a) Nome do ensaio;
- b) Nome e/ou marca comercial do fabricante;
- c) Identificação do laboratório de ensaio;

- 
- d) Certificados de aferições dos aparelhos utilizados nos ensaios, com validade máxima de 24 (vinte e quatro) meses;
 - e) Número da Ordem de Compra de Material (OCM);
 - f) Tipo e quantidade de material do lote e tipo e quantidade ensaiada;
 - g) Identificação completa do material ensaiado;
 - h) Dia, mês e ano de fabricação (DD/MM/AAAA);
 - i) Relação, descrição e resultado dos ensaios executados e respectivas normas utilizadas;
 - j) Nome do inspetor e do responsável pelos ensaios;
 - k) Instrumentos/equipamentos utilizados nos ensaios;
 - l) Indicação de normas técnicas aplicáveis;
 - m) Memórias de cálculo, com resultados e eventuais observações;
 - n) Condições ambientes do local dos ensaios;
 - o) Data de início e de término de cada ensaio;
 - p) Nomes legíveis e assinaturas dos respectivos representantes do fabricante e do inspetor da Energisa e data de emissão do relatório.

Os materiais somente serão liberados pelo inspetor após ser entregue a ele uma via dos relatórios de ensaios.

14 PLANOS DE AMOSTRAGEM

14.1 Ensaios de tipo e especiais

O plano de amostragem para os ensaios de tipo e especiais deve seguir as orientações da IEEE C57.12.24 e demais normas indicadas.

Quando não indicada, deverá ser executado em 3 (três) amostras.

14.2 Ensaios de recebimento

14.2.1 Inspeção geral e verificação dimensional

O plano de amostragem para os ensaios de inspeção geral e verificação dimensional devem seguir as orientações de 100 % (cem por cento) das amostras contidas na Ordem de Compra de Materiais (OCM) por Unidade de Negócio da Energisa.

14.2.2 Ensaio físico-químico do líquido isolante

O plano de amostragem para os ensaios físico-químico do líquido isolante deve seguir as orientações da ABNT NBR 8840 ou IEC 60475.

14.2.3 Ensaio de elevação de temperatura

O plano de amostragem para os ensaios de aquecimento deve seguir as orientações de 2 (duas) amostras, por tipo de transformador (trifásico), nível de tensão (kV) e potência nominal (kVA), contidas na Ordem de Compra de Materiais (OCM) por Unidade de Negócio da Energisa.

14.2.4 Demais ensaios

O plano de amostragem para os ensaios de recebimento de um lote está estabelecido na Tabela 13 para o produto acabado.

Se o lote a ser fornecido for constituído por mais de 90 (noventa) unidades, essa quantidade deve ser dividida em vários lotes com menor número, cada um deles contendo até 50 (cinquenta) unidades.

As amostras que tenham sido submetidos a ensaios de recebimento que possam ter afetado suas características elétricas e/ou mecânicas não devem ser utilizados em serviço.

15 ACEITAÇÃO E REJEIÇÕES

15.1 Ensaios de tipo e especiais

Os ensaios de tipo e especiais serão aceitos se todos os resultados forem satisfatórios.

Se ocorrer uma falha em um dos ensaios o fabricante pode apresentar nova amostra para ser ensaiada. Se esta amostra apresentar algum resultado insatisfatório, os materiais não serão aceitos.

15.2 Ensaios de recebimento

O lote inspecionado será aceito se:

- a) Nos ensaios de recebimento, os resultados dos ensaios estiverem com os critérios estabelecidos na Tabela 13;
- b) Os resultados dos ensaios de recebimento estiverem compatíveis com os correspondentes dos demais ensaios de tipo e com os valores garantidos pelo fabricante no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas.

Em um lote rejeitado no recebimento, será dado ao fornecedor o direito de ensaiar individualmente todos os equipamentos, eliminando os defeituosos e apresentar os demais para novos ensaios de recebimento na presença do inspetor, neste caso, a nova amostragem fica a critério da Energisa, para confirmar os resultados dos relatórios dos ensaios feitos pelo próprio fabricante.

Caso aprovado, as unidades defeituosas devem ser substituídas por novas. E em caso de nova reprova, o lote será recusado por completo.

A rejeição do lote, em virtude de falhas constatadas nos ensaios, não dispensa o fornecedor de cumprir as datas de entrega prometidas. Se a rejeição tornar impraticável a entrega do material nas datas previstas, ou se tornar evidente que o fornecedor não será capaz de satisfazer as exigências estabelecidas nesta Especificação, a Energisa se reserva o direito de rescindir todas as suas obrigações e de obter o material de outro fornecedor. Em tais casos, o fornecedor será considerado infrator do contrato e estará sujeito às penalidades aplicáveis.

NOTA:

- LVI. Para unidades defeituosas que porventura possam ser recuperadas e/ou retrabalhadas, e que sejam aprovadas em todos os ensaios, podem ser encaminhados a Energisa para uso no Sistemas Elétricos de Potência (SEP).

16 NOTAS COMPLEMENTARES

A presente Especificação Técnica não invalida qualquer outra da ABNT ou de outros órgãos competentes, mesmo a partir da data em que a mesma estiver em vigor. Todavia, em qualquer ponto onde surgirem divergências entre esta Especificação Técnica e as normas dos órgãos citados, prevalecerão as exigências mínimas aqui estabelecidas.

Em caso de divergência, esta Especificação Técnica prevalecerá sobre as outras de mesma finalidade editadas anteriormente.

Quaisquer críticas e/ou sugestões para o aprimoramento desta Especificação Técnica serão analisadas e, caso sejam válidas, incluídas ou excluídas deste texto.


As sugestões deverão ser enviadas à Energisa pelo e-mail:

normas.tecnicas@energisa.com.br

17 HISTÓRICO DE VERSÕES DESTE DOCUMENTO

| Data | Versão | Descrição das alterações realizadas |
|------------|--------|--|
| 15/07/2021 | 0.0 | <ul style="list-style-type: none">1ª edição. |
| 01/10/2023 | 1.0 | <ul style="list-style-type: none">Revisão geral. |
| 01/03/2024 | 1.1 | <ul style="list-style-type: none">Alteração do item 7.6. |

18 VIGÊNCIA



Esta Especificação Técnica entra em vigor na data de 01/07/2024 e revoga as documentações anteriores do grupo Energisa.

19 TABELAS

TABELA 1 - Características elétricas dos transformadores de distribuição submersível



Imagem meramente ilustrativa

| Código Energisa | Potência nominal | Tensão nominal MT | Classe de tensão | Tensão nominal BT | Tipo de terminal de MT | Tipo de terminal de BT | Empresa |
|-----------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|--------------------------------|------------------------|-----------|
| | (kVA) | (kV) | | (V) | | | |
| 690977 | 150 | 11,4 | 15,0 | 220/127 | Cavidade para inserção - 200 A | T3 - 800 A | EMR / ESS |
| 690978 | 300 | | | | | | |
| 690979 | 500 | | | | | | |
| 690980 | 750 | | | | | | |
| 690981 | 1.000 | | | | | | |

TABELA 1 - Características elétricas dos transformadores de distribuição submersível - Continuação

| Código Energisa | Potência nominal | Tensão nominal MT | Classe de tensão | Tensão nominal BT | Tipo de terminal de MT | Tipo de terminal de BT | Empresa |
|-----------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|--------------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| | (kVA) | (kV) | | (V) | | | |
| 690982 | 150 | 11,4 | 15,0 | 380/220 | Cavidade para inserção - 200 A | T3 - 800 A | EMR |
| 690983 | 300 | | | | | | |
| 690984 | 500 | | | | | | |
| 690985 | 750 | | | | | | |
| 690986 | 1.000 | | | | | | |
| 690987 | 150 | 13,8 | 15,0 | 220/127 | Cavidade para inserção - 200 A | T3 - 800 A | EAC / EMS / EMT / ERO / ESE / ESS |
| 690988 | 300 | | | | | | |
| 690989 | 500 | | | | | | |
| 690990 | 750 | | | | | | |
| 690991 | 1.000 | | | | | | |
| 690992 | 150 | 13,8 | 15,0 | 380/220 | Cavidade para inserção - 200 A | T3 - 800 A | EMS / EMT / EPB / ETO |
| 690993 | 300 | | | | | | |
| 690994 | 500 | | | | | | |
| 690995 | 750 | | | | | | |
| 690996 | 1.000 | | | | | | |

TABELA 1 - Características elétricas dos transformadores de distribuição submersível - Continuação

| Código Energisa | Potência nominal | Tensão nominal MT | Classe de tensão | Tensão nominal BT | Tipo de terminal de MT | Tipo de terminal de BT | Empresa |
|-----------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|--------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| | (kVA) | (kV) | | (V) | | | |
| 690997 | 150 | 22,0 | 24,2 | 220/127 | Cavidade para inserção - 200 A | T3 - 800 A | EMR / EMS |
| 690998 | 300 | | | | | 2.000 A | |
| 690999 | 500 | | | | | 3.150 A | |
| 691000 | 750 | | | | | | |
| 691001 | 1.000 | | | | | | |
| 691004 | 150 | 34,5 | 36,2 | 220/127 | Cavidade para inserção - 200 A | T3 - 800 A | EAC / EMS / EMT / ERO / ESS |
| 691005 | 300 | | | | | 2.000 A | |
| 691006 | 500 | | | | | 3.150 A | |
| 691007 | 750 | | | | | | |
| 691008 | 1.000 | | | | | | |
| 691009 | 150 | 34,5 | 36,2 | 380/220 | Cavidade para inserção - 200 A | T3 - 800 A | EMS / EMT / ETO |
| 691010 | 300 | | | | | 2.000 A | |
| 691011 | 500 | | | | | | |
| 691012 | 750 | | | | | | |
| 691013 | 1.000 | | | | | | |

TABELA 2 - Níveis de isolamento

| Tensão máxima do equipamento | Tensão suportável nominal à frequência industrial | Tensão suportável nominal de impulso atmosférico | Espaçamento mínimo no ar | |
|------------------------------|---|--|--------------------------|-----------|
| | | | Fase-Terra | Fase-Fase |
| (kV _{ef}) | | (kV _{cr}) | (mm) | |
| 1,2 (NOTA 1) | 10 | 30 | 25 | |
| 15,0 | 34 | 95 | 130 | 140 |
| 24,2 | 50 | 125 | 200 | 230 |
| 36,2 | | 150 | | |

NOTAS:

- I. O nível de isolamento correspondente a 1,2 kV só é aplicável à baixa-tensão do transformador;
- II. Correspondem a valores mínimos a serem fabricados; valores superiores admissíveis constam na ABNT NBR 5356-3 ou IEC 60076-3;

TABELA 3 - Derivações e relações de tensões

| Tipo | Tensão sistema | Quant. | Derivações (taps) |
|-----------|----------------|--------|-----------------------------------|
| | (kV) | | Tensões nominais |
| | | | (V) |
| Trifásica | 11,4 | 4 | 12.000 / 11.400 / 10.800 / 10.200 |
| | 13,8 | | 14.400 / 13.800 / 13.200 / 12.600 |
| | 22,0 | | 23.100 / 22.000 / 20.900 / 19.800 |
| | 34,5 | | 36.000 / 34.500 / 33.000 / 31.500 |

NOTA:

- I. Os valores em destaque correspondem aos valores de tensão nominal.

TABELA 4 - Limites de elevação de temperatura

| Temperatura | Limites de elevação de temperatura | | |
|--|------------------------------------|---------------|---------------|
| | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 |
| | (°C) | | |
| Classe térmica mínima da isolação dos enrolamentos | 120 | 130 | 140 |
| Média dos enrolamentos | 65 | 75 | 85 |
| Ponto mais quente dos enrolamentos | 80 | 90 | 100 |
| Óleo isolante (topo do óleo) | 60 | 70 | 80 |
| Temperatura de referência das perdas totais e impedância | 85 | 95 | 105 |

NOTA:

- I. A isolação dos enrolamentos pode ser em papel kraft neutro ou termo estabilizado compatível com o líquido isolante.

TABELA 5 - Valores de perdas, correntes de excitação e tensões de curto-circuito

| | Potência nominal | Nível de eficiência | Perda máximas | | Rendimento mínimo C=0,5 e Fp=0,92 | Corrente de excitação máxima (I _o) | Tensão de curto-circuito |
|--------------------------|------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|---|---|--------------------------|
| | (kVA) | | em vazio (P _o) | totais (P _t) | | | |
| | | | (W) | | | | |
| Classe de tensão - 15 kV | 150 | A | 245 | 1.500 | 99,20 | 2,30 | 4,00 |
| | | B | 285 | 1.655 | 99,10 | | |
| | | C | 350 | 1.880 | 98,95 | | |
| | | D | 420 | 2.110 | 98,79 | | |
| | 300 | A | 410 | 2.610 | 99,31 | 1,90 | 4,50 |
| | | B | 475 | 2.885 | 99,23 | | |
| | | C | 585 | 3.275 | 99,10 | | |
| | | D | 700 | 3.670 | 98,97 | | |
| | 500 | A | 1.080 | 7.000 | 98,90 | 1,80 | 5,50 |
| | | B | 1.593 | 7.800 | 98,65 | | |
| | | C | 1.593 | 8.820 | 98,54 | | |
| | | D | 1.800 | 9.000 | 98,46 | | |
| | 750 | A | 1.510 | 9.600 | 98,99 | 1,70 | 6,00 |
| | | B | 2.160 | 10.260 | 98,80 | | |
| | | C | 2.160 | 11.760 | 98,70 | | |
| | | D | 2.400 | 12.000 | 98,63 | | |
| 1.000 | A | 1.860 | 11.960 | 99,06 | 1,50 | 6,00 | |
| | B | 2.600 | 12.700 | 98,90 | | | |
| | C | 2.600 | 14.300 | 98,81 | | | |
| | D | 2.900 | 14.600 | 98,75 | | | |

TABELA 5 - Valores de perdas, correntes de excitação e tensões de curto-circuito - Continuação

| Potência nominal (kVA) | Nível de eficiência | Perda máximas | | Rendimento mínimo C=0,5 e Fp=0,92 | Corrente de excitação máxima (I _o) | Tensão de curto-circuito | |
|----------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|---|---|--------------------------|------|
| | | em vazio (P _o) | totais (P _t) | | | | |
| | | (W) | | | | | (%) |
| Classe de tensão - 24,2 kV | 150 | A | 270 | 1.605 | 99,13 | 2,60 | 4,00 |
| | | B | 310 | 1.770 | 99,03 | | |
| | | C | 380 | 2.010 | 98,87 | | |
| | | D | 450 | 2.250 | 98,71 | | |
| | 300 | A | 435 | 2.740 | 99,27 | 2,10 | 5,00 |
| | | B | 505 | 3.030 | 99,18 | | |
| | | C | 620 | 3.440 | 99,05 | | |
| | | D | 735 | 3.845 | 98,92 | | |
| | 500 | A | 1.160 | 7.460 | 98,82 | 2,10 | 5,50 |
| | | B | 1.900 | 8.200 | 98,51 | | |
| | | C | 1.900 | 9.250 | 98,40 | | |
| | | D | 2.100 | 9.445 | 98,32 | | |
| | 750 | A | 1.625 | 9.900 | 98,94 | 1,80 | 6,00 |
| | | B | 2.600 | 10.870 | 98,67 | | |
| | | C | 2.600 | 12.400 | 98,56 | | |
| | | D | 2.900 | 12.700 | 98,47 | | |
| 1.000 | A | 2.000 | 12.280 | 99,02 | 1,60 | | |
| | B | 3.150 | 13.430 | 98,77 | | | |
| | C | 3.150 | 15.050 | 98,69 | | | |
| | D | 3.500 | 15.400 | 98,61 | | | |

TABELA 5 - Valores de perdas, correntes de excitação e tensões de curto-circuito - Continuação

| | Potência nominal | Nível de eficiência | Perda máximas | | Rendimento mínimo C=0,5 e Fp=0,92 | Corrente de excitação máxima (I _o) | Tensão de curto-circuito |
|----------------------------|------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|---|---|--------------------------|
| | (kVA) | | em vazio (P _o) | totais (P _t) | | | |
| | | | (W) | | | | |
| Classe de tensão - 36,2 kV | 150 | A | 295 | 1.720 | 99,06 | 2,80 | 4,00 |
| | | B | 340 | 1.895 | 98,95 | | |
| | | C | 405 | 2.145 | 98,80 | | |
| | | D | 475 | 2.395 | 98,63 | | |
| | 300 | A | 495 | 2.900 | 99,21 | 2,20 | 5,00 |
| | | B | 565 | 3.195 | 99,12 | | |
| | | C | 675 | 3.615 | 98,99 | | |
| | | D | 790 | 4.035 | 98,85 | | |
| | 500 | A | 1.400 | 7.860 | 98,71 | 2,30 | |
| | | B | 2.270 | 8.730 | 98,34 | | |
| | | C | 2.270 | 9.870 | 98,22 | | |
| | | D | 2.520 | 10.120 | 98,11 | | |
| | 750 | A | 1.950 | 10.480 | 98,83 | 2,00 | 6,00 |
| | | B | 3.150 | 11.680 | 98,49 | | |
| | | C | 3.150 | 13.250 | 98,38 | | |
| | | D | 3.500 | 13.600 | 98,28 | | |
| | 1.000 | A | 2.400 | 12.930 | 98,92 | 1,70 | |
| | | B | 3.780 | 14.300 | 98,63 | | |
| | | C | 3.780 | 16.080 | 98,53 | | |
| | | D | 4.200 | 16.500 | 98,44 | | |

TABELA 6 - Tolerâncias

| Características especificadas | Tolerância |
|--|--|
| Impedância de curto-circuito dos enrolamentos | ± 7,5 % |
| Perdas em vazio | + 10 % (NOTA 1) |
| Perdas totais | + 6,0 % (NOTA 1) |
| Relação de tensão em qualquer derivação | ± 0,5 % |
| Relação de tensão em transformadores providos de derivação. Quando a espira for superior a 0,5 % da tensão de derivação respectiva, a tolerância especificada aplica-se ao valor de tensão correspondente à espira completa mais próxima | ± 1/10 da impedância de curto-circuito expressa em porcentagem |
| Corrente de excitação | + 20 % |

NOTA:

- I. Tolerância por componente de perda (vazio e carga) porém a tolerância para a perda total não pode ser excedida.

TABELA 7 - Nível máximo de ruído dos transformadores

| Potência nominal do transformador (kVA) | Nível máximo de ruído (dB) |
|--|-------------------------------|
| 101 a 300 | 55 |
| 301 a 500 | 56 |
| 501 a 750 | 57 |
| 751 a 1.000 | 58 |

TABELA 8 - Espessura mínima da chapa de aço

| Componente | Espessura |
|------------------|-----------|
| | (mm) |
| Paredes laterais | 6,35 |
| Tampa e fundo | 9,53 |
| Tubos | 1,60 |
| Radiadores | 2,28 |

NOTA:

- I. As espessuras estão sujeitas às tolerâncias da ABNT NBR 6650.

TABELA 9 - Momento de torção dos parafusos

| Tipo da rosca | Torque mínimo | |
|---------------|---------------|---------|
| | (N.m) | (kgf.m) |
| M10 | 16,70 | 1,70 |
| M12 | 28,20 | 2,88 |
| M16 | 76,00 | 7,75 |

TABELA 10 - Características elétricas dos invólucros isolantes secundários

| Tensão nominal | Corrente nominal | Tensão suportável nominal à frequência industrial | Impulso atmosférico | Distância de arco externo mínima | Distância de escoamento |
|---------------------|------------------|---|---------------------|----------------------------------|-------------------------|
| (kV _{ef}) | (A) | (kV _{ef}) | (kV _{cr}) | (mm) | |
| 1,3 | 400 | 10 | 30 | 60 | 65 |
| | 800 | | | 81 | 87 |
| | 2.000 | | | 65 | 80 |

TABELA 11 - Características elétricas dos terminais secundários

| Transformador trifásico | Potência nominal | Tensão nominal da bucha | Tipo de terminal / Corrente nominal do terminal | |
|-------------------------|------------------|-------------------------|---|-----------|
| | | | 220/127 V | 380/220 V |
| | (kVA) | (kV) | (A) | |
| | 150 | 1,3 | T3 - 800 | T3 - 800 |
| | 300 | | | |
| | 500 | | 2.000 | 2.000 |
| | 750 | | | |
| | 1.000 | | | |

TABELA 12 - Informações constantes no QR-Code

| Linha | Significado da informação | Número de caracteres | Gravação no QR-CODE |
|-------|--|---|--------------------------------------|
| 1 | Código do transformador | 10 numéricos | Ex.: 0020004412 |
| 2 | CRC do fabricante | 10 numéricos | Ex.: 0001234567 |
| 3 | Referência do material (do fabricante) | Máximo 30 (alfanuméricos, hifens, barras, espaço) | O mesmo da homologação dos materiais |
| 4 | Dia/mês/ano de fabricação | 10 (numéricos e barras) | Ex.: DD/MM/AAAA |
| 5 | Número de série | Conforme padrão do fornecedor | |
| 6 | Número de fases | 02 numéricos | Ex.: 05 |
| 7 | Potência nominal (kVA) | 03 numéricos | Ex.: 300 |
| 8 | Tensão (kV) | 4 (numéricos e virgula) | Ex.1: 34,5 Ex.2: 19,9 |
| 9 | Número de patrimonial | 10 numéricos | Ex.: 5603002010 |
| 10 | Número da ordem de compra | 15 (alfanuméricos, espaço e barras) | Ex.: 4400004444/2016 |

TABELA 13 - Plano de amostragem para ensaios de recebimento

| Tamanho do lote | <ul style="list-style-type: none"> • Corrente de excitação; • Deslocamento angular e sequência de fases; • Funcionamento do comutador; • Impedância de curto-circuito; • Perdas em carga e perdas em vazio; • Relação de transformação; • Resistência de isolamento; • Resistência dos enrolamentos; | | | <ul style="list-style-type: none"> • Aderência e espessura da pintura; • Compatibilidade das juntas de vedação com o líquido isolante; • Ensaio da válvula de alívio de pressão interna; • Junta de vedação; • Revestimento de zinco; • Revestimento dos terminais de ligação; • Estanqueidade e resistência a pressão a frio; • Verificação do torque nos terminais. | | | <ul style="list-style-type: none"> • Físico-químico do líquido isolante; • Tensão aplicada; • Tensão induzida. | | |
|-----------------|--|----|----|---|----|----|---|----|----|
| | Amostragem dupla normal Nível de inspeção S1 NQA 6,5 % | | | Amostragem dupla normal Nível de inspeção S3 NQA 6,5 % | | | Amostragem simples normal Nível de inspeção S3 NQA 1,0 % | | |
| | Amostra | Ac | Re | Amostra | Ac | Re | Amostra | Ac | Re |
| 2 a 15 | 3 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 3 | 0 | 1 |
| 16 a 50 | 5 | 0 | 1 | 3 | 0 | 1 | 5 | 0 | 1 |
| 51 a 90 | 8 | 0 | 1 | 5 | 0 | 1 | 8 | 0 | 1 |

Legenda:

Ac - número de aceitação;

Re - número de rejeição.

TABELA 14 - Relação de ensaios

| Item | Descrição dos ensaios | Tipo de ensaio |
|---------|---|----------------|
| 13.3.1 | Inspeção geral | RE |
| 13.3.2 | Verificação dimensional | RE |
| 13.3.3 | Ensaio de resistência dos enrolamentos | T / RE / E |
| 13.3.4 | Ensaio de resistência de isolamento | T / RE / E |
| 13.3.5 | Ensaio de relação de transformação | T / RE / E |
| 13.3.6 | Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases | T / RE / E |
| 13.3.7 | Ensaio de impedância de curto-circuito | T / RE / E |
| 13.3.8 | Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio | T / RE / E |
| 13.3.9 | Ensaio de corrente de excitação | T / RE / E |
| 13.3.10 | Ensaio de tensão suportável à frequência industrial | T / RE / E |
| 13.3.11 | Ensaio de tensão induzida de curta duração | T / RE / E |
| 13.3.12 | Ensaio de impulso atmosférico | T / E |
| 13.3.13 | Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão | T / RE / E |
| 13.3.14 | Ensaio de elevação de temperatura | T / RE / E |
| 13.3.15 | Ensaio de tensão de rádio interferência (TRI) | T / E |
| 13.3.16 | Ensaio de nível de ruído | T / E |
| 13.3.17 | Ensaio do comutador | T / RE / E |
| 13.3.18 | Ensaio do dispositivo de alívio de pressão | T / RE / E |
| 13.3.19 | Ensaio de verificação da pintura do transformador | T / RE |
| 13.3.20 | Ensaio das juntas de vedação | RE / E |
| 13.3.21 | Ensaio físico-químico do líquido isolante | RE / E |
| 13.3.22 | Ensaio de medição da camada de revestimento de zinco | RE / E |
| 13.3.23 | Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação | RE / E |

TABELA 14 - Relação de ensaios - Continuação

| Item | Descrição dos ensaios | Tipo de ensaio |
|---------|--|----------------|
| 13.3.24 | Ensaio de verificação do torque nos terminais | RE / E |
| 13.3.25 | Ensaio de medição da impedância de sequência zero | E |
| 13.3.26 | Ensaio de suportabilidade a impulso atmosférico de baixa-tensão (BT) | E |
| 13.3.27 | Ensaio de suportabilidade a curto-circuito | E |
| 13.3.28 | Ensaio de medição de harmônicas da corrente de excitação | E |
| 13.3.29 | Ensaio de medição do fator de potência do isolamento ($\text{tg } \delta$) e capacitâncias | E |

Legenda:

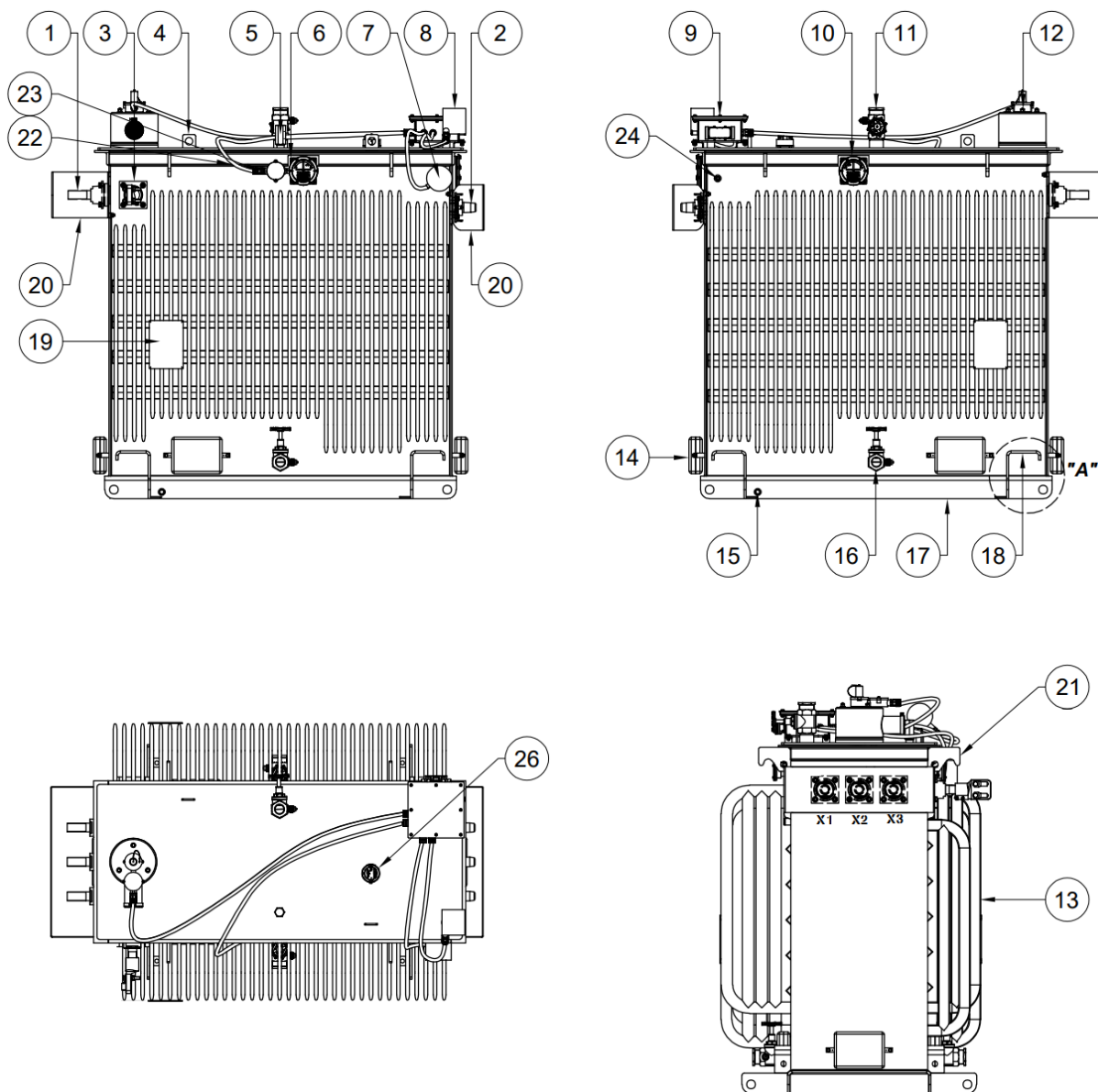
T - Ensaio de tipo;

RE - Ensaio de recebimento;

E - Ensaio especial.

20 DESENHOS

DESENHO 1 - Transformador de distribuição submersível



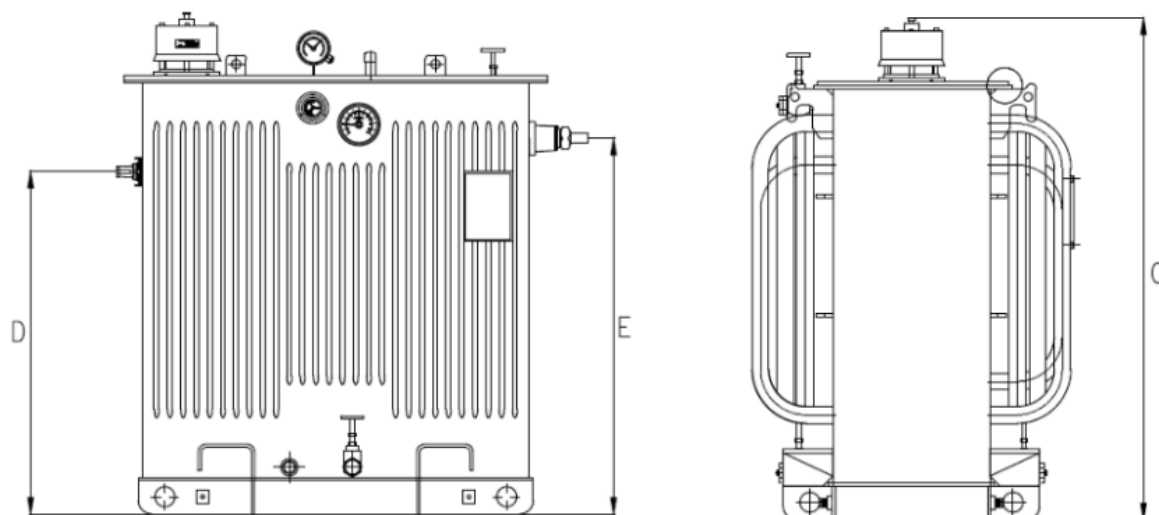
Legenda:

- | | |
|----------------------------|--|
| 1) Buchas secundárias (BT) | 4) Olhal de içamento da tampa |
| 2) Buchas primárias (MT) | 5) Válvula de enchimento de gás |
| 3) Bucha de neutro | 6) Indicador de nível de óleo com contatos |

DESENHO 1 - Transformador de distribuição submersível - Continuação

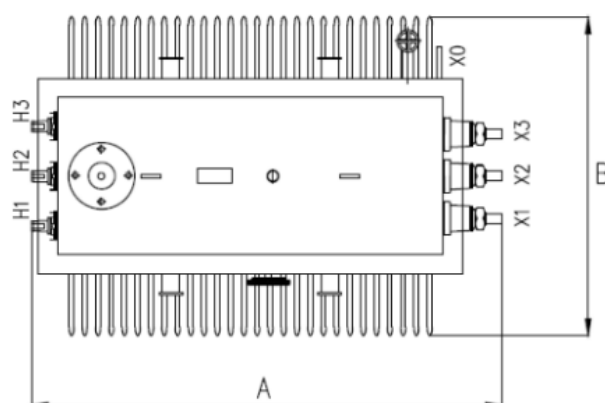
- | | |
|---|--------------------------------------|
| 7) Termômetro c/ contatos | 17) Base do transformador |
| 8) Manovacuômetro c/ contatos | 18) Apoio para macaco |
| 9) Caixa para contatos c/ tomada | 19) Placa de identificação |
| 10) Indicador de nível de óleo sem contatos | 20) Proteção para buchas |
| 11) Válvula globo para enchimento de óleo | 21) Gancho de içamento |
| 12) Válvula de alívio c/ contatos | 22) Cabo dos contatos |
| 13) Radiadores | 23) Prensa cabo |
| 14) Anodo de sacrifício aparafusado | 24) Poço para termômetro |
| 15) Terminal de aterramento | 25) Indicador de nível de óleo |
| 16) Válvula globo para retirada de óleo | 26) Comutador de acionamento externo |

DESENHO 2 - Características dimensionais do transformador de distribuição submersível



Vista lateral

Vista frontal



Vista superior

DESENHO 2 - Características dimensionais do transformador de distribuição submersível - Continuação

| Classe de Tensão | Potência nominal | Dimensões máxima | | | | | Peso aprox. |
|------------------|------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| | | A | B | C | D | E | |
| (kV) | (kVA) | (mm) | | | | | (kg) |
| 15,0 | 150 | 1.000 | 700 | 1.400 | 900 | 1.000 | 1.800 |
| | 300 | 1.380 | 920 | 1.705 | 1.100 | 1.200 | 2.000 |
| | 500 | 1.440 | 1.000 | 1.740 | 1.200 | 1.300 | 2.500 |
| | 750 | 1.600 | 1.150 | 2.070 | 1.300 | 1.300 | 3.200 |
| | 1.000 | 1.600 | 1.150 | 2.120 | 1.300 | 1.300 | 4.000 |

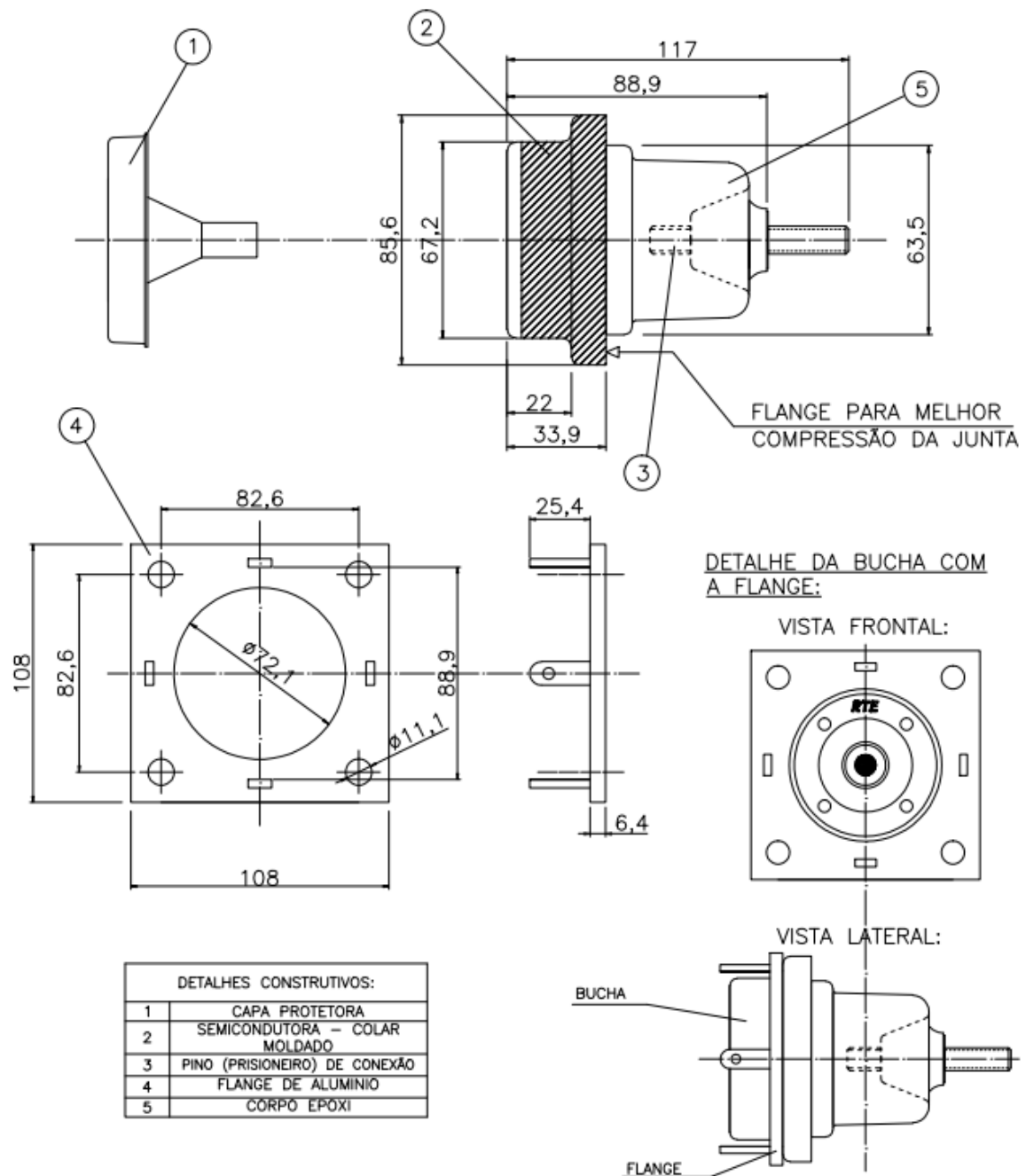
| | | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 24,2 | 150 | 1.000 | 700 | 1.600 | 1.000 | 1.000 | 1.800 |
| | 300 | 1.380 | 920 | 1.905 | 1.200 | 1.200 | 2.000 |
| | 500 | 1.440 | 1.070 | 1.940 | 1.200 | 1.300 | 2.500 |
| | 750 | 1.730 | 1.070 | 2.070 | 1.300 | 1.300 | 3.200 |
| | 1.000 | 1.730 | 1.070 | 2.070 | 1.300 | 1.300 | 4.000 |

| | | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 36,2 | 150 | 1.000 | 700 | 1.600 | 1.000 | 1.000 | 1.800 |
| | 300 | 1.380 | 920 | 1.905 | 1.200 | 1.200 | 2.000 |
| | 500 | 1.440 | 1.070 | 1.940 | 1.200 | 1.300 | 2.500 |
| | 750 | 1.730 | 1.070 | 2.070 | 1.300 | 1.300 | 3.200 |
| | 1.000 | 1.730 | 1.070 | 2.070 | 1.300 | 1.300 | 4.000 |

NOTA:

- I. Serão admitidas pequenas variações dimensionais, desde que atendidas as características mecânicas e elétricas.

DESENHO 3 - Invólucro isolante primário tipo cavidade para inserção

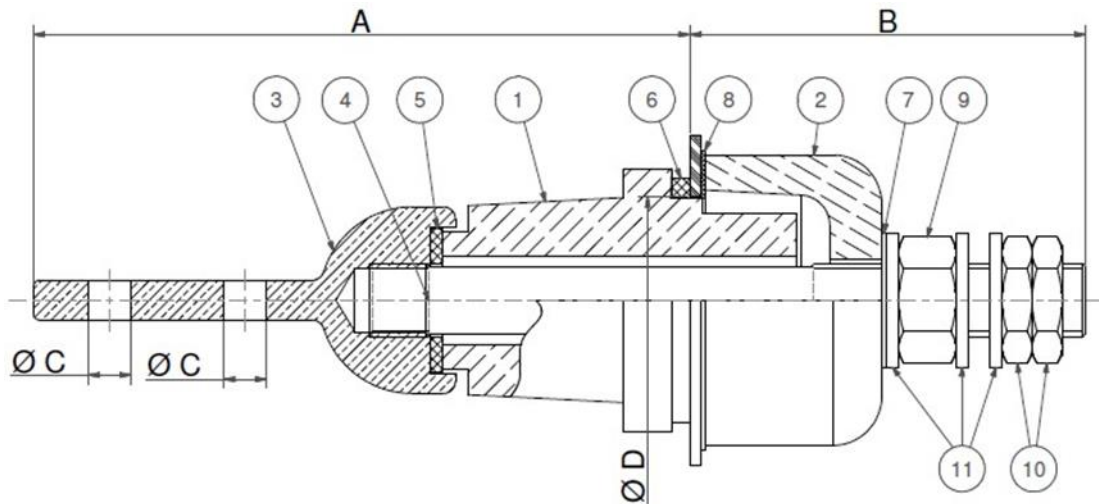


NOTAS:

- I. Dimensões em milímetros (mm);
- II. Identificação: deve ser gravado na peça de forma visível e indelével o código do componente e nome do fabricante.

DESENHO 4 - Involucro isolante secundário e terminal de ligação tipo
T3-800 A

Involucro isolante



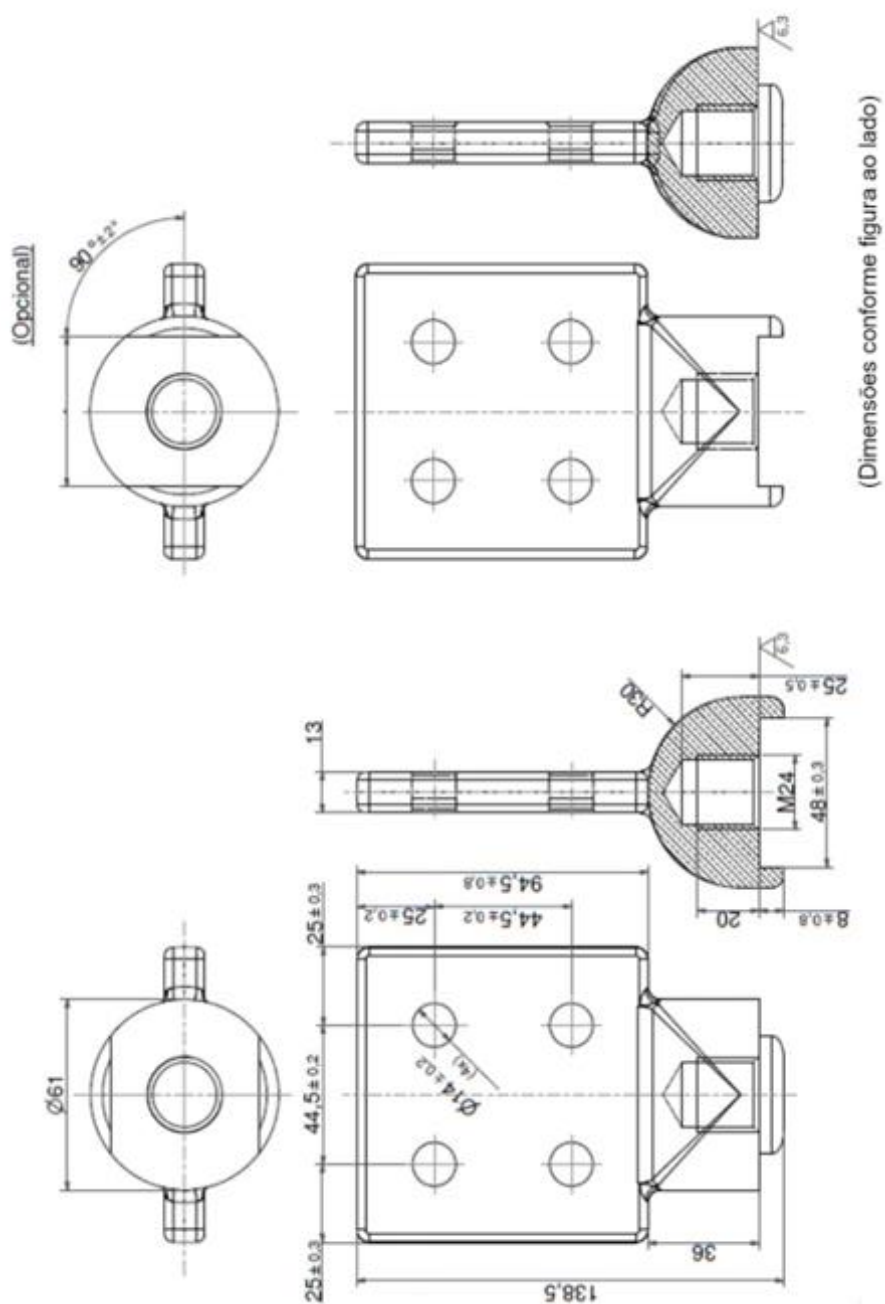
| Involucro 1,2 kV | Dimensões | | | |
|------------------|-----------|-----|----|----|
| | A | B | ØC | ØD |
| | (mm) | | | |
| 800 A (T3) | 216 | 130 | 14 | 68 |

Legenda:

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1) Corpo isolante externo | 7) Arruela menor papelão hidráulico |
| 2) Corpo isolante interno | 8) Arruela maior papelão hidráulico |
| 3) Terminal de ligação T3 | 9) Porca sextavada M24 latão |
| 4) Condutor cobre estanhado | 10) Porca sextavada chata M24 latão |
| 5) Junta superior borracha nitrílica | 11) Arruela lisa A24 latão |
| 6) Junta inferior borracha nitrílica | |

DESENHO 4 - Involucro isolante secundário e terminal de ligação tipo
T3-800 A - Continuação

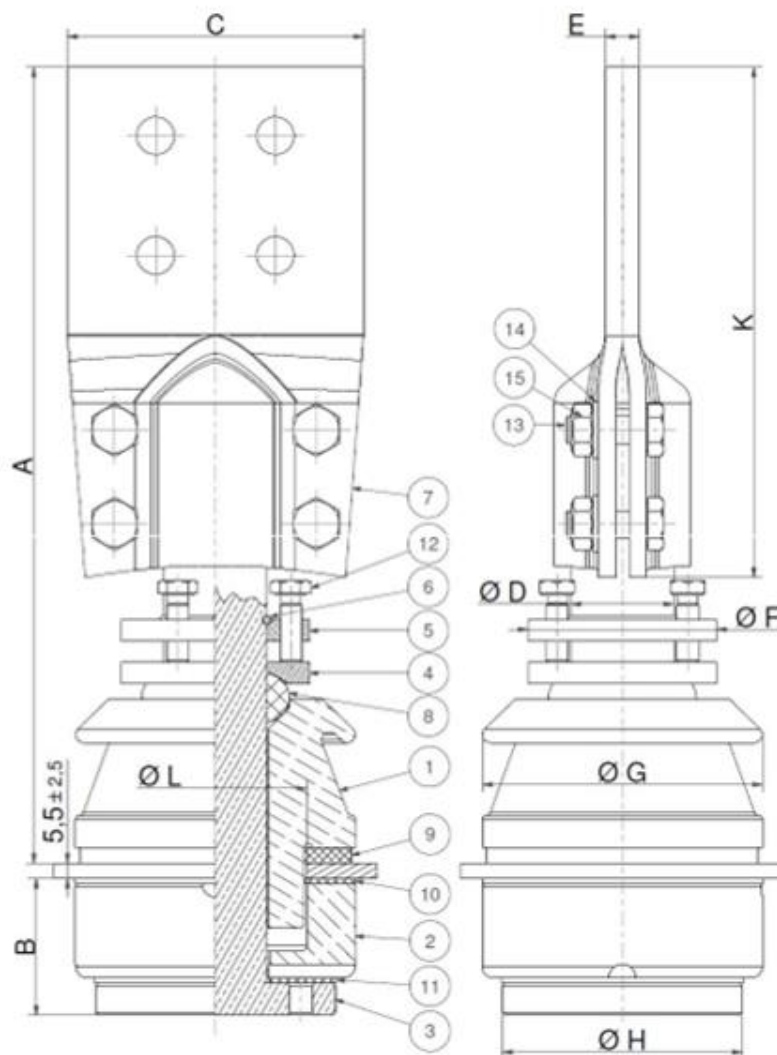
Terminal de ligação T3



NOTA:

I. Dimensões em milímetros (mm).


DESENHO 5 - Involucro isolante secundário e terminal de ligação tipo
2.000/3.150 A



NOTA:

I. Dimensões em milímetros (mm).

| Terminal 1,2 kV | Dimensões | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------|----|-----|------|----|----|-----|-------|-----|----|
| | A | B | C | ØD | E | ØF | ØG | ØH | K | ØL |
| | (mm) | | | | | | | | | |
| 2.000 A | 296 | 51 | 110 | 38 | 13 | 70 | 104 | 89 | 190 | 68 |
| 3.150 A | 305 | 54 | 122 | 44,5 | 13 | 76 | 104 | 101,5 | 195 | 68 |



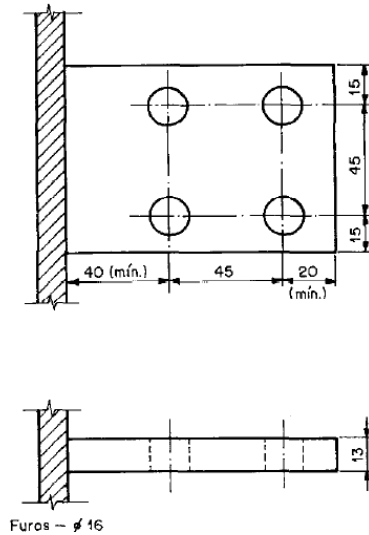
DESENHO 5 - Involucro isolante secundário e terminal de ligação tipo 2.000/3.150 A - Continuação

Legenda:

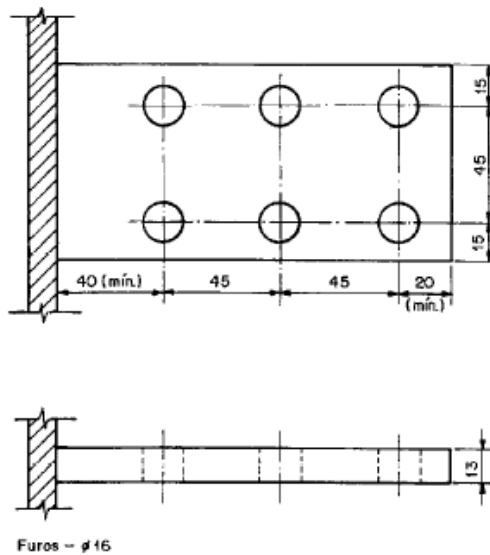
- | | |
|------------------------------|--|
| 1) Corpo isolante externo | 9) Junta inferior |
| 2) Corpo isolante interno | 10) Arruela (maior) |
| 3) Condutor | 11) Arruela (menor) |
| 4) Flange inferior | 12) Parafuso com cabeça sextavada M8X30 |
| 5) Flange superior | 13) Parafuso com cabeça sextavada M10X30 |
| 6) Anel de trava | 14) Arruela lisa A10 |
| 7) Terminal | 15) Porca sextavada M10 |
| 8) Junta superior (meia-lua) | |

DESENHO 6 - Terminal de neutro

Para transformadores até 500 kVA - Tipo TN1



Para transformadores até 750 kVA (220/127 V) e 1.000 kVA (380/220 V)
- Tipo TN2

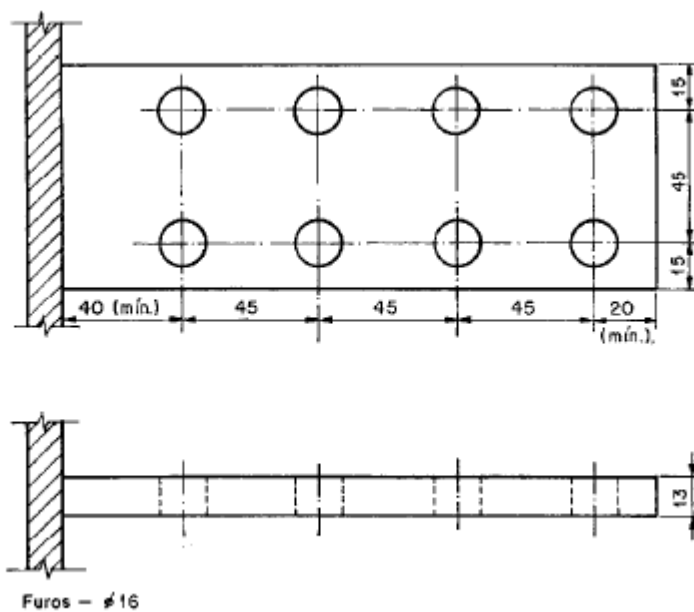


NOTA:

- I. Dimensões em milímetros (mm);

DESENHO 6 - Terminal de neutro - Continuação

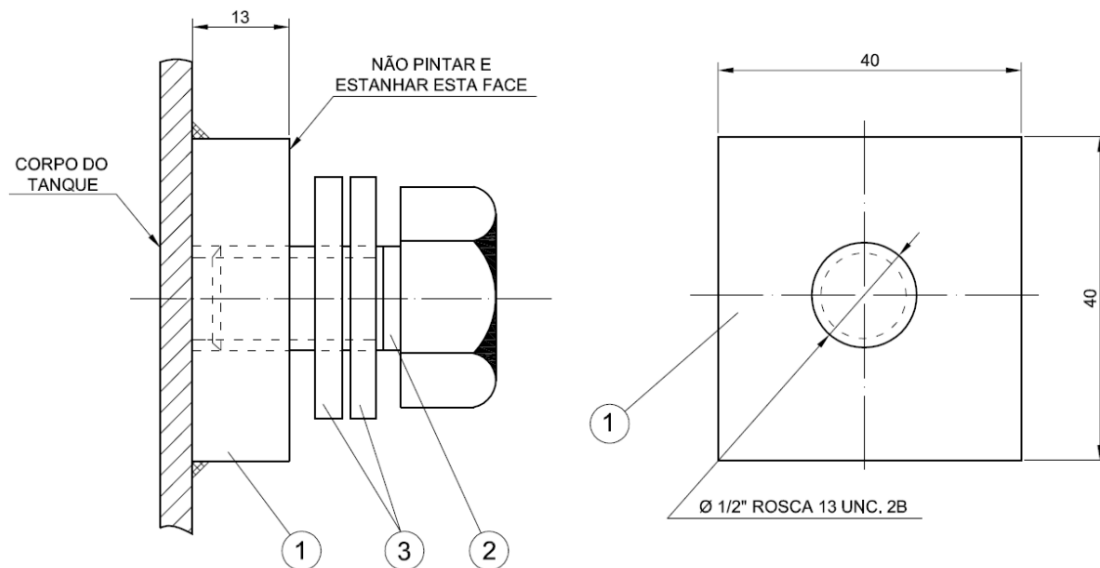
Para transformadores até 1.000 kVA (220/127 V) - Tipo TN3



NOTA:

II. Dimensões em milímetros (mm).

DESENHO 7 - Dispositivo de aterramento

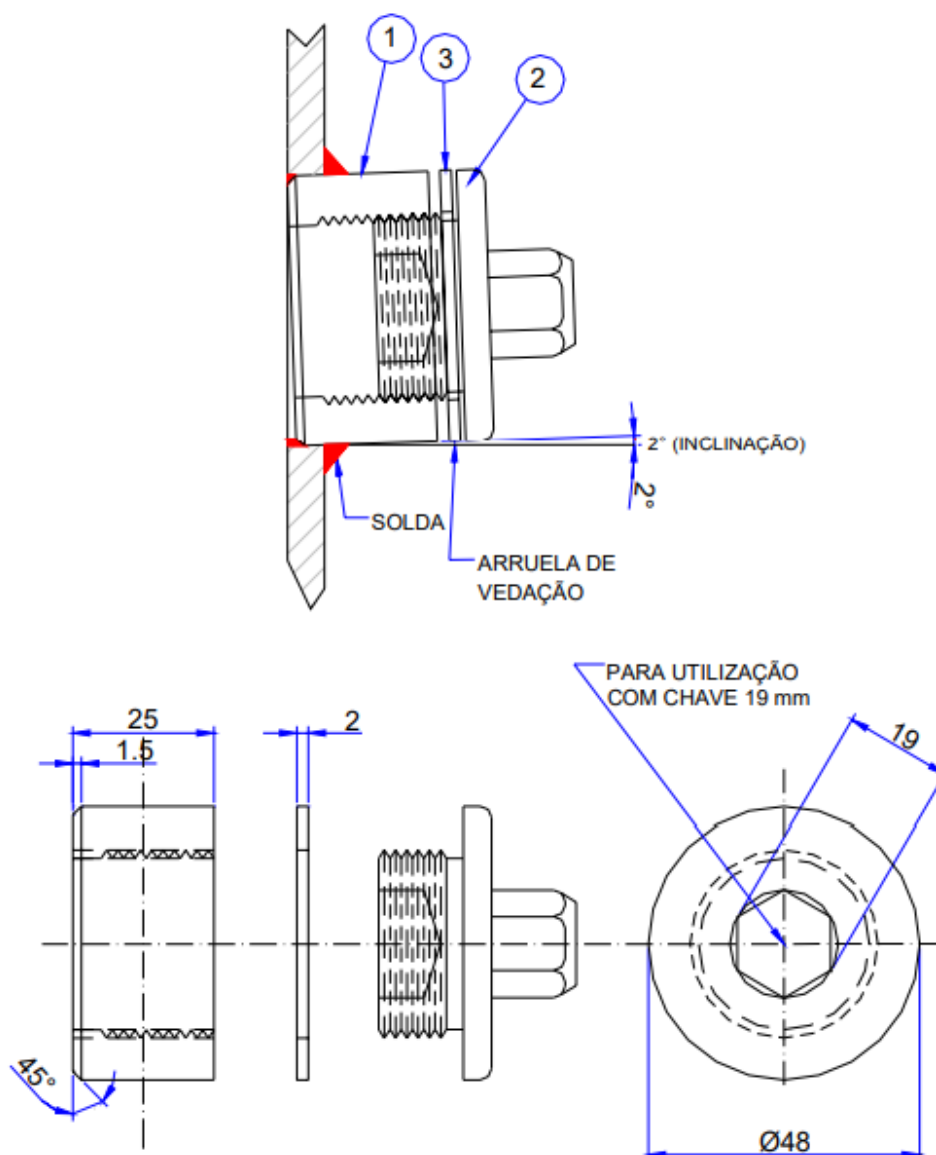


| Item | Descrição | Material |
|------|---|-----------------------------------|
| 1 | Bloco | Aço-carbono 1020 (ABNT NBR NM 87) |
| 2 | Parafuso com cabeça sextavada M12 x 35 mm | Latão |
| 3 | Arruela lisa Ø 13 mm | Latão |

NOTAS:

- I. Dimensões, em milímetros (mm).

DESENHO 8 - Bujão para enchimento de líquido isolante



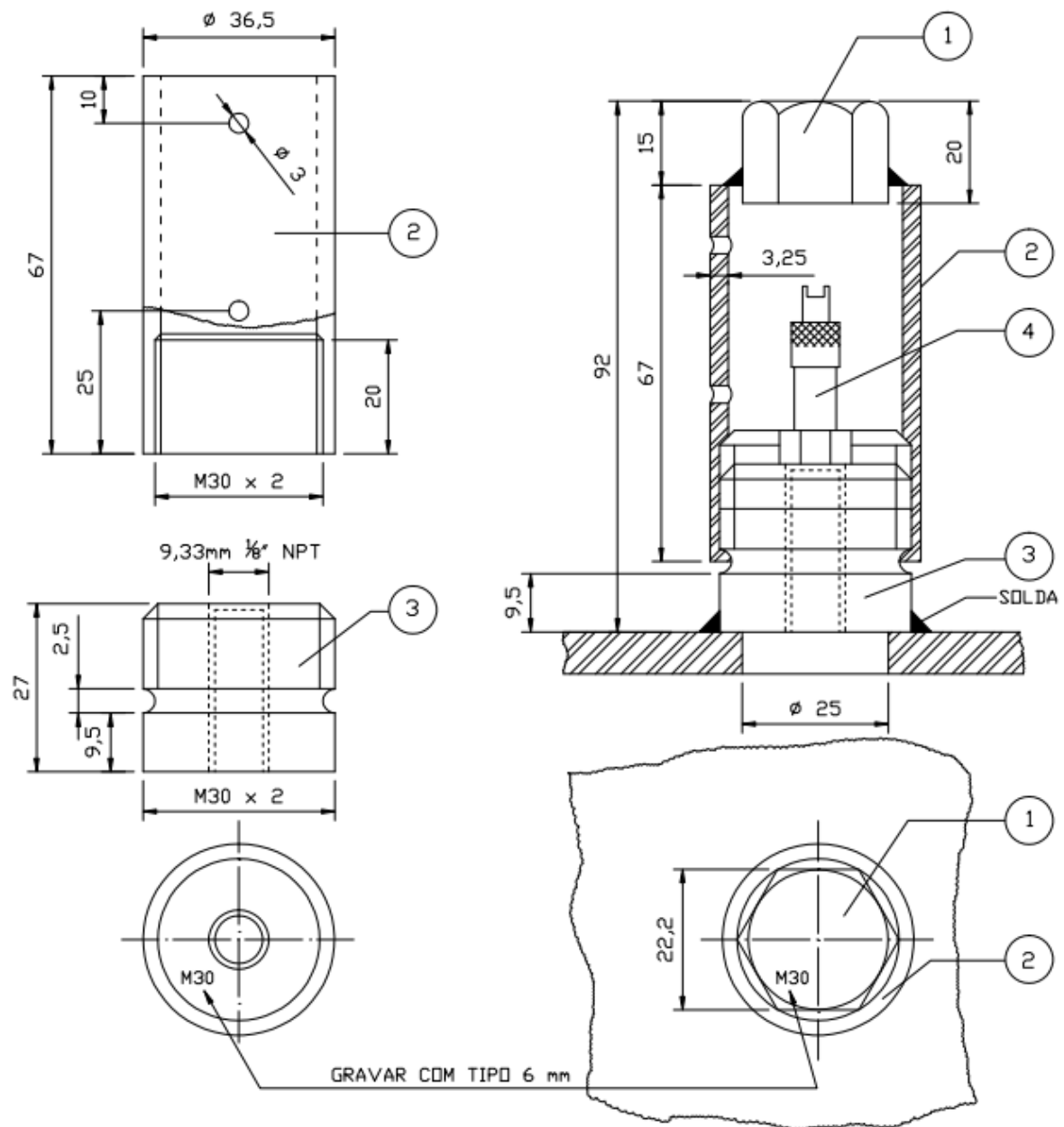
Legenda:

- 1) Tubo sem costura
- 2) Bujão
- 3) Junta de vedação

NOTAS:

- I. Dimensões em milímetros;
- II. Rosca interna e externa de 33,25 mm (1" RWG)

DESENHO 9 - Dispositivo para enchimento de gás



Legenda:

1) Sextavado

3) Base

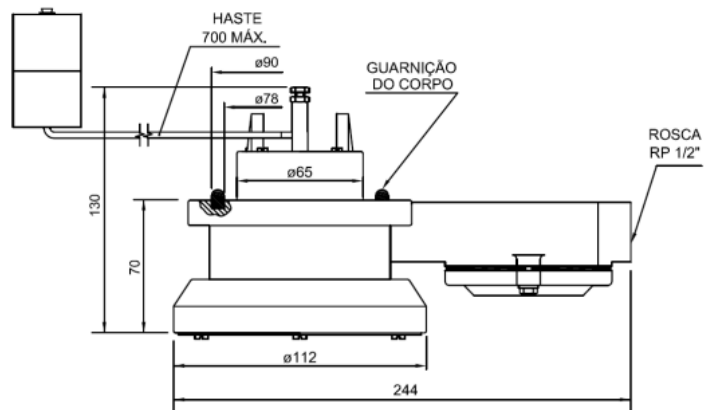
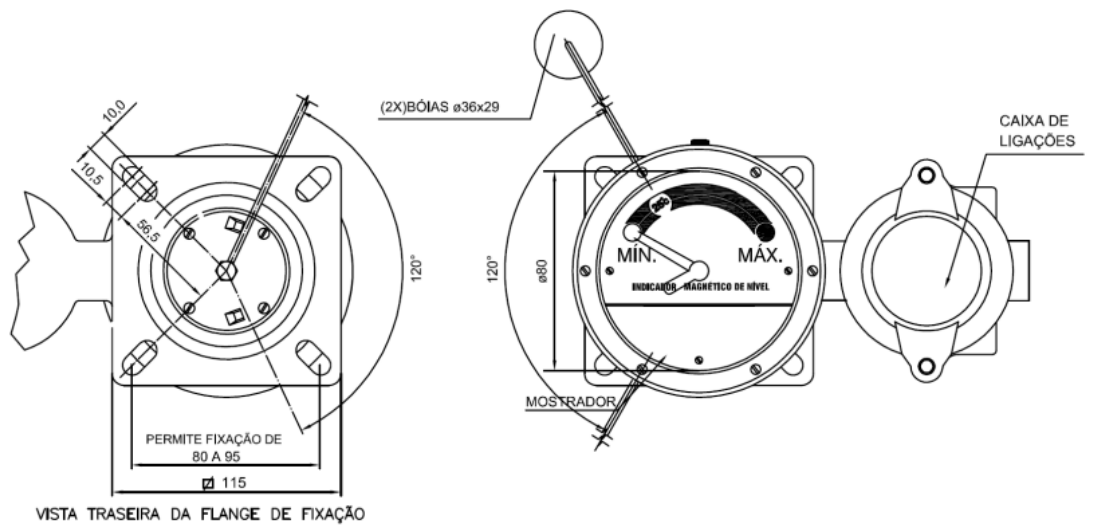
2) Tubo

4) Válvula 3,175 RWG (1/8")

NOTA:

I. Dimensões em milímetros (mm).

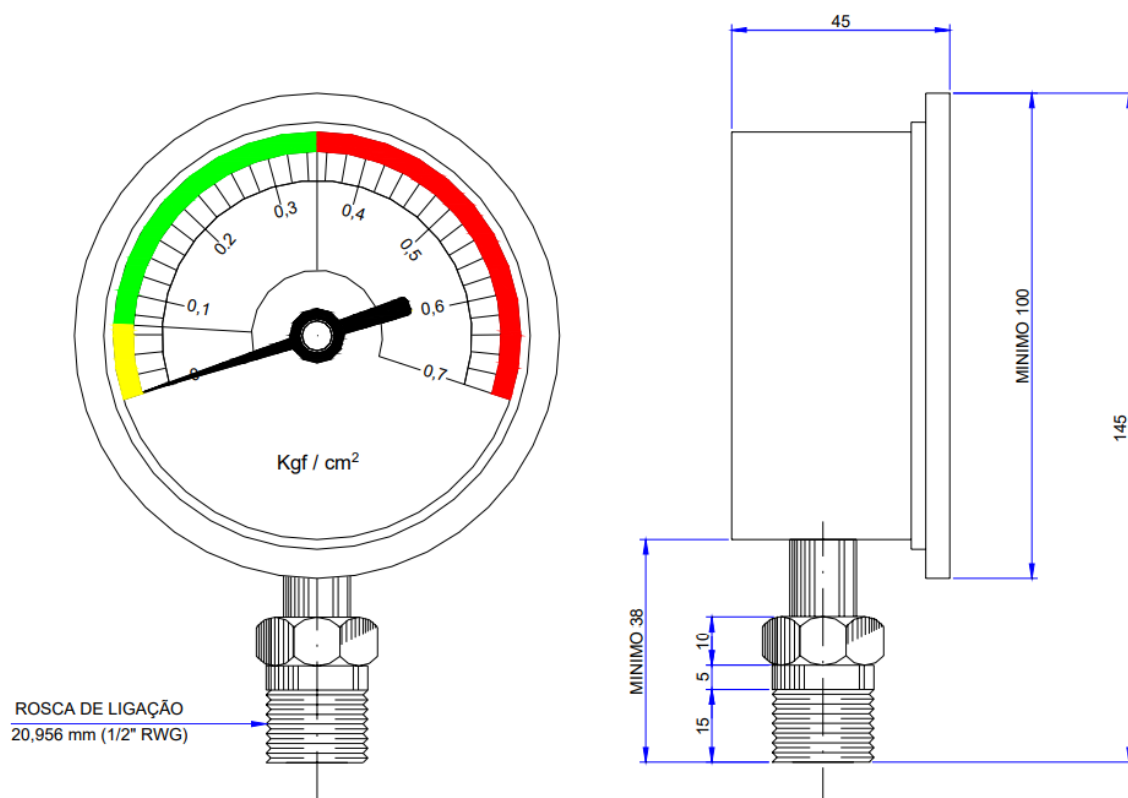
DESENHO 10 - Indicador de nível do óleo (INO)



NOTA:

1. Dimensões em milímetros (mm).

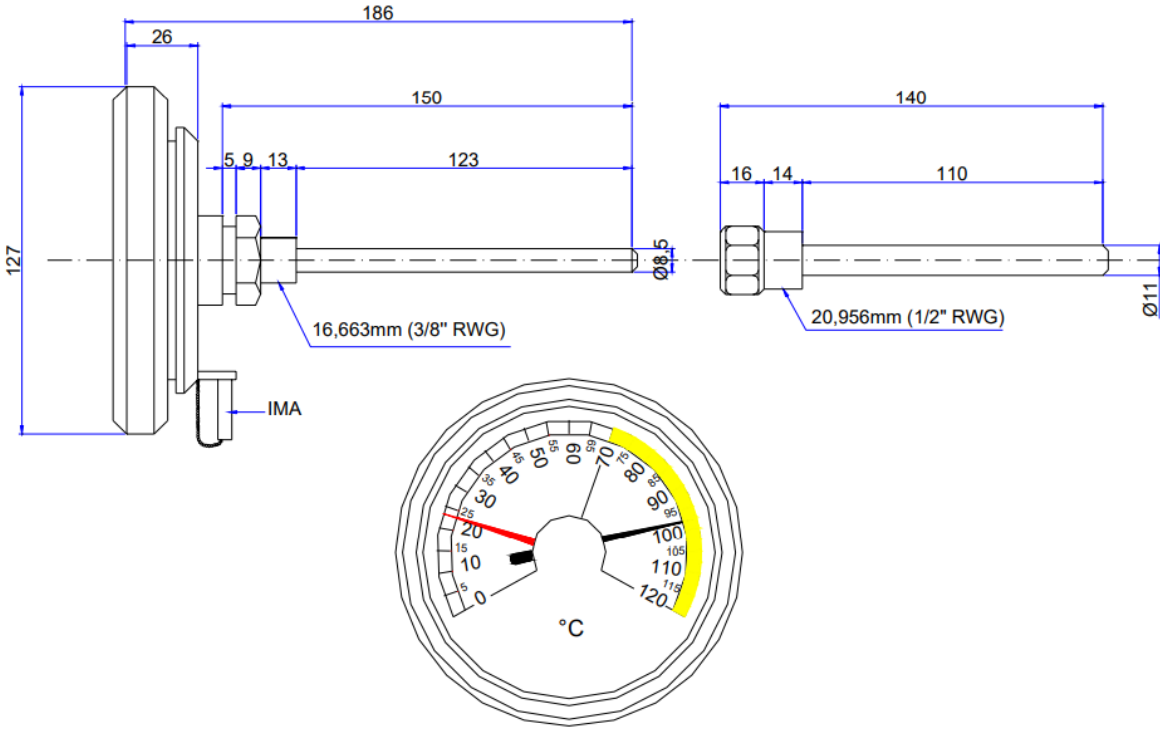
DESENHO 11 - Manovacuômetro tipo mostrador para gás inerte



NOTA:

- I. Dimensões em milímetros (mm).

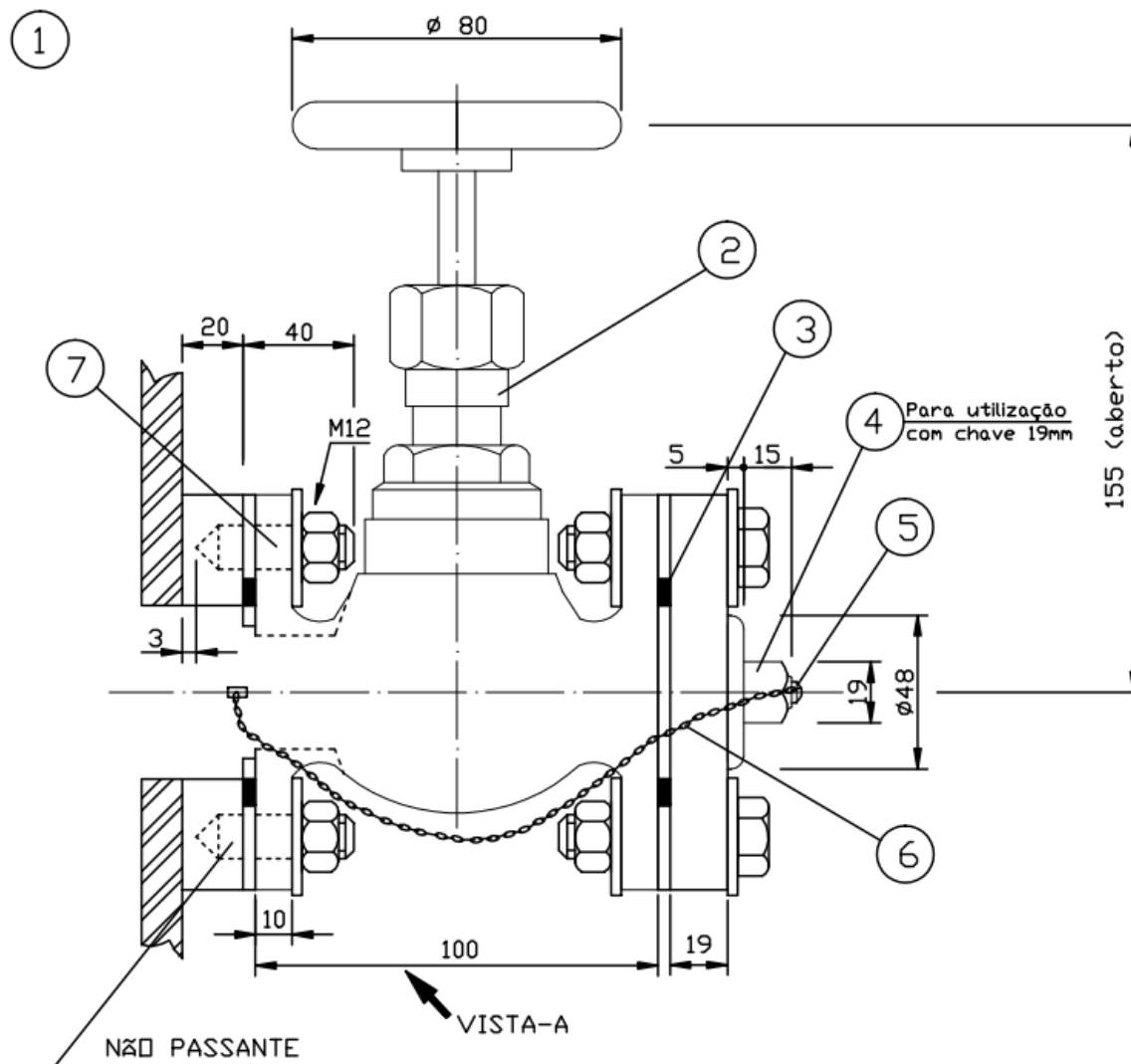
DESENHO 12 - Termômetro tipo mostrador para líquido isolante



NOTAS:

- I. Dimensões em milímetros (mm).

DESENHO 13 - Válvula globo para drenagem e ligação do filtro-prensa



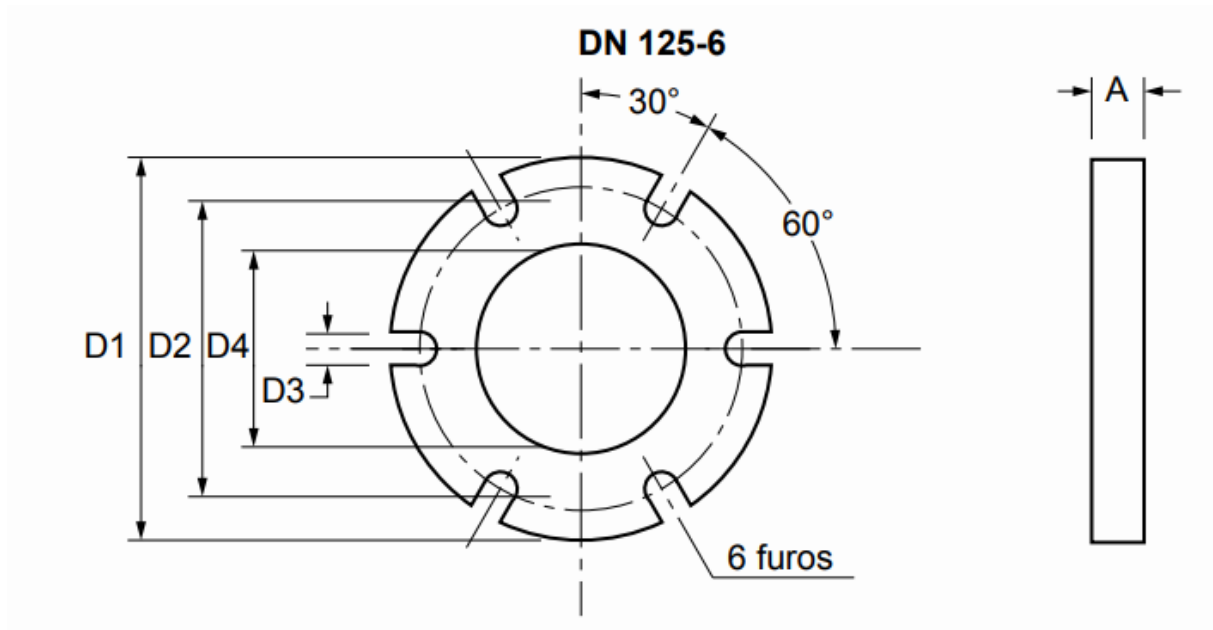
Legenda:

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| 1) Conjunto válvula globo 1" | 4) Bujão aço zincado a fogo (1" RWG) |
| 2) Válvula globo de bronze | 5) Rebite auto-atarrachante |
| 3) Junta de borracha sintética | 6) Prisioneiro M12 |

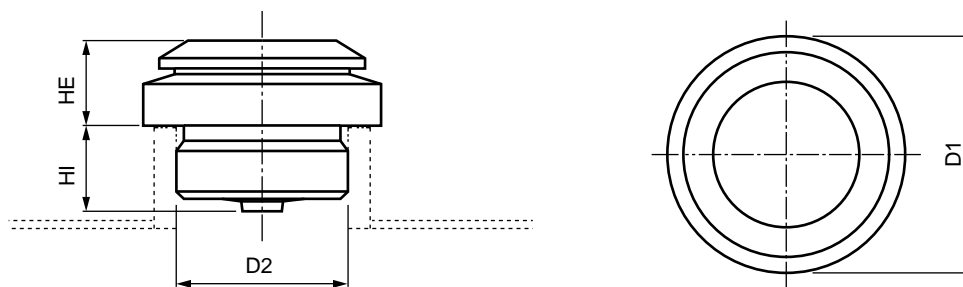
NOTA:

1. Dimensões em milímetros (mm).

DESENHO 14 - Dispositivo de alívio de pressão (DAP)



| Tamanho | Dimensões do flange | | | | |
|----------|---------------------|-----|----|-----|----|
| | D1 (máx.) | D2 | D3 | D4 | A |
| DN 125-6 | 280 | 235 | 16 | 160 | 13 |



| Tamanho | Dimensões máximas | | | Rosca de conexão (ISO 228) |
|---------|-------------------|-----|----|----------------------------|
| | D1 | HE | HI | D2 |
| 2 | 280 | 235 | 16 | 160 |

DESENHO 15 - Placa de identificação (modelo)

Dimensions: 148±1 mm (width), 138±0,5 mm (inner width), 210±1 mm (height), 200±0,5 mm (inner height).

CODIGO DE ESTOQUE
N°

(IDENTIFICAÇÃO DO FABRICANTE)

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO SUBMERSIVEL

N° Data fabric. Tipo fabr.
 kVA Elev. óleo/cobre °C Fases Resfr.
 Imped. % em V Freq. Hz Tipo líq. isol.
 Níveis isol. AT.-BT. kV Norma

| ALTA TENSÃO | | | TERMINAIS H1 H2 H3 | |
|-------------|---|--------|--------------------|------|
| V | A | PAINEL | LIGAR | Lig. |
| | | | | △ |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| BAIXA TENSÃO | | | TERMINAIS X0 X1 X2 X3 | | | |
|--------------|---|---------|-----------------------|--|--|--|
| V | A | Ligação | | | | |
| | | Y | | | | |

DIAGRAMA FASORIAL

Dyn1

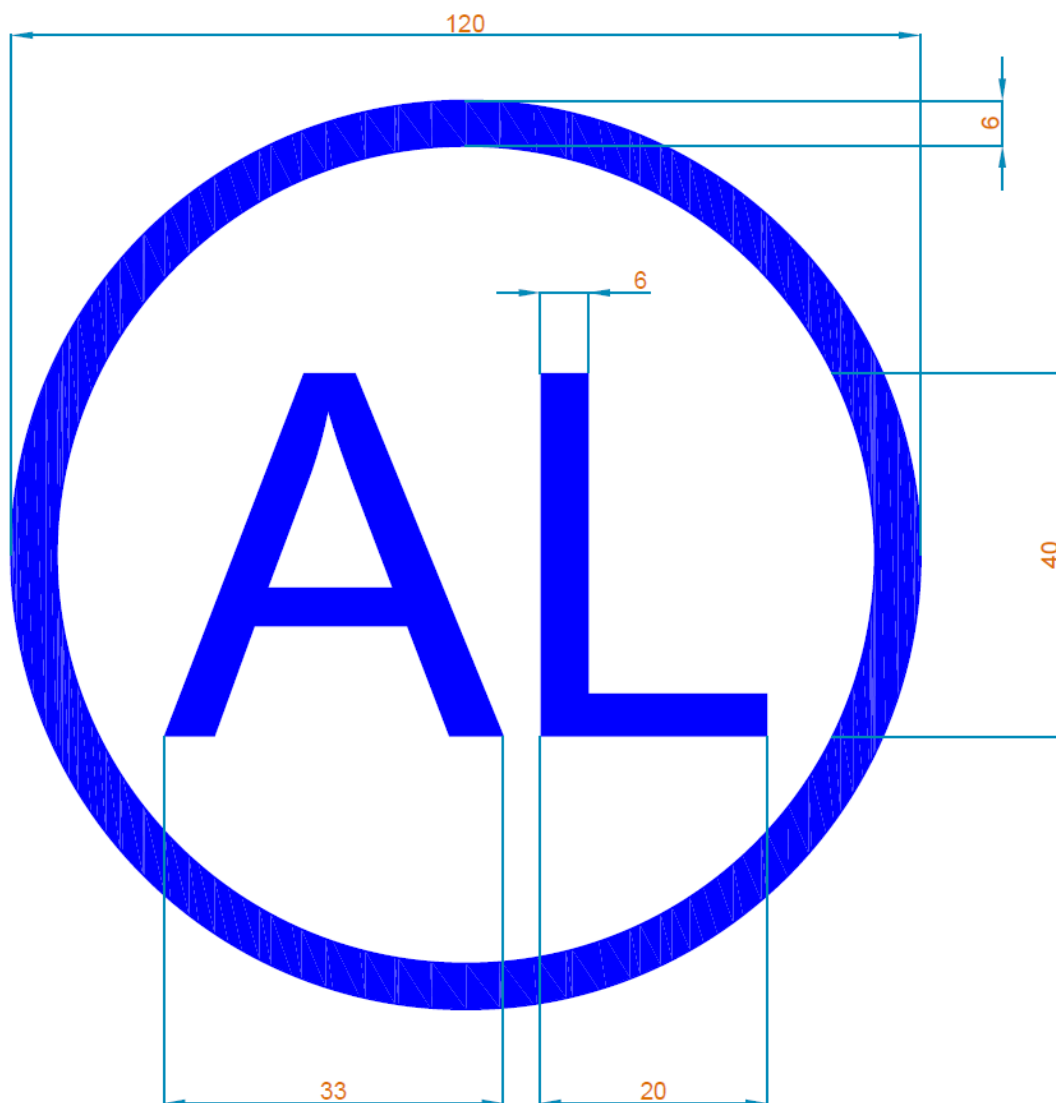
Massas aproximadas em kg

| | | | |
|------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|
| Parte extraível | <input type="text"/> | Instruções | <input type="text"/> |
| Tanque e aces. | <input type="text"/> | Volume do líquido isolante | <input type="text"/> l |
| Líquido isolante | <input type="text"/> | Placa de identificação N° | <input type="text"/> |
| Total | <input type="text"/> | | |

NOTA:

- I. Dimensões em milímetros (mm).

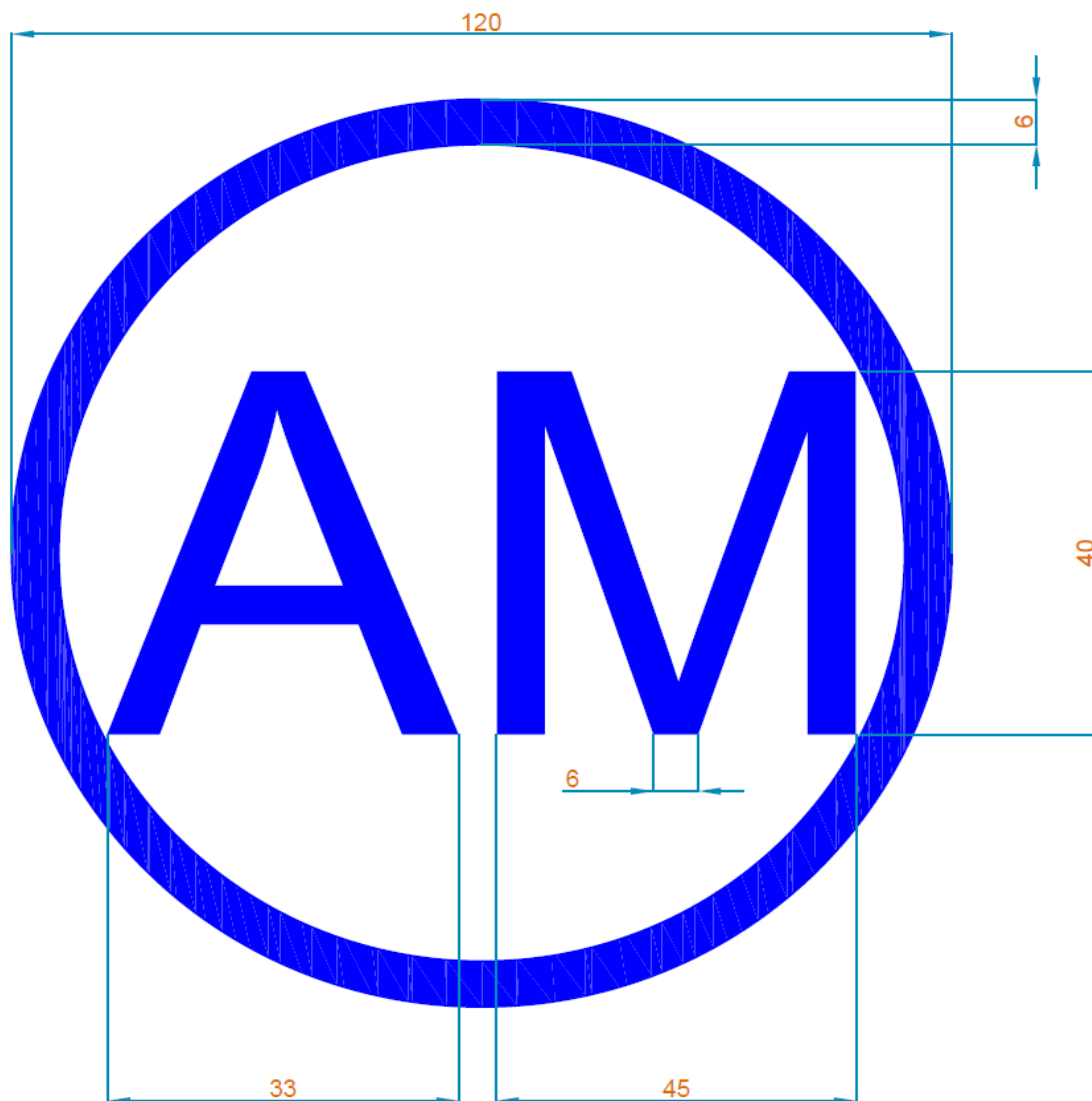
DESENHO 16 - Simbologia de identificação de enrolamentos em alumínio



NOTA:

1. Dimensões em milímetros (mm).

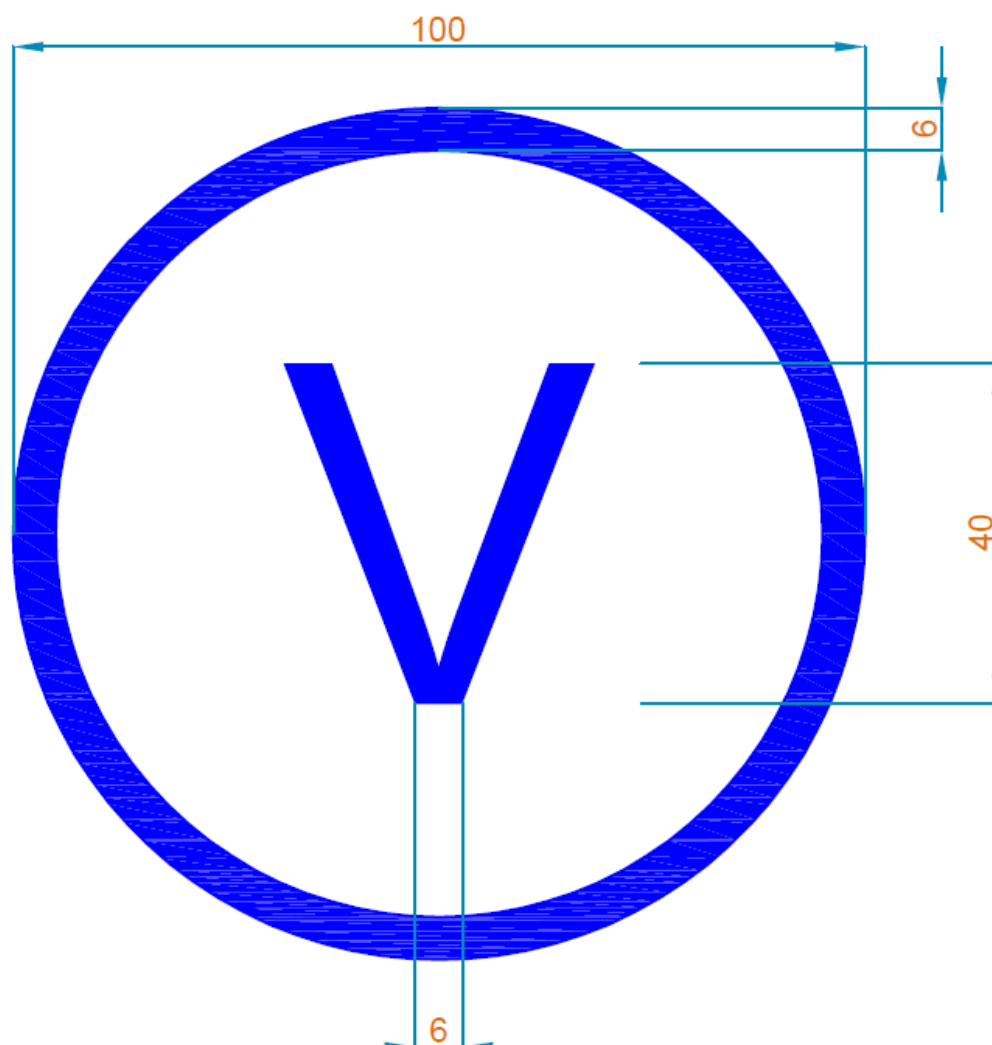
DESENHO 17 - Simbologia de identificação de núcleo de metal amorfo



NOTA:

1. Dimensões em milímetros (mm).

DESENHO 18 - Simbologia de identificação de óleo vegetal isolante



NOTA:

- I. Dimensões em milímetros (mm).

DESENHO 19 - Modelo de etiqueta autoadesiva “ISENTO DE PCB”



NOTAS:

- I. Medidas em milímetros (mm);
- II. Etiqueta autocolante para uso ao tempo. Todas as letras são em fonte padrão Arial.

21 ANEXOS

ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas

TRANSFORMADOR DE DISTRIBUIÇÃO

Nome do fabricante:

N.º da licitação:

N.º da proposta:

| Item | Descrição | Características / Unidades |
|-------|--|----------------------------|
| 1 | Tipo/modelo: | |
| 2 | Código do material: | |
| 2.1 | a) Código fabricante: | |
| 2.2 | b) Código Energisa: | |
| 3 | Potência nominal: | kVA |
| 4 | Níveis de tensão: | kV |
| 4.1 | a) Tensões nominais: | |
| 4.1.1 | • Enrolamento primário (MT): | kV |
| 4.1.2 | • Enrolamento secundário (BT): | V |
| 4.2 | b) Classe de tensão: | |
| 4.3 | c) Tensões de derivação: | |
| 4.3.1 | • Derivação 1: | kV |
| 4.3.2 | • Derivação 2: | kV |
| 4.3.3 | • Derivação 3: | kV |
| 4.3.4 | • Derivação 4: | kV |
| 4.3.4 | • Derivação 5 (quando aplicável): | kV |
| 5 | Frequência: | Hz |
| 6 | Nível de isolamento: | kV |
| 6.1 | a) Primário (MT): | |
| 6.1.1 | • Tensão suportável nominal de impulso atmosférico - onda plena: | kV _{cr} |

ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas -
Continuação

| Item | Descrição | Características / Unidades |
|-------|--|----------------------------|
| 6.1.2 | • Tensão suportável nominal de impulso atmosférico - onda plena reduzida: | kV _{cr} |
| 6.1.2 | • Tensão suportável nominal de impulso atmosférico - onda plena reduzida: | kV _{cr} |
| 6.1.3 | • Tensão suportável nominal de impulso atmosférico - onda cortada: | kV _{ef} |
| 6.1.4 | • Tensão suportável nominal em frequência industrial durante 1 min.: | kV _{ef} |
| 6.2 | b) Secundário (BT): | |
| 6.2.1 | • Tensão suportável nominal de impulso atmosférico - onda plena: | kV _{cr} |
| 6.2.2 | • Tensão suportável nominal de impulso atmosférico - onda plena reduzida: | kV _{cr} |
| 6.2.3 | • Tensão suportável nominal de impulso atmosférico - onda cortada: | kV _{ef} |
| 6.2.4 | • Tensão suportável nominal em frequência industrial durante 1 min.: | kV _{ef} |
| 7 | Elevação de temperatura na derivação de _____ V: | |
| 7.1 | a) Dos enrolamentos (método da variação da resistência): | °C |
| 7.2 | b) Do ponto mais quente dos enrolamentos: | °C |
| 7.3 | c) Do líquido isolante (medida próximo à superfície do líquido): | °C |
| 7.4 | d) Isolamento com papel termo estabilizado (sim/não): | |
| 8 | Tensão de curto-circuito a _____ °C: | |
| 8.1 | a) Na base _____ kV: | % |
| 8.2 | b) Na relação _____ kV: | % |
| 9 | Corrente de excitação, na derivação principal, em elevação de temperatura de _____ °C: | % |
| 10 | Perdas, na derivação principal, em elevação de temperatura de _____ °C: | |
| 10.1 | a) Em vazio: | W |
| 10.2 | b) Totais: | W |
| 11 | Regulação, na derivação principal, em elevação de temperatura de _____ °C: | |
| 11.1 | a) Fator de potência da carga igual a 0,8, a 75 °C: | % |
| 11.2 | b) Fator de potência da carga igual a 1,0, a 75 °C: | % |

ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas - Continuação


| Item | Descrição | Características / Unidades |
|--------|---|----------------------------|
| 12 | Rendimento, na derivação principal, em elevação de temperatura de _____ °C: | |
| 12.1 | a) Fator de potência a 0,8 %, com carga de: | |
| 12.1.1 | • 25 % da potência nominal: | % |
| 12.1.2 | • 50 % da potência nominal: | % |
| 12.1.3 | • 75 % da potência nominal: | % |
| 12.1.4 | • 100 % da potência nominal: | % |
| 12.2 | b) Fator de potência a 1,0 %, com carga de: | |
| 12.2.1 | • 25 % da potência nominal: | % |
| 12.2.2 | • 50 % da potência nominal: | % |
| 12.2.3 | • 75 % da potência nominal: | % |
| 12.2.4 | • 100 % da potência nominal: | % |
| 13 | Máxima tensão de rádio interferência: | µV |
| 14 | Massas: | |
| 14.1 | a) Parte ativa: | kg |
| 14.2 | b) Tanque e tampa: | kg |
| 14.3 | c) Líquido isolante: | kg |
| 14.4 | d) Total: | kg |
| 15 | Grupo de ligação: | |
| 16 | Nível de ruído: | dB |
| 17 | Classe de temperatura do material isolante: | |
| 18 | Tipo de resfriamento: | |
| 19 | Material dos enrolamentos: | |
| 19.1 | a) Enrolamentos primários (MT): | |
| 19.2 | b) Enrolamentos secundários (BT): | |
| 20 | Espessura das chapas: | |
| 20.1 | a) Tampa: | mm |
| 20.2 | b) Corpo: | mm |
| 20.3 | c) Fundo: | mm |

ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas - Continuação

| Item | Descrição | Características / Unidades |
|------|---|----------------------------|
| 20.4 | d) Tubos, radiadores ou aletas: | mm |
| 21 | Dispositivo de alívio de pressão: | |
| 21.1 | a) Pressão de alívio: | |
| 21.2 | b) Pressão de vedação: | |
| 21.3 | c) Taxa de vazão: | |
| 21.4 | d) Taxa de admissão de ar: | |
| 21.5 | e) Temperatura de operação: | °C |
| 22 | Líquido isolante: | |
| 22.1 | a) Tipo / Designação: | |
| 22.2 | b) Características: | |
| 22.3 | c) Volume: | L |
| 23 | Informar o método de preparo da chapa, tratamento anticorrosivo, e esquema de pintura interna e externa a serem utilizados: | |
| 24 | Embalagem: | |
| 24.1 | a) Tipo de embalagem: | |
| 24.2 | b) Quantidade de unidade: | |
| 24.3 | c) Peso da embalagem: | kg |

NOTAS:

- I. O fabricante deve fornecer em sua proposta todas as informações requeridas no quadro de dados técnicos e características garantidas;
- II. Se forem submetidas propostas alternativas cada uma delas deve ser submetida com o quadro de dados técnicos e características garantidas específico, claramente preenchido, sendo que cada quadro deve ser devidamente marcado para indicar a qual proposta pertence;
- III. Erro no preenchimento do quadro de características poderá ser motivo para desclassificação;



ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas - Continuação

- IV. Todas as informações requeridas no quadro de dados técnicos e características garantidas devem ser compatíveis com as informações descritas em outras partes da proposta de fornecimento. Em caso de dúvidas as informações prestadas no referido quadro prevalecerão sobre as descritas em outras partes da proposta;
- V. O fabricante deve garantir que a performance e as características dos equipamentos a serem fornecidos estarão em conformidade com as informações aqui apresentadas.

ANEXO 3 - Inspeção geral dos transformadores

Na inspeção geral dos transformadores devem ser verificados, no mínimo, os aspectos e características apresentados a seguir:

a) Tanque:

- Parte interna:
 - Ausência de escorrimento, empolamento e enrugamento da pintura;
 - Marcação do nível do líquido isolante;
 - Ausência de sujeiras no fundo do tanque, tais como borra, celulose, limalha, areia etc.;
 - Ausência de ferrugem no tanque e nos radiadores;
 - Ausência de respingos da pintura externa;
 - Inspeção visual da pintura (inclusive radiadores ou tubos)
- Parte externa:
 - Ausência de escorrimento, empolamento e enrugamento da pintura;
 - Marcação dos terminais de primários e secundários, conforme item 12.4.1;
 - Marcação de identificação, conforme item 12.4.2;
 - Simbologia do transformador, conforme item 12.4.3;
 - Numeração de patrimônio, conforme item 7.9;

b) Núcleo:

- Ausência de oxidação e borras;
- Aterramento;
- “Gaps” e empacotamento.

ANEXO 3 - Inspeção geral dos transformadores - Continuação

c) Bobinas:

- Ausência de deformação por aperto excessivo dos tirantes, calços etc.;
- Rigidez mecânica das bobinas e dos calços;
- Canais para circulação de óleos desobstruídos;
- Flexibilidade dos cabos de interligação às buchas do primário;
- Verificação do tipo de papel utilizado;
- Qualidade do enrolamento: uniformidade, ausência de remonte de espiras, impregnação.

d) Tirantes, barras de aperto e olhais para suspensão:

- Inspeção visual da pintura;
- Ausência de oxidação nas partes não pintadas;
- Rigidez mecânica dos tirantes e barras de aperto;
- Qualidade e localização dos olhais para suspensão da parte ativa;
- Ausência de isolamento nas áreas de contato de fixação da parte ativa ao tanque;
- Marcação do número de série.

NOTA:

- I. Caso haja acompanhamento de fabricação por parte da Energisa, a inspeção visual da parte ativa dos transformadores pode ser realizada durante a fabricação, a critério do inspetor.

