

Transformador de Potência

Especificações Gerais

ENERGISA/C-GTCD-NRM/Nº102/2018

Especificação Técnica Unificada

ETU - 001

Revisão 5.0 - Maio/2020



Apresentação

Esta especificação estabelece as características elétricas e mecânicas dos transformadores de potência em óleo mineral isolante, trifásicos, com dois enrolamentos, e de relação de tensões nominais padronizadas no Grupo Energisa. Aplicam-se também os transformadores de três enrolamentos com enrolamento terciário de estabilização.

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

A presente revisão desta norma técnica é a **versão 5.0**, datada de **maio de 2020**.

Cataguases - MG, Maio de 2020.

GTD - Gerência Técnica de Distribuição

Esta norma técnica, bem como as alterações, poderá ser acessada através do código abaixo:



Equipe Técnica de Revisão da ETU 001 (Versão 5.0)

Gustavo Machado Goulart

Grupo Energisa

Ricardo Campos Rios

Grupo Energisa

Renato Deryck da Silva Azeredo

Energisa Mato Grosso

Ricardo Machado de Moraes

Grupo Energisa

Vinícius Spadotto Panetine Garcia

Energisa Mato Grosso

Márcio Roberto Lisboa de Souza

Energisa Minas Gerais

Hamilton Lopes Ziliani

Energisa Sul Sudeste

Nathalia Cristina de Souza Moura

Energisa Mato Grosso do Sul

Aprovação Técnica

Ademálio de Assis Cordeiro

Grupo Energisa

Jairo Kennedy Soares Perez

Energisa Borborema / Energisa Paraíba

Alessandro Brum

Energisa Tocantins

Juliano Ferraz de Paula

Energisa Sergipe

Amaury Antonio Damiance

Energisa Mato Grosso

Paulo Roberto dos Santos

Energisa Mato Grosso do Sul

Fernando Lima Costalonga

Energisa Minas Gerais / Energisa Nova Friburgo

Ricardo Alexandre Xavier Gomes

Energisa Acre

Fabício Sampaio Medeiros

Energisa Rondônia

Rodrigo Brandão Fraiha

Energisa Sul-Sudeste

Sumário

1	Objetivo	7
1.1	Especificações Complementares	7
2	Referências	7
2.1	Legislação E Regulamentos Federais Sobre Segurança No Trabalho	7
2.2	Legislação E Regulamentos Federais Sobre O Meio Ambiente ..	8
2.3	Normas Técnicas	10
3	Unidades E Idiomas	16
4	Condições Gerais.....	16
4.1	Geral	16
4.1.1	Tensões auxiliares de corrente alternada:	17
4.1.2	Tensão auxiliar de corrente contínua:	17
4.2	Garantia	18
4.3	Meio Ambiente	19
5	Condições Específicas.....	20
5.1	Estabilidade.....	20
5.2	Nível De Isolamento	20
5.3	Curto-Circuito	20
5.4	Carregamento	20
5.5	Sobretensões	21
5.6	Condições Para Transporte	21
5.7	Operação Remota E Telecomando.....	24
5.8	Acessórios E Componentes Microprocessados	25
5.9	Auditoria De Projeto (“Design Review”)	27
5.10	Impedância.....	27
6	Características Construtivas	28
6.1	Enrolamentos	28
6.1.1	Identificação Dos Terminais	29
6.1.2	Reconexões	29
6.1.3	Medição De Resposta Em Frequência	30
6.1.4	Papel Isolante	30
6.2	Núcleo	31
6.3	Tanque, Conservador E Acessórios	31

6.4	Conexão Dos Enrolamentos, Polaridade E Deslocamento Angular	35
6.5	Proteção Contra Corrosão.....	35
7	Materiais.....	36
7.1	Geral	36
7.2	Óleo Isolante.....	37
7.3	Juntas E Anéis De Vedação	37
7.4	Soldas	38
8	Acessórios.....	38
8.1	Blocos E Conectores De Aterramento.....	39
8.2	Buchas E Conectores Terminais.....	39
8.3	Comutador De Derivações Sem Tensão (CDST).....	40
8.4	Comutador De Derivações Em Carga (CDC)	41
8.5	Fiação E Caixa Com Conectores De Passagem.....	44
8.6	Motores	46
8.7	Equipamento De Resfriamento ONAF (Ar Forçado)	47
8.8	Acessórios Padronizados	49
8.9	Transdutores	50
8.9.1	Relés Detectores De Gás Tipo Buchholz E Relés De Surto De Pressão Do CDC.....	50
8.10	Transformadores De Corrente.....	51
8.11	Placas De Identificação, Advertência E Segurança	52
8.12	Registros.....	54
8.13	Radiadores	54
8.14	Conservadores.....	55
8.15	Suportes Para Instalação De Para Raios	57
8.16	Proteção Intrínseca	57
8.17	Sistema De Monitoramento E Diagnóstico On-Line	58
9	Apresentação De Propostas E Aprovação De Documentos	58
9.1	Cotação Dos Ensaios De Tipo E Especiais.....	58
9.2	Documentação Técnica.....	58
9.2.1	Manual De Instruções	61
9.2.2	Relatórios De Ensaios	63
9.2.3	Informações Adicionais	64
9.2.4	Considerações Gerais	65
9.2.5	Cronograma De Fabricação	66



10	Inspeção	66
10.1	Geral	66
10.2	Roteiro De Inspeção	71
10.3	Controle No Recebimento.....	71
10.3.1	Geral.....	71
10.3.2	Ensaio De Rotina	71
10.3.3	Ensaio De Tipo	74
10.3.4	Ensaio Especiais	75
10.3.5	Relat3rios Dos Ensaio.....	76
11	Tabelas E Figuras	78
12	Anexos	98

1 Objetivo

Esta Especificação fixa os critérios e as exigências técnicas mínimas aplicáveis à fabricação e ao recebimento de transformadores de potência para o sistema elétrico da ENERGISA.

Esta Especificação se aplica a transformadores e autotransformadores para instalação externa, imersos em óleo mineral isolante.

Esta Especificação não se aplica a reguladores de tensão, transformadores de aterramento, transformadores para instrumentos e reatores.

Exceto se indicado em contrário, o termo "transformadores" é aplicável, nesta Especificação, a transformadores de dois e três enrolamentos, a autotransformadores e a transformadores reguladores.

1.1 Especificações Complementares

Complementam esta ETU os seguintes documentos:

- ETU-001.1 - Transformador de Potência de SE - 3 MVA;
- ETU-001.2 - Transformador de Potência de SE - 5/6,25/7,5 MVA;
- ETU-001.3 - Transformador de Potência de SE - 10/12,5/15 MVA;
- ETU-001.4 - Transformador de Potência de SE - 15/20/25 MVA;
- ETU-001.5 - Transformador de Potência de SE - 20/25/30 MVA;
- ETU-001.6 - Transformador de Potência de SE - 30/37,5/45 MVA.

2 Referências

2.1 Legislação E Regulamentos Federais Sobre Segurança No Trabalho

Norma Regulamentadora nº 10 (NR-10) - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, do Ministério do Trabalho e Emprego

2.2 Legislação E Regulamentos Federais Sobre O Meio Ambiente

Constituição da República Federativa do Brasil - Título VIII: Da Ordem Social - Capítulo VI: Do Meio Ambiente

Lei nº 7.347, de 24.07.85 - 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 nº 9.605, de 12.02.98 - Dispões sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências

Lei nº 12.305, de 02.08.10 - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605 de 12.02.98, e dá outras providências

Decreto Legislativo nº 43, de 29.05.98 - Aprova o texto da Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em caso de poluição por óleo, 1990, concluída em Londres, em 30 de novembro de 1990

Decreto nº 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 nº 7.404, de 23.12.10 - Regulamenta a Lei nº 12.305, de 02.08.10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos

Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências

Decreto nº 7.497, de 09.06.11 - Dá nova redação ao artigo 152 do Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008, que dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente e estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações

Decreto nº 96.044, de 18.05.88 - Aprova o Regulamento para o transporte rodoviário de produtos perigosos, e dá outras providências

Resolução CONAMA1 nº 1, de 23.01.86 - Dispõe sobre os critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA

Resolução CONAMA nº 9, de 31.08.93 - Estabelece definições e torna obrigatório o recolhimento e destinação adequada de todo o óleo lubrificante usado ou contaminado

Resolução CONAMA nº 23, de 12.12.96 - Regulamenta a importação e uso de resíduos perigosos

Resolução do CONAMA nº 237, de 22.12.97 - Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente

Instrução Normativa IBDF nº 001/80, de 11.04.80 - Dispõe sobre a exploração de florestas e de outras formações arbóreas

Portaria Interministerial nº 19, de 29.01.81 - Contaminação do meio ambiente por bifenis policlorados - PCBs (Ascarel, Aroclor, Clophen, Phenoclor, Kanechlor, etc.)

Portaria INMETRO2 nº 204, de 11.05.11 - Aprova a Instrução para Preenchimento de Registros de Inspeção na Área de Produtos Perigosos e dá outras providências

Resolução ANTAQ3 nº 1765, de 23.07.10 - Aprova a proposta de norma de procedimentos para o trânsito seguro de produtos perigosos por instalações portuárias situadas dentro ou fora da área do porto organizado, a fim de submetê-la à audiência pública

Resolução da ANTT4 nº 420 de 12.02.04 - Aprova as instruções complementares ao regulamento do transporte terrestre de produtos perigosos

Resolução ANTT nº 701, de 25.08.04 - Altera a Resolução nº 420, de 12 de fevereiro de 2004, que aprova as instruções complementares ao regulamento do transporte terrestre de produtos perigosos e seu anexo

Resolução ANTT nº 1.644, de 26.09.06 - Altera o anexo à Resolução nº 420, de 12 de fevereiro de 2004, que aprova as instruções complementares ao regulamento do transporte terrestre de produtos perigosos

Resolução ANTT nº 2.657, de 15.04.08 - Altera o anexo à Resolução nº 420, de 12 de fevereiro de 2004, que aprova as instruções complementares ao regulamento do transporte terrestre de produtos perigosos

Resolução ANTT nº 2.975, de 18.12.08 - Altera o anexo à Resolução nº 420, de 12 de fevereiro de 2004, que aprova as instruções complementares ao regulamento do transporte terrestre de produtos perigosos

Resolução ANTT nº 3.632, de 09.02.11 - Altera o anexo da Resolução nº 420, de 12 de fevereiro de 2004, que aprova as instruções complementares ao regulamento do transporte terrestre de produtos perigosos

Resolução ANTT nº 3.648, de 16.03.11 - Altera a Resolução nº 3632, de 9 de fevereiro de 2011, que altera o anexo da Resolução nº 420, de 12 de fevereiro de 2004, que aprova as instruções complementares ao regulamento do transporte terrestre de produtos perigosos

Resolução ANTT nº 3.665, de 04.05.11 - Atualiza o regulamento para o transporte rodoviário de produtos perigosos

2.3 Normas Técnicas

ABNT6-NBR 5034 - Buchas para tensões alternadas superiores a 1 KV

ABNT-NBR 5286 - Corpos cerâmicos de grandes dimensões destinados a instalações elétricas - Requisitos

ABNT-NBR 5356-1 - Transformador de potência - Parte 1: Generalidades

ABNT-NBR 5356-2 - Transformadores de potência - Parte 2: Aquecimento

ABNT-NBR 5356-3 - Transformadores de potência - Parte 3: Níveis de isolamento, ensaios dielétricos e espaçamentos externos em ar

ABNT-NBR 5356-4 - Transformadores de potência - Parte 4: Guia para ensaios de impulso atmosférico e de manobra para transformadores e reatores

ABNT-NBR 5356-5 - Transformadores de potência - Parte 5: Capacidade de resistir a curtos-circuitos

ABNT-NBR 5356-7 - Transformadores de potência Parte 7: Guia de carregamento para transformadores imersos em líquido isolante - Procedimento

ABNT-NBR 5426 - Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos

ABNT-NBR 5458- Transformadores de potência - Terminologia

ABNT-NBR 6234 - Método de ensaio para a determinação de tensão interfacial de óleo-água ABNT-NBR 6323 - Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido - Especificação

ABNT-NBR 6821 - Transformador de corrente - Método de ensaio ABNT-NBR 6856 - Transformador de corrente - Especificação ABNT-NBR 6936 - Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão

ABNT-NBR IEC60060-2 - Técnicas de ensaios de alta tensão - Parte 2: Sistemas de medição

ABNT-NBR 6939 - Coordenação de isolamento - Procedimento

ABNT-NBR 7036 - Recebimento, instalação e manutenção de transformadores de potência para distribuição, imersos em líquidos isolantes

ABNT-NBR 7070 - Amostragem de Gases e Óleo Mineral Isolante de Equipamentos Elétricos e Análise dos Gases livres e dissolvidos

ABNT-NBR 7274 - Interpretação da análise dos gases de transformadores em serviço
ABNT-NBR 7277 - Transformadores e reatores - Determinação do nível de ruído

ABNT-NBR 7289 - Cabos de controle com isolamento extrudada de PE ou PVC para tensões até 1 KV - Requisitos de desempenho

ABNT-NBR 7290 - Cabos de controle com isolamento extrudada XLPE ou EPR para tensões até 1 KV - Requisitos de desempenho

ABNT-NBR 7348 - Pintura industrial - Preparação de superfície de aço com jato abrasivo e hidrojateamento

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 7462 - Elastômero vulcanizado - Determinação da resistência à tração
ABNT-NBR 8667 - Comutador de derivação em carga - Especificação

ABNT-NBR 9368 - Transformadores de potência de tensões máximas até 145 KV - Características elétricas e mecânicas

ABNT-NBR 10474 - Qualificação em soldagem - Terminologia ABNT-NBR 11003 - Tintas - Determinação da aderência

ABNT-NBR 11407 - Elastômero vulcanizado - Determinação das alterações das propriedades físicas, por efeito de imersão em líquidos - Método de ensaio

ABNT-NBR 12133 - Líquidos isolantes elétricos - Determinação do fator de perdas dielétricas e da permissividade relativa (constante dielétrica) - Método de ensaio

ABNT-NBR 14248 - Produtos de petróleo - Determinação do número de acidez e de basicidade - Método do indicador

ABNT-NBR 14274 - Equipamento elétrico - Determinação da compatibilidade de materiais empregados com óleo mineral isolante

ABNT-NBR 14448 - Produtos de Petróleo - Determinação do Número de Acidez pelo Método de Titulação Potenciométrica

ABNT-NBR 14842 - Critérios para a qualificação e certificação de inspetores de soldagem ABNT-NBR 17094 - Máquinas elétricas girantes - Motores de indução

ABNT-NBR ISO/IEC 17025 - Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração

ABNT-NBR IEC 60156 - Líquidos isolantes - Determinação da rigidez dielétrica à frequência industrial - Método de ensaio

ABNT-NBR IEC 60238 - Porta-lâmpadas de rosca Edison

ABNT-NBR IEC 60529 - Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP) ABNT NBR IEC 60641 - Cartão prensado e papel prensado para fins dielétricos

ABNT- NBR NM ISO 534 - Papel e cartão - Determinação da espessura, densidade e volume específico

ABNT- NBR NM ISO 1924 - Papel e Cartão - Determinação das Propriedades de Tração

IEC 60071-2 - Insulation co-ordination - Part 2: Application guide

IEC 60255-1 - Measuring relays and protection equipment - Part 1: Common requirements

IEC 60255-5 - Electrical Relays - Part 5: Insulation coordination for measuring relays and protection equipment - Requirements and tests

IEC 60255-21-1 - Electrical relays - Part 21: Vibration, shock, bump and seismic tests on measuring relays and protection equipment - Section One: Vibration tests (sinusoidal)

IEC 60255-22-1 - Measuring relays and protection equipment - Part 22-1: Electrical disturbance tests - 1 MHz burst immunity tests

IEC 60255-22-2 - Measuring relays and protection equipment - Part 22-2: Electrical disturbance tests - Electrostatic discharge tests

IEC 60255-22-3 - Measuring relays and protection equipment - Part 22-3: Electrical disturbance tests - Radiated electromagnetic field immunity

IEC 60255-22-4 - Measuring relays and protection equipment - Part 22-4: Electrical disturbance tests - Electrical fast transient/burst immunity test

IEC 60870-5-101 - Telecontrol equipment and systems Part 5-101: Transmission protocols - Companion standard for basic telecontrol tasks

IEC 60870-5-103 - Telecontrol Equipment and Systems - Part 5-103: Transmission Protocols - Companion Standard for the Informative Interface of Protection Equipment

IEC 60870-5-104 - Telecontrol Equipment and Systems - Part 5-104: Transmission Protocols - Network Access for IEC 60870-5-101 Using Standard Transport Profiles

IEC 61000-4-5 - Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-5: Testing and measurement techniques - Surge immunity test

IEC 61850 - Communication networks and systems in substations - all parts ANSI9 C57.13 - Standard Requirements for instrument transformers

ANSI C57.15 - Standard requirements, terminology and test code for step-voltage regulators

ANSI/IEEE10 C57.116 - Guide For Transformers Directly Connected to Generators

ASTM11 A6 - Specification for general requirements for rolled structural steel bars plates, shapes and sheet piling

ASTM A36 - Standard specification for carbon structural steel

ASTM A343 - Standard test method for alternating-current magnetic properties of materials at power frequencies using the wattmeter-ammeter-voltmeter method and 25 cm Epstein test frame

ASTM A370 - Standard test methods and definitions for mechanical testing of steel products ASTM A717 - Standard test method for surface insulation resistivity of single-strip specimens ASTM A721 - Standard test method for ductility of oriented electrical steel

ASTM A876 - Standard Specification for Flat-Rolled, Grain-Oriented, Silicon-Iron, Electrical Steel, Fully Processed Types

ASTM B48 - Standard specification for soft rectangular and square bare copper wire for electrical conductors

ASTM B193 - Standard test method for resistivity of electrical conductor materials

ASTM D202 - Standard test methods for sampling and testing untreated paper used for electrical insulation

ASTM D395 - Standard test methods for rubber property - Compression set

ASTM D971 - Standard test method for interfacial tension of oil against water by the ring method
ASTM D2000 - Standard classification system for rubber products in automotive applications
ASTM D2240 - Standard test method for rubber property - Durometer hardness

ASTM D3612 - Standard Test Method for Analysis of Gases Dissolved in Electrical Insulating Oil by Gas Chromatography

ASTM D4243 - Standard Test Method for Measurement of Average Viscometric Degree of Polymerization of New and Aged Electrical Papers and Boards

ASTM E376 - Standard practice for measuring coating thickness by magnetic-field or eddy-current (electromagnetic) examination methods

SIS12 05 59 00 - Pictorial surface preparation standard for painting steel surfaces

CIGRÉ13 SC-2 WG-06.2 - Temperature-rise test on oil-immersed transformers with analysis of gases dissolved in oil

AWS14-D1.1-80 - Structural Welding Code - Steel

AWS -B3.0-77 - Welding procedure and performance qualification

NOTAS:

1. Devem ser consideradas aplicáveis as últimas revisões das normas técnicas listadas anteriormente, na data da abertura da Licitação.

2. É permitida a utilização de normas técnicas de outras organizações desde que elas assegurem qualidade igual ou superior à assegurada pelas normas listadas acima e que não contrariem esta Especificação. Se forem adotadas, elas devem ser citadas nos documentos da proposta. Caso a ENERGISA julgue necessário, o proponente deve fornecer um exemplar.
3. Todas as normas técnicas citadas como referência devem estar à disposição do inspetor da ENERGISA no local da inspeção.

3 Unidades E Idiomas

As unidades de medidas do Sistema Internacional de Unidades serão usadas para as referências da proposta, inclusive na descrição técnica, especificações, desenhos e quaisquer documentos ou dados adicionais. Qualquer valor indicado, por conveniência, em outro sistema de medidas, deverá ser indicado também em unidades do Sistema Internacional de Unidades.

Todas as instruções escritas, dizeres em desenhos definitivos e relatórios dos ensaios apresentados pelo FORNECEDOR serão redigidos em português. Serão aceitos em português, inglês ou espanhol, folhetos, artigos, publicações e catálogos.

Os manuais de montagem e manutenção do transformador e dos acessórios deverão ser redigidos em português.

4 Condições Gerais

4.1 Geral

Os equipamentos abrangidos por esta especificação deverão ser adequados para as seguintes condições de serviço:

- Altitude: não superior a 1000 metros acima do nível do mar;
- Clima: Tropical;
- Velocidade Máxima de Vento: 130 km/h;
- Temperatura Ambiente: 0 a 50°C;

- Temperatura ambiente Média 24 horas: 40°C;
- Umidade Relativa: até 100%;
- Nível de Poluição: não inferior ao nível II - médio;

Os equipamentos serão instalados em ambiente externo, expostos à ação direta dos raios solares e intempéries, o que favorece a formação de fungos e a aceleração da corrosão.

Caso o fornecimento especifique que a aplicação será na ENERGISA SERGIPE ou ENERGISA PARAÍBA, cuidados especiais deverão ser considerados pelo FORNECEDOR, pois o equipamento será instalado no litoral, região com grau de salinidade extremamente elevado.

Os transformadores devem:

- a) Ser fornecidos completos, com todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, mesmo os não explicitamente citados nesta Especificação, no Edital de Licitação e/ou na Ordem de Compra;
- b) Ter todas as peças correspondentes intercambiáveis, quando de mesmas características nominais e fornecidas pelo mesmo fabricante de acordo com esta Especificação;
- c) Suportar o transporte rodoviário, inclusive em estradas não pavimentadas.

4.1.1 Tensões auxiliares de corrente alternada:

- 220 V \pm 10%, 60 Hz, trifásico a quatro fios, neutro aterrado para as empresas Energisa Minas Gerais, Nova Friburgo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraíba, Borborema, Sergipe e Sul Sudeste;
- 380 V \pm 10%, 60 Hz, trifásico a quatro fios, neutro aterrado para a Energisa Tocantins.

4.1.2 Tensão auxiliar de corrente contínua:

- 125 V +10% - 20% para todas as empresas.

4.2 Garantia

1. O fornecedor deve dar garantia de 48 meses a partir da data de entrega, contra qualquer defeito de material e fabricação dos transformadores aprovados e recebidos pela ENERGISA.
2. A garantia contra defeitos provocados por deficiência(s) do projeto do transformador ofertado deve prevalecer por prazo indeterminado, ou até a correção do defeito.
3. A garantia contra defeitos de perda de estanqueidade e vazamento de óleo do tanque principal, componentes e acessórios, deve ser de 48 meses a partir da data de fabricação ou data de energização do transformador.
4. Quando for substituído ou reparado qualquer componente ou acessório dentro do prazo de garantia, uma das três possibilidades seguintes deve ser considerada para a extensão da garantia do equipamento:
 - a) Se o defeito no componente ou acessório não implicar em indisponibilidade do equipamento, nem a substituição afetar o funcionamento de outras partes, nem comprometer a integridade do equipamento, somente a garantia do componente ou acessório deve ser renovada por mais 24 meses contados a partir da nova entrada em operação;
 - b) Se o defeito no componente ou acessório implicar em indisponibilidade do equipamento, mas a substituição não afetar o funcionamento de outras partes, nem comprometer a integridade do equipamento, a garantia do componente ou acessório deve ser renovada por mais 24 meses, contados a partir da nova entrada em operação e a garantia do equipamento deve ser estendida por um período igual ao da indisponibilidade verificada;
 - c) Se o defeito no componente ou acessório implicar em indisponibilidade do equipamento, e a substituição afetar o funcionamento de outras partes ou, de alguma forma, comprometer a integridade do equipamento, a garantia deve ser renovada para todo o equipamento por mais 48 meses contados a partir da nova entrada em operação.
5. As extensões de garantia previstas em 4.2 itens nº 3 e nº 4, não devem implicar em ônus para a ENERGISA.

4.3 Meio Ambiente

1. No caso de fornecimento nacional, os fabricantes e fornecedores devem cumprir rigorosamente, em todas as etapas da fabricação, do transporte e do recebimento dos transformadores, inclusive nos processos utilizados no revestimento anticorrosivo e de acabamento de superfícies, a legislação ambiental, especialmente os instrumentos legais listados no Capítulo 2, e as demais legislações federais, estaduais e municipais aplicáveis.
2. No caso de fornecimento internacional, os fabricantes e 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, até a entrega no local indicado pela ENERGISA. Ocorrendo transporte em território brasileiro, os fabricantes e fornecedores estrangeiros devem cumprir a legislação ambiental brasileira - especialmente os instrumentos legais listados no Capítulo 2, e as demais legislações federais, estaduais e municipais aplicáveis.
3. O fornecedor é responsável pelo pagamento de multas e pelas ações decorrentes de práticas lesivas ao meio ambiente, que possam incidir sobre a ENERGISA, quando derivadas de condutas praticadas por ele ou por seus subfornecedores.
4. No transporte dos transformadores, devem ser atendidas as exigências do Ministério dos Transportes, dos órgãos ambientais competentes e da Norma de Transmissão Unificada nº 016 - NTU 016 (Critérios e orientações para transporte de transformador de potência), especialmente as relativas à sinalização da carga.
5. A ENERGISA poderá verificar nos órgãos oficiais de controle ambiental, a validade das licenças de operação da unidade industrial e de transporte dos fornecedores e subfornecedores.
6. Visando orientar as ações da ENERGISA quanto à disposição final dos transformadores retirados do sistema elétrico, o fornecedor deve apresentar, quando exigidas pela ENERGISA, as seguintes informações:
 - a) Materiais usados na fabricação dos componentes dos transformadores e respectivas composições físico-químicas de cada um deles;

- b) Efeitos desses componentes no ambiente, quando de sua disposição final (descarte);
 - c) Orientações, em conformidade com as legislações ambientais aplicáveis, quanto à forma mais adequada de disposição final dos transformadores, em particular do óleo isolante contido nos equipamentos e dos componentes em contato com o óleo;
 - d) Disponibilidade do proponente e as condições para receber de volta os transformadores de sua fabricação, ou por ele fornecidos, que estejam fora de condições de uso.
7. Onde for pertinente, são aplicáveis a esta Especificação os requisitos de proteção ao meio ambiente definidos na Especificação Técnica Unificada.

5 Condições Específicas

5.1 Estabilidade

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

5.2 Nível De Isolamento

Os transformadores devem ter nível de isolamento conforme indicado na Tabela 1 no final deste documento.

5.3 Curto-Circuito

Os transformadores devem suportar os efeitos mecânicos e térmicos de sobrecorrentes causadas por curto-circuito nos terminais externos de qualquer um de seus enrolamentos, conforme requerido na ABNT-NBR 5356-1 e ABNT-NBR 5356-5.

5.4 Carregamento

Os transformadores devem possuir projeto com características de 65°C de limite de elevação de temperatura sob carga nominal, conforme ABNT-NBR 5356-7. Os



acessórios tais como buchas, comutadores de derivação em vazio e em carga, TC's de bucha e outros, devem estar dimensionados para suportar as condições de carregamento previstas.

O transformador deverá ser projetado para uma expectativa de vida útil mínima de 35 anos, considerando 150.000 horas com grau de polimerização mínima de 200 conforme norma IEEE C57.91.

5.5 Sobretensões

1. Os transformadores devem suportar as tensões em vazio e em carga em regime permanente e em condições de sobreexcitação e subexcitação em qualquer derivação, em conformidade com a ABNT-NBR 5356-1. As condições de sobreexcitação e subexcitação serão definidas em especificação complementar a ser fornecida no Edital de Licitação. Os transformadores devidamente protegidos por para-raios e dentro das margens de proteção oferecidas por estes, conforme ABNT-NBR 6939, devem suportar as sobretensões transitórias de manobra e atmosféricas e as devidas às faltas no sistema, conforme mencionado acima.
2. Para os transformadores diretamente conectados a geradores, como é o caso dos transformadores elevadores e transformadores auxiliares das usinas, os mesmos devem ainda apresentar as características de sobreexcitação e de suportabilidade conforme previsto na norma ANSI/ IEEE C57.116. Documentos comprobatórios, como memoriais de cálculo, devem ser fornecidos em documento de Design Review, de forma a atestar o atendimento desta Norma.

5.6 Condições Para Transporte

1. O tanque principal e os tanques dos comutadores sob carga devem ser pressurizados com nitrogênio, ou ar sintético super seco, com URSI <0,5%, com pressão aproximada de 20 kpa (0,2 kgf/cm²). A pressurização entre o tanque principal e os tanques dos comutadores devem ser equalizados.

- 
2. O fornecedor deve instalar, junto ao corpo do transformador, uma placa de advertência temporária com as informações sobre o tipo do gás utilizado na pressurização;
 3. Os transformadores que necessitem obrigatoriamente da entrada de pessoas no seu interior para a realização de serviços de montagem devem ser despachados pressurizados com ar sintético super seco.
 4. A base do transformador deve ser provida de 04 (quatro) rodas de flanges largos para movimento em duas direções ortogonais, em via de trilhos com bitola de 1.435 mm a 2.435 mm para transformadores. As travas das rodas fazem parte da entrega do equipamento.
 5. A base deve ainda ser provida de 04 (quatro) sapatas para possibilitar o levantamento do transformador por meio de macacos hidráulicos, com altura mínima de 300 mm da base de apoio.
 6. Devem ser previstos ganchos para a suspensão do transformador completo, e olhal para tração nas quatro faces.
 7. Todas as caixas de concentração de terminais, caixas do acionamento motorizado e similares devem ser fornecidas com sacos de sílica-gel no seu interior. Essa condição deve ser mantida durante o transporte e os períodos de armazenagem. Caso a presença desses volumes de sílica possa acarretar algum risco para o equipamento durante a operação, o fornecedor deve indicar claramente, no Manual de Instruções, a retirada obrigatória desses volumes antes da energização do transformador.
 8. Todos os eletrodutos devem ser devidamente protegidos contra a entrada de água.
 9. O fabricante deve instalar, junto ao corpo do transformador, um ou mais registradores de impactos para monitoramento durante todo o processo de transporte. O registrador deve armazenar as acelerações nos sentidos longitudinal, transversal e vertical. O Transportador será responsável por retirar e devolver ao fabricante o registrador de impacto. O fabricante deve fornecer uma cópia dos registros do transporte no momento da entrega e apresentar em até 7 dias após a entrega do transformador, um laudo do transporte com o parecer sobre a integridade física do equipamento.

- 
10. Caso requerido no Edital de Licitação, o proponente deve apresentar proposta para entregar o transformador no local de sua aplicação. Nesse caso, o transporte, descarga e colocação do equipamento na base da fundação na subestação serão de responsabilidade do fabricante.
 11. Para possibilitar cumprimento de legislação ambiental visando transporte de equipamentos sem derramamento de óleo isolante, os radiadores de todos os transformadores devem ser transportados desmontados e devidamente embalados em caixas adequadas para o transporte em rodovias pavimentadas e não pavimentadas. Devem ser indicadas de maneira clara na documentação técnica, todas as outras peças e acessórios que devem ser desmontados para transporte.
 12. As embalagens das buchas condensivas e acessórios devem ser de madeira imunizada contra insetos ou metálica, e atender as condições mínimas a seguir indicadas:
 - a) As buchas devem ser acondicionadas em embalagens individuais de forma a permitir a realização de ensaios no local de armazenamento;
 - b) Os acessórios, tais como conservador, radiadores, tubulações, suportes, etc., devem ser acondicionados em engradados de madeira e devidamente afixados no mesmo;
 - c) As embalagens devem ser confeccionadas em madeira de qualidade, com espessura mínima de 25 mm e adequadas ao transporte;
 - d) Quando aplicável, as embalagens devem ser confeccionadas de modo a possibilitar sua movimentação por empilhadeira ou o seu içamento;
 - e) As embalagens devem conter os símbolos utilizados para identificação tais como: posição de armazenamento da embalagem, local abrigado ou não, empilhamento máximo e outros se necessários.
 13. O fornecedor deve elaborar um documento contendo as informações relativas ao embarque e entrega de cada item do Pedido de Compra, identificando todas as caixas, engradados, embalagens, etc., e seus respectivos conteúdos.
 14. Todas as embalagens devem ser identificadas de forma clara quanto ao tipo de armazenamento, ou seja, abrigado ou sob chuva.

15. O fabricante deverá realizar o registro fotográfico de todos os componentes embalados, e fornecer um relatório juntamente com a lista de embalagens completa do fornecimento.

5.7 Operação Remota E Telecomando

1. Os projetos dos transformadores devem prever dispositivos que permitam tele supervisão e telecomando por meio de unidade terminal remota (UTR) ou sistema de supervisão controle e proteção (SSCP) existente ou a ser implementado na subestação. As principais funções a serem telecomandadas ou tele supervisionadas são:
 - a) Temperatura do óleo e do enrolamento no transformador, na Casa de Controle e remotamente;
 - b) Posição do Comutador de Derivação em Carga (CDC) no transformador, com sinal digitalizado na Casa de Controle e remotamente;
 - c) Comando da refrigeração forçada local no transformador e remotamente;
 - d) Comando do CDC (seleção manual-automático) local no transformador e remotamente (apenas para transformadores reguladores);
 - e) Supervisão do sistema de refrigeração;
 - f) Seleção da operação em paralelo (mestre-individual-comandado) local no transformador e remotamente (apenas para transformadores reguladores);
 - g) Atender ao descrito na Especificação Técnica Unificada nº 161 referente à Camada de Sensoriamento para Transformador de Potência.
2. Quando exigido no Edital de Licitação e confirmado na Ordem de Compra, outros sistemas de monitoramento, tais como de buchas, óleo e temperaturas de óleo/enrolamento devem ser previstos.
3. Devem ser incluídos no fornecimento contatores biestáveis, sensores e transdutores com corrente de saída de (0 a 1) mA, ou outros dispositivos similares, desde que previamente aprovados pela ENERGISA, que permitam o telecomando e a tele supervisão como acima indicado. Caso estabelecido no Edital de Licitação ou em Especificação Técnica complementar os transdutores devem ter saída de (4 a 20) mA, para supervisão remota.

NOTA:

4. Os projetos dos transformadores de menor porte, com potência nominal igual ou inferior a 12,5 MVA, sem CDC, devem prever somente tele supervisão de temperatura do óleo e do enrolamento, conforme 5.7.1, alínea a.

4. Os transformadores devem possuir similaridade com unidades já existentes no sistema elétrico da ENERGISA, construídas conforme o projeto básico de transformadores telecomandados e tele supervisionados. A documentação desse projeto básico estará à disposição do vencedor da concorrência.

5.8 Acessórios E Componentes Microprocessados

1. Os acessórios e componentes microprocessados utilizados devem:
 - a) Possuir porta de comunicação e saídas convencionais, analógicas ou por contato seco;
 - b) Permitir o acesso remoto para funções de operação, de ajustes, de configuração e leitura de memória de eventos;
 - c) Utilizar os protocolos de comunicação a seguir indicados: IEC 60870-5-101, IEC 60870- 5-104, IEC 61850 ou DNP 3.0. Outros protocolos poderão ser adotados mediante aprovação da ENERGISA;
 - d) Possuir indicação de falha ou anormalidade disponibilizada via protocolo comunicação;
 - e) Possuir contato seco para alarme de defeito (circuito “watch-dog”);
 - f) Possuir, preferencialmente, alimentação de 80 V a 150 V, em AC/DC.
2. Deve ser parte do fornecimento todos os “softwares” e licenças pertinentes aos dispositivos microprocessados.
3. Todos os acessórios e componentes microprocessados fornecidos no transformador devem ser previamente ensaiados para a verificação dos requisitos de compatibilidade eletromagnética para a aplicação em questão. Essa comprovação poderá ser feita através da apresentação de relatórios dos ensaios da tabela abaixo:

Ensaio	Normas	Valores
<p>Dielétricos:</p> <p>1. Impulso</p> <p>2. Tensão suportável de 60 Hz</p> <p>3. Impulso combinado</p>	<p>IEC 60255-5</p> <p>IEC 60255-5</p> <p>Classe III</p> <p>IEC 61000-4-5</p>	<p>Entre I/O, p/ massa e entre circuitos distintos:</p> <p>1. 5,0 KVc, 1,2/50 μs, 0,5 J</p> <p>2. 2,0 KV, 60 Hz, 1 min</p> <p>3. Nível de severidade 4</p>
<p>Perturbações de alta frequência (SWC)</p>	<p>IEC 60255-22-1</p>	<p>Modo comum: 2,5 KV, 1 MHz.</p> <p>Modo diferencial: 1,0 KV, 1 MHz.</p>
<p>Perturbações por descarga eletrostática</p>	<p>IEC 60255-22-2</p>	<p>Nível de descarga: 8 KV (pelo ar)</p> <p>6 KV (por contato)</p>
<p>Perturbações por campo eletromagnético irradiado</p>	<p>IEC 60255-22-3</p>	<p>Campo 10 V/m,</p> <p>Faixa de frequência: 25 MHz a 1 GHz</p>

4. Para instalação interna ou no pátio.

O Fornecedor deve, independentemente da apresentação de relatórios de ensaios de tipo, comprovar o atendimento ao requisito dessa seção ao representante da ENERGISA, se requerido, em qualquer fase do fornecimento, inclusive durante as atividades de inspeção em fábrica.

5.9 Auditoria De Projeto (“Design Review”)

Quando requerido no Edital de Licitação ou Especificação Técnica complementar e confirmado na Ordem de Compra, após a assinatura do contrato, e tão logo o fabricante tenha concluído o projeto e cálculo do transformador, a ENERGISA se reserva o direito de proceder a uma auditoria técnica (“Design Review”) no referido projeto, antes de liberá-lo para fabricação. Essa auditoria poderá ser feita por um representante próprio ou contratado pela Energisa. Os requisitos para essa auditoria devem ser objeto de acordo entre as partes.

O objetivo do Design Review (DR), é permitir a obtenção de um entendimento total do projeto do transformador que está sendo fornecido. Todas as informações dadas durante o DR serão mantidas em total sigilo por ambas as partes (fabricante e contratante). A contratada deverá preencher os dados da tabela 4 e disponibilizar para a Energisa, juntamente com os documentos contratuais do projeto, antes da reunião de Design Review.

Conteúdo do DR que deve ser elaborado para cada projeto de transformador:

1. Placa de Identificação;
2. Projeto do Núcleo;
3. Projeto dos Enrolamentos;
4. Ensaios Dielétricos e Níveis de isolamento;
5. Sistema de Resfriamento;
6. Curto-circuito;
7. Perdas, Impedâncias e Nível de Ruído;
8. Acessórios:
 - a. Buchas;
 - b. Comutador;
 - c. Transformador de Corrente.

5.10 Impedância

Impedância de curto circuito entre primário e secundário, Z_1 , na base de potência ONAN e tensão nominal, a 85°C:

- 
- I. Transformador ≤ 3 MVA: 5%;
 - II. Transformador > 3 MVA e < 10 MVA: 7%;
 - III. Transformador ≥ 10 MVA e < 30 MVA: 10%;
 - IV. Transformador ≥ 30 MVA: 12%.

Impedância de sequência zero:

- I. Transformador Dy ou Yd, entre primário e secundário: $\geq 0,8 \times Z1$;
- II. Transformador Yyd, entre primário e secundário: $\geq 0,85 \times Z1$;
- III. Transformador Yyd, entre primário e terciário: $\leq 1,5 \times Z1$;
- IV. Transformador Yyd, entre secundário e terciário: $\geq 0,5 \times Z1$;
- V. Autotransformador, entre primário e secundário: $\geq 0,85 \times Z1$;
- VI. Autotransformador, entre primário e terciário com carga: $\leq 1,5 \times Z1$;
- VII. Autotransformador, entre secundário e terciário com carga: $\geq 0,5 \times Z1$.

6 Características Construtivas

6.1 Enrolamentos

Os enrolamentos deverão ser em condutores de cobre eletrolítico, isentos de impurezas, tanto quanto possível sem soldas, e plenamente capazes de suportar as forças impostas pelo curto-circuito, aplicado diretamente aos enrolamentos. Seus terminais deverão ser fortemente soldados ou tratados com prata e aparafusados.

O projeto e construção dos enrolamentos deverá considerar a resistência dielétrica e mecânica do isolamento, distribuição uniforme do fluxo eletrostático, interferência mínima com o fluxo de óleo isolante, inexistência de pontos quentes,

distribuição de tensão entre espiras adjacentes e ao longo do enrolamento e ausência de corona.

6.1.1 Identificação Dos Terminais

Todos os terminais dos enrolamentos devem ser indelevelmente identificados. Essa identificação deve ser resistente à ação do óleo isolante à temperatura de 105°C.

6.1.2 Reconexões

Os terminais dos enrolamentos de tensão nominal igual ou inferior a 138 KV que possam ser ligados em série e em paralelo devem ser levados a painéis de reconexões, exceto os terminais correspondentes às buchas, aos CDC e aos comutadores de derivação sem tensão (CDST). As placas dos painéis de reconexões, de material isolante, devem estar localizadas acima do nível mínimo de óleo que mantenha os enrolamentos imersos, e em tal posição que as reconexões possam ser feitas através das aberturas de visita ou de inspeção, com o mínimo rebaixamento possível do óleo, mas com os enrolamentos ainda imersos.

As ligações aos comutadores de derivação e às placas de terminais podem ser feitas com conexões do tipo grampo ou aparafusadas, com dispositivos que impeçam o seu afrouxamento devido às vibrações. Todas as outras conexões devem ser feitas com solda forte ou por compressão.

Não serão aceitas conexões feitas com solda branca.

Quando especificado no Edital de Licitação e exigido na Ordem de Compra, os transformadores com terminais de enrolamento que podem ser reconectados em série e em paralelo, devem apresentar as seguintes alternativas:

- a) Chave série paralelo manobrável externamente;
- b) Reconexão através do painel.

No caso de reconexão através do painel, o fabricante deve prever um sistema que impeça a queda de componentes, tais como porcas e arruelas, no interior do transformador.

6.1.3 Medição De Resposta Em Frequência

Para todos os transformadores com tensão nominal igual ou superior a 69 KV, o fornecedor deve enviar, junto com o relatório de ensaios do transformador, os resultados da medição de resposta em frequência (módulo e ângulo) que deve ser realizada na faixa de até 2 MHz, em todos os terminais do equipamento e nas derivações de maior tensão.

Os métodos para a realização do ensaio devem ser informados pelo fabricante junto à sua proposta de fornecimento devendo ser objeto de acordo entre as partes após a adjudicação de contrato.

A metodologia utilizada nos ensaios, os instrumentos utilizados, os resultados obtidos, etc., devem constar do relatório de ensaios do equipamento. Todos os arquivos gerados devem ser fornecidos em meio digital, na forma de planilha eletrônica.

A medição deve ser apresentada em gráfico (módulo e ângulo x frequência) em função da frequência na faixa de 10 Hz a 2 MHz com no mínimo 200 pontos.

Devem ser executados os ensaios de impedância terminal e de resposta em frequência em todos os enrolamentos do transformador, conforme programação de testes a ser definida pela ENERGISA.

Quando exigido no Edital de Licitação e confirmado na Ordem de Compra, os ensaios devem ser repetidos no campo, no local de instalação dos equipamentos, utilizando a mesma metodologia e instrumentação de ensaio.

6.1.4 Papel Isolante

O papel isolante deve ser termoestabilizado, obtido pela adição de dicianodiamida ou outro composto nitrogenado equivalente, classe térmica $\geq 120^{\circ}\text{C}$.

A fim de permitir a monitoração, pela ENERGISA, do envelhecimento do papel através do ensaio de grau de polimerização ao longo da vida útil, todos os transformadores devem ser fornecidos com, no mínimo, 10 amostras (corpos-de-prova) do papel



isolante utilizado. Essas amostras devem ser colocadas internamente na parte superior, próximas às aberturas de inspeção ou visita, imersas no óleo isolante e possuir dimensões mínimas de (10 x 2) cm.

Após a conclusão de todos os ensaios do equipamento, e antes do seu embarque, o fornecedor deve realizar a medição do grau de polimerização do papel isolante, atendendo ao requisito mínimo de 900. O resultado do ensaio do grau de polimerização deve também ser fornecido juntamente com o relatório de ensaios do transformador.

6.2 Núcleo

Todos os elementos de fixação do núcleo devem ser projetados de maneira a minimizar as correntes parasitas. O núcleo deve ser fixado de forma a suportar, sem deformação permanente, os esforços causados por curtos circuitos, manuseio ou transporte.

Os elementos metálicos passantes através do núcleo, caso existam, devem ter isolamento, no mínimo, para 500 V da classe A (105°C), resistente ao óleo isolante. Os parafusos e porcas devem ser travados de modo a não se afrouxarem pela vibração devida ao transporte e operação.

O núcleo deve ter olhais ou ganchos para o içamento da parte ativa do transformador.

A viga de grampo e o núcleo magnético devem ser isolados entre si e aterrados via terminal de aterramento, instalado na tampa do transformador. O detalhe do terminal de aterramento deverá ser conforme Figura 1, no final deste documento, com conexão removível. A conexão removível deve ser facilmente acessível externamente através de caixa de passagem, com meios para facilitar a medição da resistência de isolamento. Quando a conexão for removida, a resistência de isolamento entre o núcleo e terra não deve ser menor que 1000 MΩ.

6.3 Tanque, Conservador E Acessórios

O tanque e os radiadores dos transformadores devem suportar, sem apresentar deformação permanente superior a 5 mm, os esforços decorrentes do enchimento a

vácuo no campo e pressões internas 25% superiores às pressões máximas de serviço. O fornecedor deve indicar no Anexo A as pressões máximas de serviço para as quais o transformador foi projetado e descrever os métodos propostos para comprovação da suportabilidade ao vácuo e as sobrepressões. Quaisquer compartimentos auxiliares, projetados ou não para enchimento a vácuo, devem ser claramente assinalados pelo fornecedor na proposta, devendo ser previstas válvulas isoladoras para os mesmos.

Todos os transformadores devem ter uma ou mais aberturas para inspeção ou visita, com tampas aparafusadas, de preferência sobre a tampa do tanque com pelo menos duas alças para levantamento, em locais que permitam acesso ao interior do transformador, com dimensões mínimas indicadas na Tabela apresentada a seguir. Para os transformadores que possuam abertura de visita e que não tenham previsão para religações ou que tenham reconexões que possam ser feitas através das aberturas de visita, as aberturas para inspeção podem ser dispensadas ou ter dimensões reduzidas, se houver limitação de espaço na tampa do tanque.

Tipo da abertura	Abertura de inspeção (todas as potências)	Abertura de visita
Circular (diâmetro)	250 mm	400 mm
Retangular (lados) ou elíptica (eixos)	150 mm x 350 mm	350 mm x 500 mm

Todas as aberturas na tampa do tanque devem ser providas de ressaltos que impeçam o acúmulo de água junto à superfície de vedação. As uniões providas de juntas devem ter dispositivos que impeçam a danificação das juntas por aperto excessivo.

Os tanques devem possuir dispositivos que permitam que o transformador completo (incluído o líquido isolante) seja puxado segundo seus eixos principais ou levantado



por meio de cabos, correntes ou macacos. Quando forem utilizados olhais, os mesmos devem ser dimensionados para acomodar cabos de diâmetro superior a 50 mm. Os eixos principais XX' e YY' e a localização dos apoios para macacos estão indicados nas Figuras 2 e 3.

Nos desenhos de dimensões externas e dimensões para transporte devem estar cotados, preferencialmente nas quatro vistas, mas pelo menos em uma vista frontal e uma lateral, as cotas dos seguintes dispositivos:

- a) Olhais para arraste;
- b) Pontos de apoio para macacos de levantamento;
- c) Ganchos ou olhais para içamento.

Os apoios para macacos devem estar localizados preferencialmente em posição simétrica em relação ao centro de gravidade da peça mais pesada para transporte e ter altura mínima de:

- a) 400 mm para transformadores com peso total até 30 toneladas;
- b) 550 mm para transformadores com peso total acima de 30 toneladas.

Adicionalmente, o fabricante deve prever nas junções das faces laterais menores, com a face inferior (base do tanque), pontos de apoio ou reforços dimensionados adequadamente para a utilização de macacos auxiliares.

NOTA:

- 5. Quando as dimensões do transformador não permitirem instalação em fundação, o fornecedor deve indicar no desenho de dimensões, a ser encaminhado com a proposta, as distâncias entre apoios que melhor se adaptem à sustentação do transformador.

Em todas as faces do tanque, exceto na base, deve haver marcação destacada do centro de gravidade e do centro geométrico relativo à parte mais pesada para transporte com e sem óleo.



As tubulações instaladas sobre a tampa do transformador não devem passar sobre a tampa dos comutadores, de modo a permitir sua extração sem necessidade de desmontagem de tubulações e outras peças que possam impedir a fácil remoção.

O tanque deve possuir meios ou dispositivos em seu interior que facilitem a retirada e a colocação da parte ativa do transformador e espaço suficiente entre a parte inferior dos enrolamentos e o fundo, para deposição de resíduos.

Os tanques dos transformadores reguladores devem possuir um ou mais compartimentos para a chave comutadora. Esses compartimentos devem:

- a) Ser projetados e construídos de maneira que durante o funcionamento do equipamento não exista qualquer possibilidade de mistura de óleo ou gases contidos nesses compartimentos, com os contidos no tanque principal;
- b) Possuir relés de surto de pressão;
- c) Possuir relé de válvula de alívio de pressão para o OLTC;
- d) Possuir tampa que possa ser retirada sem a necessidade de retirar a tampa do tanque principal.

A fixação de aparelhos destinados à monitoração de fatores de influência que possam comprometer a integridade física do corpo do transformador, tais como registradores de impacto, medidores de pressão interna, etc., deve ser efetuada de forma a não prejudicar a amarração e o travamento do transformador ao veículo transportador. Esses acessórios devem ser preferencialmente instalados sobre a face superior do tanque do transformador sem acréscimo na altura máxima de transporte.

O Fabricante deve prover meios que permitam a instalação de dispositivos de segurança no tanque ou sobre a tampa para garantir a execução de trabalhos cumprindo as exigências da norma NR-10. Esses dispositivos podem ser entre outros: escadas, pontos para instalação de linha viva, plataformas, etc., a serem objeto de acordo entre as partes. Os dispositivos a serem adotados devem constar da documentação técnica do equipamento.

6.4 Conexão Dos Enrolamentos, Polaridade E Deslocamento Angular

Os transformadores poderão ter ligação Dyn1, YNd1 ou YNyn0d1, conforme ABNT-NBR 5356-1, e os autotransformadores conexão YNa0d1, com exceção quando for especificado em contrário no Edital de Licitação e confirmado na Ordem de Compra.

6.5 Proteção Contra Corrosão

A pintura de acabamento deve ser nas seguintes cores:

- a) Branca Munsell N9.5 para os interiores do tanque e do conservador;
- b) Cinza claro Munsell N6.5 para as superfícies externas;
- c) Cinza clara Munsell N6.5 ou branca Munsell N9.5 para o interior das caixas metálicas.

A superfície interna do tanque, conservadores e acessórios (onde aplicável), devem ser protegidas contra corrosão por meio de pintura resistente ao óleo isolante. A proteção das superfícies externas dos radiadores deve ser feita por zincagem por imersão a quente, desde que todo o processo seja devidamente indicado na proposta e previamente aprovado pela ENERGISA.

Caso o fornecimento especifique que a aplicação será na ENERGISA SERGIPE ou ENERGISA PARAÍBA, cuidados especiais quanto ao tipo de pintura deverão ser considerados pelo FORNECEDOR, pois o equipamento será instalado no litoral, região com grau de salinidade extremamente elevado. O fornecedor deverá considerar tratamento para ambiente marítimo e altamente agressivo no tanque, tampa, conservador, painel e acessórios.

7 Materiais

7.1 Geral

Todos os materiais a serem usados na fabricação do transformador devem ser novos e da mais alta qualidade, livres de defeitos e imperfeições e devem estar de acordo com as recomendações das normas aplicáveis.

Todos os materiais construtivos em contato com o óleo isolante devem ser compatíveis com o mesmo, conforme ensaio descrito na ABNT-NBR 14274. O fabricante deverá apresentar os certificados e ensaios de compatibilidade com o óleo mineral isolante dos seguintes materiais:

- a) Para borracha do diafragma do conservador;
- b) Para vernizes, tintas e outros materiais usados em revestimentos;
- c) Para juntas e vedações.

NOTA:

- 6. Para ensaio de compatibilidade o óleo a ser utilizado deve possuir as características mínimas apresentadas na tabela 1 da ABNT-NBR 14274.

Após o ensaio de compatibilidade, as propriedades do óleo da prova em branco (sem corpos-de-prova) e do óleo com os corpos-de-prova devem atender os seguintes critérios, desconsiderando a tabela 2 da ABNT-NBR 14274:

- a) Tensão interfacial a 25°C (mínimo): 40 mN/m de acordo com a ABNT-NBR 6234 ou ASTM D971;
- b) Índice de neutralização (aumento máximo): 0,03 mg KOH/g de acordo com a ABNT-NBR 14448 ou ABNT-NBR 14248;
- c) Rigidez dielétrica (mínimo): 28 KV/2,54 mm de acordo com ABNT-NBR IEC 60156;
- d) Fator de potência a 100°C (máximo): 1,10% de acordo com ABNT-NBR 12133.

7.2 Óleo Isolante

Salvo indicação contrária no Edital de Licitação e confirmação na Ordem de Compra, o fornecimento do transformador inclui o fornecimento de óleo mineral isolante.

O fornecedor deve apresentar na proposta a marca e fabricante de óleo mineral isolante que pretende utilizar no enchimento dos transformadores. Devem ser fornecidos, com a antecedência necessária, sendo no mínimo de trinta dias, três litros de amostra do lote a ser utilizado no enchimento para homologação prévia. O enchimento do(s) equipamento(s) somente pode ser realizado mediante a autorização da ENERGISA. Essa homologação, no entanto, não eximirá o fornecedor da responsabilidade sob quaisquer problemas que venham a ser detectados no óleo mineral isolante durante as etapas de fabricação, garantia e defeitos ocultos durante a operação.

O óleo mineral isolante utilizado pelo fornecedor para a execução de ensaios de recebimento deve atender às exigências da Especificação Técnica ENERGISA.

Por ocasião da entrega, o óleo mineral isolante deve atender às exigências da Especificação Técnica ENERGISA, quer seja fornecido no transformador ou fora dele.

O óleo de base naftênica, novo, após o tratamento e antes do contato com o transformador, deve estar livre de ácidos inorgânicos, álcalis, composto corrosivo de enxofre, inibidor e aditivos de qualquer espécie, ou seja, um óleo mineral naftênico (tipo “A”).

O óleo isolante após contato com a parte ativa do transformador deverá atender aos requisitos da norma ABNT NBR 10576.

7.3 Juntas E Anéis De Vedação

As juntas e anéis de vedação devem ser de elastômero compatível com a classe dos materiais isolantes do transformador e ser resistentes à ação do óleo mineral isolante, classificado como 4BK608E34Z1Z2, conforme ASTM D2000. Além disso, o material deve ser compatível com o óleo mineral isolante conforme 7.2. As características específicas do elastômero são:

- 
- a) Material BK: polímero acrilonitrila-butadieno (ASTM D2000);
 - b) Dureza em unidades de durômetro A: 65±5 (ASTM D2240);
 - c) Tensão mínima de ruptura, em quilograma-força por centímetro quadrado (kgf/cm²): 55 (ABNT-NBR 7462);
 - d) Resistência aos líquidos orgânicos através da ABNT-NBR 11407, 70 h, 100°C:
 - Variação de dureza, unidades: -10 a +5;
 - Variação da tensão de ruptura, máximo: -20%;
 - Variação do alongamento de ruptura, máximo: -30%;
 - Variação de volume: 0 a +5%.

Outros tipos de materiais de vedação que atendam aos requisitos de compatibilidade elétrica e química podem ser utilizados mediante aprovação prévia da ENERGISA, devendo essa informação ser declarada na proposta técnica.

7.4 Soldas

Todas as soldas do transformador devem ser executadas de acordo com as recomendações da AWS-D1.1-80.

As soldas devem ser feitas por soldadores qualificados e aprovados por entidades oficiais em testes de qualificação de acordo com as ABNT-NBR 10474, ABNT-NBR 14842 e AWS B.3.0-77, às expensas do fornecedor.

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

8 Acessórios

Os transformadores devem possuir todos os acessórios indicados na ABNT-NBR 5356-1, além de outros acessórios não explicitamente citados nessa norma, mas necessários para transporte, armazenagem, montagem, operação e manutenção dos transformadores, de acordo com esta Especificação. A disposição recomendada para as buchas e demais acessórios é aquela indicada nas Figuras 2 e 3 no final deste documento.

8.1 Blocos E Conectores De Aterramento

Os tanques devem possuir dois blocos para aterramento, soldados na sua parte inferior.

Juntamente com os transformadores devem ser fornecidos conectores (em número igual ao de blocos de aterramento) com os respectivos parafusos. Esses conectores devem ser de cobre ou liga de cobre, próprios para cabos de cobre de seção nominal entre 50 mm² e 120 mm², e atender à Especificação Técnica ENERGISA.

8.2 Buchas E Conectores Terminais

As buchas deverão ser em uma única peça de porcelana marrom sem qualquer espécie de junta, vidrada, não absorventes de umidade, mesmo quando sua superfície for danificada ou lascada. Deverão atender as exigências das normas ABNT-NBR-5034, NBR-5435, NBR-5437, NBR-5438 e NBR-5440.

As buchas condensivas serão providas com 02 (dois) terminais de taps, sendo 01 (um) terminal de teste para possibilitar ensaios de fator de potência pelo método do ensaio de espécime não-alterado, e outro terminal para o sistema de monitoramento on-line da capacitância e tangente delta das buchas, a fim de verificar falha na isolação através de corrente de fuga. Deve ser previsto adaptador de taps para conexão elétrica aos taps das buchas, garantindo também sua vedação contra intempéries.

As buchas condensivas podem ser dotadas de um visor com o nível normal do óleo claramente indicado ao invés de indicador de nível de óleo.

As buchas dos enrolamentos de alta tensão e de baixa tensão, deverão ser instaladas no topo do tanque do transformador, caso não seja solicitado o contrário. Cada uma destas buchas deverá ser dimensionada e instalada, de tal forma, que possibilite a conexão física direta de barramento em tubos em seu terminal. Esta conexão será externa às buchas, porém, as mesmas (buchas) deverão garantir as distâncias elétricas de isolamento no ar, e, garantir a total suportabilidade aos esforços físicos, térmicos e dinâmicos gerados pelo barramento em seu terminal aéreo.



As buchas deverão ser do tipo aparafusado, engaxetadas com material resistente ao ataque do líquido isolante ou seus vapores.

As buchas devem ter distância de escoamento mínima de 25 mm/KV, conforme descrito na ABNT IEC/TR 60815.

Quando as buchas do equipamento forem usadas em ambientes agressivos a distância de escoamento mínima será 31 mm/KV, sendo esse valor explicitado no Processo de Aquisição.

As buchas devem ser colocadas preferencialmente sobre a tampa do transformador. A disposição relativa deve ser obrigatoriamente a indicada nas Figuras 2 e 3, no final deste documento.

Os transformadores devem ser fornecidos com conectores terminais. Os conectores para buchas de tensão nominal igual ou superior a 138 KV devem ser do tipo anticorona.

8.3 Comutador De Derivações Sem Tensão (CDST)

As posições do comutador devem ser numeradas a partir de 1, pela ordem decrescente das tensões nominais das derivações. A indicação da posição deve ser facilmente legível de dia, por um observador situado no plano de apoio do transformador e a uma distância de 2 m.

O mecanismo de operação do comutador deve ser o mais simples e direto possível, devendo o acionamento manual ser feito através de volante ou manivela fixada numa altura acessível do solo, na parede lateral do tanque, conforme indicado nas Figuras 2 e 3, no final deste documento. Deve ser previsto um dispositivo que permita trancar o mecanismo de acionamento em qualquer posição.

Em transformadores com mais de um comutador, os volantes ou manivelas devem, sempre que possível, ser fixados na mesma parede do tanque.



Acima de cada volante ou manivela ou, alternativamente, na parte frontal do mecanismo de acionamento do CDST, deve ser fixada uma placa de aço inoxidável ou alumínio anodizado, com os seguintes dizeres:

"OPERAR SOMENTE COM O TRANSFORMADOR DESENERGIZADO"

A operação do comutador deve ser simultânea e sincronizada para as três fases.

8.4 Comutador De Derivações Em Carga (CDC)

Salvo indicação em contrário no Edital de Licitação e confirmação na Ordem de Compra, os CDC devem atender às prescrições da ABNT-NBR 8667 partes 1 e 2 e ABNT-NBR 9368 e o enrolamento de alta tensão do transformador deverá possuir derivações, sendo provido de 17 a 33 posições de regulação, com degraus de derivação igualmente distribuídas em relação à posição central, à qual deve corresponder a tensão nominal do transformador. As tensões correspondentes às posições extremas do comutador devem ser iguais a 90% e a 110% da tensão nominal do transformador, correspondendo à posição nº 1 aquela com o máximo número de espiras. O CDC deve ser a vácuo e projetado para suportar trezentas mil operações, isento de manutenção.

O comutador deve ser provido de poço para instalação de sensor de temperatura.

Os mecanismos dos CDC devem ter:

- a) Volante ou manivela destacável, para operação manual, com local apropriado para guardá-lo. O circuito de alimentação do motor de acionamento do CDC e o circuito de controle devem ser automaticamente interrompidos quando a manivela for colocada para manobra manual, de forma que a manivela não possa ser arrastada pelo eixo em movimento;
- b) Dispositivo que acione chaves elétricas de fim de curso que impeça que as posições extremas sejam ultrapassadas;
- c) Um dispositivo mecânico (tipo embreagem, mecanismo de desacoplamento ou similares) que atue no caso de falha das chaves elétricas de fim de curso. Não serão aceitos batentes fim de curso que, caso atingidos, causem deformações

- permanentes em qualquer peça de acionamento (exceto partes propositalmente enfraquecidas e de fácil reposição);
- d) Indicador local de posições colocado de maneira a ser lido facilmente pelo operador que esteja executando operação manual com acionamento através do motor, ou atuando diretamente no volante ou manivela;
 - e) Um contador de operações;
 - f) Um contato para cada uma das posições extremas, com capacidade mínima de interrupção de 0,5 a resistivo em 125 VCC, disponível para utilização pela ENERGISA. O contato deve se fechar quando a posição extrema for atingida;
 - g) Relé de sequência de fases ou dispositivo equivalente que bloqueie a operação do CDC em caso de sequência de fase invertida;
 - h) Chave seletora para comando local ou remoto, no próprio transformador;
 - i) Dispositivo para comando "elevar" ou "diminuir" posições, no próprio mecanismo de acionamento;
 - j) Chaves que permitam selecionar entre operação automática ou manual, com acionamento motorizado;
 - k) Contatores para reverter o sentido de rotação do motor;
 - l) Dispositivo para comando passo a passo;
 - m) Proteção termomagnética por disjuntores, para o motor e os circuitos de controle, iluminação e força;
 - n) Circuito de aquecimento composto por resistências blindadas, alimentadas em 127 V, 60 Hz, comandadas por meio de termostato regulável entre 10°C e 40°C e por interruptor manual;
 - o) Dispositivo para indicação remota de posições, tipo matriz de diodos;
 - p) Dispositivo para controle do paralelismo par-ímpar;
 - q) Grau de proteção do alojamento IP54 conforme ABNT-NBR IEC 60529;
 - r) Fundo removível para entrada de cabos da ENERGISA;
 - s) Meios para utilização de cadeado na porta ou porta com fechadura própria;
 - t) Contatos para sinalização remota de:
 - Motor em marcha;
 - Disjuntor desarmado;
 - CDC - disj. defeito;

- CDC - comando local;
 - CDC - comando desligado;
 - CDC - motor em marcha;
 - CDC - mínimo TAP;
 - CDC - máximo TAP;
 - CDC - comando remoto.
- u) Circuito de iluminação composto por suporte para lâmpadas LED com rosca Edison E27, conforme ABNT-NBR IEC 60238, comandada por interruptor manual e pela abertura da porta da cabine do acionamento motorizado;
- v) A chave pré-seletora deve possuir dispositivo para indicação de estado através de micro-switch do tipo reed-switch para permitir monitoração.
- w) Localização conforme Figuras 2 e 3;
- x) O CDC deverá estar preparado com flanges e conexões tanto mecânica quanto elétrica para caso a Energisa solicite o fornecimento de filtro autolimpante.

O relé regulador de tensão deve ser de fornecedor homologado pela ENERGISA e possuir:

- a) Tensão de alimentação nominal 115 VCA, 60 Hz;
- b) Possibilidade de ajuste externo da tensão de referência variando de, pelo menos, 105 V a 130 V, 60 Hz;
- c) Ajuste da faixa de insensibilidade entre $\pm 0,6\%$ e $\pm 3\%$ da tensão de referência;
- d) Temporização da resposta linear e inversa no mínimo entre 15 s e 120 s;
- e) Dispositivo para compensação de queda de tensão na linha comandada pela variação da corrente de alimentação das cargas;
- f) Bloqueio por subtensão ajustável entre 70% e 90% da tensão de referência;
- g) Classe de precisão 1 (erro máximo no valor da tensão regulada de 1%);
- h) Alimentação por transformadores de corrente (03 TCs) de bucha instalados um em cada fase e por transformador de potencial (TP), instalado entre a fase 1 e o neutro;
- i) Terminais acessíveis para medição da tensão secundária regulada, por voltímetro.



O equipamento de controle do CDC deve possibilitar a instalação de uma chave para transferência do comando manual com acionamento motorizado para uma chave ou conjunto de botões de controle localizada na casa de controle da subestação.

Quando especificado no Edital de Licitação e confirmado na Ordem de Compra, devem ser fornecidos com dispositivos que permitam a sincronização com os equipamentos de controle dos CDC de outros transformadores reguladores com os quais venha a operar em paralelo.

Todos os dispositivos de controle, devem ser agrupados numa mesma caixa metálica de acordo com especificado neste documento, localizada como indicado nas Figuras 2 e 3 e que tenha:

- a) As mesmas características e acessórios exigidos neste documento;
- b) Uma tomada monofásica e uma tomada bifásica, com isolamento para 600 V;
- c) Uma cópia encapsulada em plástico dos diagramas de fiação dos equipamentos de controle do comutador, fixada na face interna da tampa.

8.5 Fiação E Caixa Com Conectores De Passagem

A fiação de baixa tensão deve:

- a) Ser efetuada com cabos de cobre flexíveis, com seção nominal mínima de 4 mm² para os circuitos dos TC, com isolamento para 750 V e temperatura máxima igual ou superior a 70°C de acordo com a ABNT-NBR 7289 ou a ABNT-NBR 7290. Quando em contato com o óleo isolante, deve resistir à ação deste;
- b) Ser instalada em eletrodutos de aço, suficientemente afastados da superfície do tanque, de modo a evitar o sobreaquecimento da fiação e possuírem grau de proteção IP65 conforme ABNT-NBR IEC 60529;
- c) Apresentar padrões de cor conforme abaixo:
 - a. Circuitos de comando, controle e supervisão em corrente contínua:
 - i. Amarela - positivo franco;
 - ii. Verde - negativo franco;
 - iii. Cinza - qualquer fiação de retorno, ou seja, que não esteja conectada diretamente a terminais alimentadores ou costuras



oriundas de terminais alimentadores, assim como fiação de contatos secos.

- b. Circuitos trifásicos oriundos de transformadores de instrumentação em corrente alternada:
 - i. Azul - Fase A;
 - ii. Branca - Fase B;
 - iii. Vermelha - Fase C;
 - iv. Preta - Neutro.
- c. Circuitos trifásicos ou monofásico de alimentação de serviços auxiliares em corrente alternada: cinza.

Todos os terminais dos circuitos de proteção e controle para interligação com aparelhos não localizados nos transformadores devem ser fixados em blocos terminais concentrados em caixas metálicas que tenham:

- a) Localização conforme indicado nas Figuras 2 e 3;
- b) Grau de proteção IP65 conforme ABNT-NBR IEC 60529;
- c) Previsão para a instalação de eletrodutos com diâmetro nominal de 42 mm (1 1/4"), utilizando-se um eletroduto para cada conjunto de 8 condutores;
- d) Uma cópia encapsulada em plástico dos diagramas de fiação dos equipamentos auxiliares de proteção e controle do transformador, fixada na face interna da porta;
- e) Uma placa de inox com o diagrama de equipamentos auxiliares;
- f) Olhais apropriados para fechamento com cadeado de 35 mm, adicionalmente à fechadura própria.

Os blocos terminais das cabines de mecanismos dos transformadores deverão ser adequados para montagem em trilho de aço tipo TS 32 e TS 35, com as seguintes características mínimas: 750 VCA, 30 A, 4 mm². Os blocos terminais aplicáveis aos circuitos dos transformadores de corrente devem ser adequados para conectores tipo olhal.



Os cabos utilizados em circuitos para sinais digitais e transdutores devem ser blindados. Esta blindagem deve ser levada ao bloco terminal e ser devidamente aterrada.

Outros tipos de blocos terminais poderão ser aceitos desde que previamente aprovados pela ENERGISA.

O fornecedor deve considerar, para a elaboração do projeto do equipamento, a necessidade da utilização de chaves para curto circuitar e aterrar secundários de TC's para curto circuitar e aterrar os TC, para fins de manutenção ou troca da relação dos mesmos, sem que seja necessário o desligamento do transformador. Além disso, deve ser previsto um bloco terminal, para fins de aterramento, após cada conjunto de blocos terminais destinados aos TC, bem como o fornecimento de ao menos 10% de blocos terminais (conectores) de reserva para cada tipo de bloco utilizado.

A fiação utilizada para o circuito dos transformadores de corrente deve possuir terminais tipo olhal.

Os terminais levados às caixas de blocos terminais devem ser numerados de acordo com a Tabela 3. Quando existirem terminais além dos previstos, a sua marcação deve ser feita com números de 70 a 99. Os terminais correspondentes aos secundários dos TCs tipo bucha, devem ser marcados com números superiores a 99.

8.6 Motores

Exceto quando indicado em contrário no Edital de Licitação e confirmado na Ordem de Compra, os motores trifásicos utilizados nos transformadores, inclusive os de resfriamento forçado, devem estar de acordo com a ABNT-NBR 17094 e ser adequados para alimentação em 220 V, 60 Hz. A tensão de acionamento dos motores para Energisa Tocantins deve ser 380 VCA. O circuito de controle dos motores deve ser alimentado em 220 V, 60 Hz. Os motores devem possuir grau de proteção IP55. O sistema de refrigeração por circulação forçada de ar deverá incluir, pelo menos, os seguintes componentes e requisitos:

- Chave de 4 posições: “Automático”, “Local”, “Desligado” e “Remoto”.

- Chave de 2 posições, para comando local dos ventiladores: “Ligar”, “Desligar”.
- Banco de ventiladores com dispositivos de proteção individual contra sobrecarga e curto-circuito, para cada motor de refrigeração.
- Dispositivo de proteção contra falta de fase e fase invertida, se os motores forem trifásicos com contatos auxiliares para sinalização remota;
- Monitoramento do sistema de alimentação (circuito de tensão).
- Tomadas tipo “plug-in” à prova de tempo, para alimentação de cada motor e instalados junto a estes.
- Lâmpadas para indicar quando cada ventilador estiver operando.
- Outros dispositivos julgados necessários pelo FORNECEDOR e sujeitos à aprovação pelo COMPRADOR.
- O dispositivo de acionamento dos ventiladores deve comunicar via protocolos de comunicação DNP3 Serial, DNP3 Ethernet e o protocolo IEC 61850, MMS e GOOSE.

Não serão aceitos motores com chaves de partida centrífuga.

8.7 Equipamento De Resfriamento ONAF (Ar Forçado)

Quando os transformadores possuírem regime de resfriamento ar forçado, os equipamentos utilizados devem atender às seguintes exigências:

- a) A entrada em funcionamento dos ventiladores deve ser comandada automaticamente por meio de monitor digital de temperatura, conforme indicado na tabela abaixo. Devem ser instaladas chaves ou botões de controle em paralelo com os contatos desses termômetros, para operação manual local. Deve ainda ser prevista a possibilidade de comando manual remoto da refrigeração forçada conforme citado neste documento.

Elevação de Temperatura para	Transformadores abaixadores	Transformadores elevadores
------------------------------	-----------------------------	----------------------------

parametrização dos termômetros				
Termômetro ⇒ Estágio ↓	Óleo 26	Enrolamento 49	Óleo 26	Enrolamento 49
1°	55°C	80°C	55°C	80°C
2°	65°C	90°C	65°C	90°C
Alarme	95°C	110°C	95°C	110°C
TRIP	105°C	120°C	110°C	120°C

- b) Os transformadores com circulação forçada do líquido isolante devem ser providos de aparelho indicador de fluxo do óleo, equipado com um contato elétrico com características indicadas em 8.4, alínea f, indicando a presença ou ausência do fluxo correto de óleo;
- c) Os dispositivos de proteção e controle do equipamento de resfriamento forçado devem estar contidos na caixa citada em 8.5 ou em outra caixa, também com grau de proteção IP54 conforme ABNT-NBR IEC 60529;
- d) Na face interna da porta da caixa de comando deve ser fixada uma cópia, encapsulada em plástico, dos diagramas elementares e de fiação dos circuitos de alimentação e controle do equipamento de resfriamento;

Os ventiladores devem ser providos com meios físicos contra contato acidental, tomada e disjuntores termomagnéticos em caixa moldada para proteção dos circuitos.

8.8 Acessórios Padronizados

Os seguintes acessórios devem ser fornecidos:

- a) Monitor digital de temperatura do enrolamento e óleo;
- b) Indicador externo de nível de óleo (um para o tanque principal e um para o tanque do CDC, se for o caso);
- c) Relé detector de gás tipo Buchholz, com dispositivo que possibilite a retirada de gases, com acesso a partir do solo. Deve ser fornecido com proteção contra intempéries (blindada à entrada de umidade na caixa de fiação);
- d) Dispositivo de alívio de sobrepressão;

Os acessórios padronizados devem possuir dispositivos que permitam a verificação/teste de seu correto funcionamento.

O indicador de temperatura do enrolamento é obrigatório em todos os enrolamentos, para transformadores de potência nominal igual ou superior a 1 MVA.

O dispositivo de alívio de sobrepressões (DAP) do transformador, deve ser projetado para ser instalado preferencialmente do mesmo lado do comutador e também que as descargas sejam dirigidas para o solo e para o lado oposto aos equipamentos que possam exigir atuação do operador, em uma distância de no máximo 500 mm da parede do tanque. A tubulação de descarga de óleo deve ser de aço carbono, pintadas na cor do transformador. Outro tipo de material poderá ser aplicado, desde que seja acordado com a Energisa.

O dispositivo de alívio de sobrepressão do comutador (DAP) deverá possuir indicação visual de sua operação bem como contato elétrico que deve se fechar em caso de atuação do mesmo e **deve ser fornecida com proteção contra intempéries (blindada à entrada de umidade).**

O secador de ar deverá ser do tipo autorregenerativo, e deve ser fornecido com sílica gel de coloração laranja e possuir visor que permita verificar a condição da sílica.

Os acessórios devem preferencialmente estar localizados como indicado nas Figuras 2 e 3, que constam no final deste documento.



Os transformadores de corrente devem ser para proteção e:

- a) Dois, para transformadores de dois enrolamentos e autotransformadores sem terciário, referente ao enrolamento de tensão inferior;
- b) Três, para autotransformadores com terciário acessível, referentes aos enrolamentos série, comum e terciário, salvo outra indicação no edital de licitação ou em especificação técnica complementar;
- c) Três, para transformadores de três enrolamentos (um para cada enrolamento).

Nos casos em que se fizer necessário um número maior de transformadores de corrente para imagem térmica, esse deve ser indicado no Edital de Licitação e confirmado na Ordem de Compra.

As cavidades para inserção das sondas sensoras dos indicadores de temperatura do óleo e do enrolamento devem ter dimensões conforme Figura 6. Todas as cavidades, inclusive as de reserva, devem possuir as mesmas dimensões. Outros tipos de cavidades poderão ser aceitos desde que previamente aprovadas pela ENERGISA.

8.9 Transdutores

Todos os transformadores devem ser fornecidos com dois transdutores de temperatura para os termômetros do óleo e para os de enrolamento.

Todos os transdutores devem ter saída de (4 a 20) mA, para supervisão remota.

Esses transdutores devem, preferencialmente, ser fornecidos nos próprios monitores digitais de temperatura ou termômetros do óleo e do enrolamento.

8.9.1 Relés Detectores De Gás Tipo Buchholz E Relés De Surto De Pressão Do CDC

Os relés de gás tipo Buchholz devem ser fornecidos com bóias maciças, fabricadas em Nitropil e contatos elétricos do tipo “reed switch magnético”.

Além dos relés detectores de gás para proteção do tanque principal, os transformadores reguladores devem possuir, quando aplicável, um relé de surto de

pressão (RSP) de óleo ou gás, ou dispositivo semelhante que não acumule gás, para fins de proteção do tanque do CDC. Esse dispositivo deve possuir contato elétrico que será utilizado para desligamento do transformador.

Associados ao relé de gás tipo Buchholz e ao relé de surto de pressão para proteção do CDC devem ser fornecidos dispositivos sinalizadores de operação do tipo eletromecânico. Esses dispositivos devem ser ligados em série com o contato de desligamento do relé Buchholz ou do relé de surto de pressão do CDC e possuir bandeiras que mantenham a sinalização, mesmo no caso de falta de energia.

A caixa dos terminais do relé Buchholz deve ser fornecida com **proteção contra intempéries (blindada à entrada de umidade)**.

8.10 Transformadores De Corrente

Todos os transformadores de corrente (TC) devem estar de acordo com a ABNT-NBR 6856-2015.

Além dos transformadores de corrente para alimentação dos detectores de temperatura dos enrolamentos e do controle do CDC, os transformadores devem, quando exigido no Edital de Licitação, possuir transformadores de corrente tipo bucha.

A instalação dos transformadores de corrente do tipo bucha destinados à proteção deve satisfazer às seguintes condições:

- Potência mínima de 100VA;
- Corrente secundária igual à 5 A;
- Tensão de saturação de 200V;
- Exatidão menor ou igual a 10%;
- Instalação de dois conjuntos trifásicos para cada enrolamento primário, secundário e terciário (quando aplicável);

A corrente nominal primária dos TCs deve acomodar em TAPs individualizados, a corrente nominal do transformador em todos os estágios de resfriamento. A maior

das relações deve acomodar ainda uma corrente de sobrecarga 30% superior a corrente nominal, sem utilizar o fator térmico do TC.

O fator térmico de cada TC deve ser de no mínimo 1,50 pu.

Em todos os transformadores de potência deverá ser instalado TC de bucha do neutro quando este estiver acessível, seja no primário, secundário ou terciário. A corrente nominal deve seguir os padrões dos TCs de fase.

Todos os terminais secundários dos TC devem ser levados às caixas com blocos de terminais, as quais devem possuir diâmetro mínimo de 120 mm (ver 8.5).

A instalação dos transformadores de corrente nas buchas deverá ser feita de maneira a permitir sua remoção, sem que se torne necessário a retirada da tampa do tanque.

A polaridade e códigos relativos aos terminais dos TCs de bucha deverão ser claramente indicados por marcação permanente.

As placas de identificação dos terminais dos TC devem ser fixadas externamente às tampas das caixas com blocos terminais.

Quando houver necessidade de utilização de caixas de concentração intermediárias entre os transformadores de corrente e a caixa citada em 8.5, elas devem ter grau de proteção IP65 conforme ABNT-NBR IEC 60529.

Para autotransformadores trifásicos é desejável que o TC destinado à indicação de temperatura do enrolamento de média tensão seja instalado no enrolamento comum.

8.11 Placas De Identificação, Advertência E Segurança

As placas de identificação, advertência e segurança devem ser de aço inoxidável e ser fixadas ao tanque em partes não removíveis, por meio de rebites, em local de fácil leitura, conforme indicado nas Figuras 2 e 3.

As placas devem conter, indelevelmente marcadas, além do exigido na ABNT-NBR 5356-1, as seguintes informações:

- 
- a) A palavra "Transformador de Potência";
 - b) Nome do Fabricante e local de fabricação;
 - c) Número de série de fabricação;
 - d) Ano de fabricação;
 - e) Designação e data da Norma seguida pelo Fabricante;
 - f) Tipo (segundo a classificação do Fabricante);
 - g) Número de fases;
 - h) Designação do método de resfriamento;
 - i) Potências com circulação natural de óleo e ar e circulação natural de óleo e forçada de ar, em KVA;
 - j) Diagrama de ligações contendo todas as tensões nominais e de derivação e respectivas correntes, transformadores de corrente em cada bucha, com indicação das respectivas polaridades.
 - k) Frequência nominal;
 - l) Limite de elevação de temperatura dos enrolamentos;
 - m) Diagrama fasorial;
 - n) Impedância de curto-circuito, em percentagem;
 - o) Indicação em forma de tabela, da classe de exatidão e da corrente nominal dos transformadores de corrente, bem como as respectivas ligações dos seus terminais secundários.
 - p) Impedância de sequência zero entre os enrolamentos Xps, Xpt e Xst;
 - q) Tipo de óleo e volume necessário para o transformador e o comutador, em litros;
 - r) Níveis de isolamento, inclusive de cada bucha do equipamento;
 - s) Correntes de curto-circuito máximas admissíveis, simétrica e assimétrica, e duração máxima admissível da corrente, em segundo;
 - t) Massa total aproximada, em quilogramas;
 - u) Número do Manual de Instruções;
 - v) Espaço em branco de 1,5 x 4cm para uso do COMPRADOR;
 - w) Número da ORDEM DE COMPRA;
 - x) Altura para içamento em centímetros;
 - y) Medidas para transporte da maior peça: Altura x Largura x Comprimento;

- z) Massa da parte ativa, em quilogramas;
- aa) Massa do tanque e acessórios, em quilogramas;
- bb) Massa de óleo, em quilogramas;
- cc) Massa da maior peça para transporte com e sem óleo;
- dd) Número de Controle do Ativo - NCA (Patrimônio).

8.12 Registros

O tanque deve ter registros do tipo esférico, provido de bujões roscados (rosca Whitworth gás) em suas extremidades livres, e com dispositivos que permitam trancá-los na posição “fechado”, localizados como indicado nas Figuras 2 e 3 e de acordo com a Tabela 2.

Todos os registros devem ser do tipo esférico, exceto os existentes no radiador. Outros tipos de registros podem ser utilizados mediante aprovação prévia da ENERGISA.

Os registros 2, 3 e 4 da Tabela 2 devem ser, de preferência, combinados num dispositivo único com as características e localização do registro 3, tendo no seu corpo uma tomada para amostragem do óleo com as características do registro 4. Tanto esse registro combinado como o registro 3 da Tabela 2, devem ser instalados de maneira a possibilitar a retirada de todo o óleo do tanque do transformador.

O registro inferior para drenagem do óleo do tanque principal (registro 3) deve ser protegido.

Deverá ser previsto válvula para instalação de sensor de gás conforme tabela 2.

8.13 Radiadores

Os radiadores deverão ser fabricados com chapas conforme as normas ABNT: NBR 5396, NBR 5906 e NBR 5915-2, e os respectivos ensaios conforme ABNT NBR 5356, galvanizados a FOGO, do tipo removível, adaptados ao tanque por meio de flanges e juntas, apropriadas à vedação do óleo. A tubulação, entre o tanque e os flanges de montagem dos radiadores, tanto na parte superior quanto na parte inferior, deverá ser provida de válvulas de vedação de óleo, que permitam a remoção dos radiadores



sem necessidade de remoção do óleo do tanque. Cada uma das válvulas deverá ter um indicador de posição (aberta ou fechada), bem visível. Todas as válvulas deverão suportar sem vazamento, a pressão do óleo com o tanque cheio.

Cada radiador será provido de bujões no fundo e no topo, para drenagem de óleo e purgação de ar, respectivamente. Também deverão ter a identificação numérica (número de série) do transformador ao qual será instalado e a numeração para identificação do local de instalação (radiador/corpo do transformador).

Os radiadores deverão suportar, sem deformação permanente, os esforços decorrentes do enchimento do óleo a pleno vácuo, bem como uma pressão interna 25% superior à normal.

Os espaçamentos entre os radiadores deverão ser suficientemente amplos, para permitir a pintura e a limpeza deles e do tanque. Os radiadores deverão ser projetados de modo a evitar acúmulo de água nas superfícies externas, permitir livre circulação de óleo e evitar a formação de bolsas de gás durante o enchimento do tanque.

A fim de permitir o içamento dos radiadores, um olhal de suspensão deverá ser previsto nas suas partes superiores.

O sistema de resfriamento deverá ser projetado com um radiador reserva instalado. O ensaio de aquecimento, quando aplicável, deverá ser realizado com um radiador fora de serviço (válvula fechada).

8.14 Conservadores

O transformador deverá ser fornecido com um conservador de óleo montado no tanque, de modo a impedir o contato direto do óleo do tanque com o ar. O conservador terá uma forma cilíndrica contendo uma tampa lateral removível para limpeza da parte interna. Deverá possuir uma bolsa de borracha nitrílica para separação óleo-ar resistente a ação do óleo isolante de modo que o ar da ventilação não entre em contato com o óleo nos movimentos de expansão e retração, e na sua



parte mais baixa deverá ser prevista uma cova com válvula de drenagem. O tubo de ligação entre o tanque e o conservador deverá incluir um registro.

O conservador deverá ser de construção robusta, com volume suficiente para permitir a operação do transformador sob temperatura ambiente.

O conservador deverá ser equipado com pelo menos os seguintes acessórios:

- Duas válvulas de ligação para filtro-prensa, localizadas em lados opostos do conservador, sendo uma na parte superior e outra na parte inferior;
- Dois poços coletores, localizados nas extremidades inferiores do conservador equipados com válvulas de drenagem e filtros-prensa.
- Respirador a prova de tempo, com proteção por tela de metal não corrosível; o respirador receberá enchimento de "sílica-gel";
- Válvula para enchimento de óleo do conservador, na parte superior deste;
- Tampa de inspeção;
- Indicador magnético de nível de óleo;
- Olhais de suspensão;
- Indicador de ruptura da bolsa de borracha nitrílica para separação do óleo- ar do conservador, dotado de interface para rede conforme a Norma IEC 61850, e, ou, com contatos auxiliares para sinalização remota. Para comunicação com o sistema digital disponibilizar preferencialmente a interface de acordo com a Norma IEC 61850;
- Escada para acesso à parte superior do tanque (para acesso do piso à tampa do tanque principal);
- Registro de equalização entre tanque principal e bolsa de borracha;
- Compartimento específico para CDC quando aplicável, com seus respectivos registros e válvulas. O respiro do transformador deve ser através da tubulação do secador de sílica livre de manutenção.

A ligação entre o conservador e o tanque principal será feita através de um relé Buchholz. Para isto, cada uma das extremidades do referido relé será fixada à tubulação proveniente do conservador, ou do tanque principal, por meio de um



conjunto formado por registro, válvula e flange. Desta maneira, o relé Buchholz poderá ser retirado, ou testado, sem necessidade de remover o óleo do conservador.

A ligação tubular deverá ser disposta de forma a impedir a penetração de água e outros resíduos provenientes do conservador, no tanque principal. O arranjo deverá permitir a retirada do conservador.

8.15 Suportes Para Instalação De Para Raios

Deverão ser fornecidos suportes para instalação de para-raios no lado da baixa tensão e da alta tensão. Os suportes deverão ser construídos de chapa metálica, com espessura mínima de 5mm e fixados ao tanque ou tampa superior, de forma que possam ser retirados facilmente e sem necessidade de abertura do tanque do transformador.

Deverão possuir 3 furos de 19 mm de diâmetro dispostos sobre circunferência de 180 mm de diâmetro, defasados de 120 graus e 3 furos de 19 mm dispostos sobre circunferência de 220 mm de diâmetro, defasados de 120 graus. As distâncias mínimas fase-terra do equipamento não devem ser prejudicadas pelos suportes dos para-raios. Os suportes devem ser fixados de forma que, após instalados, os para raios não ultrapassem a altura máxima das buchas primárias e secundárias do transformador.

8.16 Proteção Intrínseca

Cada dispositivo de proteção intrínseca na condição de desligamento - 2º estágio da respectiva supervisão - deve possuir no mínimo dois contatos auxiliares, além do contato de indicação de alarme - 1º estágio da respectiva supervisão. Essa consideração deve ser satisfeita sem a utilização de relés auxiliares do tipo multiplicador de contato.

As proteções intrínsecas dos transformadores são as seguintes:

- Função para detecção de faltas internas que ocasionem formação de gás (63) do transformador e comutador (ou equivalente Relé de Fluxo de Óleo do comutador);

- Válvula ou Dispositivo de alívio da pressão interna (20);
- Função de sobre temperatura do óleo (26) com dois níveis de atuação (alarme e desligamento);
- Função sobre temperatura do enrolamento (49) com dois níveis de atuação (alarme e desligamento);
- Relé indicador dos níveis máximo e mínimo do óleo do transformador e do comutador (71).

8.17 Sistema De Monitoramento E Diagnóstico On-Line

Todos os transformadores devem ser projetados e preparados para uma futura implementação do sistema de monitoramento, possibilitando a instalação futura de sensores sem a necessidade de modificações na estrutura do equipamento.

Quando requerido no Edital de Licitação e confirmado na Ordem de Compra (OCM), os transformadores **devem ser fornecidos** com sistemas de monitoramento e diagnóstico on-line conforme **ETU 161 - Camada de Sensoriamento para Transformador de Potência**. Os códigos Energisa para os sensores, estão relacionados a cada transformador de potência, nas partes adicionais da Especificação Técnica Unificada (ETU 001.2 a 001.6).

9 Apresentação De Propostas E Aprovação De Documentos

9.1 Cotação Dos Ensaios De Tipo E Especiais

Quando requerido no Edital de Licitação, as propostas devem conter a cotação dos ensaios de tipo e especiais.

9.2 Documentação Técnica

Quando requerido no Edital de Licitação, as propostas devem conter os seguintes documentos e informações:

- a) Dados técnicos dos transformadores ofertados, conforme o Anexo A;

- 
- b) Cotação das peças reservas, conforme o Anexo B;
 - c) Desenho preliminar de dimensões externas;
 - d) Marca e fabricante do óleo mineral isolante;
 - e) Materiais de vedação diferentes dos especificados;
 - f) Metodologia para o ensaio de medição de resposta em frequência;
 - g) Informações técnicas e desenhos do OLTC e CST;
 - h) Plano de inspeção e testes.

Após o recebimento da Ordem de Compra (OCM), o fornecedor deve enviar os seguintes documentos básicos para análise e aprovação da ENERGISA, em um prazo máximo equivalente a 1/5 do prazo de entrega dos transformadores:

- a) Lista de documentos e fornecimentos;
- b) Desenho esquemático de disposição interna;
- c) Dimensões externas;
- d) Diagramas esquemáticos e de fiação;
- e) Lista de componentes (mecânico e elétrico);
- f) Manual de instruções;
- g) Placa de identificação;
- h) Diagrama de interconexão de paralelismo;
- i) Detalhes da caixa de controle;
- j) Processo de pintura e tratamento anticorrosivo;
- k) Dados técnicos garantidos;
- l) Dimensões para transporte;
- m) Programa de treinamento, no caso de realização de treinamento;
- n) Programa e cronograma para os casos de realização de ensaios de tipo.
- o) Formulário de Design Review preenchido conforme tabela 4 (quando aplicável).

As informações a seguir devem ser apresentadas em separado, ou em algum dos documentos relacionados acima.

- a) Detalhes do relé Buchholz;
- b) Detalhes do medidor digital de temperatura;

- 
- c) Detalhes das buchas;
 - d) Detalhes das válvulas de alívio de pressão;
 - e) Detalhes dos terminais de aterramento;
 - f) Detalhes das válvulas utilizadas (esfera, globo, borboleta);
 - g) Detalhes dos radiadores;
 - h) Detalhes do poço para termoresistência;
 - i) Detalhes da bolsa para medição direta de temperatura;
 - j) Detalhes do indicador de nível de óleo;
 - k) Detalhes do secador de ar;
 - l) Detalhes dos conectores terminais;
 - m) Detalhes dos ventiladores;
 - n) Detalhes das moto-bombas;
 - o) Detalhes indicativo da passagem dos cabos que vão ao terminal de aterramento do núcleo.

Quando requerido no Edital de Licitação ou em Especificação Técnica complementar e confirmado na Ordem de Compra, ainda poderá ser solicitado:

- a) estudo para verificação de suportabilidade a transitórios elétricos e ressonância parcial interna dos enrolamentos;
- b) diagramas do sistema de monitoramento;
- c) manual do hardware do sistema de monitoramento:
 - Projeto;
 - Instalação e montagem;
 - Testes em campo;
 - Operação;
- d) manual do software do sistema de monitoramento;
- e) arquitetura do sistema de monitoramento.

f) memória de cálculo dos esforços de curto-circuito do transformador (demonstrar que o transformador atende aos requisitos de suportabilidade térmica e dinâmica ao curto-circuito conforme NBR5356-5).

9.2.1 Manual De Instruções

O fornecedor deve enviar à ENERGISA, no prazo máximo de 60 dias antes do pedido de inspeção de recebimento, duas vias do Manual de Instruções para cada conjunto de transformadores de mesmas características. Deve fornecer também, juntamente com o transformador, mais duas vias do Manual de Instruções.

O Manual de Instruções, com capa plástica tipo "porta-folha", deve conter, ou trazer anexadas, informações detalhadas sobre:

- Transporte, recebimento, armazenamento, instalação e ligação do transformador;
- Ferramentas, equipamentos e pessoal necessário para a montagem;
- Enchimento do transformador com óleo isolante;
- Características do óleo isolante para enchimento do transformador;
- Secagem do transformador;
- Buchas e seus acessórios;
- Dispositivo de alívio de sobrepressões internas;
- Aparelho indicador da temperatura do óleo isolante;
- Aparelhos detectores das temperaturas dos enrolamentos;
- Indicador magnético do nível do óleo isolante;
- Relé detector de gás tipo Buchholz;
- Secador de ar de sílica gel;
- Transformadores de corrente tipo bucha;
- CDST;
- Sistema de resfriamento forçado do transformador;
- CDC e seu equipamento de controle;
- Lista de configuração dos relés de monitoramento e controle.

Nos documentos técnicos do CDC devem constar, em forma de gráfico, as curvas características da vida útil dos contatos em função do número de operações e da corrente de chaveamento. Devem ser fornecidas no mínimo quatro curvas correspondentes a 25%, 50%, 75% e 100% da corrente nominal do CDC.

- Operação e manutenção do transformador;
- Folhetos de instrução de todos os acessórios e equipamentos auxiliares;
- Fotos do transformador, no mínimo conforme indicado a seguir:

Partes do transformador	Fotos
Parte ativa	4 laterais, superior e inferior, com detalhes de terminais
Transformador montado	4 laterais e superior
Tanque parte interna	4 faces internas e fundo, incluindo blindagens magnéticas, quando aplicável
Tampa	1 da face interna

- Anexos A e B devidamente preenchidos, conforme construído;
- Uma cópia de todos os desenhos aprovados, conforme construído;
- Membranas ou bolsas utilizadas para o selamento do transformador (material da membrana ou bolsa, dimensões, etc.);
- Curvas de excitação medidas nos terminais primários e secundários, inclusive com pontos de medição da parte relativa à saturação;
- Curva de sobreexcitação.
- Cópia dos estudos de projeto aprovados pela ENERGISA no design review, conforme 4.9, quando aplicável;

- Desenhos com dimensões de todas as vedações do transformador e especificação do material utilizado;
- Desenho com detalhes das partes internas, com indicação de diâmetro de TCs, conexões elétricas, estruturas de fixação dos leads (terminais dos enrolamentos) e suas conexões às buchas, emendas de cabos e outros detalhes, para fins de manutenção e acompanhamento operativo, que deve ser objeto de acordo entre o fornecedor e a ENERGISA.
- Memória de cálculo do resistor tie-in da chave pré-seletora do CDC, quando aplicável;
- Cálculo dos resistores não lineares internos ou para-raios externos, para a limitação das sobretensões transitórias transferidas, quando aplicável;
- Manuais de todos os componentes e acessórios fornecidos;
- Instruções de ensaios e comissionamento;
- Carregamento admissível do transformador para todos os perfis de carga diária. O carregamento admissível deve contemplar os limites térmicos, mecânico e elétrico conforme ABNT-NBR 5416.

9.2.2 Relatórios De Ensaios

Até 10 dias úteis após a realização da inspeção, o fornecedor deve encaminhar os relatórios de ensaios para análise e aprovação pela área de inspeção da ENERGISA.

Os relatórios devem ser fornecidos com a curva de saturação e reatância de núcleo de ar, real ou teórica.

Cada relatório deve conter dados de um único equipamento e o seu número de identificação deve ser o número de série do equipamento. Mediante acordo prévio entre a ENERGISA e o fornecedor poderá ser avaliado o fornecimento de um único relatório de ensaios para todo o fornecimento.

O número de identificação e o título do documento devem ser facilmente identificados na primeira folha (capa) assim como as características do equipamento.

9.2.3 Informações Adicionais

A seguir são apresentados informações e esclarecimentos sobre alguns dos documentos relacionados em 9.2.2.

1. Lista de Documentos e Fornecimentos (LDF)

Esse documento deve ser específico por modelo (ou família) de equipamento e deve possuir informações referentes à documentação técnica e aos fornecimentos. São exigidas, no mínimo, as seguintes informações para cada LDF:

- a) Documentos: número de identificação, título e revisão;
- b) Fornecimentos: número e item do contrato, quantidade, número de série e ano de fabricação dos equipamentos fornecidos.

A existência desse documento no arquivo da ENERGISA possibilitará ao fornecedor apresentar, nos fornecimentos futuros de equipamentos do mesmo modelo (ou família) e características, apenas a LDF devidamente revisada, para análise e aprovação. Esse procedimento visa aperfeiçoar o processo de aprovação de documentação técnica.

NOTAS:

7. O procedimento anterior é válido apenas caso a documentação técnica dos equipamentos em fornecimento seja idêntica à documentação aprovada e arquivada na ENERGISA.
8. No caso de alteração de algum dos documentos relacionados na LDF aprovada e arquivada na ENERGISA, os documentos revisados devem ser submetidos à nova aprovação.
9. Mediante acordo entre o fornecedor e a ENERGISA a LDF poderá contemplar fornecimentos anteriores.

2. Programa de Treinamento



Este documento deve ser enviado quando da aquisição de treinamento. Deve abordar, no mínimo, informações de forma a capacitar os participantes sobre aspectos de projeto, fabricação, montagem, parametrização, ajustes, operação e manutenção dos equipamentos.

3. Dimensões para Transporte

Este documento deve conter as principais dimensões do equipamento e peso para o transporte. Caso o transporte seja feito em mais de um volume, deve constar no documento a relação dos volumes e lista informando o conteúdo de cada volume.

Cada volume deve ser identificado fisicamente com a Ordem de Compra, o item da Ordem de Compra e o número do volume de um total de volumes do item. Devem ainda ser fixados nas embalagens os romaneios de embarque.

9.2.4 Considerações Gerais

No caso de contratação de treinamento pela ENERGISA, o fornecedor deve apresentar, juntamente com os demais documentos, o programa de treinamento contemplando, no mínimo: escopo, carga horária, local de realização, horário e data prevista. O programa deve ser aprovado pela ENERGISA.

As revisões dos documentos devem ser, preferencialmente, indicadas por letras, iniciando sempre pela letra “A”.

Durante a fase de aprovação da documentação técnica, todos os documentos devem ser encaminhados em meio digital em arquivos com extensão .pdf, 03 vias em papel, exceto indicação contrária na Ordem de Compra.

A documentação deve ser encaminhada para a área indicada na Ordem de Compra.

Após verificação da ENERGISA, o fornecedor deve encaminhar uma cópia de toda a documentação técnica em meio digital em arquivo com extensão .pdf para arquivamento. Os arquivos devem ser legíveis e ter boa qualidade para visualização e impressão.

O nome dos arquivos digitais deve ser idêntico ao número do documento e deve ser indicado em letra minúscula. Incluir a revisão do documento no nome do arquivo (por exemplo: nomearquivo - revX.pdf).

Todos os arquivos em meio eletrônico devem ser encaminhados para a ENERGISA devidamente identificados com o número do contrato e item.

Deve ser encaminhado um arquivo em meio eletrônico em CAD, preferencialmente em Microstation (dgn) ou Autocad (dwg), do documento de dimensões externas dos equipamentos primários.

9.2.5 Cronograma De Fabricação

No prazo máximo equivalente a 1/5 do prazo de entrega dos transformadores após o recebimento do Pedido de Compra, o fornecedor deve entregar ao inspetor da ENERGISA quatro vias do cronograma de fabricação.

Dentro dos prazos estabelecidos no cronograma, o fornecedor deve entregar ao inspetor da ENERGISA a relação dos principais pedidos a subfornecedores, com respectivas datas de entrega.

10 Inspeção

10.1 Geral

A inspeção compreende a execução dos ensaios de rotina e, quando exigidos pela ENERGISA no Edital de Licitação, dos ensaios de tipo e especiais. A seu critério a ENERGISA poderá optar por inspecionar o material ou verificar sua qualidade através da análise de relatórios dos ensaios previstos em contrato, apresentados pelo Fornecedor.

Se exigidos, os ensaios de tipo e especiais devem:

- a) Ser realizados no laboratório do fornecedor, desde que previamente habilitado pela ENERGISA, ou em laboratório acreditado pelo INMETRO ou por organização oficial similar em outros países;

- 
- b) Ser realizados, em qualquer hipótese, em amostras escolhidas aleatoriamente e retiradas da linha normal de produção pelo inspetor da ENERGISA ou por seu representante legal;
 - c) Ser acompanhados, em qualquer hipótese, pelo inspetor da ENERGISA ou por seu representante legal.

De comum acordo com a ENERGISA, o fornecedor poderá substituir a execução de qualquer ensaio de tipo ou especial, pelo fornecimento do relatório do mesmo ensaio, desde que executado em material idêntico ao ofertado, sob as mesmas condições de ensaio, e que atenda aos requisitos contidos neste documento.

A ENERGISA se reserva o direito de efetuar os ensaios de tipo e especiais para verificar a conformidade do transformador com os relatórios de ensaio exigidos com a proposta.

O lote para inspeção compreende todas as unidades de mesmas características fornecidas de uma só vez.

O fornecedor deve possuir pessoal e aparelhagem necessários à execução dos ensaios.

NOTA:

10. Os ensaios de rotina, executados pelo fornecedor para aferir a qualidade do produto originário da linha normal de produção, devem ser realizados nas mesmas instalações da fabricação ou do fornecimento.

A ENERGISA se reserva o direito de enviar inspetor devidamente credenciado, com o objetivo de acompanhar qualquer etapa de fabricação e, em especial, presenciar os ensaios.

O fornecedor deve assegurar ao inspetor da ENERGISA, o direito de se familiarizar, em detalhes, com as instalações e com os equipamentos a serem utilizados, estudar as instruções e desenhos, verificar calibrações, presenciar os ensaios, conferir



resultados e, em caso de dúvida, efetuar nova inspeção e exigir a repetição de qualquer ensaio.

O fornecedor deve permitir, ao inspetor da ENERGISA, livre acesso a laboratórios e às instalações onde o equipamento estiver sendo fabricado e aos locais de acondicionamento, fornecendo as informações solicitadas.

A inspeção deve ser solicitada pelo fornecedor à Gerência de Qualidade de Material e de Fornecedores da ENERGISA, com antecedência mínima de 15 (quinze) dias úteis, no caso de inspeção no Brasil, e de 60 (sessenta) dias, no caso de inspeção no exterior, em relação à data prevista para o início da inspeção.

O fornecedor deve apresentar, ao inspetor da ENERGISA, certificados de calibração dos instrumentos a serem utilizados na inspeção, nas medições e nos ensaios do material ofertado, emitidos por órgão acreditado pelo INMETRO, ou por organização oficial similar em outros países. A periodicidade máxima dessa calibração deve ser de um ano, podendo acarretar a desqualificação do laboratório o não cumprimento dessa exigência. Períodos diferentes do especificado poderão ser aceitos, mediante acordo prévio entre a ENERGISA e o fornecedor.

Os certificados de calibração devem atender ao estabelecido na ABNT-NBR ISO/IEC 17025.

Todas as normas técnicas, especificações e desenhos citados como referência, além de desenhos que tenham sido aprovados previamente pela ENERGISA, devem estar à disposição do inspetor da ENERGISA no local da inspeção.

Os subfornecedores devem ser cadastrados pelo fornecedor sendo este corresponsável pelo controle daqueles. O fornecedor deve assegurar à ENERGISA o acesso à documentação de avaliação técnica referente a esse cadastro, bem como aos documentos relativos ao controle de qualidade exercido pelo fornecedor no subfornecedor. Caso julgue necessário, a ENERGISA se reserva o direito de realizar avaliação técnica, acompanhar fabricação, homologação ou inspeção parcial ou final em subfornecedor.

A aceitação do equipamento e/ou a dispensa da execução de qualquer ensaio:

- a) Não eximem o fornecedor da responsabilidade de fornecer o equipamento de acordo com os requisitos desta Especificação;
- b) Não invalida qualquer reclamação posterior da ENERGISA a respeito da qualidade do equipamento e/ou da sua fabricação.

Em tais casos, mesmo após haver saído da fábrica, o equipamento pode ser inspecionado e submetido a ensaios, com prévia notificação ao fornecedor e, se necessário, em sua presença. Em caso de qualquer discrepância em relação às exigências desta Especificação, o equipamento pode ser rejeitado e sua reposição será por conta do fornecedor.

Caso se constate alteração do projeto do transformador sem prévio aviso e concordância da ENERGISA, a repetição dos ensaios de tipo e especiais será exigida, na presença do inspetor da ENERGISA, sem ônus para a ENERGISA.

A rejeição do equipamento, em virtude de falhas constatadas nos ensaios, não dispensa o fornecedor de cumprir as datas de entrega prometidas. Se a ENERGISA, após análise crítica do contrato, verificar que a rejeição torna impraticável a entrega do equipamento 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 equipamento de outro fornecedor. Em tais casos, o fornecedor será considerado infrator do contrato e estará sujeito às penalidades aplicáveis.

O custo dos ensaios de rotina deve ser por conta do fornecedor.

A ENERGISA se reserva o direito de exigir a repetição de ensaios em equipamentos já aprovados. Nesse caso, as despesas serão de responsabilidade:

- a) Da ENERGISA, se as unidades ensaiadas forem aprovadas na segunda inspeção;
- b) Do fornecedor, em caso contrário.

Os custos da visita do inspetor da ENERGISA (locomoção, hospedagem, alimentação, homem-hora e administrativo) correrão por conta do fornecedor nos seguintes casos:

- 
- a) Se o equipamento estiver incompleto na data indicada na solicitação de inspeção;
 - b) Se o laboratório de ensaio não atender a qualquer das exigências anteriores;
 - c) Se o equipamento fornecido necessitar de acompanhamento de fabricação ou inspeção final em local diferente do de fabricação do equipamento, ou que acarrete acréscimo dos custos de inspeção se fosse realizado em um único local e período (dias em sequência de uma mesma semana);
 - d) Devido à reinspeção do material por motivo de visita improdutiva, ou não liberação por não conformidades ou recusa;
 - e) No caso de material fornecido através de licitação nacional que necessitar de realização, no exterior, de inspeção ou acompanhamento, de parte ou de todo, de quaisquer ensaios especificados em contrato.

Caso o Fornecedor entregue o material antes da inspeção efetuada pela ENERGISA ou antes da emissão do documento de liberação, a ENERGISA se reserva o direito de:

- a) Aplicar penalidade ao Fornecedor, previstas nas cláusulas contratuais;
- b) Estender o período de garantia por mais 12 (doze) meses além do previsto nesta especificação;
- c) Devolver o material, com os custos por conta do Fornecedor;
- d) Rescindir o contrato.

NOTA:

11. Essa seção não se aplica no caso de Certificação de Suprimento Assegurado de Material ou no caso de autorização expressa da ENERGISA.

Os requisitos de inspeção geral contidos nesta Especificação não invalidam ou anulam as exigências e as condições de inspeção definidas nas cláusulas contratuais específicas à aquisição do material. Quando houver divergências prevalecem os requisitos estabelecidos em contrato.

10.2 Roteiro De Inspeção

As atividades de inspeção devem ser regidas pelo Roteiro de Inspeção apresentado no Anexo C.

10.3 Controle No Recebimento

10.3.1 Geral

O controle no recebimento compreende uma inspeção geral e a execução dos ensaios de rotina e, quando exigido no Edital de Licitação e confirmado na Ordem de Compra, dos ensaios de tipo e especiais.

10.3.2 Ensaios De Rotina

Antes de serem efetuados os demais ensaios, o inspetor da ENERGISA fará uma inspeção geral, avaliando se o transformador contém todos os componentes e os acessórios requeridos, conforme os desenhos aprovados, e verificando:

- a) A marcação dos terminais;
- b) As dimensões e o acabamento;
- c) As características dos componentes e dos acessórios;
- d) A existência de duas vias do manual de instruções conforme citado em 9.2.5.

Devem ser efetuados os seguintes ensaios de rotina:

NOTA:

12. Os números entre parêntesis, após o nome do ensaio, referem-se às seções correspondentes da ABNT-NBR 5356-1.

- a) Medição da resistência dos enrolamentos (11.2);
- b) Medição da relação de transformação e polaridade e verificação do deslocamento angular e sequência de fases (11.3);
- c) Medição da impedância de curto-circuito e das perdas em carga (ver 11.4);
- d) Medição das perdas em vazio e corrente de excitação (11.5);
- e) Ensaios dielétricos de rotina;

- 
- f) Ensaios de comutador de derivações em carga, quando aplicável (11.8);
 - g) Medição da resistência de isolamento (11.9);
 - h) Estanqueidade e resistência à pressão em todos os transformadores, conforme tabela 4 da norma ABNT-NBR 5356-1 (11.10);
 - i) Verificação do funcionamento dos acessórios (11.10.2);
 - j) Ensaios no óleo mineral isolante dos transformadores de tensões nominais cobertas por esta especificação devem ser realizados segundo Especificação Técnica Unificada da ENERGISA;
 - k) Verificação da espessura e aderência da pintura para todas as unidades adquiridas (11.12);

Além desses ensaios, devem ser efetuados os seguintes:

- a) Medição do fator de perdas dielétricas e capacitâncias das buchas condensivas e do transformador antes e após os ensaios dielétricos;
- b) Fator de potência do isolamento;
- c) Tensão suportável nominal à frequência industrial (60 Hz) (Tensão Aplicada) nos componentes e circuitos;
- d) Ensaios de continuidade nos circuitos elétricos de comando, controle, proteção e medição;
- e) URSI - Umidade Relativa da Superfície Isolante;
- f) Impedância de sequência zero;
- g) Medição de descargas parciais nos transformadores, quando da realização do ensaio de tensão induzida de curta duração;
- h) Ensaios de relação de transformação, resistência ôhmica, polaridade, resistência de isolamento e/ou tensão aplicada, saturação para os TCs de bucha;
- i) Tensão suportável nominal de impulso atmosférico para todas as unidades adquiridas (ver Nota 13);
- j) Ensaios físico-químicos em amostras do óleo isolante, conforme indicado a seguir e de acordo com a Especificação Técnica Unificada da ENERGISA, cujos valores limites também devem ser atendidos para cada situação:
 - Antes do contato com o equipamento;

- Após decorrido um período mínimo de 24 h do enchimento e antes dos ensaios dielétricos;
 - Após todos os ensaios dielétricos;
- k) Ensaios de análise cromatográfica em amostras do óleo isolante, conforme a seguir indicado:
- Após contato com o equipamento e antes dos ensaios;
 - Após o ensaio de elevação de temperatura (se aplicável);
 - Após os ensaios dielétricos.
- l) Ensaio de verificação da compatibilidade do óleo isolante com os materiais em contato com o mesmo, conforme ABNT-NBR 14274;
- m) Ensaio de verificação das características das juntas e anéis de vedação, conforme 6.3;
- n) Ensaio do grau de polimerização de uma das amostras de papel especificadas neste documento e conforme ASTM D4243;
- o) Verificação da identificação e do acondicionamento para embarque;

NOTA:

13.O ensaio da alínea i) é especificado como rotina para todas as unidades, independentemente da forma estabelecida na ABNT-NBR 5356-3.

Além das prescrições da ABNT-NBR 5356-1, devem ser atendidas as seguintes exigências:

- a) A resistência elétrica dos enrolamentos e a relação de tensão devem ser medidas em todas as posições do CDST e do CDC;
- b) Para transformadores apenas com CDST ou apenas com CDC, as medições de perdas em curto-circuito e de tensão de curto-circuito devem ser efetuadas nas posições nominal e extremas;
- c) Para transformadores com CDST e com CDC as medições de perdas em curto-circuito e tensão de curto-circuito devem ser efetuadas nas posições nominal e extremas, em todas as combinações possíveis;
- d) As medições da corrente de excitação e das perdas em vazio devem ser efetuadas nas derivações nominal e de maior tensão com degraus de 5%, com

valores de 90% a 110% da tensão nominal. Nas outras derivações, os valores devem ser informados;

e) Medição da resposta em frequência e impedância terminal (11.21).

10.3.3 Ensaios De Tipo

Deve ser efetuado o ensaio de elevação de temperatura, conforme ABNT-NBR 5356-2, incluindo análises cromatográficas, nas seguintes condições:

- Após o contato com o equipamento e antes do ensaio;
- Após o ensaio.

A elevação de temperatura deve ser medida também pelos sensores de medição por fibra ótica, caso aplicável.

Critério para avaliação do ensaio de elevação de temperatura por análise cromatográfica: conforme documento CIGRÉ SC-12 WG-06.2.

Para efeito de aceitação, o ensaio de elevação de temperatura deve ser efetuado pelo método de elevação de temperatura média do óleo. Deverá ser instalado pelo menos 4 sensores de temperatura para o ensaio (2 superiores e 2 inferiores) nos radiadores para determinação do óleo médio.

Além das prescrições da ABNT-NBR 5356-2, o ensaio de elevação de temperatura deve ser executado com as correntes nominais, nas derivações de perdas máximas correspondentes aos diferentes regimes de resfriamento do transformador. Para efeito de determinação da elevação de temperatura média do óleo sobre a temperatura ambiente, as perdas em vazio devem ser medidas com 105% da tensão nominal.

Além do ensaio de elevação de temperatura, devem ser feitas:

- a) A verificação da classe de exatidão do equipamento de controle do CDC, de acordo com a ANSI C57.15;
- b) A comprovação do grau de proteção das caixas, conforme ABNT-NBR IEC 60529.

10.3.4 Ensaios Especiais

Se exigido no Edital de Licitação e confirmado na Ordem de Compra, devem ser efetuados os seguintes ensaios, de acordo com a ABNT-NBR 5356-1:

NOTA:

14. Os números entre parêntesis, após o nome do ensaio, referem-se às seções correspondentes da ABNT-NBR 5356-1.

- a) Ensaios dielétricos especiais (ver ABNT-NBR 5356-3 e Anexo C desta Especificação);
- b) Medição das características da tensão transitória transferida (11.17);
- c) Medição da(s) impedância(s) de sequência zero em transformadores trifásicos (11.7);
- d) Ensaio de suportabilidade a curto-circuito (ABNT-NBR 5356-5);
- e) Determinação do nível de ruído audível (11.18 e ABNT-NBR 7277);
- f) Medição de harmônicas da corrente de excitação (11.6);
- g) Medição da potência absorvida pelos motores das bombas de óleo e dos ventiladores (11.19);
- h) Análise cromatográfica dos gases dissolvidos no óleo isolante (11.13) conforme ASTM D3612 (Método A) ou ABNT-NBR 7070;
- i) Vácuo interno (11.14);
- j) Nível de tensão de radiointerferência (11.15);
- k) Medição do ponto de orvalho (11.23);
- l) Levantamento da curva de saturação e medição da reatância em núcleo em ar do enrolamento (11.24);
- m) Polaridade, relação de transformação e resistência ôhmica no secundário dos TC medidas na régua de borne (conectores de passagem);
- n) Verificação do paralelismo, conforme a metodologia apresentada pelo fornecedor e aprovada pela ENERGISA.

10.3.5 Relatórios Dos Ensaios

Os relatórios dos ensaios devem ser encadernados de forma individual para cada transformador constante de uma encomenda. O número do relatório de ensaio deve corresponder ao respectivo número de série do equipamento.

O fornecedor deve apresentar relatórios de todos os ensaios que exigem certificados, para análise e aprovação do inspetor da ENERGISA. O inspetor assinará os relatórios dos ensaios por ele presenciados.

Os relatórios a serem fornecidos, em duas vias, encadernados pelo fornecedor, devem conter as seguintes informações, relativas a apenas um transformador:

- a) Identificação e quantidade de transformadores da remessa;
- b) Número da Ordem de Compra (OCM);
- c) Número da ordem de fabricação;
- d) Número e identificação da unidade ensaiada;
- e) Descrição dos ensaios efetuados, com indicação das normas adotadas, dos instrumentos, dos circuitos de medição utilizados e das condições ambientes do local de ensaio;
- f) Registro de todos os resultados e observações feitas, incluindo memórias de cálculo, oscilogramas legíveis, gráficos, etc.;
- g) Método de calibração do indicador de temperatura dos enrolamentos, associado aos resultados do ensaio de elevação de temperatura realizados no transformador ensaiado, em protótipo ou em transformador idêntico ao ensaiado. Esse método deve incluir o valor de elevação de temperatura dos enrolamentos sobre óleo médio que corresponde à potência nominal do transformador.

O equipamento será liberado para transporte pelo inspetor da ENERGISA somente após o recebimento dos Manuais de Instruções, de duas vias do relatório de ensaios, da lista de embarque, do registro fotográfico dos acessórios embalados e identificados.



O fabricante deverá disponibilizar os arquivos do ensaio de SFRA para arquivo e análise futura.

O Fornecedor deve incluir cópia nos relatórios de ensaios de todos os resultados dos ensaios efetuados no óleo mineral isolante e no papel isolante.

11 Tabelas E Figuras

Tabela 1 - Níveis de isolamento dos transformadores

Tabela 2 - Registros de óleo isolante

Tabela 3 - Numeração dos terminais dos circuitos de proteção e controle

Tabela 4 - Formulário de Preenchimento do Design Review

Figura 1 - Aterramento do núcleo - Desenho ilustrativo

Figura 2 - Disposição recomendada para buchas e acessórios de transformadores monofásicos

Figura 3 - Disposição recomendada para buchas e acessórios de transformadores trifásicos

Figura 4 - Válvula esfera para amostragem de óleo

Figura 5 - Bloco de aterramento (Orientativo)

Figura 6 - Cavidade para inserção da sonda sensora de temperatura

Tabela 1 - Níveis de isolamento dos transformadores

DADOS TÉCNICOS	VALORES DE REFERÊNCIA						
Tensão Máxima Eficaz	15	24,2	36,2	52	72,5	92,4	145
Tensão Nominal Eficaz	11,4						
	13,8	22	34,5	40	69	88	138
Número de Fases 3	3						
Frequência Nominal 60	60						
Neutro	Aterrado sem eficácia garantida						
Tensão Suportável à Frequência Industrial 60Hz para enrolamento em delta (estrela) - 1 min - KV nota 15	34	34	34	34	47	62	92
Tensão Induzida - KV	34	50	70	95	140	185	275
Tensão Suportável Nominal de Impulso Atmosférico Pleno - KV crista	110	150	200	250	350	450	650
Tensão Suportável Nominal de Impulso Atmosférico Cortado - KV crista	121	165	220	275	385	495	715

NOTAS:

15.0 nível da tensão suportável à frequência industrial de enrolamentos ligados em estrela será determinado pelo nível de tensão obtido no neutro (1/3 da tensão de induzida) no ensaio de tensão induzida de curta duração. Os valores estão indicados entre parênteses.



16. O ensaio de induzida de curta duração deverá ser realizado com medição de descargas parciais e com circuito monofásico conforme descrito na norma NBR5356-3 seção 12.3 a).

Tabela 2 - Registros de óleo isolante

Registro (Posição)	Diâmetro nominal	Vedador	Localização	Finalidade
1	50 mm (2")	Macho	Sobre a tampa do tanque ou no máximo 25 mm abaixo da mesma	Ligação de unidade de tratamento de óleo
2	50 mm (2")	Macho	No máximo 25 mm acima do fundo do tanque	
3	50 mm (2")	Macho	Nível do fundo do tanque	Ligação da mangueira de drenagem
4	15 mm (5/8")	Fêmea	Máximo 15 cm acima do fundo do tanque	Amostragem do óleo
5	15 mm (5/8")	Fêmea	A meia altura do tanque	
6	25 mm (1")	Macho	De acordo com a posição da chave comutadora	Drenagem do tanque da chave comutadora de transformadores reguladores
7	25 mm (1")	Macho	No fundo do conservador do tanque principal	Drenagem dos conservadores
8	25 mm (1")	Macho	No fundo do conservador do CDC	
9	38 mm (1½")			Sensor de gases

Tabela 3 - Numeração dos terminais dos circuitos de proteção e controle

Número do terminal do conector de passagem	Acessório	Função	Símbolo
1	Indicador de temperatura do óleo	Contato que se fecha quando a temperatura do líquido isolante ultrapassar um valor prefixado (T1 - alarme)	ITO
2		Contato que se fecha quando a temperatura do líquido isolante ultrapassar um valor prefixado (T2 - desligamento)	
3	Relé detector de gás tipo Buchholz	Circuito da bóia superior (alarme)	RB
4		Circuito da bóia inferior ou aleta (desligamento)	
5	Indicador do nível do óleo	Contato que se fecha quando o nível permissível é atingido (alarme)	INO
6			
7	Indicador de temperatura do enrolamento de tensão superior (1)	Contato que se fecha quando a temperatura do enrolamento ultrapassar uma temperatura prefixada (T1- alarme)	ITE (AT)
8		Contato que se fecha quando a temperatura do enrolamento ultrapassar uma temperatura prefixada	
9			(Nota 46)
10			
13			
14			
15			
16			

		(T2 - desligamento)	
21	Indicador de temperatura do enrolamento de tensão inferior (2)	Contato que se fecha quando a temperatura do enrolamento ultrapassar uma temperatura prefixada (T1 - alarme)	ITE (BT)
22			
23		Contato que se fecha quando a temperatura do enrolamento ultrapassar uma temperatura prefixada (T2 - desligamento)	(Nota 46)
24			
29	Indicador de temperatura do enrolamento terciário	Contato que se fecha quando a temperatura do enrolamento ultrapassar uma temperatura prefixada (T1 - alarme)	ITE (TE)
30			
31		Contato que se fecha quando a temperatura do enrolamento ultrapassar uma temperatura prefixada (T2 - desligamento)	
32			
39	Comutador de derivações em carga	Contato que se fecha quando o comutador atinge a posição correspondente à maior tensão (alarme)	CDC
40			
41		Contato que se fecha quando o comutador atinge a posição correspondente à menor tensão (alarme)	
42			
45	Dispositivo de alívio de pressão	Contato que se fecha quando a pressão interna se eleva e faz atuar o dispositivo de alívio de pressão (desligamento)	DAP
46			

49 50	Comutador de derivações sem tensão	Contato que se fecha quando o comutador é acionado estando o transformador energizado (desligamento)	CDST
53 54	Relé de surto de pressão do CDC	Contato que se fecha quando a pressão interna no CDC se eleva subitamente (desligamento)	RSP

NOTA:

17.No caso de Autotransformadores, AT significa o enrolamento série e BT significa o enrolamento comum.

Tabela 4 - Formulário de Preenchimento do Design Review

Placa de Identificação:

Núcleo:

Características do núcleo:

Tipo	
Forma de empilhamento	
Tipo de aço silício/espessura/fabricante	
Canais de resfriamento: quantidade / dimensão	
Diâmetro do núcleo: perna principal/jugo	
Altura da janela (LH)	
Largura da janela	
Altura do núcleo	
Altura do jugo	
Massa do núcleo	
Técnica utilizada para manter as lâminas juntas	
Materiais utilizados para isolação entre lâminas	
Método de compressão para manter juntas as partes do núcleo (jugo)	
Método de compressão para manter juntas as partes do núcleo (perna)	
Quantidade de canais de refrigeração do núcleo	
Densidade de fluxo à tensão nominal	
Densidade de fluxo à máxima tensão	

Limites de sobreexcitação	
Corrente de excitação	
Temperatura no núcleo - Hot spot (calculado/permitido)	
Fluxo de dispersão contra o núcleo	
Fluxo residual máximo, em % da excitação nominal	
Joelho da curva de saturação	
Reatância núcleo de ar	

Enrolamentos:

Bobina A

Tipo	
Número de espiras	
Número de disco x espira	
Número de cabos paralelos na radial	
Tipo e dimensão do cabo isolado A x R	
Dimensões do fio A x R	
Tipo de isolamento e espessura	
Número de guias de óleo	
Número de calço x largura x espessura	
Dureza do condutor (N/mm ²)	
Seção total dos condutores/ perna (mm ²)	
Corrente na Bobina (A)	

Densidade de corrente (A/mm ²)	
Diâmetro interno da bobina (mm)	
Diâmetro externo da bobina (mm)	
Dimensão radial da bobina (mm)	
Altura da bobina (mm)	
Massa de cobre / perna (kg)	

* A tabela deve ser repetida em função do número de bobinas

* Acrescentar tabelas ou excluir em função do número de bobinas.

Dimensionamento dielétrico dos enrolamentos

Disco	Solicitação calculada		Solicitação máxima permitida	
Onda plena / onda cortada	Full wave / chopped wave			
/	KV/mm / KV/mm		36.5 KV/mm	
Bobina	A	B	C	D
stress de canto (Permitido)	KV/mm	KV/mm	KV/mm	KV/mm
	KV/mm	KV/mm	KV/mm	KV/mm
Paper stress (Permitted)	KV/mm	KV/mm	KV/mm	KV/mm
	KV/mm	KV/mm	KV/mm	KV/mm
Paper stress at service. At 1,1 Un (Permitted)	KV/mm	KV/mm	KV/mm	KV/mm
	KV/mm	KV/mm	KV/mm	KV/mm

Descrição do sistema de resfriamento

	ONAN	ONAF1	ONAF2
Potência (MVA)			
Perdas totais p/ dimens. do Sist. de Refrigeração			

Radiadores			
Ventiladores			

Características dos Radiadores

Altura	
Quantidade de elementos	
Fabricante	
Pintura	

Características dos Ventiladores

Diâmetro	
Vazão	
Fabricante	
rpm	

Elevação de temperatura garantida.

Topo do óleo	°C
Média do enrolamento	°C
Hot Spot do enrolamento	°C

Elevação de temperatura calculada °C.

	Óleo máximo	Óleo mínimo	Média do enrolamento		Hot Spot	
			AT	BT	AT	BT
ONAN						
ONAF 2						

Características da Rede e Enrolamentos

	AT	BT	Terciário
Potência de Curto-circuito (GVA)			
Condição de falta da rede	100% de Un		
Fator de assimetria	1,9x/2		

Enrolamentos

Enrolamentos	A	B	C	D
Dureza do condutor (N/mm ²)				
Corrente máxima de curto-circuito / perna (KA)				

Esforços de curto circuito radial

		A	B	C	D
Compressão (N/mm ²)	Calculado				
	Permitido				
Tração (N/mm ²)	Calculado				
	Permitido				
Caso de curto-circuito					
Posição do comutador					

Esforços de curto circuito axial

		A	B	C	D
Força axial nos calços radiais (N/mm ²)	Calculado				
	Permitido				
Tombamento (KN)	Calculado				
	Permitido				
Caso de curto-circuito					
Posição do comutador					

Impedância de CC do transformador

Entre Enrolamentos (KV)	Potência (MVA base)	Impedância (%)	
		Calculado	Garantido

Perdas e Impedâncias

	Especificado	Garantido	Base
Perdas totais			
Impedância			
Ruído			

Acessórios:

- Buchas

O fabricante deverá fornecer as seguintes informações para o DR:

1. Fabricante
2. Resultados de testes feitos pelo fabricante
3. Tipo e aspecto geral de construção da bucha.
4. Detalhes das conexões da parte inferior das buchas, incluindo o número de conexões, ponto de conexão e dimensões.

	Corrente (A)	BIL (KV)	Dist. De Escoamento (mm)	Tipo	Modelo
AT					
BT					
Neutro AT					
Terciário					
Neutro Terciário					

- Comutador

Fabricante	
Tipo	
Modelo	
Tensão e faixa de regulação	
Número de posições	
Corrente nominal	

Impulso Atmosférico	
Aplicada	

- Transformadores de Correntes

	Quantidade /bucha	Corrente (A)	Classe	Aplicação
H1,H2,H3				
Neutro AT				Proteção
X1				OLTC
H2				Imagem Térmica

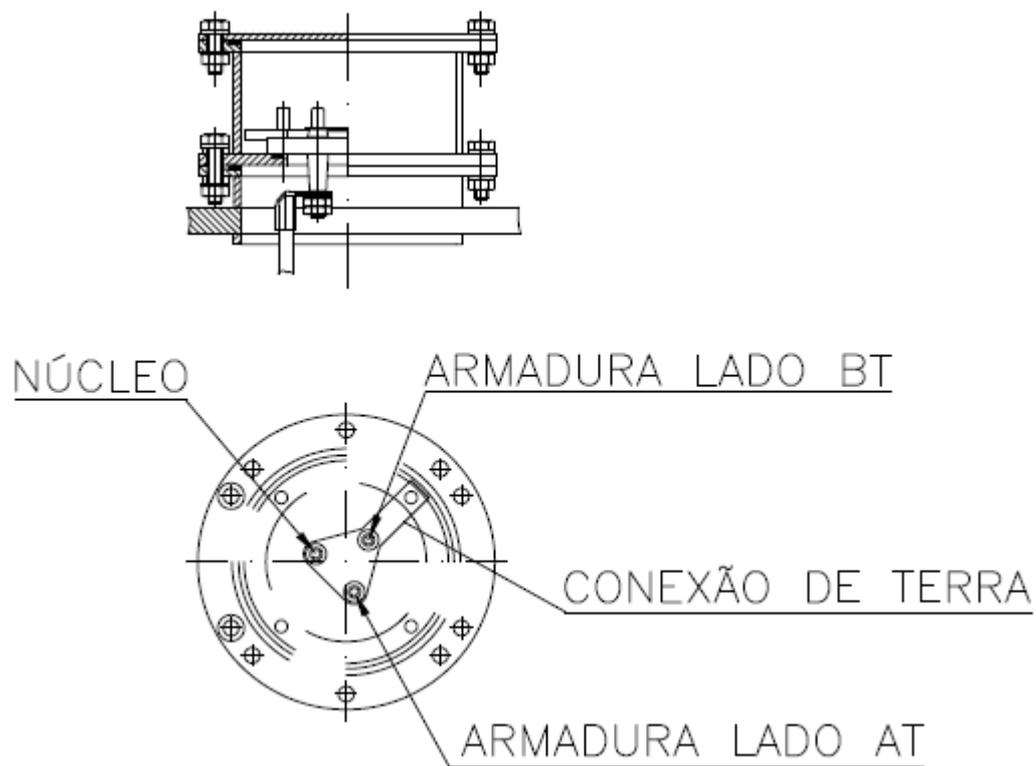
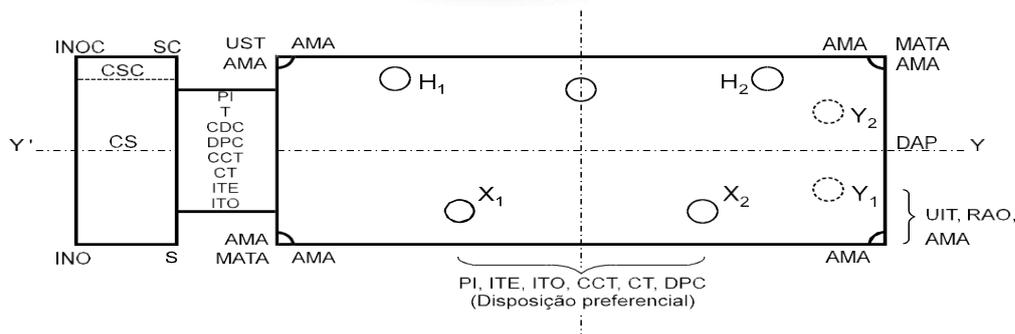


Figura 1 - Aterramento do núcleo - Desenho ilustrativo



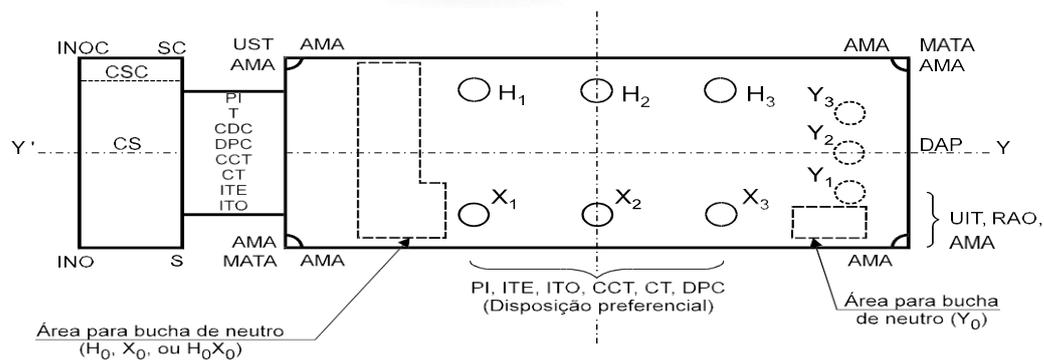
Legenda:

- AMA : apoio para macacos
- CDC : comutador de derivações em carga
- CT : caixa de concentração dos terminais do circuito de baixa tensão
- CCT : caixa do equipamento de controle do CDC e do sistema de resfriamento forçado
- CS : conservador de óleo
- CSC : conservador de óleo para o CDC
- DAP : dispositivo de alívio de pressão
- DPC : dispositivo de proteção de variação de pressão do CDC
- INO : indicador magnético do nível de óleo
- INOC : indicador magnético do nível de óleo do CDC
- ITE : indicador de temperatura do enrolamento
- ITO : indicador de temperatura do óleo
- MATA : meios de aterramento do tanque
- PI : placa de identificação
- RAO : registro para amostragem do óleo isolante
- RDO : registro para drenagem do óleo isolante
- RB : relé detector de gás, tipo Buchholz
- S : purificador e desidratador de ar, de sílica gel
- SC : purificador e desidratador de ar do CDC, de sílica gel
- T : punho ou volante de manobra do CDST
- UIT : unidade inferior de tratamento de óleo
- UST : unidade superior de tratamento de óleo

NOTA:

18. São admissíveis pequenas variações na disposição das buchas, desde que suas posições relativas sejam mantidas.

Figura 2 - Disposição recomendada para buchas e acessórios de transformadores monofásicos



Legenda:

- AMA : apoio para macacos
- CDC : comutador de derivações em carga
- CT : caixa de concentração dos terminais do circuito de baixa tensão
- CCT : caixa do equipamento de controle do CDC e do sistema de resfriamento forçado
- CS : conservador de óleo
- CSC : conservador de óleo para o CDC
- DAP : dispositivo de alívio de pressão
- DPC : dispositivo de proteção de variação de pressão do CDC
- INO : indicador magnético do nível de óleo
- INOC : indicador magnético do nível de óleo do CDC
- ITE : indicador de temperatura do enrolamento
- ITO : indicador de temperatura do óleo
- MATA : meios de aterramento do tanque
- PI : placa de identificação
- RAO : registro para amostragem do óleo isolante
- RDO : registro para drenagem do óleo isolante
- RB : relé detector de gás, tipo Buchholz
- S : purificador e desidratador de ar, de sílica gel
- SC : purificador e desidratador de ar do CDC, de sílica gel
- T : punho ou volante de manobra do CDST
- UIT : unidade inferior de tratamento de óleo
- UST : unidade superior de tratamento de óleo

NOTA:

19. São admissíveis pequenas variações na disposição das buchas, desde que suas posições relativas sejam mantidas.

Figura 3 - Disposição recomendada para buchas e acessórios de transformadores trifásicos

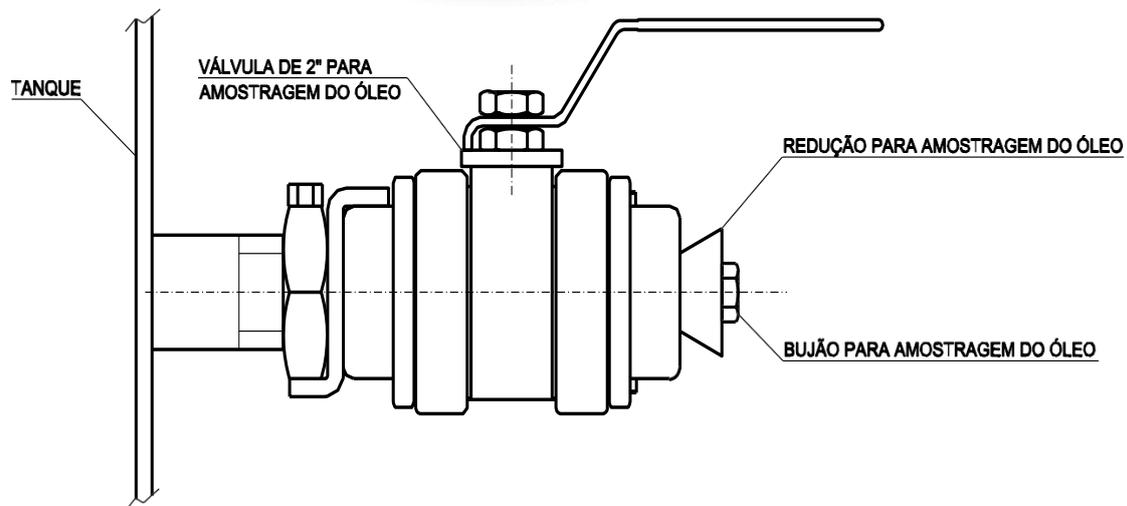
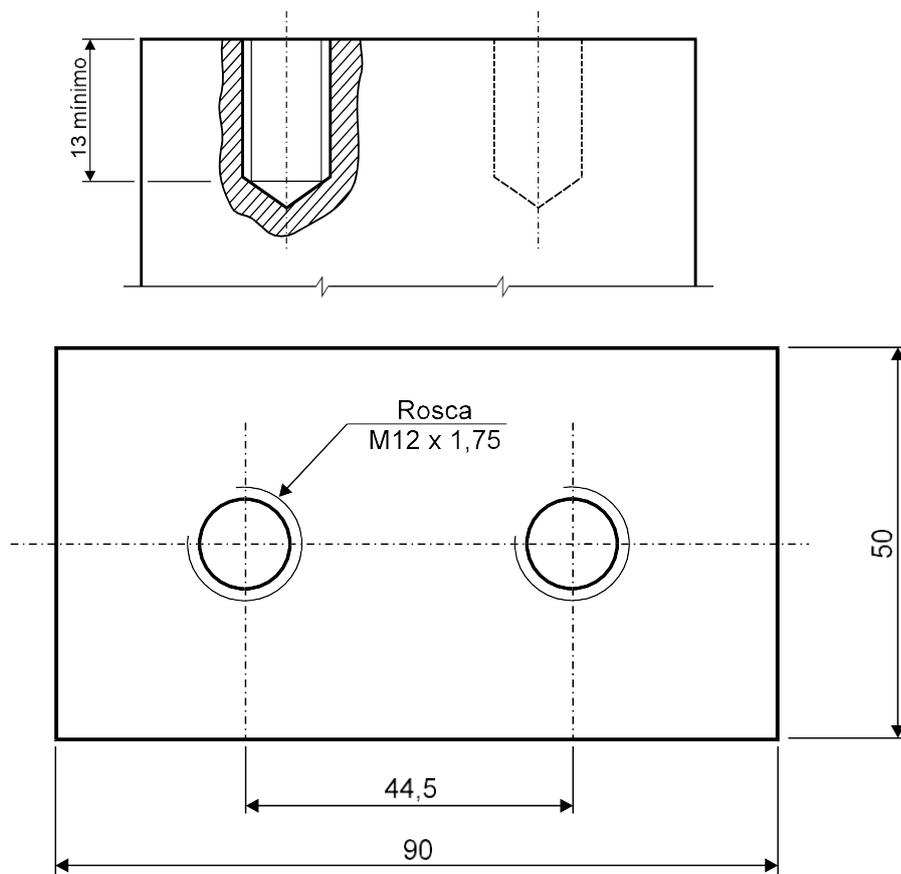


Figura 4 - Válvula esfera para amostragem de óleo

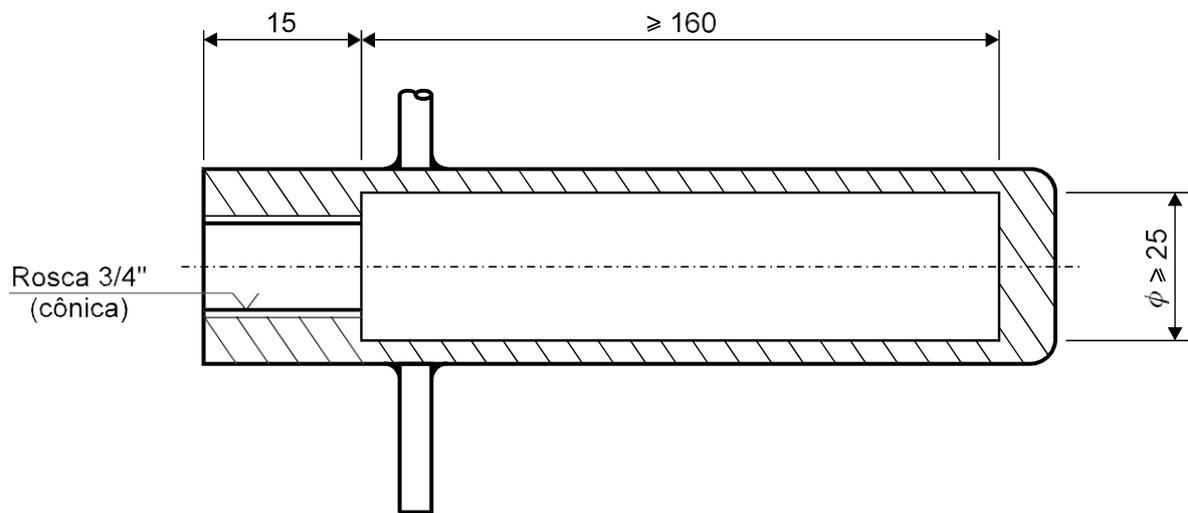


NOTA:

20. Dimensões em milímetros

Material: Aço cobreado, liga de cobre (condutividade mínima de 27% IACS) ou aço inoxidável com espessura mínima da camada de cobre na superfície de contato de 0,4 mm.

**Figura 5 - Bloco de aterramento
(Orientativo)**



NOTA:

21. Dimensões em milímetros

Figura 6 - Cavidade para inserção da sonda sensora de temperatura



12 Anexos

Anexo A - Dados técnicos - Transformadores para sistemas de transmissão

Anexo B - Lista de peças sobressalentes

Anexo C - Roteiro de inspeção de transformadores de potência

Anexo A - Dados técnicos - Transformadores para sistemas de transmissão

A.1 Valores garantidos

FOLHA DE DADOS - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO

CLIENTE:		OCM:	
ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA:		REVISÃO:	
NORMAS:		DATA:	

1. CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO

TIPO	LIMITES DE TEMPERATURA				
NÚMERO DE FASES		AMBIENTE MÁXIMO	40 °C	50 °C	
FREQUÊNCIA	Hz	ELEVAÇÃO TOPO DO ÓLEO	°C	°C	
LÍQUIDO ISOLANTE		ELEVAÇÃO ENROLAMENTO MÉDIO	°C	°C	
		ELEVAÇÃO PONTO MAIS QUENTE	°C	°C	
DIAGRAMA FASORIAL					
ALTITUDE DE INSTALAÇÃO	metros				
TERMINAL	POTÊNCIA NOMINAL (MVA)	TENSÃO NOMINAL	TENSÃO MÁXIMA DO EQUIPAMENTO	LIGAÇÃO	TIPO DE COMUTAÇÃO/PAINEL
	SISTEMA DE RESFRIAMENTO	KV	KV		

2. CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO

REFERÊNCIAS										
POTÊNCIA DE REFERÊNCIA	MVA									
TENSÕES DE REFERÊNCIA	KV									
IMPEDÂNCIA DE SEQUÊNCIA POSITIVA A	°C	%								
PERDAS EM VAZIO A	%Vn	KW								
PERDAS EM CARGA A	°C	KW								
PERDAS TOTAIS A	°C	KW								
CORRENTE DE EXCITAÇÃO A	%Vn	%								
NÍVEL DE RUÍDO	%Vn	dB								

3. DIMENSÕES E PESOS APROXIMADOS

4. RENDIMENTO E REGULAÇÃO

DIMENSÕES APROXIMADAS	mm	MASSAS APROXIMADAS	Kg	BASE	KVA	RELAÇÃO	KV
-----------------------	----	--------------------	----	------	-----	---------	----



	MONTADO	TRANSPORTE	PARTE ATIVA		FP	% KVA	REND.	REG.	FP	% KVA	REND.	REG.
ALTURA			TANQUE E ACESSÓRIOS		1	100			0,8	100		
COMPRIMENTO			ÓLEO MINERAL			75				75		
LARGURA			MASSA TOTAL PARA TRANSPORTE			50				50		
						25				25		

5. NÍVEIS DE ISOLAMENTO

ENSAIOS			TERMINAIS																	
IMPULSO ATMOSFÉRICO	ONDA PLENA	KV																		
	ONDA CORTADA	KV																		
IMPULSO DE MANOBRA		KV																		
TENSÃO APLICADA		KV																		
TENSÃO INDUZIDA DE CURTA DURAÇÃO		KV																		
TENSÃO INDUZIDA DE LONGA DURAÇÃO		KV																		

NOTAS:

Buchas

Terminais	Modelo/fabricante	Tensão (kV)	Impulso atmosférico (kV)	Imp manobra (kV)	Escoamento mm/kV	Corrente (A)	Espaço para TC (mm)

Transformadores de corrente

Terminais	Múltipla Relação (A)	Tipo	Classe	Carga	FT

Outros Acessórios



Tipo	Modelo	Fabricante
OLTC		
Secador de ar		
Válvula de alívio do transformador		
Válvula de alívio do OLTC		
Indicador de nível de óleo do OLTC		
Indicador de Nível de óleo do transformador		
Monitor de temperatura		
Relé regulador de tensão		
Relé de gás		
Bolsa de borracha do conservador		
Sensor de ruptura de membrana		
Radiador		
Ventilador		
Sensor de gás para monitoramento		
Outros		

NOTA:

22. Apresentar desenho de dimensões orientativo, com disposição das buchas, comutador e sistema de resfriamento.

Anexo B - Lista de peças sobressalentes

Em sua proposta, o FORNECEDOR deverá apresentar itens definidos para as peças sobressalentes consideradas necessárias ou convenientes, com as respectivas listas de preços. A quantidade proposta deverá ser relacionada a um período de operação de 5 (cinco) anos, ficando a cargo de a ENERGISA definir a relação final e quantidade de peças a serem adquiridas ou não.

As peças sobressalentes deverão ser idênticas, em todos os aspectos, às correspondentes do equipamento original. Serão submetidas à inspeção e ensaios e deverão ser incluídas na mesma remessa que o equipamento original, acondicionadas em volumes separados e marcados claramente “PECAS SOBRESSALENTES”.

Deverá ser fornecida a numeração codificada das peças sobressalentes para as facilidades de aquisição das mesmas, quando necessário.

O FORNECEDOR deverá informar em sua proposta o período de manutenção de fornecimento dos sobressalentes (da OCM associada), bem como o prazo máximo para entrega do mesmo.

Peças mínimas para sobressalentes:

- 02 Buchas de BT;
- 01 Bucha de AT;
- 01 Conjunto de Gaxetas;
- 01 Relé Buchholz;
- 01 Indicador Magnético Nível de Óleo;
- 02 Terminais/Conectores Pino-Barra 04 Furos padrão NEMA;
- Rele multifunção;
- 01 Ventilador;
- 01 Secador de ar regenerativo;
- 01 Dispositivo de alívio de pressão (DAP).

Anexo C - Roteiro de inspeção de transformadores de potência

1. Objetivo

Este roteiro estabelece os ensaios e as verificações, com as normas aplicáveis e os valores limites, a serem realizados na matéria-prima e no produto acabado dos transformadores de potência.

Exigências adicionais serão estabelecidas na Ordem de Compra.

Nos pontos não cobertos por este roteiro prevalecem as exigências das normas ABNT e/ou da IEC.

2. Códigos de controle

2.1. Condições de controle

- A - controle interno do fornecedor;
- B - controle sem inspetor da ENERGISA, com certificado;
- C - controle com inspetor da ENERGISA, sem certificado;
- D - controle com inspetor da ENERGISA, com certificado;
- E - controle de subfornecedor, com certificado.

2.2. Planos de amostragem

- T - em duas unidades do lote;
- U - análise em 100% do lote, recusando-se as amostras insatisfatórias;

NOTA:

23. Quando o plano de amostragem não estiver definido nas tabelas do item 3 (Roteiro de Inspeção), o fornecedor deve propô-lo para aprovação da ENERGISA.

3. Roteiro de Inspeção

Item	Evento ou material	Ensaio ou verificações	Controle	Normas aplicáveis	Valores limites	Observações
3.1	Matéria-prima					
3.1.1	Condutores	Dimensional	A-Z		ASTM B48	
		Alongamento	E	ASTM B48		
		Condutividade	E	ASTM B48/ ASTM B193	100% mínimo	
3.1.2	Papel isolante	Massa específica	E	ABNT NBR NM ISO 534	(0,7 a 0,8) g/cm ³	
		Cinzas	E	ABNT NBR IEC 60641	≤ 1,0%	
		pH do extrato aquoso	E	ASTM D202	7,0 a 9,5	
		Condutividade extrato aquoso	E	ABNT NBR IEC 60641	100 S/cm máximo	
		Tração longitudinal	E	ABNT NBR NM ISO 1924	≥ 4,5 kgf/15mm	
		Tração transversal	E		≥ 2,4 kgf/15mm	
		Alongamento longitudinal	E	ABNT NBR NM ISO 1924	≥ 2,0%	
		Alongamento transversal	E		≥ 4,0%	
		Alt. absorção de óleo 10' longitudinal	E		≥ 4,0 mm	
		Alt. absorção de óleo 10' transversal	E		≥ 2,0 mm	
		Teor de nitrogênio	E	Método de Kjeldhal	(0,8 a 3,5) %	
3.1.3	Papelão	Massa específica	E	ABNT NBR IEC 60641	(1,2 a 1,3) g/cm ³	
		Espessura	A-Z	ABNT NBR IEC 60641	Espes.=1 mm: ± 7% Espes. > 1 mm: ± 5%	
		Condutividade do extrato aquoso	E		100 S/cm máximo	
		Teor de umidade	E		8% máximo	
		Rigidez dielétrica	E	ABNT NBR IEC 60641	ABNT NBR IEC 60641	
		Teor de cinzas	E		2% máximo	
		Resistência à tração longitudinal e transversal	E		ABNT NBR IEC 60641	

		Alongamento longitudinal e transversal	E		6/8% mínimo	
3.1.4	Chapas de aço silício	Visual	A-U			
		Espessura	A-U	ASTM A876	(0,270 a 0,330) mm	Por amostragem de áreas de bobinas em 100% das bobinas
		Resistência de isolamento	E	ASTM A876 ASTM A717	≤ 0,3 A	
		Perdas eletromagnéticas a 1,7 T - 60 Hz	E-Z	ASTM A343 ASTM A876	≤ 1,68 W/kg	
		Permeabilidade de pico	E		≥ 1,780	
		Fator de empilhamento	E-Z	ASTM A876 ASTM A721	≥ 94,5%	
3.1.5	Chapas de aço carbono	Espessura	E	ASTM A6, ASTM A370	ASTM A6	
		Resistência à tração	E	ASTM A36 ASTM A370	ASTM A36	
		Limite de escoamento	E		ASTM A36	
		Alongamento	E		ASTM A36	
		Composição química	E	ASTM A36	ASTM A36	
3.1.6	Juntas e anéis de vedação	Visual	A-Z	Desenho do fornecedor		Referência 4BK608E34Z1Z2, conf. ASTM D2000
		Espessura	A-Z	Desenho do fornecedor		
		Tensão de Ruptura		ABNT-NBR 7462	55 kgf/cm ² , mínimo	
		Dureza	D-Z	ASTM D2000 e ASTM D2240	(65 ± 10) Shore A	
		Deformação a compressão	D-Z	ASTM D395 e ASTM D2000	25%, máximo	
		Resistência ao óleo isolante 70 h a 100 °C: a) variação de dureza b) variação de volume	D-Z D-Z	ASTM D2000 ABNT-NBR 11407	(-10 a +5) Shore A (0 a +5)%	

		Compatibilidade com óleo isolante (testes no óleo)	D-Z	ABNT-NBR 14274	Valores do óleo após ensaio conforme 7.2	
3.1.7	Óleo mineral isolante (antes de qualquer contato com o equipamento)	Amostragem de óleo	D-Z	Conforme Especificação Técnica		
		Conforme Especificação Técnica	D-Z			
3.2	Componentes					
3.2.1	Buchas condensivas	Inspeção geral	E	Padronização ENERGISA ou desenho aprovado e Especificação Técnica ENERGISA		
		Fator de perdas dielétricas (tg δ)	E	ABNT-NBR 5034	ABNT-NBR 5034	
		Capacitância	E		ABNT-NBR 5034	
		Tensão suportável à freq. industrial a seco	E		ABNT-NBR 5034	
		Tensão suportável à freq. industrial na derivação de ensaio	E		2 KV	
		Tensão suportável à freq. industrial na derivação de tensão	E		20 KV	
		Descargas parciais	E		10 pC a 1,5 Vn/v3	
		Vedação do enchimento líquido	E		ABNT-NBR 5034	
		Ensaio de tipo	E		ABNT-NBR 5034	
		Ensaio na porcelana: a) tipo b) rotina	E		ABNT-NBR 5286	ABNT-NBR 5286
3.2.2	Buchas não-condensivas	Inspeção geral	E	Desenho aprovado e Especificação Técnica ENERGISA		
		Ensaio na porcelana: a) tipo b) rotina	E	ABNT-NBR 5286	ABNT-NBR 5286	
3.2.3	Conectores terminais	Inspeção visual	C-U	Desenho aprovado ou Especificação Técnica ENERGISA		
		Verificação dimensional	C-U			

		Resistência ao torque	E	Especificação Técnica ENERGISA		
		Condutividade	E			
3.2.4	Conectores de aterramento	Inspeção visual	C-U	Desenho aprovado ou Especificação Técnica ENERGISA		
		Verificação dimensional	C-Y			
3.2.5	Ferragens zincadas	Visual	C-Z	Desenho do fornecedor		
		Dimensional	C-Z			
		Ensaio de uniformidade da camada	C-Z	ABNT-NBR 6323 e ABNT-NBR 7400	ABNT-NBR 6323	
3.2.6	Radiadores	Visual	B-U	Desenho do fornecedor		
		Dimensional	B-U			
		Estanqueidade	B-U		196 kPa sob água sem vazamento	
		Espessura total da pintura externa	B-U	ASTM E376	105 µm mínimo	
		Aderência da pintura externa	B-Y	ABNT-NBR 11003	GR 1	
		Compatibilidade do revestimento interno com o óleo isolante	B-Z	ABNT-NBR 14274	Valores do óleo após ensaio conforme 7.2	Usar relação definida em 7.2
3.2.7	Motores dos ventiladores e bombas de óleo	Visual	A	Desenho do fornecedor ou desenho aprovado		
		Dimensional	A			
		Funcional, balanceamento e ruído	A	Especificação do fornecedor		
		Tensão aplicada	A		1,5 KV-60Hz durante 60 s	
		Potência ativa consumida em regime normal	A		Orientativo	
3.2.8	Comutador de derivações sem tensão (CDST)	Visual	A	Desenho do fornecedor		
		Dimensional	A			
		Resistência de contato: a) antes da operação b) após 5 operações	A		Orientativo	
			A		Orientativo	
3.2.9		Visual	A	Desenho do fornecedor		

	Comutador de derivações em carga (CDC)	Dimensional	A			Repetir após montagem no transformador	
		Operação	A				
3.2.11	Transformador de corrente (antes da montagem)	Visual	C-V	Desenho do fornecedor			
		Dimensional	B-U				
		Resistência ôhmica do enrolamento	B-U	ABNT-NBR 6821			
		Exatidão	B-U				
		Levantamento da curva de saturação	B-U				
3.2.12	Monitor digital de temperatura do óleo	Visual	C-U	Desenho aprovado			
		Dimensional	A				
		Operação de contatos	A				
		Precisão	B-U				
		Tensão aplicada	A				
		Interrupção de corrente dos contatos	E	ABNT-NBR IEC 60529			
		Vedação	E				
3.2.13	Monitor digital de temperatura do enrolamento	Visual	C-U	Desenho aprovado			
		Dimensional	A	Desenho do fornecedor			
		Precisão	A				$\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$
		Operação de contatos	B-U				$\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$
		Tensão aplicada	A				1,5 KV-60 Hz/60 s
		Interrupção da corrente dos contatos	E	ABNT-NBR IEC 60529			0,5 A -125 Vcc Resistivo sem danos
		Vedação	E				Grau IP-64
		Levantamento da curva "corrente x elevação de temperatura"	B-W	ENERGISA	$\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$		
3.2.14	Indicador externo de nível de óleo	Visual	C-U	Desenho aprovado			
		Dimensional	A	Desenho do fornecedor			
		Operação de contatos	A				
		Tensão aplicada	A				1,5 KV-60 Hz/60 s

		Interrupção da corrente dos contatos	E		0,5 A -125 Vcc Resistivo sem danos	
		Vedação	E	ABNT-NBR IEC 60529	Grau IP-64	
3.2.15	Relé detetor de gás, tipo Buchholz	Visual	C-U	Desenho aprovado		
		Dimensional	A			
		Operação de contatos	A			
		Tensão aplicada	A			
		Interrupção da corrente dos contatos	E		0,5 A - 125 Vcc Resistivo, sem danos	
		Vedação	E	ABNT-NBR IEC 60529	Grau IP-64	
		Estanqueidade	E		2 kgf/cm ² por 30 min, sem vazamento	
3.2.16	Dispositivo de alívio de sobrepressão	Visual	C-U	Desenho aprovado		
		Estanqueidade	E	Desenho fornecedor	29 kPa por 24 h	Valores limites diferentes dos especificados devem ser previamente aprovados pela ENERGISA
		Operação	B-U		69 kPa por 24 h sem vazamento	
3.2.17	Secador de ar	Visual	C-V	Desenho aprovado		
		Dimensional	A			
3.2.18	Válvula tipo esfera	Visual	C-U	Desenho do fornecedor		
		Dimensional	A			
		Estanqueidade	E		196 kPa por 120 s, sem vazamentos	Valores limites diferentes dos especificados devem ser previamente aprovados pela ENERGISA
3.2.19	Placas de identificação	Visual	C-U	Desenho aprovado		Verificar o material, as inscrições, o acabamento, etc.
		Dimensional	A			
3.2.20	Diafragma ou bolsa do conservador	Visual	A	Desenho do fornecedor		
		Dimensional	A	Desenho fornecedor	10 kPa por 24 h, sem vazamento	
		Compatibilidade com óleo isolante	D-W	ABNT-NBR 14274	Valores do óleo após ensaio conforme 7.2	Ensaio realizado em corpo de prova fornecido pelo Subfornecedor. Usar a relação definida em 7.2

3.3		Fabricação				
3.3.1	Enrolamento	Visual	C-U	Desenho do fornecedor	Verificar o encapamento dos fios, os detalhes do isolamento, as transposições, as soldas, as derivações, etc	
		Dimensional	A-U		Verificação das dimensões da bobina antes e depois da compressão	
		Sentido do enrolamento	A-U			
		Número de espiras	A-U			
3.3.2		Núcleo				
3.3.2.1	Chapas cortadas	Visual	A-U	Desenho do fornecedor	Verificar a ausência de rebarbas, de ferrugens e de empenos.	
		Dimensional	A-U		Verificar 100% dos tipos de estampa.	
3.3.2.2	Jogo de ferragens	Visual	A-U	Desenho do fornecedor	Verificar o acabamento	
		Dimensional	A-U			
3.3.2.3	Núcleo montado	Visual	C-U	Desenho do fornecedor		
		Dimensional	A-U			
		Resistência de isolamento	A-U	Projeto do fornecedor		
3.3.3		Parte ativa				
3.3.3.1	Antes da secagem	Visual: a) montagem do enrolamento no núcleo b) montagem e fechamento das barras de aperto	B-U	Desenho do fornecedor		
			B-U			
		Isolação principal dos enrolamentos	B-U			
		Inspeção dos enrolamentos completos	B-U			
		Inspeção do aterramento do núcleo	B-U			
		Relação de tensões	B-U	ABNT-NBR 5356-1	± 0,5%	
3.3.3.2	Após a secagem	Verificação de aperto das conexões	C-U	Desenho do fornecedor		

		Resistência de isolamento (núcleo-ferragens)	D-U		Orientativo	
		Tensão aplicada (núcleo- barra de aperto)	D-U		1,5 KV-60 Hz, durante 60 s	
		Resistência de isolamento (bobina-núcleo)	D-U	ABNT-NBR 5356-1	Orientativo	
3.3.4	Tanque, tampa, conservador e comutador					
3.3.4.1	Soldas	Qualificação dos soldadores	A			
		Líquido penetrante	A			
3.3.4.2	Inspeção geral	Visual	A	Desenho do fornecedor		Verificar a existência de guias internas no tanque para parte ativa.
		Dimensional	A			
3.3.4.3	Preparação de superfície (jateamento)	Visual	A	ABNT-NBR 7348	Sa 2,5 conforme SIS 05 59 00	
3.3.4.4	Pintura de base	Superfície interna: - espessura (total) - aderência	D-U	ASTM E376 ABNT-NBR 11003	35 µm mínimo GR 1	A tinta deve ser compatível com o óleo isolante.
		Superfície externa: - espessura (total) - aderência	D-U	ASTM E376 ABNT-NBR 11003	35 µm mínimo GR 1	
3.3.4.5	Pintura de acabamento	Superfície interna: - espessura (total) - aderência - cor	B-U	ASTM E376 e ABNT-NBR 11003	1ª demão: 40 µm mín. 2ª demão: 40 µm mín. GR 1 Branca Munsell N9.5	A tinta deve ser compatível com o óleo isolante.
		Superfície externa: - espessura (total) - aderência - cor	B-U	ASTM E376 e ABNT-NBR 11003	70 µm mínimo GR 1 Cinza Munsell N6.5	
3.3.5	Caixa de controle					
3.3.5.1	Inspeção geral	Visual	C-U	Desenho do fornecedor		
		Dimensional	A			
3.3.5.2	Preparação da superfície (jateamento)	Visual	A	ABNT-NBR 7348	Sa 3, conforme SIS 05 59 00	
3.3.5.3	Pintura de base		B-U			

		Superfície interna: - espessura - aderência	B-U	ASTM E376 ABNT-NBR 11003	35 µm mínimo GR 1	A tinta deve ser epóxi poliamina bicomponente ou poliuretano alifático
		Superfície externa: - espessura - aderência	B-U	ASTM E376 ABNT-NBR 11003	35 µm mínimo GR 1	
			B-U			
3.3.5.4	Pintura de acabamento	Superfície interna: - espessura (total) - aderência - cor	B-U	ASTM E376 ABNT-NBR 11003	70 µm mínimo GR 1 Cinza Munsell N6.5	A tinta deve ser epóxi poliamida bicomponente ou poliuretano alifático
		Superfície externa: - espessura (total) - aderência - cor	B-U	ASTM E376 ABNT-NBR 11003	70 µm mínimo GR 1 Cinza Munsell N6.5	
3.3.5.5	Caixa montada	Vedação	B-W	ABNT-NBR IEC 60529	IP 53	
		Espessura da pintura de acabamento (int./externa)	B-U	ASTM E376	60 µm mínimo	
3.4	Ensaio finais					
3.4.1	Conforme Especificação Técnica	Ensaio conforme Especificação Técnica ENERGISA	D-U		Limites conforme Especificação Técnica ENERGISA	Todas as classes de tensão
3.4.2	Análise cromatográfica	Após contato com o equipamento e antes dos ensaios	D-U	ABNT-NBR 7274		
		Após término dos ensaios elétricos	D-U			
		Após ensaio de aquecimento (se aplicável)	D-U			
3.4.3	Caixa de controle	Visual	C-U	Desenhos aprovados do fornecedor		
		Tensão aplicada na fiação	C-U			1,5 KV-60 Hz/60 s
3.4.4	TC após montagem	Polaridade	D-U	ABNT-NBR 6856 ABNT-NBR 6821	ABNT-NBR 6856	
		Relação	D-U			
		Resistência ôhmica do secundário do TC na régua	D-U			
		Resistência de isolamento do	D-U			



		circuito do TC na régua				
		Tensão aplicada	D-U	ABNT-NBR 6856 ABNT-NBR 6821	ABNT-NBR 6856	
3.4.5	Ensaio de rotina	Inspeção geral	D-U	ABNT-NBR 5356-1	Conforme desenho	
		Resistência elétrica dos enrolamentos	D-U	ABNT-NBR 5356-1		
		Relação, polaridade, defasamento angular e verificação da sequência de fases	D-U	ABNT-NBR 5356-1	Tolerância do ensaio de relação: $\pm 0,5\%$	
		Perdas em carga e impedância	D-U	ABNT-NBR 5356-1		
		Perdas a vazio e corrente de excitação	D-U			
		Tensão induzida de curta duração com medição de DP	D-U		ABNT-NBR 5356-3	
		Tensão suportável a 60 Hz	D-U		ABNT-NBR 5356-3	Rotina para todas as tensões nominais.
		Resistência de isolamento	D-U	ABNT-NBR 5356-1	ABNT-NBR 5356-3	
		Ensaio no Comutador sob carga, quando aplicável	D-U			
		Ensaio de estanqueidade	D-U		ABNT-NBR 5356-1	Para transformadores com potência ≥ 750 KVA
		Verificação do funcionamento dos acessórios	D-U			
		Impulso atmosférico	D-U		ABNT-NBR 5356-3	Rotina para todas as tensões nominais.
		Ensaio no óleo isolante	D-U			
		Resposta em frequência e impedância terminal	D-U	ABNT 5356-1	Orientativo	Um ≥ 69 KV

		Espessura da pintura externa e aderência.	D-U		ABNT 5356 -1	
		Ursi ou ponto de orvalho	D-W	ABNT-NBR 5356-1	ABNT-NBR 5356-1	
		Grau de polimerização	D-U	ABNT 5356-1 ASTM D4243	900 (mínimo)	
		Fator de potência do isolamento e capacitância de enrolamentos e buchas condensivas.	D-U	ABNT 5356-1	ABNT 5356-1	Antes e após ensaios dielétricos
3.4.6	Ensaio de tipo ou especiais	Elevação de temperatura	D-W	ABNT-NBR 5356-2		
		Suportabilidade a curto- circuito	D-W	ABNT-NBR 5356-1	ABNT-NBR 5356-1	Ensaio especial
		Medição de harmônicos na corrente de excitação	D-W	ABNT-NBR 5356-1	Orientativo	
		Tensão induzida de longa duração com medição de DP	D-W	ABNT-NBR 5356-1	ABNT-NBR 5356-1	72,5 KV < Um ≤ 170 KV Ensaio especial
		Impedância de sequência zero	D-W	ABNT-NBR 5356-1	ABNT-NBR 5356-1	
		Vácuo interno	D-W	ABNT-NBR 5356-1	Deformação máxima Dr = H/400	
		Potência absorvida pelos ventiladores	D-W	ABNT-NBR 5356-1	Orientativo	
		Resposta em frequência e impedância terminal	D-U	ABNT-NBR 5356-1	Orientativo	Um < 230 KV
		Nível de ruído	D-W	ABNT-NBR 5356-1 ABNT-NBR 7277		Ensaio especial
		Radio interferência	D-W	ABNT-NBR 5356-1		Ensaio especial
3.5	Desmontagem	Identificação de componentes	C-U			
		Controle de tensão de expedição	C-U			
		Inspeção visual de componentes	C-U			



3.6	Expedição	Lista de Embarque	B-U			
		Embalagem	B-U			
		Carregamento (Amarração)	B-U			
		Peças reservas	B-U			
		Pressurização do equipamento	B-U			
		Proteção dos acessórios contra danos no transporte	B-U			
		Peças a serem instaladas na sala de controle	B-U			Apenas para transformadores reguladores
		Manuais de instrução	A			

