

*Transformador tipo seco para
sistemas de distribuição até 36,2 kV*

ESA | DENG | NRM-042 | 2023

Especificação Técnica Unificada

ETU - 109.3

Versão 2.1 - Março / 2024



Apresentação

Nesta Especificação Técnica apresenta as diretrizes necessárias para a padronização das características e requisitos mínimos exigidos, mecânicos e elétricos, para fornecimento de transformadores de distribuição (TD), tipo a seco (SEC), trifásicos (3F), com isolamento em epóxi, resfriamento natural ou ventilação forçada, nas tensões primárias até 36,2 kV e nas tensões secundárias usuais, com enrolamento de cobre ou alumínio, aplicáveis às subestações abrigadas (SEA) e blindadas (SEB), 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 2.1, datada de agosto 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-109.3 (versão 2.1)

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.....	10
2	CAMPO DE APLICAÇÃO.....	10
3	OBRIGAÇÕES E COMPETÊNCIAS.....	10
4	REFERÊNCIAS NORMATIVAS	10
4.1	LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO FEDERAL	11
4.2	NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS	13
4.3	NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONAIS	15
4.4	NORMAS TÉCNICAS DO GRUPO ENERGISA	19
5	TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES	20
5.1	TRANSFORMADOR	20
5.1.1	Transformador de distribuição (TD)	21
5.1.2	Transformador do tipo seco	21
5.1.3	Transformador sem invólucro	21
5.2	COMUTADOR DE DERIVAÇÃO	21
5.3	DERIVAÇÃO	21
5.3.1	Derivação inferior	21
5.3.2	Derivação principal	21
5.3.3	Derivação superior	22
5.4	DEGRAU DE DERIVAÇÃO	22
5.5	DESLOCAMENTO ANGULAR	22
5.6	ENROLAMENTO	22
5.6.1	Enrolamento primário	22
5.6.2	Enrolamento secundário	22
5.7	LIGAÇÃO DELTA	23
5.8	LIGAÇÃO ESTRELA	23
5.9	NÍVEL DE ISOLAMENTO.....	23
5.10	NÚCLEO	23
5.10.1	Núcleo envolvente	23
5.10.2	Núcleo envolvido.....	23
5.11	PARTE ATIVA.....	23
5.12	PERDAS EM VAZIO	24
5.13	PERDAS TOTAIS	24
5.14	TERMINAL DE LIGAÇÃO.....	24
5.15	ENSAIOS DE RECEBIMENTO	24
5.16	ENSAIOS DE TIPO	24
5.17	ENSAIOS ESPECIAIS	24
6	HOMOLOGAÇÃO DE FORNECEDORES.....	25

7	CONDIÇÕES GERAIS	25
7.1	CONDIÇÕES DO SERVIÇO	26
7.2	LINGUAGENS E UNIDADES DE MEDIDA	27
7.3	ACONDICIONAMENTO	27
7.4	TRANSPORTE.....	30
7.5	MEIO AMBIENTE	30
7.6	EXPECTATIVA DE VIDA ÚTIL	32
7.7	GARANTIA	32
7.8	NUMERAÇÃO DE PATRIMÔNIO.....	32
7.9	INCORPORAÇÃO AO PATRIMÔNIO DA ENERGISA	33
7.10	MANUAL DE INSTRUÇÕES.....	34
7.11	AVALIAÇÃO TÉCNICA DO MATERIAL	34
8	CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS	36
8.1	CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO	36
8.2	POTÊNCIA NOMINAL (S)	36
8.3	TENSÃO NOMINAL (U_R)	36
8.4	NÍVEL DE ISOLAMENTO NOMINAL (U_D)	37
8.5	DERIVAÇÕES (TAPS) E TENSÕES NOMINAIS	37
8.6	FREQUÊNCIA NOMINAL (F_R)	37
8.7	ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA.....	37
8.8	PERDAS, CORRENTE DE EXCITAÇÃO E TENSÃO DE CURTO-CIRCUITO	38
8.9	DIAGRAMA FASORIAL, DESIGNAÇÃO DE LIGAÇÕES E INDICAÇÃO DO DESLOCAMENTO ANGULAR	38
8.10	TENSÃO DE RÁDIO INTERFERÊNCIA.....	39
8.11	CAPACIDADE DE RESISTIR A CURTOS-CIRCUITOS	39
8.12	NÍVEL DE RUÍDO	40
9	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS	40
9.1	MATERIAL ISOLANTE.....	41
9.2	MÉTODO DE RESFRIAMENTO	41
9.2.1	Sistema de ar natural.....	41
9.2.2	Sistema de ventilação forçada	42
9.3	TERMINAIS DE LIGAÇÃO E CAIXA BLINDADA	42
9.3.1	Terminais primários	43
9.3.2	Terminais secundários.....	44
9.3.3	Caixa de blindagem para os terminais de baixa tensão (BT)	44
9.4	BUCHA DOS TERMINAIS.....	45
9.5	DISPOSITIVO DE ATERRAMENTO	45
9.6	MEIOS PARA SUSPENSÃO DAS BOBINAS E DO TRANSFORMADOR COMPLETAMENTE MONTADO ..	45
9.7	ESTRUTURA DE APOIO E MEIOS DE LOCOMOÇÃO	46
9.8	SISTEMA DE PROTEÇÃO TÉRMICA DOS ENROLAMENTOS	46
9.9	PLACA DE IDENTIFICAÇÃO	46

9.10	FERRAGENS EXTERNAS	48
9.11	SOLDAS	49
9.12	MASSA DO TRANSFORMADOR	50
9.13	SINALIZAÇÃO DE ADVERTÊNCIA DE RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO	50
10	PARTE ATIVA	50
10.1	NÚCLEO	50
10.2	ENROLAMENTOS	51
10.3	SISTEMA DE COMUTAÇÃO SEM TENSÃO (CST)	52
11	PINTURA E MARCAÇÕES	53
11.1	CONDIÇÕES GERAIS	53
11.2	ACABAMENTO EXTERNO	54
11.3	MARCAÇÃO DOS ENROLAMENTOS E TERMINAIS	55
12	INSPEÇÃO E ENSAIOS	55
12.1	GENERALIDADES	55
12.2	RELAÇÃO DE ENSAIOS	59
12.2.1	Ensaio de tipo (T)	59
12.2.2	Ensaio de recebimento (RE)	60
12.2.3	Ensaio especiais (E)	61
12.3	DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS	63
12.3.1	Inspeção geral	63
12.3.2	Verificação dimensional	63
12.3.3	Ensaio de resistência dos enrolamentos	64
12.3.4	Ensaio de resistência de isolamento	64
12.3.5	Ensaio de relação de transformação	64
12.3.6	Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases	64
12.3.7	Ensaio de impedância de curto-circuito	65
12.3.8	Ensaio de perdas em vazio e em carga	65
12.3.8.1	Em carga	65
12.3.8.2	Em vazio	65
12.3.9	Ensaio de corrente de excitação	65
12.3.10	Ensaio de tensão suportável à frequência industrial	66
12.3.11	Ensaio de tensão induzida de curta duração	66
12.3.12	Ensaio de impulso atmosférico	66
12.3.13	Ensaio de descargas parciais	66
12.3.14	Ensaio de elevação de temperatura	66
12.3.15	Ensaio de tensão de rádio interferência (TRI)	67
12.3.16	Ensaio de nível de ruído	67
12.3.17	Ensaio de curto-circuito	67
12.3.18	Ensaio do comutador sem tensão (CST)	67
12.3.18.1	Ensaio de elevação de temperatura dos contatos	67

12.3.18.2	Ensaio de corrente de curto-circuito.....	68
12.3.18.3	Ensaio mecânicos	68
12.3.18.4	Ensaio de tensão suportável à frequência industrial.....	68
12.3.18.5	Ensaio de impulso atmosférico	68
12.3.18.6	Ensaio mecânicos	69
12.3.18.7	Ensaio de sequência de operações	69
12.3.19	Ensaio para verificação da pintura.....	69
12.3.19.1	Ensaio de aderência	69
12.3.19.2	Ensaio de espessura.....	70
12.3.20	Ensaio de medição da camada de revestimento de zinco	70
12.3.20.1	Ensaio de massa por unidade de área	70
12.3.20.2	Ensaio de aderência da camada	70
12.3.20.3	Ensaio de espessura da camada.....	70
12.3.20.4	Ensaio de uniformidade da camada	71
12.3.21	Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação	71
12.3.21.1	Camada de estanho.....	71
12.3.21.2	Camada de prata	71
12.3.22	Ensaio de verificação do torque nos terminais.....	71
12.3.23	Ensaio de medição da impedância de sequência zero	72
12.3.24	Ensaio de suportabilidade a impulso atmosférico de baixa-tensão (BT) 72	
12.3.25	Ensaio de suportabilidade a curto-circuito	72
12.3.26	Ensaio de medição de harmônicas da corrente de excitação	73
12.3.27	Ensaio de medição do fator de potência do isolamento ($\text{tg } \delta$) e capacitâncias	73
12.4	RELATÓRIOS DOS ENSAIOS	73
13	PLANOS DE AMOSTRAGEM	74
13.1	ENSAIOS DE TIPO E ESPECIAIS	74
13.2	ENSAIOS DE RECEBIMENTO	75
13.2.1	Inspeção geral e verificação dimensional	75
13.2.2	Ensaio de elevação de temperatura.....	75
13.2.3	Demais ensaios	75
14	ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO.....	75
14.1	ENSAIOS DE TIPO E ESPECIAIS	75
14.2	ENSAIOS DE RECEBIMENTO	76
15	NOTAS COMPLEMENTARES.....	76
16	HISTÓRICO DE VERSÕES DESTE DOCUMENTO	77
17	VIGÊNCIA.....	77

18	TABELAS.....	78
	TABELA 1 - Características elétricas dos transformadores de distribuição a seco ..	78
	TABELA 2 - Níveis de isolamento	82
	TABELA 3 - Derivações e relação de tensões.....	83
	TABELA 4 - Limites de elevação de temperatura dos enrolamentos	83
	TABELA 5 - Valores garantidos de perdas, correntes de excitação e tensões de curto-circuito.....	84
	TABELA 6 - Tolerância de valores de ensaio	88
	TABELA 7 - Níveis de ruído máximos	89
	TABELA 8 - Momento de torção	89
	TABELA 9 - Informações constantes no QR-Code	90
	TABELA 10 - Plano de amostragem para ensaios de recebimento	91
	TABELA 11 - Relação de ensaios	92
19	DESENHOS	94
	DESENHO 1 - Característica dimensionais dos transformadores de distribuição a seco	94
	DESENHO 2 - Terminal de aterramento.....	96
	DESENHO 3 - Placa de identificação (modelo).....	97
	DESENHO 4 - Sinalização de advertência de risco de choque elétrico	98
	DESENHO 5 - Terminal de ligação padrão NEMA (2 e 4 furos) e parafusos de fixação do conector	99
20	ANEXOS.....	100
	ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas	100
	ANEXO 2 - Quadro de desvios técnicos e exceções	103
	ANEXO 3 - Inspeção geral dos transformadores	104

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 a seco (SEC), trifásicos (3F), com isolamento em epóxi ou resina, nas tensões primárias até 36,2 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 subestações abrigadas (SEA), 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 (TD), imersos em óleo isolante, seja mineral (OMI) ou vegetal (OVI);
- Transformadores de potência, do tipo a seco, com tensões nominais superiores a 36,2 kV.

NOTA:

- I. Este material tem seu uso proibido em subestações de distribuição (SED) e em redes de distribuição subterrânea (RDS). Os transformadores a seco não podem ser instalados em locais sujeitos a inundação.

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:

- ABNT NBR 5356-11, Transformadores de potência - Parte 11: Transformadores do tipo seco - Especificação
- IEC 60076-11, Power transformers - Part 11: Dry-type transformers

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 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
- 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 17/10/2001, 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 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 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
- 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 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 237, de 19/12/1997, Dispõe sobre os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental
- Norma Regulamentadora N.º 10 (NR-10), Segurança em instalações e serviços em eletricidade

- Norma Regulamentadora N.º 17 (NR-17), Ergonomia

4.2 Normas técnicas brasileiras

- ABNT IEC TR 62039, Guia de seleção de materiais poliméricos para uso externo sob alta tensão
- 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 IEC TS 62073, Guia da medição da hidrofobicidade nas superfícies de isoladores
- ABNT NBR 5356-1, Transformador de potência - Parte 1: Especificação
- ABNT NBR 5356-2, Transformador de potência - Parte 2: Aquecimento
- ABNT NBR 5356-3, Transformador de potência - Parte 3: Níveis de isolamento, ensaios dielétricos e espaçamentos externos em ar
- ABNT NBR 5356-4, Transformador de potência - Parte 4: Guia para ensaio de impulso atmosférico e de manobra para transformadores e reatores
- ABNT NBR 5356-5, Transformador de potência - Parte 5: Capacidade de resistir a curtos-circuitos
- ABNT NBR 5370, Conectores de cobre para condutores elétricos em sistemas de potência
- ABNT NBR 5456, Eletricidade geral - Terminologia
- ABNT NBR 5458, Transformadores de potência - Terminologia
- ABNT NBR 5460, Sistemas elétricos de potência
- ABNT NBR 6323, Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido - Especificação

- 
- 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 7348, Pintura industrial - Preparação de superfície de aço com jateamento abrasivo ou hidrojateamento
 - ABNT NBR 7397, Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - Determinação da massa do revestimento por unidade de área - Método de ensaio
 - ABNT NBR 7398, Produto de aço ou ferro fundido galvanizado por imersão a quente - Verificação da aderência do revestimento - Método de ensaio
 - ABNT NBR 7399, Produto de aço ou 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 ou ferro fundido por imersão a quente - Verificação da uniformidade do revestimento - Método de ensaio
 - ABNT NBR 8158, Ferragens eletrotécnicas para redes aéreas de distribuição de energia elétrica - Especificação
 - ABNT NBR 8667-1, Comutadores de derivação - Parte 1: Especificação e ensaios
 - ABNT NBR 10443, Tintas e vernizes - Determinação da espessura da película seca sobre superfícies rugosas - Método de ensaio
 - ABNT NBR 10474, Qualificação em soldagem - Terminologia
 - ABNT NBR 11003, Tintas - Determinação da aderência - Método de ensaio
 - ABNT NBR 11788, Conectores de alumínio para ligações aéreas de condutores elétricos em sistemas de potência

- 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 15158, Limpeza de superfícies de aço por produtos químicos
- ABNT NBR 17048, Recebimento, armazenagem, instalação e manutenção de transformadores de potência do tipo seco, com tensão até 36,2 kV - Procedimento
- 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 60270, Técnicas de ensaios elétricos de alta-tensão - Medição de descargas parciais
- ABNT NBR IEC 60529, Graus de proteção providos por invólucros (Códigos IP)
- ABNT NBR IEC 62262, Graus de proteção assegurados pelos invólucros de equipamentos elétricos contra os impactos mecânicos externos (código IK)

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 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 D3359, Standard test methods for rating adhesion by tape test
 - 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 60076-12, Power transformers - Part 12: Loading guide for dry-type power transformers
 - IEC 60085, Electrical insulation - Thermal evaluation and designation
 - IEC 60214-1, Tap-changers - Part 1: Performance requirements and test methods
 - IEC 60270, High-voltage test techniques - Partial discharge measurements
 - 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 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 62262, Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)
 - IEC TR 62039, Selection guidelines for polymeric materials for outdoor use under HV stress
 - IEC TS 60815-1, Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions - Part 1: Definitions, information and general principles
 - IEC TS 62073, Guidance on the measurement of hydrophobicity of insulator surfaces
 - IEEE 957, IEEE Guide for cleaning insulators
 - ISO 752, Zinc ingots
 - ISO 2093, Electroplated coatings of tin - Specification and test methods
 - ISO 2409, Paints and varnishes - Cross-cut test
 - ISO 4521, Metallic and other inorganic coatings - Electrodeposited silver and silver alloy coatings for engineering purposes - Specification and test methods
 - 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 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

- 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
 - 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 e Inovações
- MDIC - Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
- MME - Ministério de Minas e Energia
- 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
- ISO - International Organization for Standardization
- NEMA - National Electrical Manufacturers Associations
- SSPC - Society for Protective Coatings

5 TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES

A terminologia adotada nesta Especificação Técnica corresponde a das normas ABNT NBR 5456, ABNT NBR 5460, ABNT NBR 5458 e ABNT NBR 5356-11, 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 do tipo seco

Transformador cuja parte ativa não é imersa em líquido isolante.

5.1.3 Transformador sem invólucro

Transformador no qual o núcleo e os enrolamentos são resfriados pelo ar ambiente. Nenhuma proteção contra toque acidental é prevista.

5.2 Comutador de derivação

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

5.3 Derivação

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

NOTA:

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

5.3.1 Derivação inferior

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

5.3.2 Derivação principal

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

5.3.3 Derivação superior

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

5.4 Degrau de derivação

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

5.5 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:

VII. 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).

5.6 Enrolamento

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

5.6.1 Enrolamento primário

Enrolamento que recebe energia.

5.6.2 Enrolamento secundário



Enrolamento que fornece energia.

5.7 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 fechado.

5.8 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:

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

5.9 Nível de isolamento

Conjunto de valores de tensões suportáveis nominais.

5.10 Núcleo

Circuito magnético de um transformador.

5.10.1 Núcleo envolvente

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

5.10.2 Núcleo envolvido

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

5.11 Parte ativa



Conjunto formado pelo núcleo, enrolamentos e suas partes acessórias.

5.12 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.

5.13 Perdas totais

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

5.14 Terminal de ligação

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

5.15 Ensaio 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.

5.16 Ensaio 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.

5.17 Ensaio 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 adequados para funcionamento como transformadores para uso interior, em cabines protegidas;
- b) Ser fornecidos completos, com todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento;
- c) Ter todas as peças correspondentes intercambiáveis, quando de mesmas características nominais e fornecidas pelo mesmo fabricante.
- d) O projeto, matéria prima empregada, fabricação e acabamento devem incorporar tanto quanto possível as mais recentes técnicas e melhoramentos.

- 
- e) Os transformadores de distribuição devem 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.
 - f) Ser projetados para os limites de elevação de temperatura dos enrolamentos sem comprometer as características dos materiais isolantes.

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) Umidade relativa do ar até 100 %, conforme IEC 60721-2-1;
- d) Classe de severidade de poluição local (SPS) leve e médio, conforme ABNT IEC TS 60815-1 ou IEC TS 60815-1;
- e) Vibrações insignificantes devido a causas externas aos transformadores ou devido a tremores de terra, conforme IEC 60721-1;
- f) Exposição a materiais explosivos na forma de gases ou pós;
- g) Limitação de espaço na sua instalação;
- h) Exigência de redução dos níveis de ruído e/ou de rádio interferência;
- i) Necessidade de proteção especial de pessoas contra contatos acidentais com partes vivas dos transformadores de distribuição;

j) Funcionamento em condições tais como:

- Em regime ou frequências não usuais; ou
- Com forma de onda distorcida ou com tensões assimétricas.

7.2 Linguagens e unidades de medida

O sistema métrico de unidades deve 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 deve 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:

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

7.3 Acondicionamento

Os transformadores de distribuição devem ser acondicionados individualmente, em container (caixa para transporte), confeccionada em madeira, não retornáveis, com massa bruta não superior a 4.000 (quatro 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 (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;
- Carga e descarga, através da alça de suspensão do transformador, com o uso de pontes rolantes;
- Transporte e ou armazenamento superposto de 2 (dois) transformadores.

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.grupoenergisa.com.br/fornecedores>

NOTA:

- X. Para equipamentos com peso bruto superior a 4.000 (quatro mil) quilogramas, deve ser informado a necessidade de equipamento especial para carga e descarga;
- XI. 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.

XII. 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) ABNT NBR 5356-11 / IEC 60076-11;

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

NOTAS:

- XIII. O fornecedor brasileiro deverá numerar os diversos volumes e anexar à nota fiscal uma relação descritiva (romaneio) do conteúdo de cada volume;
- XIV. 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 com líquido isolante deve ser realizado com o transformador completamente preenchido, com o seu nível normal de operação.

O fabricante, a partir de 01/07/2025, 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 17048.

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);
- 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 25 (vinte e cinco) anos a partir da data de fabricação, contra qualquer falha, provenientes de processo fabril, sob condições normais de operação prevista nesta especificação técnica.

NOTA:

XV. 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 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).

7.9 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:

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

7.10 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.

7.11 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 desenhos técnicos detalhados.

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) Do conjunto núcleo-enrolamentos, detalhado, em planta e cortes, indicando material usado e processos de montagem e manutenção;
 - d) Placa de identificação;
 - e) Terminais de alta e baixa tensão com dimensões, detalhes de montagem e características físicas e dielétricas, indicando fabricante, tipo e designação;
 - f) Alças para suspensão do transformador, com dimensões e material utilizado;
 - g) Dispositivo de aterramento com dimensões e material utilizado;
 - h) Comutador com dimensões e indicação da marcação dos taps;
 - i) Base com rodas bidirecionais;
 - j) Todos os acessórios exigidos;
 - 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:

- XVIII. Quando da consulta para aprovação dos desvios, os mesmos deverão estar claramente identificados, e tratados como tal, tanto no texto como nos desenhos;
- XIX. 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 IEC 60076-12.

Os equipamentos auxiliares, tais como buchas, comutadores de derivações e outros, devem suportar sobrecargas correspondentes 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:

- 75 kVA, 112,5 kVA, 150 kVA, 225 kVA, 300 kVA, 500 kVA, 750 kVA e 1.000 kVA.

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 trifásicas: 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 Nível de isolamento nominal (U_d)

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:

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

NOTA:

XXII. 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 conforme a Figura 1.



Figura 1 - Diagrama de ligação

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

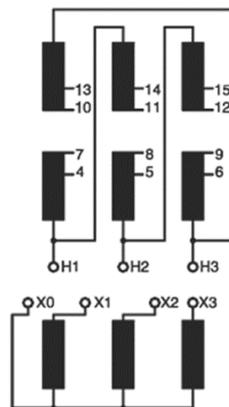


Figura 2 - Diagrama fasorial Dyn1

8.10 Tensão de rádio interferência

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 kV 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:

- XXIII. 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

Os transformadores de distribuição, estabelecidos nesta Especificação Técnica, devem ser classificados como:

- Classe climática C1: Para a operação, transporte e armazenagem a temperaturas ambiente até - 5 °C;
- Classe ambiental: E1: Para a operação com condensação ocasional e poluição limitada é possível;
- Classe de comportamento ao fogo (combustão) F1: Para inflamabilidade deve ser limitada, a emissão de substâncias tóxicas e fumaça opaca devem ser minimizadas.

O fabricante deverá puncionar o número de série de fabricação, nos seguintes locais:

- a) Na placa de identificação;
- b) Em uma das barras de aperto superiores do núcleo.

9.1 Material isolante

O material isolante dos transformadores de distribuição deve ser:

- a) À base de resina epóxi cicloalifática, conforme ABNT IEC TR 62039 ou IEC TR 62039;
- b) Encapsulamento a vácuo e classe de temperatura mínima F (155 °C), conforme ABNT NBR IEC 60085 ou IEC 60085;
- c) Ser homogêneo;
- d) Hidrofóbico, conforme ABNT IEC TS 62073 ou IEC TS 62073;
- e) Ser resistente ao trilhamento e erosão, ao efeito corona e ao ozônio, à degradação física e química pela ação da água, ao rasgo, a ataques químicos, ao intemperismo e raios ultravioleta, à flamabilidade e ao arco elétrico.
- f) Suportar lavagens sob pressão em linhas de distribuição energizadas, conforme IEEE 957.

NOTAS:

- XXIV. O recomendado é que a resina epóxi seja em tons de laranja, vermelho ou marrom. Outras cores poderão ser aceitas, mediante aprovação previa da Energisa.
- XXV. Outras tecnologias para o sistema de isolamento podem ser aceitas pela Energisa, desde que comprovadamente testada e aprovada;
- XXVI. Não serão aceitos, sob hipótese alguma, compostos poliméricos cuja composição contenham etileno propileno dieno monômero (EPDM), etileno vinil acetato (EVA) etc.

9.2 Método de resfriamento

9.2.1 Sistema de ar natural



Os transformadores de distribuição devem ser resfriamento em um sistema tipo Ar Natural (NA).

NOTA:

XXVII. Opcionalmente, podem ser solicitado equipamentos com sistemas tipo Ar Forçado (AF), para isso, deve constar na Ordem de Compra de Materiais (OCM).

9.2.2 Sistema de ventilação forçada

A instalação de um sistema de ventilação forçada pode aumentar consideravelmente a capacidade de fornecimento de potência dos transformadores de distribuição. Este sistema é especialmente vantajoso para equipamentos onde o ciclo de carga é variável. A capacidade a ser acrescida nos transformadores de distribuição deve ser acordada em cada projeto conforme a solicitação.

Ventiladores axiais são montados em ambos os lados da base do transformador ou exaustores são posicionados no teto do cubículo de proteção, quando aplicável.

Caso seja importante que o transformador não ultrapasse o nível de ruído normalizado mesmo com a VF ligada, poderão ser fornecidos moto ventiladores especiais com baixo nível de ruído.

9.3 Terminais de ligação e caixa blindada

Os terminais de ligação, primários e secundários, devem ser possuir formato e dimensões conforme Desenho 5 e estar localizado conforme Desenho 1.

O nível de isolamento dos terminais de ligação deve ser igual ou superior ao dos enrolamentos a que estão ligados.

Os terminais de ligação, montados, devem ser capazes de suportar os ensaios dielétricos a que são submetidos os transformadores.

Os terminais de ligação dos enrolamentos e das respectivas ligações no painel de comutação, devem ser claramente identificados por meio de marcação constituída



de algarismos e letras, a qual deve ser fielmente reproduzida no diagrama de ligações.

Todo terminal de neutro deve ser marcado com a letra correspondente ao enrolamento e seguida do número “0” (zero).

Os terminais de ligação devem ser fornecidos em quantidade adequada ao tipo de terminal, conforme Desenho 6, com:

- Parafusos de cabeça sextavada, tipo M12, com rosca 1,75 e comprimento de 50 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:

XXVIII. 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 8.

9.3.1 Terminais primários

Os terminais primários devem ser tipo bandeira (SPADE), no padrão tipo NEMA, com 2 furos, confeccionados em liga de cobre, cobre eletrolítico ou liga de alumínio, 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.

9.3.2 Terminais secundários

Os terminais secundários devem ser tipo bandeira (SPADE), no padrão tipo NEMA, com 2 (dois) ou 4 (quatro) furos, confeccionados em liga de cobre, cobre eletrolítico ou liga de alumínio, 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.

Os terminais secundários devem ser padrão NEMA, de 2 (dois) ou 4 (quatro) furos, conforme:

- Até 112,5 kVA (incluso): NEMA 2 furos;
- Superior à 150 kVA (incluso): NEMA 4 furos.

9.3.3 Caixa de blindagem para os terminais de baixa tensão (BT)

Para transformadores de distribuição com potência nominal inferior e igual a 1.000 kVA (inclusive), deve ser prevista caixa blindada, equipada com dispositivo para aplicação de lacre, de maneira a conter e manter inacessíveis os terminais de baixa tensão (BT).

Para potências superiores a 1.000 kVA, somente deve ser prevista, quando especificado na Ordem de Compra de Materiais (OCM).

A caixa blindada deve possuir com grau de proteção mínima:

- IP-54, conforme ABNT NBR IEC 60529 ou IEC 60529;
- IK-05, conforme ABNT NBR IEC 62262 ou IEC 62262.

9.4 Bucha dos terminais

As buchas dos terminais deverão ser moldadas juntamente com as bobinas, de maneira a formarem um conjunto único, o qual não deverá apresentar partes vivas expostas nos enrolamentos, exceção feita às conexões destas às barras de ligação e painel de derivações.

A moldagem da resina no enrolamento de média tensão (MT) deve ser feita com temperatura e velocidade controladas, de forma a evitar a inclusão de bolhas, que a médio prazo possam afetar a isolação.

9.5 Dispositivo de aterramento

Os transformadores de distribuição devem possuir, próximo à base, no mínimo, 1 (um) dispositivo de aterramento, confeccionado em material não ferroso ou inoxidável, o qual permita fácil ligação à terra.

Este conector deve ser próprio para ligação de condutores de cobre ou alumínio, com diâmetro entre 3,2 e 10,5 mm (10 e 70 mm²), preso por meio de um parafuso sextavado, de rosca M13 x 1,75 mm, conforme Desenho 2.

NOTA:

- XXIX. 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.

Quando o transformador de distribuição possuir invólucro, esses dispositivos de aterramento devem estar localizados na parte exterior do referido invólucro e, sempre que possível, próxima a base.

9.6 Meios para suspensão das bobinas e do transformador completamente montado



O transformador de distribuição deve dispor de meios, como por exemplo, alças, olhais ou ganchos, para seu levantamento completamente montado, também devendo oferecer meios para o içamento de cada bobina.

9.7 Estrutura de apoio e meios de locomoção

Para facilitar a movimentação do transformador de distribuição, o projeto deve prever olhais para tração, nas 4 (quatro) faces laterais.

A base dos equipamentos deve ser confeccionada em aço estrutural e equipada com rodas bidirecionais, apropriadas para deslocamento em direções ortogonais, considerados permitir a troca de orientação de 90 em 90 graus, com previsão de um pino central, para fixação da roda à base, de modo a facilitar o seu giro.

9.8 Sistema de proteção térmica dos enrolamentos

Quando prevista na Ordem de Compra de Materiais (OCM), o transformador de distribuição deve ser provido de sensores térmicos com contatos independentes para alarme (140 °C) e desligamento (150 °C), instalados em enrolamentos com tensão máxima de 1,2 kV.

NOTA:

XXX. Item obrigatório para os transformadores de distribuição com potência igual ou superior a 750 kVA.

O sistema de proteção térmica deve ser composto de 3 (três) sensores, instalados nas bobinas de baixa tensão (BT) e relé eletrônico tipo microprocessado (função ANSI 49) com contatos para alarme/desligamento, faixa de atuação programável, indicação digital de temperatura das 3 (três) fases e tensão de alimentação universal de 24 a 240 V_{AC} /V_{CC}, e contatos auxiliares para comando de ventiladores (quando existentes).

9.9 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 3 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.

NOTA:

XXXI. Outros modelos de placa são permitidos, desde que possuam aprovação previa pela Energisa.

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

- a) “TRANSFORMADOR DO TIPO SECO”;
- b) Nome do fabricante e local de fabricação;
- c) Número de série de fabricação;
- d) Mês/ano de fabricação (MM/AAAA);
- e) Norma aplicável (ABNT NBR 5356-11 ou IEC 60076-11);
- 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) Corrente nominal, em ampères (A), para refrigeração AF;
 - k) Tensão nominal, incluindo tensão das derivações, em volt (V);
 - l) Níveis de isolamento, em quilovolt (kV);
 - m) Impedância de curto-circuito (temperatura de referência e potência base), em porcentagem (%);
 - n) Classe de temperatura dos enrolamentos onde:
 - A primeira letra se refere ao enrolamento de média tensão (MT);
 - A segunda letra se refere ao enrolamento de baixa tensão (BT).
 - o) Temperaturas limite da isolação e de elevação de temperatura dos enrolamentos, em graus centígrados (°C);
 - p) Diagrama de ligações, contendo todas as tensões nominais, de derivação e respectivas correntes;
 - q) Diagrama fasorial;
 - r) Massa total aproximada, em quilogramas (kg);
 - s) Número do manual de instruções;
 - t) QR-CODE, conforme Tabela 9.

NOTA:

XXXII. Até 31/05/2025, serão aceitos que a placa de identificação possua etiqueta, do tipo autocolante, com código de barras 2D (QR CODE) impresso. A partir de 01/06/2025, o código de barras 2D (QR-CODE) deve ser gravado diretamente na placa de identificação.

9.10 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/m^2 , tanto individualmente quanto na média.

NOTA:

XXXIII. 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.

9.11 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 ABNT NBR 14842 e AWS B3.0, às expensas do fornecedor.

NOTA:

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

9.12 Massa do transformador

A massa total do transformador de distribuição não deverá ultrapassar 3.500 (três mil e quinhentos) quilogramas.

NOTA:

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

9.13 Sinalização de advertência de risco de choque elétrico

As sinalizações de segurança e identificações devem seguir as prescrições conforme Desenho 5.

10 PARTE ATIVA

10.1 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.

10.2 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:

XXXVI. 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.

10.3 Sistema de comutação sem tensão (CST)

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 IEC 60076-12.

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

11 PINTURA E MARCAÇÕES

A agressividade do meio ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de metálicas e/ou pintura, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas.

Quanto a condições ambientais, a pintura dos transformadores de distribuição serão divididas em 2 (duas) áreas de corrosividade de atmosferas:

- Classe II (2): fora da área de alcance; e
- Classe IV (4): dentro da área de alcance.

NOTA:

XXXVII. São considerados áreas de ambiente agressivos, as áreas litorâneas de Sergipe e Paraíba, conforme NDU-027.

11.1 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:

- XXXVIII. 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;
- XXXIX. Alternativamente, as tintas mencionadas podem ser substituídas por processo de pintura eletrostático.

11.2 Acabamento externo

No acabamento externo dos transformadores 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) Antes do início de qualquer processo de oxidação, deverá ser aplicada tinta de fundo epóxi rica em zinco, curada com poliamida, padrão Petrobras N-1277, com espessura seca entre 80 e 100 μm ;
- c) Em seguida, aplica-se 1ª demão de tinta epóxi poliamida de alta espessura e elevado teor de sólidos, conforme padrão Petrobras N-2628, com espessura seca (demão) mínima de 100 μm ;
- d) Aplica-se 2ª demão de tinta de poliuretano acrílico alifático, conforme padrão Petrobras N-2677, com espessura seca (demão) mínimo de 45 μm ;
- e) Por fim, aplica-se 3ª demão de tinta de poliuretano acrílico alifático, conforme padrão Petrobras N-2677, na cinza-claro, notação Munsell N 6.5, perfazendo uma espessura mínima de 45 μm .

- f) Espessura seca total mínima de 270 μm .

11.3 Marcação dos enrolamentos e terminais

Todas as marcações deverão ser feitas por meio de tinta cor branca, notação Munsell N 9.5, e ter altura dos caracteres não inferior a 35 mm, conforme Desenho 6, e nas posições indicadas, conforme Desenho 1.

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:

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

12 INSPEÇÃO E ENSAIOS

12.1 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 12.2.1, 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 12.4.

- 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:

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

12.2 Relação de ensaios

Todos os ensaios relacionados estão constando na Tabela 11.

12.2.1 Ensaios de tipo (T)

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

- a) Ensaio de resistência dos enrolamentos, conforme item 12.3.3;
- b) Ensaio de resistência de isolamento, conforme item 12.3.4;
- c) Ensaio de relação de transformação, conforme item 12.3.5;
- d) Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases, conforme item 12.3.6;
- e) Ensaio de impedância de curto-circuito, conforme item 12.3.7;
- f) Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio, conforme item 12.3.8;
- g) Ensaio de corrente de excitação, conforme item 12.3.9;
- h) Ensaio de tensão suportável à frequência industrial, conforme item 12.3.10;

- 
- i) Ensaio de tensão induzida de curta duração, conforme item 12.3.11;
 - j) Ensaio de impulso atmosférico, conforme item 12.3.12;
 - k) Ensaio de descargas parciais, conforme item 12.3.13;
 - l) Ensaio de elevação de temperatura, conforme item 12.3.14;
 - m) Ensaio de rádio interferência, conforme item 12.3.15;
 - n) Ensaio de nível de ruído, conforme item 12.3.16;
 - o) Ensaio de curto-circuito, conforme item 12.3.17;
 - p) Ensaio do comutador, conforme item 12.3.18:
 - 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.

12.2.2 Ensaio de recebimento (RE)

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

- a) Inspeção geral, conforme item 12.3.1;
- b) Verificação dimensional, conforme item 12.3.2;
- c) Ensaio de resistência dos enrolamentos, conforme item 12.3.3;
- d) Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases, conforme item 12.3.6;
- e) Ensaio de impedância de curto-circuito, conforme item 12.3.7;

- 
- f) Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio, conforme item 12.3.8;
 - g) Ensaio de tensão suportável à frequência industrial, conforme item 12.3.10;
 - h) Ensaio de tensão induzida de curta duração, conforme item 12.3.11;
 - i) Ensaio de descargas parciais, conforme item 12.3.13;
 - j) Ensaio de elevação de temperatura, conforme item 12.3.14;
 - k) Ensaio do comutador, conforme item 12.3.18:
 - Ensaio mecânicos;
 - Ensaio de sequência de operações.
 - l) Ensaio para verificação da pintura, conforme item 12.3.19:
 - Ensaio de aderência;
 - Ensaio de espessura de camada de tinta.
 - m) Ensaio de medição da camada de revestimento de zinco, conforme item 12.3.20;
 - n) Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação, conforme item 12.3.21;
 - o) Ensaio de verificação do torque nos terminais, conforme item 12.3.22.

12.2.3 Ensaio especiais (E)

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

- a) Ensaio de resistência dos enrolamentos, conforme item 12.3.3;
- b) Ensaio de resistência de isolamento, conforme item 12.3.4;
- c) Ensaio de relação de transformação, conforme item 12.3.5;

- 
- d) Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases, conforme item 12.3.6;
- e) Ensaio de impedância de curto-circuito, conforme item 12.3.7;
- f) Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio, conforme item 12.3.8;
- g) Ensaio de corrente de excitação, conforme item 12.3.9;
- h) Ensaio de tensão suportável à frequência industrial, conforme item 12.3.10;
- i) Ensaio de tensão induzida de curta duração, conforme item 12.3.11;
- j) Ensaio de impulso atmosférico, conforme item 12.3.12;
- k) Ensaio de descargas parciais, conforme item 12.3.13;
- l) Ensaio de elevação de temperatura, conforme item 12.3.14;
- m) Ensaio de rádio interferência, conforme item 12.3.15;
- n) Ensaio de nível de ruído, conforme item 12.3.16;
- o) Ensaio de curto-circuito, conforme item 12.3.17;
- p) Ensaio do comutador, conforme item 12.3.18:
- 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.
 - Ensaio mecânicos;
 - Ensaio de sequência de operações.
- p) Ensaio de medição da impedância de sequência zero, conforme item 12.3.23;

- 
- q) Ensaio de suportabilidade a impulso atmosférico de baixa-tensão (BT), conforme item 12.3.24;
 - r) Ensaio de suportabilidade a curto-circuito, conforme item 12.3.25;
 - s) Ensaio de medição de harmônicas da corrente de excitação, conforme item 12.3.26;
 - t) Ensaio de medição do fator de potência do isolamento ($\text{tg } \delta$) e capacitâncias, conforme item 12.3.27.

12.3 Descrição dos ensaios

12.3.1 Inspeção geral

O inspetor deverá efetuar uma inspeção geral, verificando:

- 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) Pintura e marcações, conforme item 11 e Anexo 3;
- d) Placa de identificação, conforme item 9.9;
- e) Sinalizações de advertência, conforme item 9.12.

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

12.3.2 Verificação dimensional

O inspetor deverá efetuar inspeções de:

- As dimensões do equipamento e seus acessórios requeridos, conforme item 9 e Desenho 1;
- Verificação dos terminais de ligação, conforme item 9.3;

- 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:

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

12.3.3 Ensaio de resistência dos enrolamentos

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

Este ensaio é realizado para servir de referência para o ensaio de elevação de temperatura do transformador.

12.3.4 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.

12.3.5 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.

12.3.6 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.

12.3.7 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.

12.3.8 Ensaio de perdas em vazio e em carga

12.3.8.1 Em carga

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.

12.3.8.2 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.

12.3.9 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.

12.3.10 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.

12.3.11 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 colapso da tensão de ensaio.

12.3.12 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 ocorrência de 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.

12.3.13 Ensaio de descargas parciais

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR IEC 60270 ou IEC 60270, e estar em conformidade com a ABNT NBR 5356-3 ou IEC 60076-3.

Constitui falha, se a amostra apresentar valores medidos de descargas parciais superiores a 10 pC.

12.3.14 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.

12.3.15 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.

12.3.16 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.

12.3.17 Ensaio de curto-circuito

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

Constitui falha, se a amostra apresentar:

- a) Não atendimento aos valores estabelecidos no item 8.11;
- b) Reprova no ensaio de descarga parciais, após ao ensaio de curto.

12.3.18 Ensaios do comutador sem tensão (CST)

12.3.18.1 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.

12.3.18.2 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:

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

12.3.18.3 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.

12.3.18.4 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.

12.3.18.5 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.

12.3.18.6 Ensaios 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 nas operações mecânicas.

NOTA:

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

12.3.18.7 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 desconformidade com o ensaio de tipo de sequência de operações.

NOTA:

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

12.3.19 Ensaios para verificação da pintura

12.3.19.1 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 .

12.3.19.2 Ensaio de espessura

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 no item 11.2.

12.3.20 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.

12.3.20.1 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 9.10.

12.3.20.2 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 9.10.

12.3.20.3 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 9.10.

12.3.20.4 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 9.10.

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

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.

12.3.21.1 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.

12.3.21.2 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.

12.3.22 Ensaio de verificação do torque nos terminais

Este ensaio é aplicável exclusivamente aos parafusos dos terminais de ligação.

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5370, submetidos aos valores especificados na ABNT NBR 8158.

Constitui falha, se a amostra apresentar ocorrência de quaisquer danos ou deformações permanentes nos parafusos, porcas ou componentes dos terminais ou dispositivo de aterramento.

NOTA:

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

12.3.23 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.

12.3.24 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.

12.3.25 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:

XLVI. 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.

12.3.26 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 %.

12.3.27 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.

12.4 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.

13 PLANOS DE AMOSTRAGEM

13.1 Ensaios de tipo e especiais

O plano de amostragem para os ensaios de tipo e especiais, devem seguir as orientações da ABNT NBR 5356-11 ou IEC 60076-11, e demais normas indicadas.

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

13.2 Ensaios de recebimento

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.

13.2.1 Inspeção geral e verificação dimensional

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

13.2.2 Ensaio de elevação de temperatura

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

13.2.3 Demais ensaios

O plano de amostragem para os ensaios de recebimento de um lote está estabelecido na Tabela 11 para o produto acabado.

Se o lote a ser fornecido for constituído por mais de 500 unidades, essa quantidade deve ser dividida em vários lotes com menor número, cada um deles contendo entre 90 e 280 unidades.

14 ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

14.1 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.

14.2 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 10;
- 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.

15 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

16 HISTÓRICO DE VERSÕES DESTE DOCUMENTO

Data	Versão	Descrição das alterações realizadas
01/12/2019	0.0	<ul style="list-style-type: none">1ª edição.
01/02/2022	1.0	<ul style="list-style-type: none">Incorporação da Errata 1;Ajustes nos textos e tabelas;Inclusão do Anexo 1.
01/08/2023	2.0	<ul style="list-style-type: none">Inclusão dos ensaios nacionais e internacionais;Retirada codificação do RFID;Ajustes no texto;Inclusão do item 6, 7.9, 9.11; Anexo 2 e 3;Alteração do item 7.6, 9.9, 9.10, 10.3, 11, 13.1, 13.2.
01/03/2024	2.1	<ul style="list-style-type: none">Alteração do item 7.6.

17 VIGÊNCIA

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

18 TABELAS

TABELA 1 - Características elétricas dos transformadores de distribuição a seco



Imagem meramente ilustrativa

Código Energisa	Potência nominal	Tensão nominal MT	Classe de tensão	Tensão nominal BT	Tipo de conexão		Empresa
	(kVA)	(kV)		(V)	MT	BT	
692397	75	11,4	15	220/127	NEMA 2 Furos	NEMA 2 Furos	EMR / ESS
692391	112,5						
692392	150					NEMA 4 Furos	
692393	225						
692394	300						
692395	500						
692396	750						
692390	1.000						

TABELA 1 - Características elétricas dos transformadores de distribuição a seco - Continuação

Código Energisa	Potência nominal	Tensão nominal MT	Classe de tensão	Tensão nominal BT	Tipo de conexão		Empresa
	(kVA)	(kV)		(V)	MT	BT	
692405	75	11,4	15	380/220	NEMA 2 Furos	NEMA 2 Furos	EMR
692399	112,5						
692400	150						
692401	225						
692402	300						
692403	500						
692404	750						
692398	1.000						
692413	75	13,8	15	220/127	NEMA 2 Furos	NEMA 2 Furos	EAC / EMS / EMT / ERO / ESE / ESS
692407	112,5						
692408	150						
692409	225						
692410	300						
692411	500						
692412	750						
692406	1.000						

TABELA 1 - Características elétricas dos transformadores de distribuição a seco - continuação

Código Energisa	Potência nominal	Tensão nominal MT	Classe de tensão	Tensão nominal BT	Tipo de conexão		Empresa
	(kVA)	(kV)		(V)	MT	BT	
692421	75	13,8	15	380/220	NEMA 2 Furos	NEMA 2 Furos	EBO / EMS / EMT / EPB / ETO
692415	112,5					NEMA 2 Furos	
692416	150					NEMA 4 Furos	
692417	225						
692418	300						
692419	500						
692420	750						
692414	1.000						
692429	75	22,0	24,2	220/127	NEMA 2 Furos	NEMA 2 Furos	EMR / EMS
692423	112,5					NEMA 2 Furos	
692424	150					NEMA 4 Furos	
692425	225						
692426	300						
692427	500						
692428	750						
692422	1.000						

TABELA 1 - Características elétricas dos transformadores de distribuição a seco - Continuação

Código Energisa	Potência nominal	Tensão nominal MT	Classe de tensão	Tensão nominal BT	Tipo de conexão		Empresa
	(kVA)	(kV)		(V)	MT	BT	
692437	75	34,5	36,2	220/127	NEMA 2 Furos	NEMA 2 Furos	EAC / EMS / EMT / ERO / ESS
692431	112,5					NEMA 4 Furos	
692432	150					NEMA 4 Furos	
692433	225					NEMA 4 Furos	
692434	300					NEMA 4 Furos	
692435	500					NEMA 4 Furos	
692436	750					NEMA 4 Furos	
692430	1.000					NEMA 4 Furos	
692445	75	34,5	36,2	380/220	NEMA 2 Furos	NEMA 2 Furos	EMS / EMT / ETO
692439	112,5					NEMA 4 Furos	
692440	150					NEMA 4 Furos	
692441	225					NEMA 4 Furos	
692442	300					NEMA 4 Furos	
692443	500					NEMA 4 Furos	
692444	750					NEMA 4 Furos	
692438	1.000					NEMA 4 Furos	

TABELA 2 - Níveis de isolamento

Tensão máxima do equipamento	Tensão suportável nominal à frequência	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico		Espaçamento mínimo no ar	
		Classe 1	Classe 2	Fase-Terra	Fase-Fase
(kV _{ef})		(kV _{cr})		(mm)	
1,2	3	20	40	25	
15,0	34	95	110	130	160,0
24,2	50	125	150	200	280,0
36,2	70	150	170		

NOTAS:

- I. Valores da classe 1 são valores padronizados recomendados.
- II. Valores da classe 2 podem ser especificados quando houver exposição às sobretensões ou quando uma margem de segurança maior for requerida.
- III. Para classes de isolamento diferentes das contempladas nesta Tabela, valores da ABNT NBR 5356-3 ou IEC 60076-3, podem ser especificados, mediante acordo entre fabricante e comprador.
- IV. Sob condições especiais, enrolamentos com derivação podem ter especificadas derivações com tensão superior ao valor normalizado um, limitado a 5,0 %, se esta não for a derivação da tensão nominal, (a derivação principal é $\leq U_m$).

TABELA 3 - Derivações e relação de tensões

Tipo	Tensão sistema	Derivações (taps)	
	(kV)	Quant.	Tensões
			(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

NOTAS:

- I. Valores em destaque são os valores nominais.

TABELA 4 - Limites de elevação de temperatura dos enrolamentos

Temperatura máxima do sistema isolante	Máxima temperatura do enrolamento	Elevação de temperatura média do enrolamento K	Temperatura de referência
°C			
155 (F)	145	100	120
180 (H)	170	125	145
200	190	135	155
220	210	150	175

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

	Potência nominal	Eficiência	Perdas máximas		Rendimento mínimo	Corrente de excitação máxima	Tensão de curto-circuito
			em vazio (P ₀)	em vazio (P ₀)			
	(kVA)	Nível	(W)		(%)		
Classe de tensão - 15 kV	75	A	320	1.760	98,07	3,50	4,50
		B	430	1.870	97,76		
		C	430	2.120	97,59		
		D	480	2.170	97,45		
	112,5	A	360	2.560	98,27	3,30	5,00
		B	540	2.740	97,94		
		C	540	3.080	97,78		
		D	600	3.150	97,66		
	150	A	470	3.070	98,40	3,00	
		B	680	3.270	98,11		
		C	680	3.730	97,95		
		D	750	3.800	97,85		
	225	A	675	3.930	98,58	2,30	
		B	1.000	4.260	98,28		
		C	1.040	4.890	98,10		
		D	1.150	5.000	98,00		
	300	A	750	4.600	98,77	2,00	5,50
		B	1.170	5.000	98,48		
		C	1.170	5.670	98,36		
		D	1.300	5.800	98,27		
500	A	1.080	7.000	98,90	1,80		
	B	1.593	7.800	98,65			
	C	1.593	8.820	98,54			
	D	1.800	9.000	98,46			
Classe de	750	A	1.510	9.600	98,99	1,70	6,00
		B	2.160	10.260	98,80		

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

	Potência nominal	Eficiência	Perdas máximas		Rendimento mínimo	Corrente de excitação máxima	Tensão de curto-circuito
			em vazio (P ₀)	em vazio (P ₀)			
	(kVA)	Nível	(W)		(%)		
Classe de tensão - 15 kV	750	C	2.160	11.760	98,70	1,70	6,00
		D	2.400	12.000	98,63		
	1.000	A	1.860	11.960	99,06	1,50	
		B	2.600	12.700	98,90		
		C	2.600	14.300	98,81		
		D	2.900	14.600	98,75		
Classe de tensão - 24,2 kV	75	A	340	1.830	97,98	4,00	4,50
		B	560	2.050	97,37		
		C	560	2.310	97,19		
		D	620	2.370	97,03		
	112,5	A	380	2.660	98,20	3,50	5,00
		B	670	2.960	97,66		
		C	670	3.320	97,49		
		D	750	3.400	97,34		
	150	A	510	3.130	98,34	3,10	
		B	860	3.470	97,85		
		C	860	3.950	97,69		
		D	950	4.050	97,56		
	225	A	720	4.070	98,52	2,50	5,50
		B	1.100	4.450	98,16		
		C	1.260	5.210	97,87		
		D	1.400	5.350	97,75		
	300	A	900	4.820	98,66	2,30	
		B	1.400	5.320	98,30		
		C	1.400	6.000	98,19		
		D	1.550	6.150	98,08		

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

	Potência nominal	Eficiência	Perdas máximas		Rendimento mínimo	Corrente de excitação máxima	Tensão de curto-circuito
			em vazio (P ₀)	em vazio (P ₀)			
	(kVA)	Nível	(W)		(%)		
Classe de tensão - 24,2 kV	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		
Classe de tensão - 36,2 kV	75	A	340	1.830	97,98	4,00	4,50
		B	560	2.050	97,37		
		C	560	2.310	97,19		
		D	620	2.370	97,03		
	112,5	A	380	2.660	98,20	3,50	5,00
		B	670	2.960	97,66		
		C	670	3.320	97,49		
		D	750	3.400	97,34		
	150	A	620	3.400	98,13	3,30	5,50
		B	1.030	3.820	97,56		
		C	1.030	4.340	97,38		
		D	1.150	4.450	97,22		
	225	A	880	4.410	98,33	2,90	
		B	1.530	5.060	97,72		

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

	Potência nominal	Eficiência	Perdas máximas		Rendimento mínimo	Corrente de excitação máxima	Tensão de curto-circuito
			em vazio (P _o)	em vazio (P _o)			
	(kVA)	Nível	(W)		(%)		
Classe de tensão - 36,2 kV	225	C	1.530	5.700	97,57	2,90	
		D	1.700	5.900	97,41		
	300	A	980	5.070	98,57	2,50	
		B	1.670	5.760	98,09		
		C	1.670	6.470	97,96		
		D	1.860	6.660	97,83		
	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	
		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 - Tolerância de valores de ensaio

Item	Características especificadas	Tolerância
1	a) Perdas totais (ver Nota 1).	+ 10 % do total de perdas
	b) Perdas a vazio e em carga, isoladamente (ver Nota 1).	+15 % por componente de perda (vazio e carga), porém a tolerância para perda total não pode ser excedida.
2	Relação de tensão a vazio, para o 1º par de enrolamentos.	O menor dos seguintes valores: a) $\pm 0,5$ % do valor declarado. b) $\pm 1/10$ da impedância de curto-circuito (em %) da derivação principal.
	Relação de tensão a vazio para outras derivações do mesmo par.	Para ser acordado, mas não menos do que o menor valor de a) ou b).
	Relação de tensão a vazio para outros pares.	Para ser acordado, mas não menos do que o menor valor de a) ou b).
3	Impedância de curto-circuito para: • Transformador com dois enrolamentos separados, ou • Um par específico de enrolamentos de um transformador de mais enrolamentos.	
	a) Derivação principal.	Quando o valor de impedância for: • ≥ 10 %, $\pm 7,5$ % do valor declarado. • < 10 %, ± 10 % do valor declarado.
	b) Em qualquer outra derivação do par de enrolamentos.	Quando o valor de impedância for: • ≥ 10 %, ± 10 % do valor declarado. • < 10 %, ± 15 % do valor declarado.
4	Impedância de curto-circuito para: • Autotransformadores, • Um segundo par específico de enrolamentos de transformadores de mais enrolamentos, ou	
	a) Derivação principal.	± 10 % do valor declarado
	b) Em qualquer outra derivação do par.	± 15 % do valor declarado
5	Corrente de excitação (corrente a vazio)	+ 30 % do valor declarado

NOTA:

- I. A tolerância de perdas de transformadores de mais de um par de enrolamentos se aplica a cada par de enrolamentos.

TABELA 7 - Níveis de ruído máximos

Potência nominal do transformador (kVA)	Nível máximo de ruído (dB)	
	Tipo AN	Tipo AF
até 300	58	67
301 a 500	60	
501 a 700	62	
701 a 1.000	64	

TABELA 8 - Momento de torção

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 9 - 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	2 numéricos	Ex.: 05
7	Potência nominal (kVA)	3 numéricos	Ex.: 300
9	Número de patrimonial	10 numéricos	Ex.: 5603002010
10	Número da ordem de compra	15 (alfanuméricos, espaço e barras)	Ex.: 4400004444/2016
11	Impedância de curto (%)	2 numéricos	Ex.: 05
12	Tensões nominais de média tensão (kV)	4 (numéricos e virgula)	Ex.: 34,5
13	Tensão nominal de baixa tensão (kV)	7 (numéricos e barra)	Ex.: 380/220
14	Massa total do transformador (kg)	4 numéricos	Ex.: 0005
15	Material dos enrolamentos MT/BT	máximo 30 (alfanuméricos, hifens, barras, espaço)	Ex.: alumínio

TABELA 10 - Plano de amostragem para ensaios de recebimento

Tamanho do lote	<ul style="list-style-type: none"> Deslocamento angular e sequência de fases; Ensaio do comutador; Impedância de curto-circuito; Perdas em carga e perdas em vazio; Resistência dos enrolamentos. 				<ul style="list-style-type: none"> Inspeção geral; Verificação dimensional; Ensaio da pintura (aderência e espessura); Revestimento de estanho; Revestimento de zinco; Torque nos terminais. 				<ul style="list-style-type: none"> Descarga espaciais; Elevação de temperatura. Tensão induzida de curta duração; Tensão suportável à frequência industrial; 		
	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
	Seq.	Tam.			Seq.	Tam.					
até 15	-	3	0	1	-	2	0	1	3	0	1
16 a 50	-	3	0	1	-	2	0	1	5	0	1

Legenda:

Seq. - Sequência de ensaios das amostras;

Tam. - Tamanho das amostras;

Ac - Número de aceitação;

Re - Número de rejeição.

TABELA 11 - Relação de ensaios

Item	Descrição dos ensaios	Tipos de ensaios
12.3.1	Inspeção geral	RE
12.3.2	Verificação dimensional	RE
12.3.3	Ensaio de resistência dos enrolamentos	T / RE / E
12.3.4	Ensaio de resistência de isolamento	T / E
12.3.5	Ensaio de relação de transformação	T / E
12.3.6	Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases	T / RE / E
12.3.7	Ensaio de impedância de curto-circuito	T / RE / E
12.3.8	Ensaio de perdas em vazio e em carga	T / RE / E
12.3.9	Ensaio de corrente de excitação	T / E
12.3.10	Ensaio de tensão suportável à frequência industrial	T / RE / E
12.3.11	Ensaio de tensão induzida de curta duração	T / RE / E
12.3.12	Ensaio de impulso atmosférico	T / E
12.3.13	Ensaio de descargas parciais	T / RE / E
12.3.14	Ensaio de elevação de temperatura	T / RE / E
12.3.15	Ensaio de rádio interferência	T / E
12.3.16	Ensaio de nível de ruído	T / E
12.3.17	Ensaio de curto-circuito	T / E
12.3.18	Ensaio do comutador	T / RE / E
12.3.19	Ensaio para verificação da pintura	RE
12.3.20	Ensaio de medição da camada de revestimento de zinco	RE
12.3.21	Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação	RE
12.3.22	Ensaio de verificação do torque nos terminais	RE
12.3.23	Ensaio de medição da impedância de sequência zero	E

TABELA 11 - Relação de ensaios - Continuação

Item	Descrição dos ensaios	Tipos de ensaios
12.3.24	Ensaio de suportabilidade a impulso atmosférico de baixa-tensão (BT)	E
12.3.25	Ensaio de suportabilidade a curto-circuito	E
12.3.26	Ensaio de medição de harmônicas da corrente de excitação	E
12.3.27	Ensaio de medição do fator de potência do isolamento ($\text{tg } \delta$) e capacitâncias	E

Legenda:

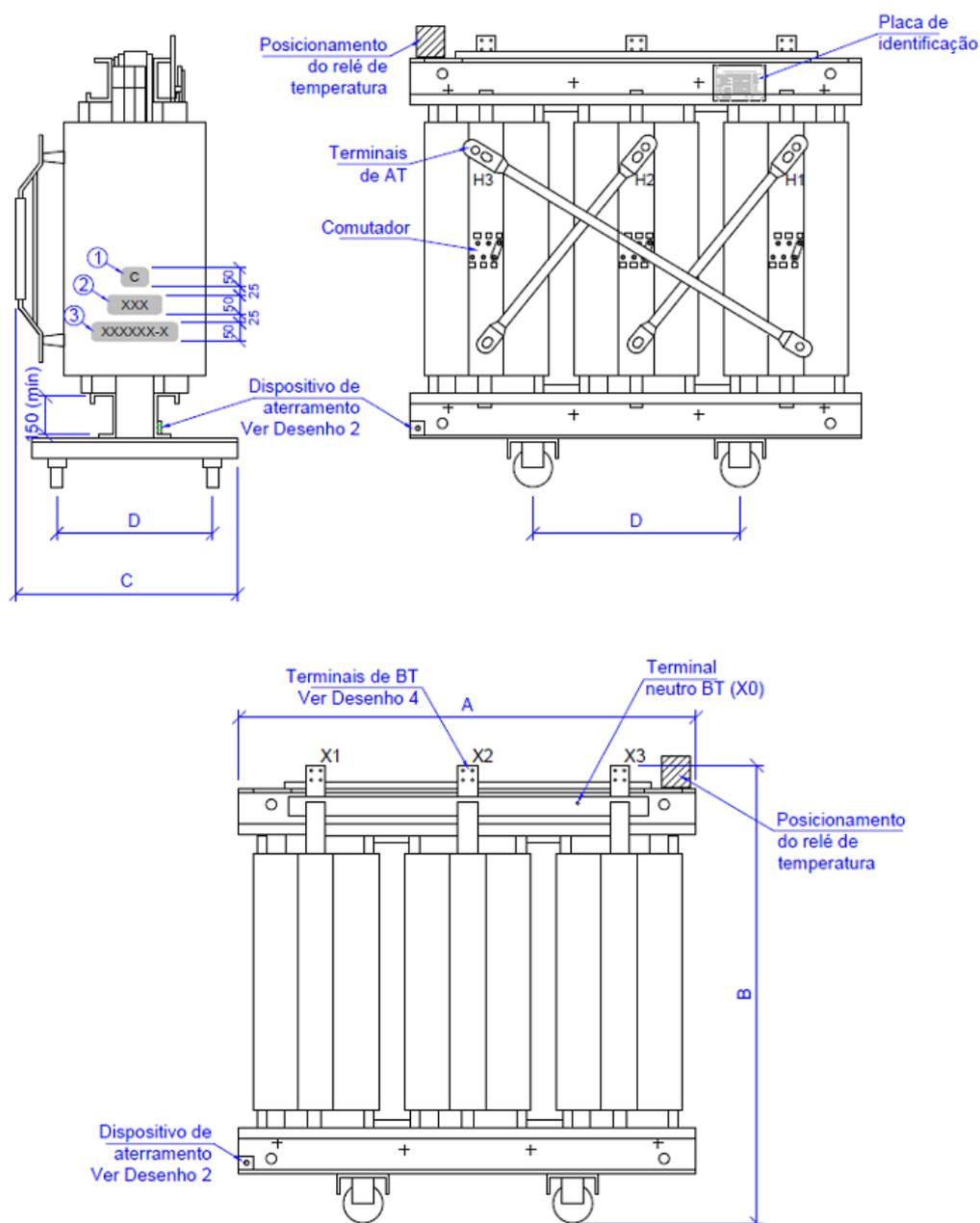
T - Ensaio de tipo;

RE - Ensaio de recebimento;

E - Ensaio especial.

19 DESENHOS

DESENHO 1 - Característica dimensionais dos transformadores de distribuição a seco



NOTA:

I. Dimensões em milímetros (mm).

DESENHO 1 - Característica dimensionais dos transformadores de distribuição a seco - Continuação

Referencias:

- 1) Letra “e”;
- 2) Potência nominal, em kVA;
- 3) Numeração de patrimônio, a ser fornecido pela Energisa.

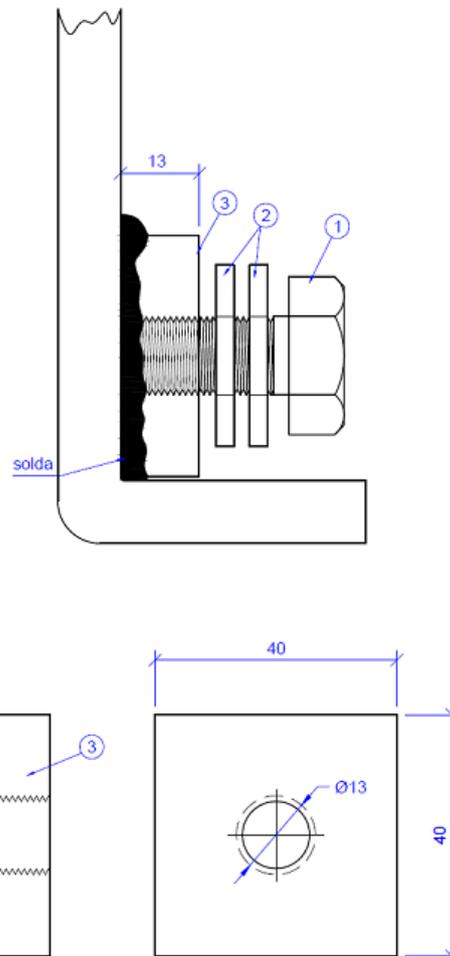
Os dados acima deverão ser pintados, conforme indicados no desenho.

Potência nominal (kVA)	Dimensões básica				Massa total (kg)
	A	B	C	D	
75	1.100	1.150	735	520	600
112,5	1.200	1.200	740		750
150	1.250	1.270	750		900
225	1.300	1.300	775		1.100
300	1.370	1.400	775		1.300
500	1.500	1.550	815		1.800
750	1.650	1.600	905	670	2.100
1.000	1.700	1.715	915		2.400

NOTA:

- II. Tolerância de 2,0 %.

DESENHO 2 - Terminal de aterramento



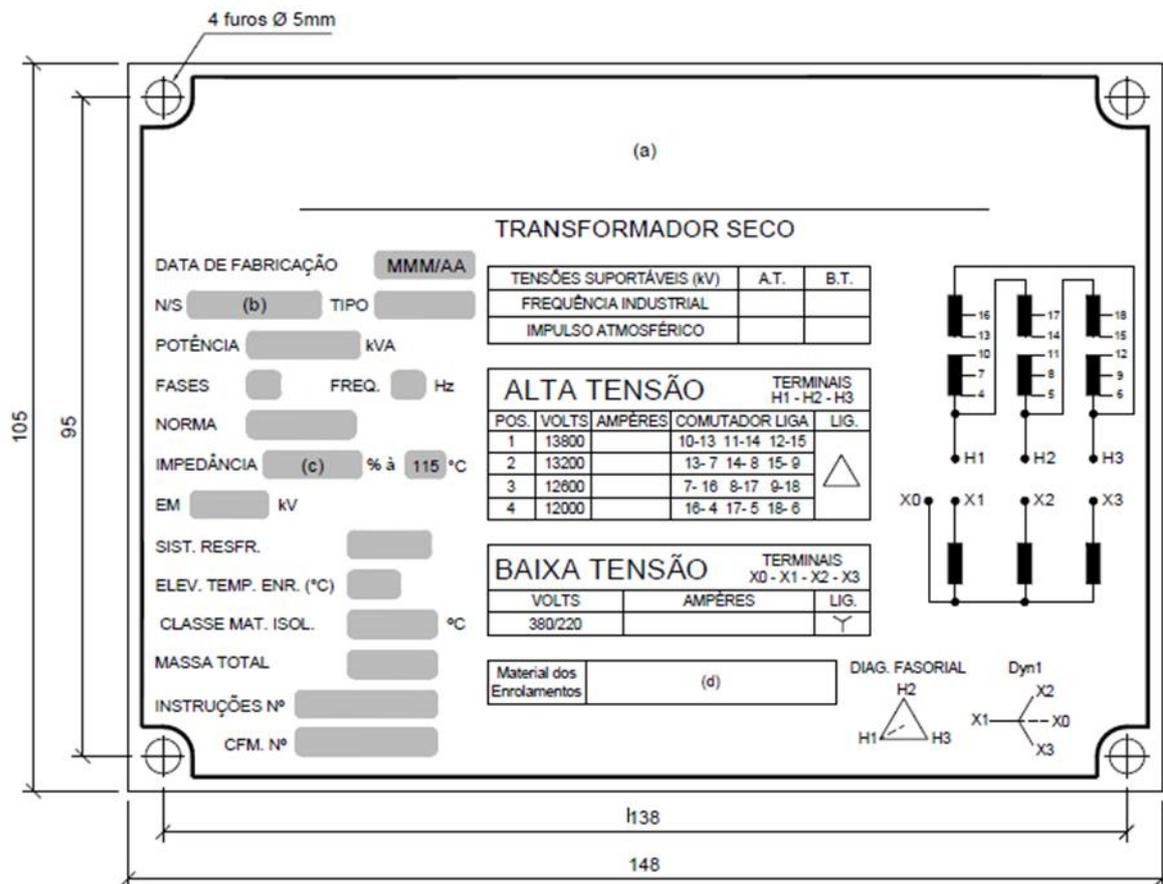
Legenda:

- 1) Parafuso de cabeça sextavada, M13 x 25 mm: aço inoxidável ou liga de cobre;
- 2) Arruela lisa: aço inoxidável ou liga de cobre;
- 3) Bloco: aço inoxidável.

NOTA:

- I. Dimensões em milímetros (mm).

DESENHO 3 - Placa de identificação (modelo)



NOTA:

- I. Dimensões em milímetros (mm).

DESENHO 4 - Sinalização de advertência de risco de choque elétrico

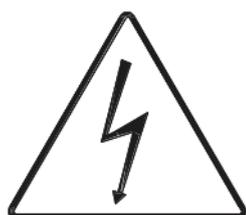
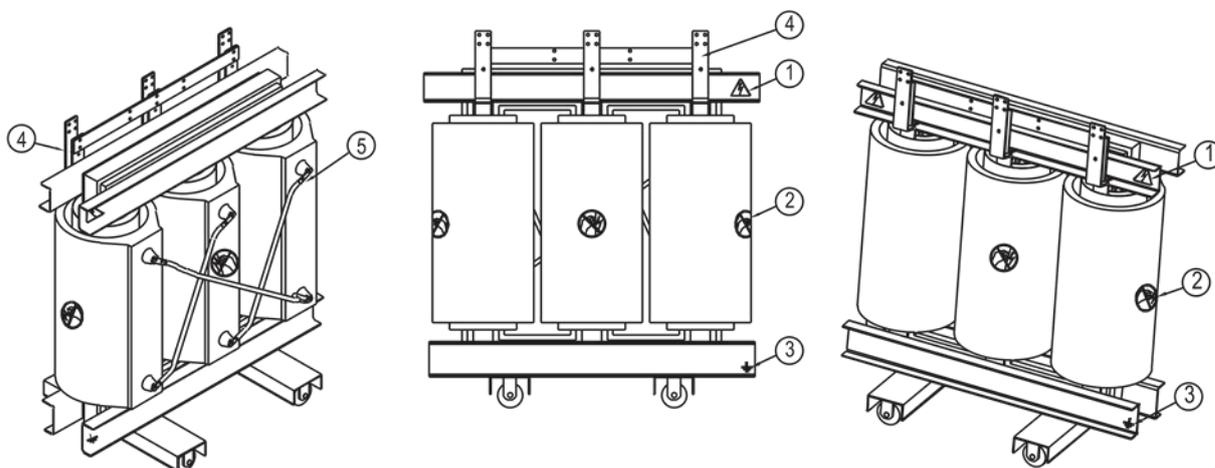


Figura A



Figura B

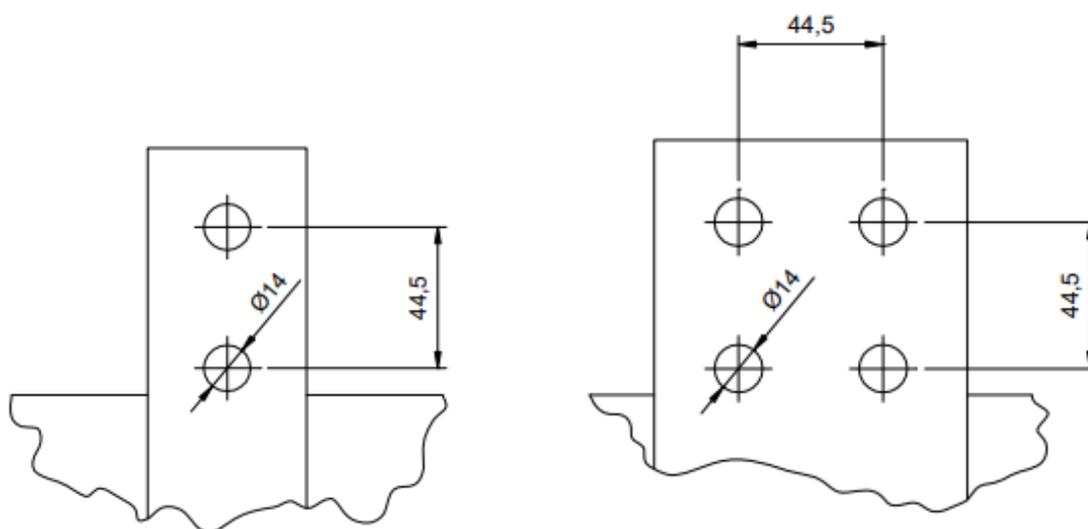


Figura C

Legenda

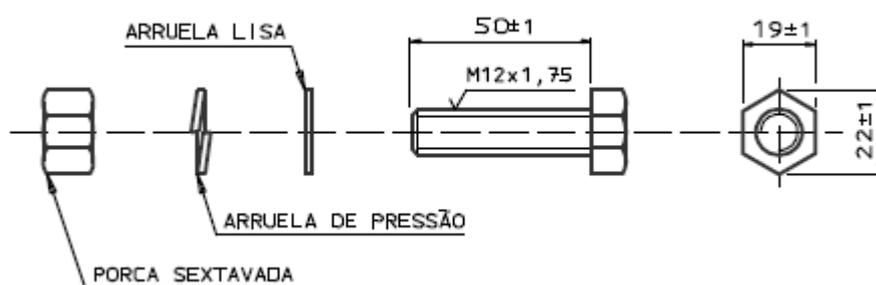
- 1) Sinalização de risco de choque elétrico (modelo conforme a figura “A”, no mínimo duas placas na viga superior, diagonalmente opostas);
- 2) Sinalização para não tocar a superfície da bobina (modelo conforme a figura “B”, no mínimo 4 (quatro) placas, sendo duas na bobina central em lados opostos e uma na lateral de cada uma das bobinas laterais);
- 3) Sinalização do ponto de aterramento (na parte inferior conforme figura “C”);
- 4) Identificação dos terminais secundários;
- 5) Identificação dos terminais primários.

DESENHO 5 - Terminal de ligação padrão NEMA (2 e 4 furos) e parafusos de fixação do conector



Terminal ligação NEMA 2 furos

Terminal ligação NEMA 4 furos



NOTA:

1. Dimensões em milímetros (mm).

20 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 ou modelo:	
2	Código do material:	
2.1	a) Código fabricante:	
2.2	b) Código Energisa:	
3	Classe de tensão:	kV
4	Potência nominal:	kVA
5	Tensões nominais:	
5.1	a) Enrolamento de média tensão (MT):	kV
5.2	b) Enrolamento de baixa tensão (V):	V
6	Nível de isolamento:	
6.1	a) Tensão suportável nominal de impulso atmosférico:	kV
6.2	b) Tensão suportável nominal à frequência industrial durante 1 minuto (valor eficaz):	kV
7	Tensão de curto-circuito a _____ °C:	
7.1	a) Na base _____ kV:	%
7.2	b) Na relação _____ kV:	%
8	Corrente de excitação na derivação principal:	%
9	Perdas:	
9.1	a) Em vazio na derivação principal em:	W
9.2	b) Carga na derivação principal totais na:	W
9.3	c) Derivação principal, a _____ °C:	W
10	Frequência nominal:	Hz

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

Item	Descrição	Características / unidades
11	Grupo de ligação:	
12	Tensões de derivação:	kV
13	Nível de ruído:	dB
14	Classe de temperatura do material isolante:	
15	Tipo de resfriamento:	
16	Elevação de temperatura na derivação de _____ V:	
16.1	a) Dos enrolamentos (método da variação da resistência):	°C
16.2	b) Do ponto mais quente dos enrolamentos:	°C
17	Máxima tensão de rádio interferência:	µV
18	Material da isolamento/processo de fabricação:	
19	Material dos enrolamentos:	
19.1	a) Enrolamentos de média tensão (MT):	
19.2	b) Enrolamentos de baixa tensão (BT):	
20	Informar o método de preparo da chapa, tratamento anticorrosivo e pintura a serem utilizados:	
21	Massas:	
21.1	a) Parte ativa:	kg
21.2	b) Total:	kg
22	Acondicionamento:	
22.1	a) Tipo de embalagem:	
22.2	b) Quantidade por embalagem:	
22.3	c) Peso total da embalagem:	kg

NOTAS:

- I. O fabricante deve fornecer em sua proposta todas as informações requeridas no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas;



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

- 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;
- 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) Parte externa:

- Ausência de escorrimento, empolamento e enrugamento da pintura;
- Marcação dos terminais de primários e secundários, conforme item 10.4;
- Simbologia do transformador, conforme item 10.5;
- Numeração de patrimônio, conforme item 6.8;
- Marcação do número de série na alça de suspensão e na tampa.

b) Núcleo:

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

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:

ANEXO 3 - Inspeção geral dos transformadores - Continuação

- 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.

