

NORMA TÉCNICA CELG GT

Transformador de Potência Especificação

NTC-36

CELG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A.

SETOR DE ENGENHARIA DA TRANSMISSÃO

NTC-36

Transformador de Potência

Especificação

SUPERVISÃO:

Engº Carlos Eduardo de Carvalho
DT-SET

APROV.: _____
Engº Francisco Augusto da Silva
DT

DATA: AGO/2014

Obs. Esta norma baseia-se no texto da NTC 36 da CELG D, em sua revisão 4.

ÍNDICE

| <u>SECÃO</u> | <u>TÍTULO</u> | <u>PÁGINA</u> |
|--------------|--|---------------|
| 1. | OBJETIVO | 1 |
| 2. | NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES | 2 |
| 3. | CONDIÇÕES GERAIS | 6 |
| 3.1 | Condições do Local de Instalação | 6 |
| 3.2 | Termos Técnicos | 6 |
| 3.3 | Documentos Técnicos para Aprovação | 6 |
| 3.4 | Intercambiabilidade | 9 |
| 3.5 | Características dos Serviços Auxiliares | 9 |
| 3.6 | Extensão do Fornecimento | 9 |
| 3.7 | Garantia | 10 |
| 4. | CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS | 11 |
| 4.1 | Critérios Básicos | 11 |
| 4.2 | Enrolamentos | 11 |
| 4.3 | Núcleo | 12 |
| 4.4 | Tanque | 12 |
| 4.5 | Acessórios | 14 |
| 4.6 | Válvulas | 15 |
| 4.7 | Sistema de Preservação do Óleo | 16 |
| 4.8 | Buchas, Pinos e Conectores | 18 |
| 4.9 | Disposição das Buchas, Radiadores, Tanque, Cabine de Controle e Acessórios | 21 |
| 4.10 | Sistema de Resfriamento | 21 |
| 4.11 | Dispositivos de Proteção e Supervisão | 22 |
| 4.12 | Comutador de Derivações | 27 |
| 4.13 | Placas de Identificação, Diagramática e de Cadastro do Equipamento | 33 |
| 4.14 | Caixas de Controle | 36 |
| 4.15 | Acabamento do Tanque, Radiadores e Demais Partes Metálicas | 38 |
| 4.16 | Componentes Padronizados | 41 |
| 4.17 | Óleo Isolante | 41 |
| 5. | CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS | 44 |
| 5.1 | Requisitos Gerais | 44 |
| 5.2 | Faixas de Variação dos Comutadores de Derivação | 44 |
| 5.3 | Transformadores de Corrente | 44 |
| 5.4 | Requisitos Específicos | 45 |
| 5.5 | Tolerâncias | 45 |
| 5.6 | Corrente de Excitação | 46 |
| 6. | INSPEÇÃO E ENSAIOS | 47 |
| 6.1 | Generalidades | 47 |
| 6.2 | Ensaio de Recebimento | 48 |
| 6.3 | Ensaio de Tipo e Especiais | 51 |
| 6.4 | Levantamento da Curva de Saturação | 51 |
| 6.5 | Relatórios de Ensaio | 51 |
| 6.6 | Ensaio de Campo | 52 |
| 6.7 | Falhas em Ensaio | 53 |
| 7. | AVALIAÇÃO DE PERDAS E PENALIDADES | 54 |
| 7.1 | Avaliação de Perdas no Ferro e no Cobre | 54 |

ÍNDICE

| <u>SECÃO</u> | <u>TÍTULO</u> | <u>PÁGINA</u> |
|--------------|---|---------------|
| 7.2 | Penalidades por Desempenho Inferior ao Garantido | 54 |
| 8. | PROVISÕES TÉCNICAS PARA TRANSPORTE E ARMAZENAGEM | 55 |
| 9. | PROVISÕES TÉCNICAS PARA MONTAGEM, ENSAIOS DE CAMPO E OPERAÇÃO INICIAL | 57 |
| ANEXO A | TABELAS | 58 |
| TABELA 1 | NÍVEIS DE ISOLAMENTO PARA OS ENROLAMENTOS | 58 |
| TABELA 2 | NÍVEIS DE ISOLAMENTO PARA AS BUCHAS | 58 |
| TABELA 3 | TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA - CARACTERÍSTICAS | 59 |
| TABELA 4 | TCs DE BUCHA PARA PROTEÇÃO | 60 |
| TABELA 5 | AUTOTRANSFORMADOR DE POTÊNCIA - CARACTERÍSTICAS | 61 |
| TABELA 6 | ESPECIFICAÇÃO DO ÓLEO ISOLANTE TIPO A (NAFTÊNICO) APÓS CONTATO COM O EQUIPAMENTO | 62 |
| TABELA 7 | PROPRIEDADES E ENSAIOS DOS ELASTÔMEROS, CONFORME NBR 16126. | 63 |
| TABELA 8 | PROPRIEDADES MÍNIMAS PARA JUNTAS EM ELASTÔMERO REFORÇADO COM CORTIÇA | 64 |
| ANEXO B | DESENHOS | 65 |
| DESENHO 1 | DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS E ACESSÓRIOS - PLANTA | 65 |
| DESENHO 2 | DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS E ACESSÓRIOS - VISTA | 66 |
| DESENHO 3 | DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS E ACESSÓRIOS - PLANTA | 67 |
| DESENHO 4 | DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS E ACESSÓRIOS - VISTA | 68 |
| DESENHO 5 | DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS E ACESSÓRIOS - PLANTA | 69 |
| DESENHO 6 | DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS E ACESSÓRIOS - VISTA | 70 |
| DESENHO 7 | DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS E ACESSÓRIOS - PLANTA | 71 |
| DESENHO 8 | DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS E ACESSÓRIOS - VISTA | 72 |
| DESENHO 9 | ATERRAMENTO DO NÚCLEO | 73 |
| DESENHO 10 | CONECTOR TERMINAL AT, MT e BT | 74 |
| DESENHO 11 | CONECTOR TERMINAL BT TRANSFORMADOR 138/13,8 kV | 75 |
| DESENHO 12 | PAINEL DE CENTRALIZAÇÃO | 76 |
| DESENHO 13 | APOIO PARA MACACO – TRANSFORMADOR C/ BASE DESLIZANTE E CHAPA PARA SUPORTE DO PARA-RAIOS | 77 |
| DESENHO 14 | PLACA DE IDENTIFICAÇÃO DE CADASTRO DE EQUIPAMENTOS | 78 |
| DESENHO 15 | TERMORESISTÊNCIA (RTD) | 79 |
| ANEXO C | QUADRO DE DADOS TÉCNICOS E CARACTERÍSTICAS GARANTIDAS | 80 |
| ANEXO D | INFORMAÇÕES TÉCNICAS REQUERIDAS COM A PROPOSTA | 87 |

| | | |
|----------------|---|-----------|
| ANEXO E | PEÇAS SOBRESSALENTES ESPECIFICADAS | 89 |
| ANEXO F | PEÇAS SOBRESSALENTES RECOMENDADAS | 91 |
| ANEXO G | COTAÇÃO DE ENSAIOS DE TIPO | 92 |

1. OBJETIVO

A presente norma técnica tem por objetivo definir as principais características elétricas e mecânicas, bem como os demais requisitos básicos para o fornecimento de transformadores e autotransformadores de potência, com tensões nominais iguais ou superiores a 13,8 kV, e potências nominais iguais ou superiores a 2,5 MVA.

2. NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Para o projeto, construção e ensaios dos equipamentos e seus acessórios, bem como para toda a terminologia adotada, devem ser seguidas as prescrições das seguintes normas:

| | |
|------------|---|
| NBR 5034 | Buchas para tensões alternadas superiores a 1 kV - Especificação. |
| NBR 5370 | Conectores de cobre para condutores elétricos em sistemas de potência - Especificação. |
| NBR 5356-1 | Transformador de potência - Parte 1 - Generalidades. |
| NBR 5356-2 | Transformador de potência - Parte 2 - Aquecimento. |
| NBR 5356-3 | Transformador de potência - Parte 3 - Níveis de isolamento, ensaios dielétricos e espaçamentos externos em ar. |
| NBR 5356-4 | Transformador de potência - Parte 4 - Guia para ensaio de impulso atmosférico e de manobra para transformadores e reatores. |
| NBR 5356-5 | Transformador de potência - Parte 5 - Capacidade de resistir a curtos-circuitos. |
| NBR 5405 | Materiais isolantes sólidos - Determinação da rigidez dielétrica sob frequência industrial - Método de ensaio. |
| NBR 5416 | Aplicação de cargas em transformadores de potência - Procedimento. |
| NBR 5456 | Eletrotécnica e eletrônica - Eletricidade geral - Terminologia. |
| NBR 5458 | Eletrotécnica e eletrônica - Transformadores - Terminologia. |
| NBR 5590 | Tubos de aço carbono com requisitos de qualidade, para condução de fluidos - Especificação. |
| NBR 5778 | Determinação do índice de refração - Método de ensaio. |
| NBR 5779 | Óleos minerais isolantes - Determinação qualitativa de cloretos e sulfatos inorgânicos - Método de ensaio. |
| NBR 5906 | Chapas finas a quente de aço carbono para estampagem - Especificação. |
| NBR 5915 | Chapas finas a frio de aço carbono para estampagem - Especificação. |
| NBR 6181 | Classificação de meios corrosivos. |
| NBR 6234 | Óleo - Água - Determinação da tensão interfacial - Método de ensaio. |
| NBR 6323 | Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido - Especificação. |
| NBR 6648 | Chapa grossa de aço carbono para uso industrial. |
| NBR 6649 | Chapas finas a frio de aço carbono para uso estrutural - Especificação. |
| NBR 6650 | Chapas finas a quente de aço carbono para uso estrutural - Especificação. |
| NBR 6663 | Chapas finas de aço-carbono e de aço de baixa liga e alta resistência - Requisitos gerais - Padronização. |
| NBR 6664 | Chapas grossas de aço-carbono e de aço de baixa liga e alta resistência - Requisitos gerais. |
| NBR 6821 | Transformadores de corrente - Método de ensaio. |
| NBR 6856 | Transformadores de corrente - Especificação. |
| NBR 6869 | Líquidos isolantes elétricos - Determinação da rigidez dielétrica (eletrodo de disco) - Método de ensaio. |
| NBR 6936 | Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão - Procedimentos. |
| NBR 6937 | Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão - Dispositivos de medição - Procedimento. |
| NBR 6939 | Coordenação de isolamento - Procedimento. |
| NBR 7034 | Materiais isolantes elétricos - Classificação térmica - Classificação. |

| | |
|-----------|--|
| NBR 7037 | Recebimento, instalação e manutenção de transformadores de Potência, imersos em óleo mineral isolante - Procedimento. |
| NBR 7070 | Amostragem de gases em óleo mineral isolante de equipamentos elétricos e análise dos gases livres e dissolvidos. |
| NBR 7148 | Petróleo e produtos de petróleo - Determinação da massa específica, densidade relativa e °API - Método do densímetro. |
| NBR 7277 | Transformadores e reatores - Determinação do nível de ruído. |
| NBR 7398 | Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - Verificação da aderência do revestimento - Método de ensaio. |
| NBR 7399 | Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - Verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo - Método de ensaio. |
| NBR 7400 | Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido por imersão a quente - Verificação da uniformidade do revestimento - Método de ensaio. |
| NBR 7831 | Sistemas de revestimentos protetores com finalidade anticorrosiva - Epóxi - Poliamida - Procedimento. |
| NBR 7832 | Sistemas de revestimentos protetores com finalidade anticorrosiva - Epóxi - Poliamina - Procedimento. |
| NBR 7833 | Sistemas de revestimentos protetores com finalidade anticorrosiva - Epóxi - Poliuretano - Procedimento. |
| NBR 7875 | Instrumentos de medição de radiointerferência na faixa de 0,15 a 30 MHz (padrão CISPR) - Padronização. |
| NBR 7876 | Linhas e equipamentos de alta tensão - Medição de radiointerferência na faixa de 0,15 a 30 MHz - Método de ensaio. |
| NBR 8148 | Papéis e papelões celulósicos, novos e envelhecidos, para fins elétricos - Medida do grau de polimerização viscosimétrico médio - Método de ensaio. |
| NBR 8153 | Guia de aplicação de transformadores de potência. |
| NBR 8441 | Máquinas elétricas girantes - Motores de indução de gaiola, trifásicos fechados - Correspondência entre potência nominal e dimensões. |
| NBR 8667 | Comutador de derivações em carga - Especificação. |
| NBR 9119 | Produtos laminados planos de aço para fins elétricos de grão orientado - Especificação. |
| NBR 9368 | Transformador de potência de tensões máximas até 145 kV - Características elétricas e mecânicas. |
| NBR 10025 | Elastômero vulcanizado - Ensaio de deformação permanente a compressão - Método de ensaio. |
| NBR 10441 | Produtos de petróleo - Líquidos transparentes e opacos - Determinação da viscosidade cinemática e cálculo da viscosidade dinâmica. |
| NBR 10443 | Tintas e vernizes - Determinação da espessura da película seca - Método de ensaio. |
| NBR 10505 | Óleo mineral isolante - Determinação de enxofre corrosivo - Método de ensaio. |
| NBR 10710 | Líquido isolante elétrico - Determinação do teor de água. |
| NBR 11003 | Tintas - Determinação da aderência - Método de ensaio. |
| NBR 11341 | Produtos de petróleo - Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland - Método de ensaio. |
| NBR 11343 | Produtos de petróleo - Determinação do ponto de anilina e do ponto de anilina misto - Método de ensaio. |

- NBR 11349 Produtos de petróleo - Determinação do ponto de fluidez - Método de ensaio.
- NBR 11388 Sistemas de pintura para equipamentos e instalações de subestações elétricas - Especificação.
- NBR 11888 Bobinas finas e chapas finas de aço-carbono e de aço baixa liga e alta resistência - Requisitos gerais.
- NBR 11889 Bobinas grossas e chapas grossas de aço-carbono e de aço de baixa liga e alta resistência - Requisitos gerais.
- NBR 13882 Líquidos isolantes elétricos - Determinação do teor de bifenilas policloradas (PCB).
- NBR 16126 Projeto mecânico de transformadores e reatores para sistemas de potência.
- NBR IEC 60156 Líquidos isolantes elétricos - Determinação da rigidez dielétrica (eletrodos de calota ou esféricos).
- NBR IEC 60529 Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP).
- NBRISO 261 Rosca métrica ISO de uso geral - Plano geral.
- NBRNM-ISO 7-1 Rosca para tubos onde a junta de vedação sob pressão é feita pela rosca - Parte 1: Dimensões, tolerâncias e designação.
- ASTM D924 Standard Test Method for Dissipation Factor (or Power Factor) and Relative Permittivity (Dielectric Constant) of Electrical Insulating Liquids.
- ASTM D974 Standard Test Method for Acid and Base Number by Color-Indicator Titration.
- ASTM D1014 Standard Practice for Conducting Exterior Exposure Tests of Paints on Steel.
- ASTM D1186 Standard Test Methods for Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Nonmagnetic Coatings Applied to a Ferrous Base.
- ASTM D1500 Standard Test Method for ASTM Color of Petroleum Products (ASTM Color Scale).
- ASTM D1735 Standard Practice for Testing Water Resistance of Coatings Using Water Fog Apparatus.
- ASTM D2140 Standard Test Method for Carbon-Type Composition of Insulating Oils of Petroleum Origin.
- ASTM D2668-02e1 Standard Test Method for 2,6-di-tert-Butyl- *p*-Cresol and 2,6-di-tert-Butyl Phenol in Electrical Insulating Oil by Infrared Absorption.
- ASTM D3455 Test Method for Compatibility of Construction Materials With Electrical Insulation Oil of Petroleum Origin.
- IEC 60076-1 Power Transformers - Part 1 - General.
- IEC 60076 Annex B, released March 2011- Fiber optic application
- IEC 60156 Insulating liquids - Determination of the Breakdown Voltage at Power Frequency - Test Method.
- IEC 60247 Insulating liquids - Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor (tan d) and d.c. resistivity.
- IEC 61125 Unused Hydrocarbon Based Insulating Liquids - Test method for Evaluating the Oxidation Stability.
- CISPR - 16 Specification for Radio Interference Measuring Apparatus and Measurement Methods.

Notas:

- 1) *Poderão ser utilizadas normas de outras organizações normalizadoras, desde que sejam oficialmente reconhecidas pelos governos dos países de origem, assegurem qualidade igual ou superior às mencionadas neste item, não contrariem esta norma e sejam submetidas a uma avaliação prévia por parte da CELG GT.*
- 2) *Caso haja opção por outras normas, que não as anteriormente mencionadas, essas devem figurar, obrigatoriamente, na documentação de licitação. Neste caso, o proponente deverá citar em sua proposta a norma aplicada, e submeter à CELG GT cópias da norma alternativa proposta, indicando claramente os pontos onde as normas propostas desviam das normas ABNT correspondentes.*
- 3) *O fornecedor deve disponibilizar, para o inspetor da CELG GT, no local da inspeção, todas as normas acima mencionadas, em suas últimas revisões.*
- 4) *Todos os materiais que não são especificamente mencionados nesta norma, mas que são usuais ou necessários para a operação eficiente do equipamento, considerar-se-ão como aqui incluídos e devem ser fornecidos pelo fabricante sem ônus adicional.*
- 5) *Esta norma foi baseada nos seguintes documentos:
NBR 5356 Transformador de potência - partes 1 a 5.*

3. CONDIÇÕES GERAIS

3.1 Condições do Local de Instalação

Os equipamentos serão instalados em região com as seguintes condições ambientais:

- altitude limitada a 1000 m;
- temperatura: máxima do ar ambiente 40°C e média, em um período de 24 horas, 30°C;
- temperatura mínima do ar ambiente: 0°C;
- pressão máxima do vento: 700 Pa (70 daN/m²);
- umidade relativa do ar até 100%;
- exposição direta a chuva e poeira;
- nível de radiação solar: 1,1 kW/m², com alta incidência de raios ultravioleta.

3.2 Termos Técnicos

Os termos técnicos usados nesta norma estão de acordo com a NBR 5458.

A palavra transformador é usada nesta norma para significar tanto transformadores quanto autotransformadores de dois enrolamentos com enrolamento terciário acessível.

3.3 Documentos Técnicos para Aprovação

O fornecedor deve apresentar, para aprovação, os documentos técnicos relacionados a seguir, atendendo aos requisitos especificados na ET-CG.CELG, relativos a prazos e demais condições de apresentação de documentos.

Todas as dimensões devem ser dadas no Sistema Métrico Decimal. Se forem dadas em outros sistemas de medidas, devem ser indicados também, os valores correspondentes no Sistema Métrico.

3.3.1. Desenho Dimensional, contendo:

- a) tipo e código do fabricante;
- b) arranjo geral em três vistas, com a identificação e localização de todos os acessórios;
- c) legenda dos componentes;
- d) desenhos de todos os dispositivos e componentes auxiliares, tais como: indicadores, termômetros, válvulas de alívio de pressão, etc.;
- e) massas do equipamento:
 - da parte ativa;
 - do tanque com acessórios;
 - do óleo;
- f) tipo, código comercial e volume do óleo isolante;
- g) desenho do núcleo, indicando o tipo e o número de pernas.

3.3.2 Desenho de Dimensões para Transporte, contendo:

- a) massa;
- b) dispositivos de içamento;
- c) localização dos centros de gravidade (com e sem óleo).

3.3.3 Desenhos das Buchas, contendo:

- a) tipo e código do fabricante;
- b) dimensões principais;
- c) valores nominais;
- d) massa;
- e) detalhes do terminal de linha e do flange para montagem;
- f) legenda dos componentes;
- g) identificação da bucha com o respectivo enrolamento;
- h) esforços permissíveis nos terminais.

3.3.4 Desenhos das Caixas de Comando e Controle, contendo:

- a) dimensional;
- b) tipo e código do fabricante;
- c) massa;
- d) espessura das chapas;
- e) localização de:
 - componentes no interior da caixa;
 - terminal de aterramento;
 - tampa removível para instalação de eletrodutos;
 - aletas de ventilação;
- f) legenda dos componentes, contendo:
 - tipo e código do fabricante;
 - características elétricas;
 - função (número ANSI);
- g) esquema topográfico;
- h) diagramas funcionais e tabulação de contatos;
- i) diagrama de interligação dos blocos terminais;
- j) catálogos dos componentes, mesmo sendo de fornecimento de terceiros.

3.3.5 Desenhos das Placas:

- a) de identificação para o equipamento principal;
- b) de identificação de cadastro do equipamento;
- c) das caixas de comando e controle;
- d) das buchas.

3.3.6 Desenhos dos Conectores de Linha e Aterramento, contendo:

- a) tipo e código do fabricante;
- b) material utilizado;
- c) massa;
- d) torque de aperto dos parafusos.

3.3.7 Documentos Complementares:

- a) esquema de tratamento e pintura das superfícies metálicas;
- b) curva de saturação até o valor de 2,0 pu da tensão nominal, determinada por cálculo (excitação pelo enrolamento de alta tensão);
- c) memória de cálculo da determinação das reatâncias de núcleo de ar dos enrolamentos de alta tensão;

- d) curvas de magnetização de transformadores para instrumentos;
- e) memória de cálculo de curto-circuito;
- f) curva de suportabilidade a sobretensões transitórias e temporárias para transformadores classe 145 kV e acima;
- g) plano de inspeção e testes;
- h) cronograma de fabricação;
- i) lista de equipamentos que irão requerer armazenagem especial e área de estocagem;
- j) lista completa de todos os anéis de vedação utilizados, dimensões, fornecedores e materiais constituintes;
- k) certificados dos ensaios de tipo pertinentes ao equipamento e aos componentes.

3.3.8 Desenhos da Embalagem para Transporte, contendo:

- a) dimensões;
- b) massa;
- c) detalhes para içamento;
- d) tipo de madeira e tratamento utilizado;
- e) localização do centro de gravidade;
- f) detalhes de fixação dos componentes dentro das embalagens.

3.3.9 Manual de Instruções de Montagem, Operação e Manutenção, constituído dos seguintes capítulos:

- I) Dados e Características do Equipamento;
- II) Descrição Funcional;
- III) Instruções para Recebimento, Manuseio e Armazenagem;
- IV) Instruções para Instalação;
- V) Instruções para Operação e Manutenção;
- VI) Lista Completa de Todos os Componentes, Ferramentas Especiais e Peças de Reposição;
- VII) Catálogos de Todos os Componentes;
- VIII) Certificados dos Ensaios de Tipo e de Rotina;
- IX) Desenhos e Documentos de Fabricação, Certificados;
- X) Fotografias do Equipamento nas Diversas Fases de Montagem.

Notas:

- 1) *A relação de documentos técnicos para aprovação apresentada no item 3.3, deve ser atendida para cada tipo de transformador do fornecimento.*
- 2) *Nas fotografias constantes do manual deve-se mostrar no mínimo a montagem do núcleo, dos enrolamentos, do tanque e todas as vistas do transformador completamente montado. Cada fotografia deve conter em sua face a data, o nome do fabricante e o tipo de vista. Não serão aceitas cópias xerox das fotografias para o manual, devem ser enviadas fotografias digitalizadas.*
- 3) *Os capítulos I e VII, devem ser enviados para aprovação junto com os demais documentos a serem analisados.*
- 4) *Após o atendimento de todos os comentários decorrentes da análise de toda a documentação, o manual deve ser montado com capa dura plastificada e divisórias com orelhas.*
- 5) *Devem ser enviadas à CELG GT fotografias digitalizadas da parte externa, montado e desmontado, internas e do processo de fabricação do*

equipamento, de vários ângulos.

- 6) *O manual completo, incluindo relatórios finais de recebimento em fábrica, aprovado, em três vias, incluindo os Capítulos I a X, do item 3.3.9. Deve ser entregue até trinta dias após a realização do último ensaio de recebimento. Além disso, o manual deve ser enviado em mídia de extensão "pdf" e todos os desenhos em formato "dwg" (Autocad).*
- 7) *O manual completo e desenhos devem também ser enviados em três cópias em CD-ROM.*

3.4 Intercambiabilidade

Equipamentos do mesmo tipo e tensão nominal de um mesmo fornecimento devem ser intercambiáveis, tanto física como eletricamente. Peças e dispositivos com funções similares devem ter projeto e construção idênticos, de modo que possam ser intercambiáveis.

3.5 Características dos Serviços Auxiliares

Estarão disponíveis, no local de instalação, fontes para alimentação dos serviços auxiliares, nas seguintes tensões:

- a) 125 V (+ 10%, -30 %) corrente contínua, para comando, controle e supervisão;
- b) 220 V ($\pm 10\%$) 60 Hz, monofásico, para controle dos motores e sistemas de resfriamento, iluminação, aquecimento e tomadas das caixas de comando e controle;
- c) 380 V ($\pm 10\%$) 60 Hz, trifásico a quatro fios, neutro aterrado, para alimentação de motores;
- d) a classe de exatidão dos transdutores deve ser no mínimo 0,5%.

3.6 Extensão do Fornecimento

Os seguintes itens devem estar incluídos no fornecimento:

3.6.1 Itens Obrigatórios:

- a) equipamento completo com todos os componentes e acessórios necessários a sua perfeita instalação e operação;
- b) óleo isolante naftênico para enchimento inicial, acrescido de 10%;
- c) ensaios de rotina e recebimento;
- d) embalagem para transporte;
- e) ferramentas e/ou dispositivos especiais para instalação, ensaios e manutenção, a serem recomendados pelo fornecedor;
- f) ensaios de tipo e/ou especiais, devendo ser cotados os custos unitários dos mesmos, conforme ANEXO G, além de estar inclusos no custo do transformador;
- g) sistema de monitoramento, com fornecimento de uma licença para integração do(s) transformador(es) fornecido(s) ao sistema de monitoramento já existente na CELG GT, disponibilizando os dados e diagnósticos de todos os sensores;
- h) peças sobressalentes;
- i) supervisão de montagem.

O período de garantia dos equipamentos, obedecido ainda o disposto no CFM, será de dezoito meses a partir da data de entrada em operação ou vinte e quatro, a partir da entrega, prevalecendo o prazo referente ao que ocorrer primeiro, contra qualquer defeito de fabricação, material e acondicionamento.

Caso os equipamentos apresentem qualquer tipo de defeito ou deixem de atender aos requisitos exigidos pelas normas da CELG GT, um novo período de garantia de doze meses de operação satisfatória, a partir da solução do defeito, deve entrar em vigor para o lote em questão. Dentro do referido período as despesas com mão-de-obra decorrentes da retirada e instalação de equipamentos comprovadamente com defeito de fabricação, bem como o transporte destes entre o almoxarifado da concessionária e o fornecedor, incidirão sobre o último.

O período de garantia deverá ser prorrogado por mais doze meses em quaisquer das seguintes hipóteses:

- em caso de defeito em equipamento e/ou componente que comprometa o funcionamento de outras partes ou do conjunto; sendo a prorrogação válida para todo equipamento, a partir da nova data de entrada em operação;
- se o defeito for restrito a algum componente ou acessório o(s) qual(is) não comprometam substancialmente o funcionamento das outras partes ou do conjunto, deverá ser estendido somente o período de garantia da(s) peça(s) afetadas, a partir da solução do problema, prosseguindo normalmente a garantia para o restante do equipamento.

4. CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

4.1 Critérios Básicos

Os equipamentos devem ser construídos conforme as prescrições das normas NBR 5356 e NBR 9368, a menos que estabelecido de outra maneira.

4.2 Enrolamentos

Os enrolamentos devem ser construídos com condutores de cobre eletrolítico de alta pureza, capazes de suportar sem avarias os esforços eletrodinâmicos de curtos-circuitos, aplicados diretamente aos terminais dos enrolamentos.

No projeto, construção e secagem dos enrolamentos, deve ser dada a devida consideração aos diversos fatores de solitação que ocorrerão durante o serviço, tais como: resistência mecânica e dielétrica do isolamento, distribuição uniforme de fluxo eletrostático, minimização das perdas dielétricas, restrições mínimas para circulação livre do óleo, eliminação de pontos quentes, distribuição de tensão entre espiras adjacentes e através do enrolamento, máxima rigidez para as condições de curto-circuito e controle da distribuição de fluxo dielétrico em condições de impulso, para elevados esforços de impulso atmosférico.

O conjunto da parte ativa montado deve sofrer secagem à vácuo para assegurar a apropriada remoção de umidade, e imediatamente após a secagem, o conjunto deve ser imerso em óleo.

Para assegurar que não haja redução apreciável do isolamento, após montagem, toda a isolação dos enrolamentos deve ser tratada.

Os pontos de condução permanente de corrente (exceto as conexões rosqueadas) devem ser soldados ou fundidos com solda de prata adequada para conexões pesadas de cobre.

Conexões aparafusadas ou do tipo grampo podem ser usadas nas buchas, comutadores de derivação e quadros de terminais desde que sejam utilizados dispositivos ou tratamento apropriado para prevenir o afrouxamento das mesmas.

Todos os condutores dos enrolamentos para os quadros terminais e buchas devem ser rigidamente fixados para prevenir danos decorrentes de vibração e esforços de curto-circuito.

Todos os terminais dos enrolamentos devem ser adequadamente identificados. A identificação não deve deteriorar-se devido à sua imersão permanente em óleo.

Os transformadores abrangidos por esta norma devem possuir enrolamentos plenamente capazes de resistir às forças provocadas por curtos-circuitos aplicados diretamente nos terminais de qualquer enrolamento com a contribuição de curto-circuito dos enrolamentos remanescentes. A capacidade de resistência a curtos-circuitos deve ser conforme definido na NBR 5356-5.

4.3 Núcleo

O núcleo deve ser de aço silício de alta qualidade e sem envelhecimento elétrico, de baixa perda por histerese e alta permeabilidade.

As colunas devem ser presas por meio de parafusos, ter isolamento classe A (105°C) ou fita vitrificada, adequadamente calçada.

A isolamento dos fixadores do núcleo deve suportar uma tensão de ensaio de, pelo menos, 2.000 Volts, 60 Hz, por um minuto.

A estrutura de fixação deve ter pressão mecânica adequada para esta finalidade, e ser construída de maneira que as correntes parasitas sejam minimizadas.

Todas as porcas, parafusos e braçadeiras devem ser travados, de tal forma que, não se soltem por vibrações resultantes do transporte e operação.

As extremidades do núcleo devem ser livres de rebarbas e pontas agudas. Cada chapa deve ter um revestimento isolante, resistente à ação do óleo quente.

O núcleo e as bobinas devem ser fixados ao tanque de forma que não ocorra deslocamento quando da movimentação do equipamento.

Devem ser previstos olhais ou outros dispositivos adequados para levantamento de toda a parte ativa.

Para todos os transformadores, os aterramentos do núcleo e do prensa-culatra (jugo) deverão ser conectados ao tanque em um único ponto, de fácil desconexão e, ser instalado em caixa metálica estanque, com tampa flangeada, localizada na tampa do transformador.

4.4 Tanque

4.4.1 Material

O tanque do transformador deve ser construído com chapas e perfis estruturais de aço de baixo grau de carbono, apropriado para soldagem e para executar todas as funções para as quais foi projetado.

As chapas de aço devem estar de acordo com as normas NBR 6648, NBR 6650, NBR 6663 e NBR 6664, quando aplicáveis, ou equivalentes aprovadas pela CELG GT. Os proponentes devem indicar na proposta o tipo de aço que vai ser utilizado na fabricação do tanque.

A espessura mínima das chapas dos radiadores ou tubos deve estar de acordo com as normas NBR 5396, NBR 5906 e NBR 5915, e os respectivos ensaios conforme NBR 5356.

4.4.2 Resistência ao Vácuo e à Pressão

O transformador deve ser projetado para suportar, completamente montado, incluindo: tanque, buchas, radiadores, conservador, bombas de óleo, conexões de óleo, válvulas, flanges e outras ferragens e com o dispositivo de alívio de pressão também montado, sem apresentar deformação visível permanente, as condições dos

ensaios de resistência à pressão positiva, previstos na norma NBR 5356 e, quando sem óleo, um vácuo de 0,067 mbar de pressão de gás absoluto.

A uma pressão atmosférica externa de 1,01325 mbar, o vazamento de gás não deve ser maior que 1,6 mbar litros por segundo de massa, a partir de uma pressão máxima inicial de gás de 0,27 mbar, quando medido por um período máximo de 12 horas.

4.4.3 Tampa

O tanque do transformador deve ser fornecido com uma tampa estanque removível; tampas soldadas não serão aceitas. Todas as entradas de inspeção, abertura de visita, peças estampadas e aberturas para buchas da tampa superior, devem ser providas de vedação ou dispositivo semelhante para impedir entrada de água nas aberturas, durante a remoção das tampas individuais. Todas as bolsas ou dispositivos usados para tais vedações devem ser equipados com plugues de sangria de ar nos pontos mais altos.

A tampa do tanque deve ser suficientemente inclinada para facilitar a drenagem de água e para coletar gases acumulados no seu ponto mais alto.

4.4.4 Juntas e Gaxetas

Todas as juntas e gaxetas deverão ser dimensionadas para garantir a perfeita vedação. No caso de utilização de juntas alojadas em canais, somente serão aceitos canais usinados. **Não serão aceitos limitadores de torque ou canais de alojamento formados por barras soldadas nos flanges.** Os elastômeros utilizados devem atender aos requisitos da Tabela 7.

Opcionalmente, podem ser usadas juntas planas, instaladas sem limitadores de torque. Nesses casos serão aceitos somente juntas em material compósito, tais como PTFE expandido com microesferas de vidro ou vedações de alta performance de elastômero compatível com óleo mineral reforçado com cortiça, com propriedades que atendam a Tabela 8.

Em todos os casos será exigida para Especificação dos flanges a Memória de cálculo dos flanges. O dimensionamento dos flanges deverá ser feito pelo código ASME, seção 8 e disponibilizadas as seguintes informações junto com os desenhos dimensionais:

- a) Flanges e acessórios de tubulações serão da classe 150 Lbs;
- b) Utilizar parafusos classe ASTM A325. Fornecer os certificados de fabricação dos parafusos;
- c) Cálculo do torque de aperto;
- d) Cálculo dos esforços de vedação para definição do material e de espessura das juntas, conforme literatura específica ou recomendação dos fabricantes;
- e) Desenho de fabricação das juntas com sequência e torque final de aperto dos parafusos.

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

4.4.5 Especificação das 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.”

4.5 Acessórios

Os transformadores devem ser equipados com acessórios e equipamentos auxiliares padronizados pelo fabricante, além daqueles descritos nesta norma. Eles devem incluir, mas não devem se limitar, aos previstos a seguir.

4.5.1 Terminais de Aterramento

Os equipamentos devem ser providos de dois conectores de aterramento, em lados opostos do tanque, apropriados para cabos de cobre nu seção 70 a 120 mm².

4.5.2 Abertura para Inspeção

Uma ou mais, localizadas preferencialmente na tampa, de modo a permitir acesso às conexões interligadas das buchas, aos transformadores de corrente nelas instalados, a aterramentos e a outros acessórios. As dimensões mínimas devem ser 150 x 250 mm ou diâmetro 200 mm, para transformadores 15 kV e 200 x 300 mm ou diâmetro 350 mm para tensões superiores. Essa abertura deve possibilitar a substituição das buchas e transformadores de corrente sem remoção do conjunto montado, formado pela tampa e bobinas. No caso onde as dimensões físicas do transformador impossibilitar o suprimento destas facilidades, como descrito, propostas alternativas devem ser submetidas à aprovação da CELG GT.

Equipamentos com tensão nominal igual ou superior a 34,5 kV devem ser providos, adicionalmente às aberturas de inspeção normalmente fornecidas, de no mínimo quatro tampas, sendo duas em cada uma das laterais de maior dimensão do equipamento, localizadas na região central, uma na parte superior e outra na inferior, para facilitar a inspeção da parte ativa, com 250 mm de diâmetro, flangeadas, com juntas e parafusos.

4.5.3 Abertura de Visita do Tanque

Os transformadores com potência nominal igual ou superior a 20 MVA, ou com comutador de derivação em carga, devem possuir abertura de visita, com dimensões iguais a 350 x 500 mm ou diâmetro 400 mm.

Quando o transformador for equipado com comutador de derivações em carga a abertura deve situar-se próxima a este.

4.5.4 Movimentação do Equipamento

- a) Para facilidades de içamento e tração, devem ser previstos:
 - olhais para içamento do transformador completo;
 - olhais para içamento da tampa;
 - olhais para içamento do conservador de óleo;
 - olhais ou outros meios adequados para içamento da parte ativa (núcleo e bobinas);
 - olhais para içamento dos radiadores;
 - meios para içamento das buchas;
 - olhais para tração, nas quatro faces laterais.
- b) Os equipamentos com potência nominal inferior a 6,25 MVA devem ser fornecidos com base deslizante, em aço estrutural, vinculada ao fundo do tanque. A distância entre os centros das bases deve ser 1435 mm.
- c) Os equipamentos com potência nominal igual ou superior a 6,25 MVA devem ser fornecidos com uma base de aço estrutural, vinculada ao fundo do tanque, com rodas orientáveis apropriadas para deslocamento em duas direções ortogonais, sobre trilhos do tipo TR-37, com bitola entre eles igual a 1435 mm.
- d) Para a construção das rodas devem ser considerados os seguintes pontos:
 - as bases das rodas devem ser removíveis e fixadas no fundo do tanque;
 - as rodas devem permitir a troca de orientação de 90 em 90 graus;
 - deve ser previsto um pino central, fixando a base da roda ao fundo do tanque, de modo a facilitar o giro do conjunto base-roda;
 - o conjunto eixo-roda deve ser acoplado através de mancal com buchas de bronze, equipado com dispositivos apropriados para facilitar a lubrificação;
 - devem ser previstos suportes na lateral do tanque, para fixação das rodas, com parafusos, durante o transporte do transformador.
- e) As placas para apoio para macacos devem estar localizadas próximas ao tanque do equipamento, e não prever qualquer obstrução nas paredes, abaixo do nível das mesmas, tais como válvulas, tubulações, etc. Cada uma deve ter dimensões que permita suportar a metade do peso total do equipamento completamente montado e cheio de óleo, sem deformações ou torções. No caso específico de transformadores providos de base deslizante ver Desenho 13.

4.6 Válvulas

4.6.1 Características Principais:

As válvulas devem ser do tipo flangeadas de ambos os lados, ser do tipo esfera, construção em aço inoxidável 316 com hastes à prova de golpes na base ISO 5211 e pertencente à classe 1000 psi (69 bar), permitindo abertura em "L" ou "T" quando necessária, onde as vedações da esfera devem ser fabricadas em teflon reforçado, serem compatíveis para uso externo em óleo mineral isolante, capazes de suportar óleo quente a 105°C, apresentar ensaio de pressão de ar com 1,8 kg/cm², assim como ensaio de pressão de óleo com 1,1 kg/cm², sem qualquer vazamento. As vedações da esfera devem ser fabricadas em teflon reforçado.

Os equipamentos devem ser fornecidos com as seguintes válvulas, sem prejuízo de outras que o fabricante julgue por bem acrescentar:

- a) tipo esfera para drenagem completa do tanque principal, diâmetro 2", com redução para 1¹/₂", para conexão de filtro-prensa; entre o tanque principal e esta válvula deve ser instalada outra de fechamento, do tipo borboleta, com indicação "aberto/fechado", diâmetro 2"; adequada para manter a vedação necessária, mesmo quando da substituição e/ou reparo da válvula para dreno do tanque principal;
- b) tipo esfera para enchimento/vácuo/filtro prensa, instalada na parte superior do tanque, diâmetro 2", com redução para 1¹/₄";
- c) para retirada de amostra de óleo, instalada na parte inferior do tanque, diâmetro 3/8" (pode ser conjugada com a válvula de drenagem do tanque principal);
- d) tipo esfera para enchimento/vácuo através do conservador de óleo, diâmetro 2", com redução para 1¹/₄";
- e) para drenagem do conservador de óleo do tanque principal, diâmetro 2", com redução para 1¹/₄";
- f) tipo esfera para drenagem do conservador de óleo do tanque do comutador, diâmetro 2", com redução para 1¹/₄";
- g) tipo esfera ou bujão para enchimento/vácuo do conservador do comutador, diâmetro 1";
- h) superiores e inferiores de fechamento para cada radiador, do tipo borboleta, com indicação "aberto-fechado", diâmetro a critério do fornecedor; estas válvulas devem ser adequadas para manter a vedação necessária, mesmo quando da operação do equipamento com radiador isolado ou sem radiador;
- i) válvula ou bujões para os radiadores (uma válvula ou bujão de dreno e uma de respiro para cada radiador) diâmetro a critério do fornecedor;
- j) tipo esfera para separação do relé Bucholz e/ou relés de elevação de pressão de gás ou conjunto (uma antes e outra depois de cada relé) diâmetro a critério do fornecedor e, sujeita a aprovação por parte da CELG GT;
- k) tipo esfera para drenagem do tanque do comutador de derivações em carga, diâmetro 1";
- l) tipo esfera para interligação entre interior e exterior do selo óleo-ar, diâmetro 3/4";
- m) tipo esfera para retirada do gás acumulado no relé Bucholz, através de derivação acessível do solo, diâmetro a critério do fornecedor e sujeita a aprovação por parte da CELG GT;
- n) tipo esfera de equalização para vácuo entre conservadores, diâmetro a critério do fornecedor e sujeito à aprovação pela CELG GT;
- o) tipo esfera, de interligação do conservador do comutador de taps e o comutador, diâmetro a critério do fornecedor e sujeito à aprovação pela CELG GT.

As válvulas de drenagem e enchimento do tanque principal devem ser instaladas em lados opostos, na face de menor dimensão do tanque, sendo uma inferior e outra superior. A válvula inferior não deve ficar do mesmo lado da caixa de ligações.

4.7 Sistema de Preservação do Óleo

O sistema deve incluir o conservador de óleo do tanque do equipamento, contendo um selo óleo-ar, consistindo de um diafragma sintético ou bolsa de borracha sintética, dotado ainda de um secador de ar a sílica-gel, o qual manterá comunicação entre a atmosfera e o espaço acima do diafragma ou com o interior da bolsa.

Se o projeto considerar o emprego de bolsa a mesma deve ser construída de tela com camadas externas de borracha nitrílica intercalada com elastômero. A face interna, com função de impermeabilizante, deverá ter uma barreira de material resistente ao

nitrogênio, ozônio e demais agentes atmosféricos. Os materiais empregados não deverão sofrer deterioração pelo contato com o óleo quente. A tela deverá ser reforçada internamente nos pontos de contato com o indicador de nível de óleo para evitar a perfuração da bolsa.

A vida útil da bolsa deverá ser igual ou maior do que a vida útil do equipamento (40 anos). O tipo da bolsa, fabricante e detalhes de especificação deverão ser identificados no projeto para facilitar a reposição.

As características mínimas a seguir deverão ser atendidas:

| | |
|--------------------------------|----------------|
| Espessura total | 2 mm |
| Resistência à perfuração | 65 daN |
| Resistência à torção | 300 daN / 5 cm |
| Ruptura a elongação por torção | 20% |

Deverá fazer parte do conjunto do conservador de óleo, um sensor que detecte a ruptura da bolsa ou membrana, e que deverá ser instalado no interior do conservador do óleo, visando alarmar caso ocorra a ruptura da bolsa ou da membrana, evitando assim a contaminação do transformador com umidade e oxigênio. Este sensor deverá atender as seguintes características mínimas:

- Princípio de funcionamento ótico por reflexão/refração;
- Conjunto composto de no máximo dois componentes, sendo um sensor que deve ser montado sobre a membrana ou dentro da bolsa de borracha (lado do ar) e uma unidade de controle que deve ser montada no painel do transformador em trilho tipo DIN;
- A unidade de controle deverá possuir um relé para alarmes com contato NA ou NF, reversível pelo usuário através de jumper;
- A unidade de controle deverá possuir indicação visual para as condições da bolsa/membrana e condições de funcionamento do dispositivo;
- Tensão de alimentação 38 a 265 Vcc/Vca; 50/60Hz;
- Temperatura de Operação da Unidade de controle -40 a +85°C;
- Temperatura de Operação do Sensor -40 a + 100°C.

Para o conservador de óleo do comutador de derivações em carga, o sistema deve consistir de secador de ar a sílica-gel, o qual manterá comunicação entre a atmosfera e o espaço acima do óleo do conservador.

Em virtude das condições ambientais do local de instalação dos equipamentos, o método adotado para a escolha do tipo de secador de ar a sílica-gel a ser utilizado deve ser submetido à apreciação da CELG GT, quando da apresentação dos desenhos para aprovação.

O conservador deve ser fixado ao tanque por meio de flanges, adequadamente dimensionadas.

O tanque do conservador deve ser provido de uma válvula para vácuo e um medidor de nível de óleo, como especificado nos itens 4.6.d e 4.11.1.

A elevação do tanque do conservador deve ser tal que o relé detector de gás esteja abaixo do nível mínimo de óleo dentro do tanque.

O tanque do conservador deve ser provido de uma abertura para acesso a seu interior.

O conservador de óleo do CDC (onde aplicável) deve ser fornecido com válvula ou bujão para vácuo, válvula de drenagem e um medidor de nível de óleo, como especificado nos itens 4.6 e 4.11.1.

Em transformador com CDC, os conservadores devem ser separados (óleo do CDC e do tanque principal) e deve ser fornecido um encanamento externo com registro na parte superior do conservador, a fim de permitir a equalização de pressão no processo de tratamento. Qualquer outra solução adotada deve ser expressamente submetida à aprovação pela CELG GT.

4.8 Buchas, Pinos e Conectores

Todas as partes dos invólucros de porcelana e suportes, a exceção das juntas de vedação, que possam de algum modo entrar em contato com a atmosfera, devem ser constituídas de material não higroscópico, como metal ou porcelana vitrificada. Buchas de epóxi não serão aceitas.

O projeto das buchas deve assegurar a não formação de corona, tanto durante os ensaios quanto em operação normal, e estar de acordo com a NBR 5034.

As buchas devem ser projetadas para a instalação dos transformadores de corrente aplicáveis. A remoção desses TCs deve ser feita sem que haja necessidade da remoção da tampa do equipamento ou redução do nível de óleo no tanque.

Todas as buchas devem ser fornecidas sem centelhadores, a menos que o seu uso seja julgado necessário por ocasião da análise dos desenhos dos equipamentos. Neste caso, o fornecedor deverá prover tais componentes sem acréscimo de preço.

Todos os pinos das buchas condensivas devem ser de cobre estanhado com, no mínimo, 80 mm de comprimento, do tipo liso, diâmetro padrão 30 mm para correntes até 1250 A e 60 mm para correntes acima desse valor.

Os pinos para as buchas classe 15 kV devem ser do tipo liso, confeccionados em cobre estanhado com, no mínimo, 65 mm de comprimento, com os seguintes diâmetros: 30 mm para correntes até 1250 A, 42 mm para correntes até 2000 A e 48 mm para correntes acima desse valor.

A corrente nominal de todas as buchas deve ser no mínimo 50% maior que a corrente nominal de linha do transformador para o qual foram projetadas, conforme requerido pela NBR 5356.

As buchas devem ser acompanhadas dos respectivos conectores, os quais devem ser compatíveis com os pinos das buchas de AT e BT, ou seja, conforme Desenho 10 para entrada e saída aérea (superior) ou Desenho 11, quando a saída for lateral. Devem ser enviados desenhos para aprovação.

O equipamento deverá ser fornecido com conectores chapa-cabo, reto ou 90°, que permitam a acomodação de cabos com seções conforme definido abaixo:

| Classe de tensão primária (kV) | Faixa de seção dos condutores |
|--------------------------------|---|
| até 72,5 | entre 4/0 e 397,5 MCM |
| 145 | entre 397,5 e 795 MCM |
| 245 | entre 795 e 1033,5 MCM (tipo anti-corona) |

As buchas devem possuir placa de identificação, escrita em português, contendo todas as informações definidas na NBR 5034 onde devem ser gravados, também, os valores da capacitância e fator de potência para a tensão de 10 kV.

Todas as buchas com tensão nominal igual ou superior a 34,5 kV devem ser capacitivas, com a isolação principal do tipo papel impregnado com óleo. O espaço entre a superfície interna do invólucro isolante e a isolação principal deve ser ocupado por óleo isolante naftênico. Não serão aceitas buchas em que o papel seja impregnado ou aglutinado com resinas.

As buchas devem ser equipadas com visores de nível de óleo confeccionados em vidro transparente, equipadas com meios para retirada de amostra e drenagem do óleo e com derivação para ensaio.

Todas as buchas capacitivas superiores a 69 kV deverão ser fornecidas com dispositivo adaptador do tap capacitivo para teste de capacitância e tangente delta “off-line” em campo e para instalação de monitor de buchas capacitivas, possibilitando a monitoração e diagnóstico da isolação das buchas, um dos principais pontos de falha em transformadores.

O monitor será acompanhado de módulos de medição do sensor e adaptadores de tap, e deverá atender as seguintes características mínimas:

- Preparado para conexão de no mínimo 3 (três) módulos de medição do sensor, os quais podem ser empregados igualmente para a monitoração de buchas condensivas e Transformadores de Corrente (TC) de pedestal, permitindo a integração da monitoração desses equipamentos com a monitoração do transformador de potência;
- Indicações das tensões trifásicas fase-terra e fase-fase, calculadas com base nas correntes de fuga medidas e capacitâncias das buchas;
- Ajustes de valores iniciais de capacitância e tangente delta independentes para as buchas das fases A, B e C e reserva, para aplicação em bancos de transformadores monofásicos com fase reserva;
- Ajustes de valores de alarme de capacitância e tangente delta independentes para as buchas das fases A, B e C e reserva, para aplicação em bancos de transformadores monofásicos com fase reserva;
- Ajuste automático de alarmes de capacitância e tangente delta para todas as buchas simultaneamente, para facilidade de comissionamento;
- Cálculo das tendências de evolução de capacitância (PF/dia) e tangente delta (%/dia), com extrapolação dos tempos restantes para alcançar níveis de alarme, em dias;
- Alarmes por tendências de evolução de capacitância e tangente delta elevadas se o número de dias restantes para alarme for menor que o limite programado;
- Alarmes por correntes de fugas das buchas altas ou muito altas, com

- temporização ajustável;
- Checagem de consistência dos alarmes de corrente de fuga alta e muito alta pela comparação das medições de correntes de fuga com a medição de soma vetorial das correntes, de forma a bloquear alarmes indevidos. Indicação de alerta de autodiagnóstico em caso de inconsistência;
 - Ajuste automático dos valores de alarme para correntes de fuga altas ou muito altas, com base nas medições de correntes durante o período de aprendizado dos cálculos de capacitância e tangente delta e na margem de segurança programada pelo usuário em percentual;
 - No mínimo sete relés de alarme programáveis;
 - No mínimo duas saídas em loop de corrente mA programáveis.
 - Os módulos de medição do monitor deverão atender às seguintes características mínimas:
 - Cada módulo de medição deve receber os sinais de corrente de fuga das três buchas de um sistema trifásico;
 - Cálculo das variações de capacitância da isolação principal (C1) das buchas com erro máximo de $\pm 0,5\%$ da medição;
 - Cálculo das variações de tangente delta da isolação principal das buchas com erro máximo de $\pm 0,05\%$ em valor absoluto;
 - Bornes de ligação para conexão das correntes de fuga das buchas adequados para terminais do tipo olhal;
 - Deverá estar conectado aos adaptadores de tap, os quais estarão conectados aos taps das buchas durante a aplicação dos testes de impulso atmosférico nas buchas, sem ocorrência de danos;
 - Preparado para a monitoração de buchas equipadas com Dispositivo de Potencial de Bucha (DPB), nas quais o tap capacitivo encontra-se ocupado pelo DPB, com comprovação de aplicações bem-sucedidas em níveis de tensão de 500 kV;
 - Preparado para a monitoração de capacitância e tangente delta da isolação de Transformadores de Corrente (TC) de pedestal nos quais o aterramento da blindagem capacitiva esteja acessível, com comprovação de aplicações bem-sucedidas em níveis de tensão de 500 kV;
 - Preparado para monitoração de buchas HVDC de transformadores conversores;
 - Um relé de indicação de autodiagnóstico;
 - Uma porta RS485 para interligação ao monitor.
 - Os adaptadores de tap do monitor deverão atender às seguintes características mínimas:
 - Conexão elétrica e mecânica ao tap de teste ou de tensão das buchas capacitivas;
 - Deverão prover estanqueidade ao tap, com grau de proteção IP65;
 - Proteção incorporada contra a abertura acidental do circuito do tap. A proteção deve ser redundante, cumprindo sua função mesmo em caso de falha de um delas;
 - Deverão suportar sem danos a aplicação dos testes de impulso atmosférico nas buchas, conectados aos seus taps;
 - Deverão possuir tomada e plug no corpo do adaptador, para facilidade de instalação;
 - Temperatura de operação de classe militar, de -55 a $+125^{\circ}\text{C}$, para suportar as altas temperaturas que podem ocorrer na tampa do transformador.

As buchas da classe 15 kV, incluindo as de neutro, podem ser do tipo sólido. Todas as buchas de porcelana devem ser de cor marrom e estar de acordo com as normas

NBR 5286 e NBR 5307, devendo ser idênticas para a mesma tensão nominal. As mesmas devem ser instaladas a uma distância mínima entre os eixos das partes vivas das mesmas, de no mínimo de 600 mm.

As caixas laterais para alojamento das buchas (onde aplicável) devem ser projetadas com espaço suficiente para a instalação de terminais de porcelana ou terminações de mesma classe de tensão de isolamento dos cabos. Deve ser fornecido um terminal na face interna para ligação da blindagem dos cabos e um outro terminal na face externa para ligação do cabo de aterramento. As caixas devem ter furação na parte de baixo para conexão a eletrodutos, cujas bitolas serão definidas por ocasião da análise dos desenhos de fabricação. Cada caixa deve ser provida de tampa frontal, fixada por meio de parafusos prisioneiros e junta, devendo ainda ser fornecida com dobradiças de material resistente à oxidação.

4.9 Disposição das Buchas, Radiadores, Tanque, Cabine de Controle e Acessórios

Esta disposição deve seguir, preferencialmente, as seguintes orientações:

- a) transformadores trifásicos: 34,5/13,8 kV, 69/6,9 kV, 69/13,8 kV até a potência de 12,5 MVA (inclusive), 69/34,5 kV, 138/34,5 kV, 230/69/13,8 kV, conforme Desenhos 1 e 2;
- b) transformadores trifásicos: 69/13,8 kV com potência igual ou superior a 15 MVA e 138/13,8 kV, conforme Desenhos 3 e 4;
- c) transformadores monofásicos: $230/\sqrt{3}/69/\sqrt{3}/13,8$ kV conforme Desenhos 5 e 6;
- d) autotransformadores trifásicos: 138/69/13,8 kV, conforme Desenhos 1 e 2;
- e) autotransformadores monofásicos: $230/\sqrt{3}/138/\sqrt{3}/13,8$ kV, conforme Desenhos 7 e 8.

Nota:

Quando a saída for lateral, deverá ser fixado no corpo do transformador, 1500 mm abaixo das buchas, suporte metálico para fixação dos cabos de saída.

4.10 Sistema de Resfriamento

O sistema de resfriamento deve ser projetado de modo a assegurar que, mesmo com a retirada de serviço de qualquer radiador e um moto-ventilador, o equipamento funcione sem que sejam excedidos os limites de elevação de temperatura, durante a operação sob carga nominal.

Devem ser instalados calços ou dispositivos que evitem a abrasão entre os moto-ventiladores e radiadores, de forma a evitar desgastes na pintura dos radiadores quando da fixação dos mesmos.

Os radiadores devem ser removíveis, com válvulas para conexão com o tanque, dotadas de flanges soldadas, providos de olhais para içamento, e projetados de modo a resistir às mesmas condições de pressão e vácuo especificadas para o tanque.

Devem ser construídos de forma a apresentar facilidade para sua remoção, e ser fornecidos com válvulas de interrupção nas conexões do topo e do fundo, capazes de ser operadas sem ferramentas especiais e equipadas com indicador de posição e meios para travamento em cada posição, aberta ou fechada.

O sistema de resfriamento deve ser constituído pelos componentes relacionados a

seguir, seguindo-se sempre a orientação básica dos diagramas dos Desenhos 6, 7 e 8 do Anexo B da NBR 9368:

- a) moto-ventiladores dotados de motores de indução trifásicos, 380 V, 60 Hz, exceto para transformadores 34,5/13,8 kV, com potência até 9,375 MVA, onde devem ser monofásicos, 220 V, 60 Hz; em ambos os casos o grau de proteção mínimo deve ser IP55;
- b) chave para seccionamento geral no circuito de alimentação dos ventiladores;
- c) relé supervisor de tensão, trifásico, instalado no circuito geral de alimentação;
- d) chave local-remoto, instalada no transformador;
- e) chave de comando "Manual-Desligado-Automático", quando existir apenas um estágio e chave de comando "Desligado - Manual Estágio 1 - Manual Estágio 2 Automático", para dois estágios;
- f) chave seletora para seleção dos grupos de ventilação, quando existir mais de um estágio;
- g) dispositivo de partida e proteção térmica, individuais para cada ventilador, incluindo proteção contra falta de fase, com ajuste que permita que uma queda de tensão não aceitável faça o relé atuar por sobrecarga;
- h) proteção contra curto-circuito, individual, devendo ser utilizados fusíveis ou disjuntores termomagnéticos;
- i) os circuitos de comando, iluminação, aquecimento e da tomada universal dois pólos + terra devem possuir proteção contra sobrecorrente por intermédio de disjuntores termomagnéticos;
- j) chaves de comando remoto.

Devem ser previstas facilidades para as seguintes sinalizações remotas:

- a) posição das chaves seletoras;
- b) operação da circulação forçada do ar;
- c) subtensão no circuito de alimentação;
- d) atuação dos dispositivos de proteção dos motores.

4.11 Dispositivos de Proteção e Supervisão

Os dispositivos de proteção e supervisão do transformador devem:

- a) ter contatos com capacidade mínima de interrupção de 0,5 A, resistiva, em 125 Vcc, devendo ser eletricamente independentes e ligados, separadamente, aos correspondentes blocos terminais do equipamento;
- b) ter os contatos prateados;
- c) ser identificados, no mínimo, com nome do fabricante, tipo ou número de catálogo e identificação do acessório, gravados de forma legível e indelével;
- d) ter fiação interna com isolamento para 750 V;
- e) possuir terminais elétricos acessíveis e identificados por números, conforme Desenho 5 do Anexo B da NBR 9368, através de bloco terminal;
- f) ter grau de proteção, mínimo, IP64 de acordo com a NBR IEC 60259;
- g) ter visor de vidro com espessura mínima de 3 mm, para diâmetros inferiores a 100 mm, e com espessura mínima de 5 mm, para diâmetros iguais ou superiores ao anteriormente informado;
- h) ter as superfícies em contato com o óleo (superfícies internas do relé Buchholz, por exemplo) pintadas com tinta resistente ao óleo, com camada de espessura mínima 40 µm;

- i) quando forem de metais ferrosos, ter parafusos, porcas e arruelas zincados por imersão a quente; alternativamente, parafusos com diâmetro inferior a 12 mm podem ser galvanizados por processo de eletrodeposição, passivados e bicromatizados, apresentando espessura mínima da camada de 30 μm .

As demais superfícies metálicas devem ter proteção anticorrosiva tais como zincagem, metalização, fosfatização, pintura, etc.

4.11.1 Dispositivos de Supervisão

O equipamento deve ser fornecido com, pelo menos, os dispositivos de supervisão a seguir discriminados.

4.11.1.1 Indicador Magnético de Nível de Óleo (INO)

O indicador magnético de nível de óleo deve possuir as seguintes características:

- a) ter mostrador com diâmetro mínimo 130 mm, com as inscrições "MIN" "25°C" e "MAX", correspondentes aos níveis mínimo, normal a 25°C e máximo, respectivamente;
- b) as inscrições devem ser gravadas de forma legível e indelével devendo resistir ao calor, à umidade e às intempéries;
- c) ter carcaça de material não magnético;
- d) ter contatos ajustados para fechamento quando a bóia atingir as posições correspondentes aos níveis mínimo ou máximo;
- e) ter bóia estanque ao óleo isolante.

O indicador magnético de nível de óleo do CDC (INOC) deve ter também as características descritas em 4.11.1.1.

4.11.1.2 Monitores de Temperatura do Óleo(TM)

Deverá ser previsto conjuntos de 02 (dois) monitores de temperatura para o sistema de monitoramento do equipamento, sendo um para monitorar as temperaturas de óleo e outro para a temperatura dos enrolamentos do transformador, com as seguintes características:

- j) Duas entradas auto-calibradas para sensores PT-100, para temperatura do topo do óleo;
- k) Preparado para medição redundante de temperatura do topo do óleo, com 2 sensores PT-100;
- l) Uma entrada de medição de corrente de carga com TC externo "clip-on", faixa universal 0-10A;
- m) Cálculo de temperatura do ponto mais quente do enrolamento ("hot-spot");
- n) Controle de resfriamento forçado preparado para expansão a até 4 grupos, com alternância por tempo de operação dos grupos;
- o) Acionamento automático da ventilação por percentual de carga, com histerese ajustável;
- p) Função de exercício periódico automático dos ventiladores;
- q) Acionamento temporizado dos grupos de ventilação em caso de falta de alimentação;
- r) Relés de trip por temp. do óleo e enrolamento com dupla segurança no

- acionamento – controle simultâneo por 2 microcontroladores e acionamento por sinal alternado;
- s) Preparado para monitoração do diferencial de temperatura instantâneo do comutador sob carga, de forma a manter intercambiabilidade com outro sensor caso haja necessidade;
 - t) Preparado para monitoração do diferencial de temperatura filtrado do OLTC, com filtro ajustável, de forma a manter intercambiabilidade com outros sensores caso haja necessidade;
 - u) Ajuste automático de alarmes por diferencial instantâneo e filtrado, com tempo programável;
 - v) Mínimo de oito relés para alarmes e trips por temperaturas do óleo e enrolamento, controle de resfriamento, alarme do comutador e autodiagnóstico;
 - w) No mínimo duas saídas em loop de corrente mA programáveis, para temperatura do óleo e enrolamento.
 - x) Para confirmação da eficiência do sistema de refrigeração, deverá ser provido junto ao transformador um sensor de temperatura ambiente com seu respectivo abrigo meteorológico, para que minimize as interferências da radiação solar na haste do RTD.
 - y) Esta medição de temperatura ambiente deverá ser interligada ao relé 26 ou 49 acima citado.

Adicionalmente, transformadores e autotransformadores com tensão e potência iguais ou superiores a 138 kV e 33,3 MVA deverão ser providos de sensores de monitoramento de temperatura com medição direta nos enrolamentos, e respectivos cabos de fibra ótica, transdutores e conversores, conforme segue:

- sensor para o ponto mais quente de cada uma das bobinas de alta tensão (bobina série, em autotransformadores);
- sensor para o ponto mais quente de cada uma das bobinas de baixa tensão (bobina comum, no caso de autotransformadores);
- não devem ser instalados sensores nas bobinas do enrolamento terciário de transformadores ou de autotransformadores, com três enrolamentos.

As leituras dos sensores de monitoramento por meio de fibra ótica deverão ser coerentes com as temperaturas medidas durante os ensaios de aquecimento, quando do recebimento em fábrica, levando-se em consideração os cálculos de pontos mais quentes de enrolamentos previstos em projeto.

Deverão constar no manual de instruções do equipamento desenhos da parte ativa, mostrando as bobinas anteriormente citadas, a indicação e as coordenadas do ponto mais quente das mesmas, bem como as coordenadas em que os sensores foram nelas instalados.

Os cabos de fibra ótica, provenientes dos sensores dos pontos mais quentes das bobinas, deverão ser conectados a um transdutor digital, o qual deverá ser instalado no quadro de comando do equipamento.

O transdutor deve ser do tipo digital, de forma a atender o número de sensores acima especificado, ser instalado em painel com grau de proteção IP65 e permitir também leitura local.

- i) Especificação de sensor de fibra ótica para temperatura:

- faixa: -30 a 200°C;

- precisão: 1% ou 1°C (o menor entre eles);
- comprovada compatibilidade com o meio isolante do transformador;
- instalação no ponto mais quente do enrolamento, de acordo com o anteriormente especificado.

j) Especificação de transdutores:

- visor: em display com LEDs de quatro linhas;
- portas seriais de comunicação: uma RS232 e uma RS485;
- portas analógicas: duas do tipo 4 a 20 mA;
- alimentação: 125 Vcc (-10 + 20%);
- comunicação: Modbus, DNP3 ou IEC 60870-5;
- temperatura de operação: 0 a 55°C;
- garantia mínima: quatro anos.

Para uma das saídas seriais RS485 deverá ser fornecido e instalado um conversor para fibra ótica, com um conector tipo ST, de modo a permitir a transmissão remota dos sinais ao sistema supervisor. A fonte de alimentação deste conversor será a mesma do transdutor de temperatura.

k) Sensor PT100 4 fios instalado no poço tampa superior do transformador para gerar o sinal de temperatura do óleo do transformador.

Esse dispositivo do ponto de vista construtivo deve consistir de uma peça de alumínio fundido, deve ser totalmente protegidas contra corrosão externa e contra penetração de objetos estranhos entre a cobertura e tampa de proteção. Visando assegurar a perfeita eficiência de operação por longos períodos de tempo, pintado na cor cinza, conforme ASTM E1137, classe B (coeficiente de resistência: 0,3850mhs/°C), haste e buçim em aço inox, prensa cabo em latão niquelado ou aço inox, de isolamento de 2,5kVac, 50/60Hz, grau de proteção IP 55. Detalhes conforme Desenho 15.

4.11.2 Dispositivos de Proteção

O equipamento deve ser fornecido com, pelo menos, os dispositivos de proteção a seguir especificados.

4.11.2.1 Relé Detector de Gás Tipo Bucholz ou Equivalente (RB)

O relé deverá ser montado entre o tanque e o conservador do transformador, isolado em ambos os lados por válvulas tipo esfera. A tubulação entre o relé de gás e o tanque principal deve ter inclinação maior ou igual a 5°, em relação a horizontal.

O relé de gás deverá ser, anti-sísmico, com dois contatos independentes NA, sendo um para alarme e outro para desligamento. Válvula de sangria e dispositivo para operação manual dos contatos, conforme norma NBR 9368 e com as características técnicas mínimas indicadas a seguir:

- Contato que atua por volume de gás acumulado (cm³);
- Janela graduada para indicação do volume de gás acumulado;
- Contato que atua por velocidade mínima de óleo (m/s);
- Dispositivos adequados na parte superior, para a retirada de amostra de gases, aplicação de analisador e ensaio de relé;
- Bujão de drenagem na parte inferior;

- Válvulas para reter o óleo antes e depois do relé Buchholz;
- Ser constituído de duas bóias de nylon e sólidas à prova de penetração de líquido isolante;
- Contatos ser do tipo redds magnéticos, anti-sísmico e com capacidade de condução de 0,5A em 125 Vcc e de 6A em 220 Vca e capacidade de interrupção de 0,5A em 125Vcc e 0,5A em 220Vca;
- Nível de isolamento de 1,5kV/1min;
- Diâmetro de passagem do líquido isolante e escala de atuação ser definida conforme tabela abaixo.

| POTÊNCIA DO TRANSFORMADOR (MVA) | DIÂMETRO NOMINAL (mm) |
|--|--------------------------------------|
| Até 5 | 25 |
| De 5 a 20 | 50 |
| De 20 a 50 | 80 |
| Acima de 50 | 100 |

4.11.2.2 Dispositivo coletor de Gás

Esse dispositivo do ponto de vista construtivo deve consistir de uma peça de alumínio fundido, resistente corrosão e perfeitamente selado.

a) Construção

- Possuir uma escotilha de inspeção graduada interior;
- A ligação de uma torneira para a retransmissão para a saída de gás;
- Possuir um dreno torneira de gás a partir do dispositivo;
- Possuir uma drenagem de óleo toque no dispositivo;
- Possuir uma válvula de introdução de gás para teste pneumático do circuito de relê;
- Possuir uma torneira para drenar o óleo no lado do relé. Podendo colocar essa torneira indiferentemente do lado esquerdo ou direito do corpo.

b) Instalação

Deve ser fixado ao tanque do transformador através de um flange, a uma altura que permita só o operador manejar o dispositivo ($\pm 1,5$ m do solo).

A ligação hidráulica resume-se em conecta-lo a válvula de desaeração (superior) do relé Buchholz através de um tubo de cobre de diâmetro de no mínimo 8mm, podendo ser utilizada qualquer outra tubulação apropriada desde que sem nenhuma emenda.

4.11.2.3 Dispositivos de Alívio de Pressão do Tanque (DAP)

O dispositivo deve ser totalmente protegidas contra corrosão externa e contra penetração de objetos estranhos entre a cobertura e tampa de proteção. Visando

assegurar a perfeita eficiência de operação por longos períodos de tempo

O dispositivo deve possuir dois contatos, um para alarme e outro para desligamento.

Deve ser projetado com um direcionador, de tal forma que, durante a sua operação, o fluxo de óleo seja dirigido em sentido contrário à posição dos acessórios que possam exigir a ação do operador, sem ser derramado sobre o equipamento e, após sua operação, permaneça estanque.

| Volume do Tanque de Óleo (Litros) | Diâmetro Nominal (Vazão da Válvula - mm) |
|--|---|
| Até 3.000 | 50 |
| Até 9.000 | 80 |
| Até 25.000 | 125 |
| Acima de 25.000 | 200 |

4.11.2.4 Relé de Elevação Súbita de Pressão

Instalado no compartimento do comutador de derivações em carga, com contatos independentes para alarme e desligamento.

Para proteção contra sobretemperatura são utilizados os contatos ajustáveis do indicador de temperatura.

4.11.2.5 Indicador de Temperatura Ambiente (ITA)

Deve ser instalado na caixa de acessórios do transformador e composto de:

- uma sonda sensora de temperatura, tipo PT-100;
- vinte metros de cabo 3x1,5 mm², blindado, 0,6/1 kV, para uso ao tempo, com malha de fios de cobre, isolamento em EPR;
- transdutor de temperatura, tipo borneira externa, para 150°C saída entre 4 e 20 mA e tensão auxiliar 125 Vcc; podendo ser aceitos monitores de temperatura;
- abrigo meteorológico de múltiplas placas, de alumínio altamente refletivo, com baixa condutividade térmica, proteção máxima do sensor: 150 mm, diâmetro do sensor: 9 a 16 mm; para montagem chumbado em poste de concreto ou fixado em torre metálica.

Nota:

O fornecedor deve apresentar à CELG GT todas as informações e facilidades, para a instalação e/ou interligações dos dispositivos ofertados com os fornecidos por terceiros.

4.12 Comutador de Derivações

4.12.1 Comutador de Derivações sem Tensão (AC)

- a) O comutador de derivações sem tensão deve ter alavanca de operação localizada ao lado do tanque, acessível do solo, fixado a uma altura mínima de 700 mm e máxima de 1700 mm, do plano de apoio do transformador.
A alavanca deve ser provida de meios que permitam seu trancamento com cadeado, em qualquer posição selecionada, devendo indicar a posição da derivação, sendo o diâmetro do furo para travamento com cadeado, no mínimo, igual a 9,5 mm.
- b) Deve ser fornecido um dispositivo provido de contato auxiliar para desligamento dos disjuntores associados ao equipamento, quando do acionamento indevido da alavanca do comutador.
- c) O mecanismo do comutador de derivação deve ser, tal que, impossibilite deixar aberto ou curto-circuitado qualquer enrolamento ou parte de um enrolamento quando o mecanismo estiver numa posição fechada.
Devem ser providas paradas mecânicas, nos finais das faixas de acionamento do comutador de derivação, para prevenir sobreposição das posições finais do tap, a menos que o comutador seja do tipo acionamento contínuo;
- d) A comutação de taps deve ser simultânea nas três fases.
- e) Os comutadores de derivação, incluindo as conexões e diagramas dos cabos, devem ser projetados e montados de maneira a suportar as condições causadas por tensões transitórias.
- f) O indicador de posição, deve ser visível mesmo quando o mecanismo estiver completamente travado. O acesso ao indicador não deve requerer que o operador fique próximo dos terminais energizados.
- g) As posições do comutador de derivação devem ser sinalizadas por números em conformidade com a tensão indicada na placa diagramática. Estas posições devem ser marcadas em baixo relevo, com pontos indelévels e à prova de óleo quente, sendo que o número 1 deve corresponder à maior tensão.

4.12.2 Comutador de Derivações em Carga (CDC)

4.12.2.1 Generalidades

- a) O comutador deve ser projetado de acordo com a NBR 8667, e deve suportar os esforços impostos por curtos-circuitos externos, sob as condições mais desfavoráveis. Além disso, o mecanismo deve ser projetado para completar com sucesso, durante um curto-circuito máximo a que estiver sujeito, uma mudança de derivação que já tenha sido iniciada.
As faixas de derivação devem obedecer aos critérios estabelecidos no item 5.2.
A manivela do acionamento do comutador de derivações em carga deve estar a uma altura máxima de 1500 mm do plano de apoio do transformador. O comutador deve ser operado por sinal de curta duração, e esta operação deve ser completa, seja o sinal mantido ou não. A operação não deve comandar uma segunda operação (controle passo-passo). Por ocasião de uma interrupção no suprimento de força, após uma operação iniciada, o mecanismo não deve permanecer em posição intermediária entre duas derivações adjacentes.
Deve haver somente um sinal para se passar de uma derivação para a próxima.
O comutador não deve operar devido a oscilações de tensão.
- b) O número de posições mecânicas correspondentes à posição elétrica nominal deve ser devidamente indicado no diagrama esquemático do CDC a ser submetido à CELG GT. Nele também devem estar indicadas as posições de passagem, se existir alguma.
- c) O CDC deve ser projetado de maneira que os contatos não interrompam o arco

dentro do tanque principal do transformador.

- d) Devem ser fornecidos um seletor de derivações imerso em óleo e um interruptor de arco, ou seletor supressor de arco, providos de impedância própria para redução das tensões de estabelecimento e abertura de arco, sobrecarga e curto-circuito.
- e) O seletor de derivações e o interruptor de arco ou chave seletora de derivações supressora de arco devem ser localizados em um ou mais compartimentos, imersos em óleo e separados do tanque principal.
- f) O compartimento deve ser fornecido com meios para liberar o gás produzido pelo arco e ser projetado de tal forma a prevenir a mistura do óleo do compartimento do interruptor de arco com o óleo do tanque principal.
- g) O acesso ao compartimento do interruptor de arco deve ser possível através de uma tampa removível, sem a abertura do tanque principal ou redução de sua quantidade de óleo. Uma válvula de drenagem, com um plugue na extremidade aberta deve ser colocada no fundo de cada compartimento com óleo, para proporcionar a completa drenagem do mesmo. A válvula de drenagem deve possuir, preferencialmente embutido em sua extremidade, um dispositivo para retirada de amostra. Um plugue para o enchimento com óleo e um indicador de nível devem ser fornecidos, separadamente, para cada compartimento imerso em óleo.
- h) Transformadores com tensão nominal 69 kV e potência nominal igual a 20 MVA deverão ser equipados com comutador à vácuo.
- i) O fabricante deve garantir que o comutador à vácuo suporte, no mínimo, trezentas mil operações sem necessidade de manutenção.

4.12.2.2 Componentes do Comutador de Derivações em Carga

a) Acionamento Motorizado do Comutador de Derivações em Carga

O acionamento do CDC deve possuir os requisitos básicos abaixo indicados:

- chave seletora para comando local ou remoto, no próprio transformador;
- dispositivo para comando "elevar" ou "diminuir" a tensão no mecanismo de acionamento motorizado;
- contatores para reverter o sentido de rotação do motor;
- dispositivo para comando passo a passo;
- proteção termomagnética para o motor;
- circuito de aquecimento e iluminação;
- dispositivo para indicação remota de posições, tipo digital, com alimentação proveniente de um transdutor, instalado no transformador;
- dispositivo para controle do paralelismo, par-ímpar;
- grau de proteção mínimo do alojamento IP54, conforme NBR IEC 60259;
- fundo removível para entrada de cabos, confeccionado de alumínio ou aço inoxidável;
- meios para utilização de cadeado na porta;
- contatos para sinalização remota de motor em marcha, disjuntor desarmado;
- meios que prevejam bloqueio ou sinalização de sequência incorreta das fases da alimentação do comutador;
- dispositivo mecânico, que atue no caso de falha das chaves elétricas de fim de curso, e que não cause deformações em qualquer peça de acionamento (exceto partes propositalmente enfraquecidas e de fácil reposição);
- um motor de indução trifásico, de 380 V, 60 Hz, para ligação em fonte externa;
- uma manivela manual destacável ou um volante para operação manual do

- mecanismo, para fins de manutenção, com espaço apropriado para a sua armazenagem, apoio e proteção; ela deve possuir um intertravamento elétrico com os circuitos de força e de controle do motor principal para impedir a operação do mesmo quando a manivela ou volante estiverem inseridos, e para prevenir o arrastamento da manivela ou do volante por qualquer eixo de tração;
- contatos elétricos de fim de curso, mecanicamente operados, para prevenir um deslocamento do mecanismo além das posições de elevação máxima e mínima; indicador mecânico de posição local, localizado de forma a facilitar a leitura por um operador que faz operação manual, pela manivela ou pelo acionamento manual/local do motor; devendo possuir dois ponteiros ajustáveis para indicar as posições mínima e máxima;
 - um contador de operações.

b) Comando Automático do Comutador de Derivações em Carga

O relé regulador de tensão para comando automático deverão ser fornecidos de forma avulsa para instalação num alojamento fixado no tanque do transformador ou em painel remoto.

O mesmo deve possuir os seguintes requisitos básicos:

O sistema de controle e indicação remota da posição taps do comutador de derivações em carga adotado pela CELG prevê a utilização de indicador digital. Desta forma deverá fazer parte deste fornecimento, matriz de diodos com conversores BCD e/ou transdutores que deverão ser instalados no armário do comutador e de forma a se obter simultaneamente a seguinte configuração:

- Entradas para medições de posição de tap, tensão de linha e corrente de carga;
- Função multimetror com indicações de potências ativa reativa e aparente, frequência, fator de potência e outras;
- Indicação local de tap e controle automático/manual do comutador pelo painel frontal;
- Assistente de Manutenção do Comutador, com cálculos e indicações de:
 - Número total de operações do comutador desde o início da operação;
 - Número de operações do comutador desde a última manutenção;
 - Média de operações diárias do comutador;
 - Somatória total da corrente comutada ao quadrado desde o início da operação;
 - Somatória da corrente comutada ao quadrado desde a última manutenção;
 - Média de incremento diário da somatória de corrente comutada ao quadrado;
 - Número de dias restantes para manutenção do comutador por número de operações;
 - Número de dias restantes para manutenção por somatória da corrente comutada;
- Programação de número de dias de antecedência para avisos de manutenção por número de operações ou por somatória da corrente comutada;

- Função de regulação automática de tensão (relé 90), com 6 conjuntos de parâmetros de regulação programáveis individualmente;
- Programação de faixa horária e dia da semana para seleção automática dos 6 conjuntos de parâmetros de regulação;
- Proteções para o comutador e para a carga por sobrecorrente, subtensão e sobretensão;
- No mínimo 5 relés programáveis para indicações de avisos de manutenção e alarmes. Dois relés para comando subir/baixar tensão;
- Uma saída em loop de corrente mA programável.

c) Sensor para monitoração de torque do mecanismo de acionamento do comutador.

Sendo seu objetivo efetuar a monitoração e diagnóstico da assinatura do torque de operação do comutador sob carga, com o objetivo de detectar problemas mecânicos no mesmo.

Deverá atender as seguintes características mínimas:

- Três entradas para medição das tensões e três para medição das correntes do motor do OLTC, com modo de medição programável em trifásico ou monofásico;
- Medições de correntes através de TCs clip-on de janela com núcleo seccionado, facilitando a instalação e manutenção;
- Oscilografia das correntes, tensões e potência consumida pelo motor durante as operações;
- Capacidade de registro de oscilografias de operações subsequentes do comutador, sem perda de nenhuma comutação mesmo que o intervalo entre elas seja próximo de zero;
- Memória de massa para armazenamento das oscilografias das 40 últimas operações do OLTC, no mínimo;
- Monitoração da energia gasta pelo motor durante a operação, com emissão de alarmes por energia usada alta ou baixa;
- Cálculo da assinatura de torque do motor do comutador durante a operação, comparando-a com a assinatura típica do comutador, com emissão de alarmes por assinatura acima ou abaixo do típico;
- Função de aprendizado automático da assinatura típica de torque do comutador, dispensando programação manual da assinatura típica;
- Verificação da corrente de partida do motor, com emissão de alarmes por corrente alta;
- Assinatura de tempo típico para operação do comutador, com emissão de alarmes por tempo alto ou baixo;

- Registro das tensões mínimas e máximas no motor durante a comutação, com emissão de alarmes por tensões altas ou baixas;
- No mínimo 5 relés de alarme programáveis

d) Supervisor de Paralelismo

O controle de paralelismo de transformadores de potência deve ser efetuado pelo método Mestre-Comandado, por meio de um IED microprocessado (Supervisor de Paralelismo). O supervisor de paralelismo deve ser fornecido avulso, para instalação na sala de controle da subestação, ou fornecido já instalado no painel do transformador, conforme definido especificamente para o projeto.

O supervisor de paralelismo deve possuir as seguintes características e funções:

- Indicação em seu frontal da posição de tap do seu respectivo comutador sob carga, por meio de display digital do tipo LED;
- Sistema modular, ou seja, um equipamento supervisor de paralelismo por comutador;
- Sistema expansível para até 6 transformadores ou 6 bancos de transformadores (18 transformadores) em paralelo. A expansão deve ser efetuada apenas com a conexão da porta de comunicação serial RS-485 dos novos supervisores à rede de comunicação, por meio de um par trançado;
- A medição de taps será efetuada por meio de três fios conectados à coroa potenciométrica do comutador sob carga. Deverá haver checagem de consistência desta medição, de forma que seja possível detectar e indicar qualquer defeito na coroa potenciométrica ou qualquer mau-contato nos cabos de ligação. Deverá haver também compensação automática da resistência dos cabos de ligação da coroa potenciométrica ao supervisor de paralelismo;
- Retransmissão da posição do comutador sob carga por meio de saída de corrente, selecionável via teclas frontais para 0...1mA, 0...5mA, 0...10mA, 0...20mA, 4...20mA, -1...+1mA, -5...+5mA, -10...+10mA ou -20...+20mA, proporcional à posição do comutador, com precisão de 0,5% do fundo de escala;
- Controle do comutador sob carga por meio do painel frontal do supervisor de paralelismo, que incluirá as seleções Local-Remoto, Mestre-Comandado-Individual e Manual-Automático, bem como o comando manual Subir-Baixar;
- O frontal do supervisor de paralelismo deve possuir LEDs para indicação das condições de programação Mestre-Comandado-Individual e Manual-Automático;
- Cada unidade do supervisor de paralelismo deve possuir dimensões reduzidas, de modo a possibilitar sua instalação em painéis já existentes na sala de controle da subestação, caso se opte por este local de instalação;
- 4 relés de alarme e sinalização por supervisor de paralelismo para indicar as

diversas condições de erro que podem estar presentes, com indicação simultânea da condição de erro no display, além de indicações de estados. Deve ser prevista a detecção e exteriorização de no mínimo os seguintes erros nos supervisores de paralelismo, assim como as possíveis combinações destes:

Erro de sincronismo;
Erro de comunicação;
Erro na programação;
Erro de leitura de tap;

- Deverá ser possível efetuar a expansão dos contatos de alarme e sinalização através da instalação de módulos de contatos de saída adicionais;
- Os Supervisores de Paralelismo deverão ser totalmente configuráveis via teclas frontais, permitindo a seleção do tipo de aplicação utilizada (transformadores trifásicos ou bancos trifásicos formados por transformadores monofásico), o tipo de indicação de tap (numérico simples, numérico bilateral, alfanumérico), a quantidade de posições, a resistência por passo da coroa potenciométrica, etc.;
- Em caso de bancos de transformadores monofásicos, deverá ser possível a operação automática dos comutadores de modo conjunto, em sincronismo, ou a operação manual de modo conjunto, em sincronismo, ou ainda, para efeitos de manutenção ou testes, a operação manual de cada fase separadamente, sendo condição necessária para este último modo de operação que o banco esteja no modo Individual.
- Os bornes de conexão de fiação devem ser “plugáveis” na parte traseira dos supervisores de paralelismo, para facilidade de manutenção.
- Quando os transformadores estiverem selecionados para operar em paralelo, os comandos de mudança de tap deverão ser emitidos pelos supervisores de paralelismo simultaneamente para todos os comutadores sob carga.
- Toda a programação dos supervisores de paralelismo (temporização de alarmes, função dos contatos de sinalização e outros parâmetros), bem como toda a calibração de fábrica do instrumento deverá ser efetuada sem o uso de potenciômetros ou trimpots, sendo efetuada por meio de botões de programação que atuarão diretamente em seu software, ficando os parâmetros armazenados em memória não volátil.

Os dispositivos e facilidades operacionais requeridos no item 4.12.2.2 alíneas c e d, deverão ser supridos por meio de um dispositivo tipo SPS (Supervisor de Paralelismo Síncrono), digital, microprocessado, que incorpore essas funções e permita a aquisição desses dados remotamente, por meio de porta de comunicação serial RS485, dispondo ainda de saídas digitais programáveis (com um mínimo de três contatos secos configuráveis) para sinalização remota ou outra aplicação.

A seu critério, a CELG GT pode solicitar ao fornecedor treinamento específico de operação e manutenção para os seus funcionários.

4.13 Placas de Identificação, Diagramática e de Cadastro do Equipamento

4.13.1 Placa de Identificação

Os transformadores devem ser providos de uma placa de identificação de aço

inoxidável, à prova de tempo, em português, em posição visível, sempre que possível do lado de baixa tensão. A placa de identificação deve conter, indelevelmente marcadas, no mínimo, as seguintes informações:

- a palavra "Transformador" ou "Autotransformador" ou "Transformador Regulador" ou "Autotransformador Regulador";
- nome do fabricante e local de fabricação;
- número de série de fabricação;
- ano de fabricação;
- designação e data da norma brasileira;
- tipo (segundo a classificação do fabricante);
- número de fases;
- relação de tensões;
- potência ou potências nominais, em kVA e o respectivo método de refrigeração;
- frequência nominal;
- limite de elevação de temperatura dos enrolamentos;
- níveis de isolamento (enrolamentos e buchas);
- diagrama de ligações, contendo todas as tensões nominais, derivações e as respectivas correntes para cada número de tap e a localização dos TCs de bucha, com indicação das respectivas polaridades;
- polaridade (para transformadores monofásicos) ou diagrama fasorial (para transformadores polifásicos);
- impedância de curto-circuito, em percentagem;
- tipo de óleo e volume necessário, em litros (tanques, radiadores e total);
- tipo do material isolante, indicando também o peso do papel isolante e o peso total da isolação sólida;
- correntes de curto-circuito máximas admissíveis, simétrica e assimétrica e duração máxima admissível, em segundos;
- número do manual de instruções;
- número do desenho correspondente;
- altura necessária para levantamento da parte ativa e para remoção das buchas;
- massa aproximada, em quilogramas (parte ativa, tanque, acessórios, do óleo e total);
- indicação das características dos TCs de bucha em forma de tabela (identificação, relações, classe de exatidão, fator térmico, ligações de terminais secundários e a aplicação);
- desenhos da disposição das buchas;
- número do Contrato de Fornecimento de Material (CFM);
- resistência mecânica ao vácuo (tanque, radiadores, conservadores de óleo, comutador de derivações em carga, relé Bucholz, relé ou dispositivo de sobrepressão e buchas);
- valores limites suportáveis de impacto nas três direções (lateral, longitudinal e vertical).
- perdas à Vazio (W):
- perdas em CC (W):
- elevação Óleo/Ambiente (°C) ONAN
- elevação Óleo/Ambiente (°C) ONAF-1
- elevação Óleo/Ambiente (°C) ONAF-2

A placa de identificação deve ser submetida à aprovação da CELG GT.

A concessionária reserva-se o direito de solicitar a inclusão de informações

complementares nas placas de identificação, nas quais não são admitidas rasuras ou correções.

Notas:

- 1) *A impedância de curto-circuito deve ser indicada para a derivação principal, referida à temperatura de 75°C. Para os transformadores providos de comutador de derivações em carga, devem também ser indicados os valores de impedância de curto-circuito nas derivações externas. Devem ser indicadas, para cada impedância de curto-circuito, as respectivas tensões nominais ou de derivação, a potência de referência (ONAN) a frequência e a temperatura de referência.*
- 2) *O diagrama de ligações deve ser constituído de um esquema dos enrolamentos, mostrando as ligações permanentes, bem como todas as derivações e terminais, com os números ou letras indicativas (ver NBR 5356-1) indicando também a identificação dos TCs de bucha. Deve conter, ainda, uma tabela mostrando, separadamente, as ligações dos diversos enrolamentos, com a disposição e identificação de todas as buchas, bem como as ligações no painel ou a posição do comutador para a tensão nominal e as tensões de derivação.*
- 3) *A polaridade, para transformadores monofásicos deve ser indicada conforme NBR 5356.*
- 4) *Os níveis de isolamento dos enrolamentos e do terminal de neutro devem ser indicados conforme modelo apresentado na NBR 5356.*

4.13.2 Placa Diagramática de Equipamentos Auxiliares e Resfriamento Forçado

Deve ser confeccionada em aço inoxidável com simbologia e esquema conforme desenhos do Anexo B da NBR 9368, devendo ser montada na parte interna da central de manobra.

4.13.3 Placa de Identificação de Cadastro de Equipamento

- a) O fabricante será responsável pela confecção e fixação da placa de identificação de cadastro, conforme Desenho 14.
- b) O desenho da placa deverá ser apresentado para aprovação, juntamente com os demais desenhos do equipamento.
- c) Por ocasião da aprovação dos desenhos será fornecido ao fabricante o número do cadastro CELG GT, o qual deverá constar na placa de identificação de cadastro do equipamento.
- d) O fabricante deverá enviar documento à CELG GT confirmando e associando o número de série de fabricação ao de cadastro do equipamento.
- e) Deverá ser fixada na cabine de comando, próximo à placa de identificação principal do transformador, na mesma lateral.
- f) Deverá estar fixada ao equipamento quando este for apresentado para realização dos ensaios de recebimento em fábrica.

4.13.4 Outras Identificações

- a) O número de série deve ser estampado próximo e acima do registro de drenagem do tanque.
- b) O conjunto núcleo/enrolamento do equipamento deve ser equipado com uma plaqueta de identificação acessível, com número de série da unidade e qualquer outra informação que possa ser usada como referência cruzada para identificar

essas partes.

- c) Os centros de gravidade (CG) do equipamento completamente montado, com e sem óleo, devem ser gravados em dois lados adjacentes do tanque e devem ser identificados com as inscrições CG com óleo e CG sem óleo.
- d) Uma placa indicativa deve ser fornecida para mostrar as diversas posições para levantamento do conjunto núcleo/enrolamento e equipamento completo.
- e) As buchas devem ser providas de placa de identificação.

4.14 Caixas de Controle

O equipamento deve ser fornecido com:

- a) uma caixa de comando e controle do transformador para instalação de todos os componentes auxiliares do equipamento e ventilação forçada;
- b) uma caixa de controle do comutador de derivações em carga e paralelismo; as ligações externas ao equipamento relativas ao comutador devem ser efetuadas a partir da caixa de controle dos auxiliares;
- c) painel de centralização de banco de transformadores monofásicos, para instalação abrigada em sala sem climatização, onde será feita a composição das unidades monofásicas para formação do banco trifásico, contendo: blocos terminais, dispositivos de alarme e proteção, relés auxiliares, relé regulador de tensão do banco, chaves de transferência de paralelismo, indicadores de posição dos comutadores, comando dos ventiladores e outros acessórios.

A caixa de controle deve ter grau de proteção mínimo IP54, conforme NBR IEC 60259, tamanho adequado, projetada para proteger os equipamentos montados internamente, mesmo com as portas abertas para manutenção em condições adversas de tempo. Deve ser fabricada em chapas laminadas, espessura não inferior a 3 mm, com treliças e armação, de forma a manter a cabine rígida. Deve ser montada em local apropriado e de fácil acesso, a uma altura adequada, que permita operação e manutenção ao nível do solo, sendo que o fundo deve estar a, no mínimo, 300 mm do plano de apoio do transformador, sem as rodas.

As portas devem possuir sistema de dobradiças embutidas, instaladas de maneira tal que impossibilite remoção pela parte externa, ser equipada com três pontos de engate e maçaneta tipo alavanca, com chave. Todas as fechaduras devem ser do tipo Yale, com duas chaves reserva.

Para transformadores com potência superiores a 10 MVA a caixa deve ser instalada sobre anti-vibradores.

Para a conexão dos eletrodutos de ligações externas deve ser previsto, na parte inferior da caixa, chapa cega, removível, em duralumínio.

4.14.1 Cabos, Fiação e Acessórios.

Fiação

Fornecimento este em forma de cabos flexíveis de cobre, com dois ou mais condutores de bitola em mm que não podem ultrapassar qualquer limitação de emprego estabelecida pelo fabricante; devem ser antichamas com isolamento e cobertura de neoprene para 1kV, previstos para temperatura de operação em regime normal de 90 à 130°C, de acordo com a norma ABNT – NBR-9114, levadas a bornes terminais numerados de acordo com o correspondente esquema elétrico.

As bitolas dos fios e cabos condutores devem ter as seguintes características:

- Secundários de TCs - cabo flexível 4,0 mm, na cor vermelha.
- Comando CA
- Fase – cabo flexível 2,5 mm², na cor preta;
- Terra – cabo flexível 2,5 mm², na cor verde;
- Iluminação/Aquecimento – cabo flexível 2,5 mm², na cor branca;
- Alarme – cabo flexível 1,5 mm², na cor preta.
- Circuito de tensão CC, utilização interna:
 - Tensão 125 Vcc positiva – cabo flexível 2,5 mm², na cor amarela;
 - Tensão 125 Vcc negativa – cabo flexível 2,5 mm², na cor verde.
- Acessórios (sinais de entradas digitais e saídas digitais) para utilização interna:
 - Cabo flexível 1,0 mm², na cor cinza.
- Circuito de corrente e tensão, utilização externa:
 - Cabo de 4 fios (tento) de 4 mm².
- A fiação das resistências de aquecimento deverá ser de fio com cobertura adequada.
- Bornes duplos tipo seccionáveis, conexão a mola, para cabos de 1,5 mm² a 2,5 mm² (referência: borne seccionável, conexão a mola, cor bege, ref. ZTR 2,5 – 2 da Conexel);
- Bornes tipo OTTA 6 mm para cabos dos circuitos de corrente (referência: borne de passagem, tipo olhal, ref. D-OTTA-6 da Phoenix);
- Bornes duplos fusíveis para cabos dos circuitos de tensão (referência: borne fusível, ref. ASK 1, bege – Conexel, fusível tubular, 2A/250V, ação rápida – C902480.00 – Conexel);
- Bornes com cores diferenciadas para as “linhas de trip” dos equipamentos (referência: borne seccionável, conexão a mola, cor azul, ref. ZTR-2,5-2BL da Conexel);
- Resistência de isolamento entre terminais > 100.000 MΩ;
- Capacidade de 100 A (0,5s) nos terminais de corrente;
- Máxima tensão de trabalho de 1000 Vrms (em todos os terminais);
- Capacidade de suportar tensão aplicada de 2000 Vrms por 1 minuto;
- Contatos resistentes à corrosão;
- Toda régua borne deverá ser identificada pelos “postes” de fixação da mesma e o sistema de identificação da fiação deve ser por meio de anilhas plásticas individuais, tipo: origem / destino. Não será admitido o uso de mais de um condutor por terminal e devem ser considerados bornes reservas (10%).
- Cabo de 4 fios (tento) de 4 mm².

Observações:

1. Os cabos especificados acima deverão ter as características exigidas por normas e comprovadas suas características através de laudos.
2. Nas extremidades de todos os cabos de controle e dos TCs de buchas, tanto em seu corpo como no painel dos circuitos auxiliares as suas pontas deverão estar estanhadas e deverão ser utilizados terminais do tipo olhal isolado, de acordo com a bitola dos condutores e suas pontas deverá estar acabadas com terminações contráteis.

Bornes de Conexão

- Bornes duplos tipo seccionáveis, conexão a mola, para cabos de 1,5 mm² a 2,5 mm²;
- Bornes tipo olhal para cabos de 6mm² dos circuitos de corrente;
- Bornes duplos fusíveis para cabos dos circuitos de tensão;
- Bornes com cores diferenciadas para as “linhas de trip” dos equipamentos, tipo seccionável, conexão a mola, cor azul;
- Resistência de isolamento entre terminais > 100.000 MΩ;
- Capacidade de 100 A (0,5s) nos terminais de corrente;
- Máxima tensão de trabalho de 1000 V eficaz (em todos os terminais);
- Capacidade de suportar tensão aplicada de 2000 V eficaz por 1 minuto;
- Contatos resistentes à corrosão;
- Toda régua borne deverá ser identificada pelos “postes” de fixação da mesma e o sistema de identificação da fiação deve ser por meio de anilhas plásticas individuais, tipo: origem / destino. Não será admitido o uso de mais de um condutor por terminal e devem ser considerados bornes reservas (10%).

4.15 Acabamento do Tanque, Radiadores e Demais Partes Metálicas

4.15.1 Generalidades

Todas as peças em aço carbono dos equipamentos devem ser fornecidas pintadas ou zincadas por imersão a quente.

Os procedimentos aplicáveis às superfícies de aço carbono, incluindo as da cabine de controle, são os abaixo definidos.

Deve ser escolhido um sistema de revestimento protetor, anticorrosivo, entre aqueles definidos nas normas NBR 7831, NBR 7832 ou NBR 7833, recomendado para todas as atmosferas da classificação de meios corrosivos da NBR 6181.

A tinta não pode contaminar nem ser contaminada pelo óleo.

O esquema de pintura deve ser executado de acordo com o prescrito na NBR 11388.

4.15.2 Pintura das Superfícies em Aço Carbono

Todas as superfícies a serem pintadas devem ser preparadas e pintadas de acordo com os procedimentos a seguir descritos.

4.15.2.1 Superfícies Internas do Tanque, Tampa, Conservador de Óleo, etc.

a) Preparação

Logo após a fabricação, as impurezas devem ser removidas, através de jateamento abrasivo com granalha de aço, ao metal quase branco, padrão visual Sa 2 1/2 da norma SIS 05.5900.

b) Pintura

Deve ser aplicada uma demão de poliuretano alifático isocianato ou epóxi-poliamina, na cor branca, com espessura mínima de 60 µm.

4.15.2.2 Superfícies Externas do Tanque, Tampa, Conservador de Óleo, etc.

a) Preparação

A superfície deve ser prepara conforme item 4.15.2.1.a.

b) Tinta de Fundo

Aplicar uma demão de epóxi-poliamina óxido de ferro, com espessura mínima da película 60 µm.

c) Tinta Intermediária

Aplicar uma demão de epóxi-poliamida óxido de ferro, com espessura mínima da película 70 µm.

d) Acabamento

Aplicar uma demão de poliuretano alifático com pigmento de dióxido de titânio, espessura mínima da película 80 µm, na cor branca, referência Munsell N9.5.

Espessura total, mínima, da película 210 µm.

4.15.2.3 Superfícies Internas dos Radiadores

a) Preparação

Decapagem química ou jateamento abrasivo conforme item 4.15.2.1.a.

b) Pintura

Aplicação de demão de epóxi-poliamina óxido de ferro, por enchimento e escorrimento, espessura mínima 30 µm.

4.15.2.4 Superfícies Externas dos Radiadores

a) Preparação da Superfície

Tratamento químico adequado, incluindo decapagem e desengraxamento, a seguir

fosfatização com zinco, conforme NBR 9209.

b) Tinta de Fundo

Uma ou duas demãos de epóxi-poliamina óxido de ferro, espessura mínima da película 100 µm.

c) Tinta de Acabamento

Uma demão de poliuretano alifático com pigmento de dióxido de titânio, espessura mínima da película 50 µm, na cor branca, referência Munsell N9.5.

4.15.3 Pintura de Superfícies Galvanizadas

Alternativamente os radiadores podem ser galvanizados por imersão a quente, sendo que todas as superfícies metálicas zincadas passíveis de receber pintura, devem ser preparadas de acordo com o seguinte procedimento:

a) Preparação da Superfície

Tratamento químico incluindo decapagem e desengraxamento.

b) Zincagem por imersão a quente

Espessura mínima da camada de zinco 80 µm, a seguir tratamento químico e fosfatização com fosfato de zinco ou leve jateamento.

c) Pintura de Fundo

Aplicação de demãos de epóxi isocianato óxido de ferro ou epóxi-poliamida óxido de ferro, apresentando espessura mínima da camada 50 µm.

d) Pintura de Acabamento

Aplicação de demãos de poliuretano alifático dióxido de titânio, espessura mínima 50 µm, na cor branca, referência Munsell N9.5.

4.15.4 Pintura das Partes Metálicas Energizáveis

Todas as partes metálicas energizáveis devem ser pintadas na cor vermelha, referência Munsell 5R 3.5/16.

a) Preparo da Superfície

As superfícies das partes metálicas devem receber tratamento químico e, se necessário, aplicação de pintura de fundo adequada.

b) Pintura de Acabamento

Aplicação de demãos de esmalte epóxi-poliamida, com espessura mínima 50 µm.

4.15.5 Verificação do Processo de Pintura

As espessuras de camada anteriormente referidas são com a película seca e devem ser medidas de acordo com as prescrições da NBR 10443 ou ASTM D1186.

A aderência da camada de tinta das superfícies pintadas será verificada de acordo com as prescrições da NBR 11003.

O grau de aderência requerido para a pintura das superfícies em aço carbono deve ser grade zero (GRO) e para as superfícies não ferrosas será aceito até grade um (GR1).

4.15.6 Zincagem

A zincagem por imersão a quente sobre chapas, partes roscadas, parafusos, porcas, arruelas, contra-porcas deve ser executada de acordo com o prescrito na NBR 6323 e os respectivos ensaios conforme NBR 7397, NBR 7398, NBR 7399 e NBR 7400.

4.15.7 Outros Procedimentos

Todas as superfícies usinadas, onde não se aplica pintura, devem ser transportadas e armazenadas cobertas de graxa ou de outra proteção antioxidante facilmente removível, antes da montagem, por um solvente comercial adequado.

4.15.8 Retoques

Os veículos, tanto das tintas de fundo quanto das de acabamento, devem ser do tipo cuja polimerização, para eventuais retoques no campo, não necessite do uso de aparelhagem e materiais especiais, tais como aquecedores, preparados químicos, etc.

Devem ser fornecidos, no mínimo, três litros de tinta, por unidade, do mesmo tipo da usada em fábrica, para eventual reparo e manutenção em campo.

O fornecedor deve dar especial atenção à aderência da tinta usada para retoques.

4.16 Componentes Padronizados

Com a finalidade de padronizar pequenos componentes acessórios e reduzir o número de peças de reserva a serem mantidas em estoque, o fornecedor deve considerar que:

- as lâmpadas devem usar base com rosca E27, exceto no caso de lâmpadas especiais de sinalização;
- as tomadas devem ser do tipo universal 2 pólos + terra, 220 V, 10 A;
- as proteções deverão ser por meio de disjuntor termomagnético com características e especificação adequadas para a função.

4.17 Óleo Isolante

Cada equipamento deve ser fornecido com o óleo necessário para o enchimento inicial, acrescido de 10%. O óleo deve ser embarcado em tambores de aço não retornáveis, lacrados, contendo cada um descrição para identificar o equipamento no qual será utilizado.

O custo do óleo deve ser incluído no preço cotado para o equipamento.

O óleo isolante a ser fornecido deve ser do tipo derivado de refinação ácida de óleo cru de base naftênica, com características que devem se enquadrar nas normas da

4.17.1 Fornecimento de Sensor de Gás e Umidade do óleo isolante

O mesmo tem por objetivo acompanhar e preservar a vida útil do transformador, ao detectar e monitorar o aumento de gás no óleo do tanque principal do transformador, para detecção de defeitos em evolução em estágio inicial, e monitorar a contaminação do óleo isolante por umidade, evitando a aceleração do envelhecimento. Deverá atender as seguintes características mínimas:

- Medição da concentração de hidrogênio (H₂) dissolvido no óleo na faixa de 0 a 2000ppm;
- Medição de saturação relativa de água no óleo de 0 a 100% e temperatura do óleo associada;
- Cálculo do teor de água dissolvida no óleo isolante em ppm, com constantes de solubilidade de água no óleo programáveis pelo usuário;
- Cálculo do teor de água convertido a 20 °C;
- Cálculo da saturação relativa convertida para uma temperatura de referência programada pelo usuário;
- Cálculo das tendências de evolução da concentração de H₂ e do teor de água, em ppm/dia, com extrapolação do tempo restante em dias para alcançar os níveis de alarme;
- A medição de H₂ não deve sofrer influência de outros gases presentes no óleo, incluindo monóxido de carbono, metano e outros, para evitar que níveis elevados desses outros gases mascarem elevações na concentração de H₂;
- Deverá suportar sem danos vácuo pleno e pressão positiva de 0,1 MPa na conexão ao óleo;
- Considerando que a válvula de drenagem deve permanecer livre para conexão de máquina de tratamento de óleo, o sensor não poderá ser instalado na mesma;
- A conexão do sensor ao tanque do transformador deverá ser feita em uma única abertura ou válvula. Não é aceita a utilização de mais de uma válvula e nem o emprego de tubulações de óleo interligando o sensor à válvula no tanque do transformador;
- Essa conexão do sensor ao tanque do transformador deverá ser feita de preferência como segue na foto, ou seja, com a adaptação da válvula específica para esse sensor em umas das tubulações dos radiadores;
- Display e teclado locais para indicação de medições e parametrização;
- Mínimo de três relés de alarme e duas saídas em loop de corrente mA programáveis;

- Tomada e plug multipolares no corpo do sensor para facilitar as conexões elétricas;
- Consumo de potência na alimentação auxiliar inferior a 10 W, a fim de não sobrecarregar o sistema auxiliar de corrente contínua da subestação;

5. CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

5.1 Requisitos Gerais

Todos os transformadores ou autotransformadores de potência devem ser isolados em óleo mineral naftênico, adequados para instalação ao tempo, e projetados para a frequência nominal 60 Hz. O neutro de todos os equipamentos será sempre diretamente aterrado.

Os requisitos gerais quanto aos níveis de isolamento para os enrolamentos e buchas dos terminais de linha e de neutro, referidos a tensões aplicadas e induzidas, encontram-se estabelecidos nas Tabelas 1 e 2.

Os transformadores devem ser projetados para que sejam utilizados de modo a permitir operação contínua em qualquer tensão de derivação, com potência nominal, com uma elevação de temperatura do enrolamento de 55°C, determinada pelo método da variação de resistência, sobre 30°C de média diária ou 40°C de temperatura máxima ambiente, de acordo com a NBR 5356-2. A elevação de temperatura do ponto mais quente do enrolamento, na condição acima citada, não deve exceder 65°C.

O proponente deve declarar a potência máxima contínua do transformador, sem qualquer redução de sua expectativa de vida, quando o mesmo for previsto para operar com uma elevação de temperatura de 55°C, conforme NBR 5416.

5.2 Faixas de Variação dos Comutadores de Derivação

As faixas de variação dos comutadores de derivação devem obedecer aos critérios a seguir estabelecidos. Os comutadores devem ser instalados sempre no lado da tensão mais alta do equipamento.

a) Comutador de derivações fixas, sem tensão (AC)

Tensão nominal do enrolamento 34,5, 69 ou 138 kV: + 5%, - 10%, em degraus de 2,5% (+ 2 x 2,5%, - 4 x 2,5%).

b) Comutador de derivações em carga (CDC)

Tensão nominal do enrolamento 69 kV: + 5% - 15%, degraus de 1,25% (+ 4 x 1,25%, - 12 x 1,25%).

Tensão nominal do enrolamento 138 ou 230 kV: + 5% - 15%, degraus de 0,625% (+ 8 x 0,625%, - 24 x 0,625%).

5.3 Transformadores de Corrente

Os transformadores devem ter nas buchas de BT além dos TCs para proteção, o seguinte:

- 1 TC para compensação de queda da linha (bucha X1);
- 1 TC para imagem térmica (bucha X2);
- 1 TC para proteção do comutador por sobrecorrente (bucha X3).

Os transformadores de corrente, para as buchas, a serem utilizados para proteção do CDC, compensação de queda na linha (onde aplicável) e para imagem térmica, devem ser especificados pelo fornecedor. As relações nominais dos TCs para proteção são as constantes da Tabela 4.

5.3.1 Classes de Exatidão de TCs para Serviço de Proteção

Tensão nominal do enrolamento até 34,5 kV (inclusive):

- RTC \leq 300-5 A: 10B200;
- 300-5 A < RTC \leq 600-5 A: 10B400;
- RTC > 600-5 A: 10B800.

Tensão nominal do enrolamento 69 kV:

- RTC \leq 300-5 A: 10B200;
- 300-5 A < RTC \leq 600-5 A: 10B400;
- RTC > 600-5 A: 10B800

Tensão nominal do enrolamento acima de 69 kV:

- RTC \leq 600-5 A: 10B400;
- RTC > 600-5 A: 10B800.

5.4 Requisitos Específicos

São apresentadas nas Tabelas 3 e 4 as características particulares de cada um dos equipamentos constantes do escopo desta norma.

As identificações relativas aos tipos de resfriamento, isolamento dos enrolamentos, deslocamento angular, ligações e de comutador, são definidas nas normas NBR 5356 e NBR 9368.

Os equipamentos e seus componentes devem ser projetados para suportar, sem danos, os esforços eletromecânicos decorrentes do efeito das correntes de curto-circuito a que poderão estar sujeitos. Para o projeto e construção devem ser seguidas as recomendações e demais considerações indicadas na NBR 5356-5, relativas às correntes de curto-circuito suportáveis.

Para os casos em que as correntes sejam superiores a tais valores, a CELG GT informará os valores correspondentes.

A potência do terciário dos equipamentos tensões nominais 138 e 230 kV deve ser definida pelo fornecedor, devendo situar-se numa faixa entre 1/5 e 1/3 da potência do enrolamento primário do respectivo equipamento, sendo o valor preferencial 1/5.

5.5 Tolerâncias

As seguintes tolerâncias serão admitidas para os valores garantidos pelo fornecedor em sua proposta:

- relação de tensões: - 0,5;
- perdas em vazio: + 10,0%;
- perdas totais: + 6,0%;
- corrente de excitação: + 20%;
- impedância de curto-circuito: conforme NBR 5356-1.

No caso de aquisição de duas ou mais unidades de mesmo projeto sob a mesma encomenda, a média aritmética das perdas em vazio, totais e correntes de excitação, de todas as unidades, deve ser zero.

Nenhuma tolerância é admitida para valores de potência inferiores aos nominais, bem como para elevações de temperatura superiores aos valores especificados, à tensão e frequência nominais.

5.6 Corrente de Excitação

A corrente de excitação não deve exceder doze vezes sua componente ativa, com excitação senoidal, na tensão e frequência nominais.

6. INSPEÇÃO E ENSAIOS

6.1 Generalidades

- a) Os transformadores devem ser submetidos a inspeção e ensaios na fábrica e no campo, de acordo com esta norma e com as normas da ABNT aplicáveis, na presença de inspetores credenciados pela CELG GT.
- b) A CELG GT reserva-se o direito de inspecionar e testar os transformadores e o material utilizado durante o período de sua fabricação, antes do embarque ou a qualquer tempo em que julgar necessário. O fabricante deve proporcionar livre acesso do inspetor aos laboratórios e às instalações onde o equipamento em questão estiver sendo fabricado, fornecendo-lhe as informações solicitadas e realizando os ensaios necessários. O inspetor poderá exigir certificados de procedências de matérias primas e componentes, além de fichas e relatórios internos de controle.
- c) O fornecedor deve apresentar, para aprovação da CELG GT, o seu Plano de Inspeção e Testes, onde devem ser indicados os requisitos de controle de qualidade para utilização de matérias primas, componentes e acessórios de fornecimento de terceiros, assim como as normas técnicas empregadas na fabricação e inspeção dos equipamentos.
- d) Certificados de ensaio de tipo para equipamento de características similares ao especificado, porém aplicáveis, podem ser aceitos desde que a CELG GT considere que tais dados comprovem que o equipamento proposto atende ao especificado.
Os dados de ensaios devem ser completos, com todas as informações necessárias, tais como métodos, instrumentos e constantes usadas e indicar claramente as datas nas quais os mesmos foram executados. A decisão final, quanto à aceitação dos dados de ensaios de tipo existentes, será tomada posteriormente pela CELG GT, em função da análise dos respectivos relatórios. A eventual dispensa destes ensaios somente terá validade por escrito.
- e) O fabricante deve dispor de pessoal e de aparelhagem, próprios ou contratados, necessários à execução dos ensaios (em caso de contratação deve haver aprovação prévia por parte da CELG GT).
- f) O fabricante deve assegurar ao inspetor da CELG GT o direito de familiarizar-se, em detalhes, com as instalações e os equipamentos a serem utilizados, estudar todas as instruções e desenhos, verificar calibrações, presenciar ensaios, conferir resultados e, em caso de dúvida, efetuar novas inspeções e exigir a repetição de qualquer ensaio.
- g) Todos os instrumentos e aparelhos de medição, máquinas de ensaios, etc., devem ter certificado de aferição emitido por instituições acreditadas pelo INMETRO, válidos por um período máximo de um ano. Por ocasião da inspeção, devem estar ainda dentro deste período, podendo acarretar desqualificação do laboratório o não cumprimento dessa exigência.
- h) A aceitação dos equipamentos e/ou a dispensa de execução de qualquer ensaio:

- não exime o fabricante da responsabilidade de fornecê-lo de acordo com os requisitos desta norma;
- não invalida qualquer reclamação posterior da CELG GT a respeito da qualidade do material e/ou da fabricação.

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

- i) Após a inspeção dos transformadores, o fabricante deve encaminhar à CELG GT, por lote ensaiado, um relatório completo dos ensaios efetuados, incluindo oscilogramas, em três vias, devidamente assinado por ele e pelo inspetor credenciado pela concessionária.
Esse relatório deverá conter todas as informações necessárias para o seu completo entendimento, tais como: métodos, instrumentos, constantes e valores utilizados nos ensaios e os resultados obtidos.
- j) Todas as unidades de produto rejeitadas, pertencentes a um lote aceito, devem ser substituídas por unidades novas e perfeitas, por conta do fabricante, sem ônus para a CELG GT.
- k) Nenhuma modificação no transformador deve ser feita "a posteriori" pelo fabricante sem a aprovação da CELG GT. No caso de alguma alteração, o fabricante deve realizar todos os ensaios de tipo, na presença do inspetor da CELG GT, sem qualquer custo adicional.
- l) O custo dos ensaios deve ser por conta do fabricante.
- m) A CELG GT reserva-se o direito de exigir a repetição de ensaios em transformadores já aprovados. Neste caso, as despesas serão de sua responsabilidade se as unidades ensaiadas forem aprovadas na segunda inspeção, caso contrário correrão por conta do fabricante.
- n) Os custos da visita do inspetor da CELG GT (locomoção, hospedagem, alimentação, homem-hora e administrativos) correrão por conta do fabricante se:
 - na data indicada na solicitação de inspeção o equipamento não estiver pronto;
 - o laboratório de ensaio não atender às exigências de 6.1.e até 6.1.f;
 - o material fornecido necessitar de acompanhamento de fabricação ou inspeção final em subfornecedor, contratado pelo fornecedor, em localidade diferente da sua sede;
 - o material necessitar de reinspeção por motivo de recusa;
 - os ensaios de recebimento forem efetuados fora do território brasileiro.

6.2 Ensaios de Recebimento

O equipamento, completamente montado, deve ser submetido aos ensaios de recebimento, abaixo relacionados, de acordo com a NBR 5356, sendo aplicáveis também, as normas NBR 5034, NBR 6821 e NBR 7277.

Para o ensaio de fator de potência do isolamento de transformadores novos consideram-se como aceitáveis valores inferiores a 0,5%.

Duas amostras de óleo para cromatografia devem ser coletadas antes de todos os ensaios. Após os mesmos, este procedimento deve ser repetido e os resultados inicial e final comparados, não devendo ser obtidas quaisquer variações significativas. Alterações nos resultados devem ser discutidas entre CELG GT e fabricante. Todos esses ensaios devem ser executados de acordo com a NBR 7070.

Para transformadores com tensões nominais 69 kV e acima devem ser colhidas amostras do papel isolante, após o processo de secagem, na presença do inspetor da CELG GT, as quais devem ser submetidas ao ensaio de grau de polimerização (GP). As amostras devem ser de papel Kraft, não sendo aceitas de papel crepado, sendo os valores comparados aos de grau de polimerização (GP) do papel novo. O valor mínimo de grau de polimerização (GP), admitido após secagem, não deve ser inferior a 1000.

Para todos os transformadores com tensões nominais iguais ou superiores a 34,5 kV, o ensaio de elevação de temperatura deve ser executado em todas as unidades e em todos os estágios de arrefecimento.

Deve ser fornecido memorial de cálculo específico para o transformador ensaiado, informando os valores calculados de projeto para:

- a) elevação de temperatura do topo do óleo sobre o ambiente;
- b) elevação de temperatura dos enrolamentos sobre o topo do óleo;
- c) elevação de temperatura do ponto mais quente dos enrolamentos sobre o topo do óleo.

As temperaturas dos itens "a", "b" e "c" acima citados devem ser fornecidas para todos os estágios de arrefecimento e para as seguintes situações, onde for aplicável:

- situação 1: transformador com todos os ventiladores funcionando;
situação 2: transformador com um radiador fechado e um ventilador desligado;
situação 3: transformador com dois radiadores fechados e dois ventiladores desligados;
situação 4: transformador com três radiadores fechados e três ventiladores desligados.

Para os transformadores com tensão nominal 34,5 kV e acima o ensaio de impulso é considerado como de recebimento devendo ser executado em todas as unidades componentes do lote.

Caso haja resistores não lineares ou varistores em paralelo com algum dos enrolamentos ou parte dos mesmos, e esses possam provocar eventuais distorções nas curvas de resposta, deve ficar claramente demonstrado nos ensaios que tais fatos são devido exclusivamente à presença desses dispositivos e não por falha dos enrolamentos.

Os ensaios de recebimento são os seguintes:

- resistência elétrica dos enrolamentos;
- relação de tensões;

- resistência de isolamento;
- polaridade;
- deslocamento angular e sequência de fases;
- perdas em vazio e em carga;
- corrente de excitação;
- tensão de curto-circuito;
- elevação de temperatura;
- fator de potência do isolamento;
- ensaios dielétricos:
 - tensão suportável nominal à frequência industrial;
 - tensão suportável nominal de impulso atmosférico;
 - tensão induzida para transformadores com tensão máxima ≤ 245 kV;
 - tensão suportável nominal de impulso de manobra para transformadores com tensão máxima igual a 245 kV;
 - tensão induzida de longa duração, com medição de descargas parciais, para transformadores com tensão máxima $\geq 72,5$ kV;
 - tensão suportável nominal à frequência industrial, aplicada à fiação e aos acessórios;
- estanqueidade e resistência à pressão, à temperatura ambiente;
- grau de polimerização;
- ensaios no óleo isolante:
 - cromatografia antes do primeiro e após o último ensaio;
 - rigidez dielétrica;
 - fator de potência a 100°C;
 - índice de neutralização;
 - tensão interfacial;
 - teor de água;
- verificação do funcionamento dos acessórios: todos os equipamentos e acessórios auxiliares, tais como, aquecedores, termostatos, tomadas, calibradores de óleo, termômetros e outros, devem ser submetidos a um ensaio operacional para assegurar a coordenação de funcionamento própria;
- ensaio dos transformadores de corrente de bucha:
- ensaio de relação:
 - cada transformador de corrente deve ser ensaiado em todas as posições de tap, aproximadamente no valor de corrente nominal, para o enrolamento do transformador de potência associado, após a sua instalação;
 - as correntes atuais do primário e secundário devem ser registradas;
 - ensaio de polaridade: a polaridade de cada transformador de corrente deve ser ensaiada e registrada, com o método do golpe indutivo, após a instalação;
- curva de saturação:
 - a curva de saturação de cada transformador de corrente de bucha deve ser tomada antes da montagem no tanque do transformador;
 - adicionalmente, três pontos de verificação próximo ao joelho de saturação devem ser tomados para cada transformador de corrente após a montagem no transformador, com a tampa deste montada;
 - os pontos de verificação não devem desviar mais que 10% dos valores ensaiados originalmente;
 - ensaio do isolamento: todos os transformadores de corrente e enrolamentos associados devem ser submetidos ao ensaio de isolamento através da aplicação de uma tensão de 2500 V, 60 Hz, durante um minuto;

- devem ser fornecidas cópias de todos os resultados dos ensaios dos transformadores de corrente de bucha, incluindo a curva de saturação;
- todos os transformadores de corrente devem possuir numeração de série de fabricação, devendo o fabricante fornecer os respectivos registros de localização.

Nota: Ensaios de Relação/Saturação/Polaridade/ Resistência ôhmica dos TCs, deverão ser realizados também após sua montagem no transformador.

6.3 Ensaios de Tipo e Especiais

Os ensaios de tipo para transformadores e autotransformadores são os seguintes:

- nível de ruído;
- nível de tensão de radiointerferência;
- curto-circuito, na impossibilidade de se executar este ensaio deve ser fornecido o memorial de cálculo demonstrando a capacidade do equipamento de suportar os efeitos térmicos e dinâmicos de curtos-circuitos;
- medição de impedância de sequência zero nos transformadores trifásicos;
- medição de harmônicas na corrente de excitação;
- medição da potência absorvida pelos motores do sistema de resfriamento;
- descargas parciais;
- vácuo interno.

Todos os ensaios relacionados acima devem ser executados em todas as unidades do fornecimento.

6.4 Levantamento da Curva de Saturação

O fornecedor deve apresentar a curva de saturação esperada, de acordo com os cálculos de projeto.

6.5 Relatórios de Ensaios

Imediatamente após a realização de cada um dos ensaios solicitados pela CELG GT, o fabricante deve emitir uma cópia dos respectivos relatórios contendo os resultados obtidos.

No prazo máximo de quinze dias após a execução dos ensaios, devem ser fornecidas à concessionária, três cópias encadernadas do relatório final, o qual deve apresentar os relatórios certificados de todos os ensaios individuais inicialmente emitidos para cada unidade.

O seguintes dados e características abaixo mencionados, relativos a cada unidade ensaiada, devem ser claramente identificados nos relatórios certificados:

- a) classificação;
- b) número de série;
- c) data do ensaio e nome do responsável pela execução do mesmo;
- d) descrição do equipamento de ensaio e desempenho, a qual deve ser legível e auto-explicativa, de tal modo que, as condições de ensaio registradas possam ser

- duplicadas posteriormente sem dificuldade;
- e) amostra computacional, quando necessária;
- f) curvas mostrando relações das quantidades ensaiadas;
- g) tabulação dos dados e resultados dos ensaios;
- h) comparação dos resultados do ensaio com valores garantidos e explanação dos desvios;
- i) o relatório de ensaio deve registrar a capacitância shunt para a terra, para cada terminal do transformador, incluindo capacitância de bucha.

Os registros das condições de realização dos ensaios devem ser mantidos de forma que qualquer um possa ser repetido sob condições idênticas ou próximas.

Todos os ensaios de impulso devem ser registrados em ordem numérica de execução e os oscilogramas marcados na ordem de execução.

Diagramas mostrando as conexões de ensaio e valores dos componentes devem ser incluídos nos relatórios de ensaio do fabricante e disponíveis para consulta quando solicitado pela CELG GT.

Os oscilogramas do ensaio de impulso deverão ser fornecidos juntamente com os relatórios finais.

6.6 Ensaios de Campo

Os ensaios listados a seguir serão realizados, no local de instalação do transformador, antes da energização. Para esses ensaios, bem como para colocação dos equipamentos em serviço, o fornecedor deve (quando requerido) providenciar apenas a supervisão, ficando a cargo da CELG GT prever os instrumentos e o pessoal necessário à execução dos serviços.

6.6.1 Buchas:

- capacitância (para equipamentos com tensão nominal 69 kV e acima);
- fator de potência.

6.6.2 Transformador ou Autotransformador:

- estanqueidade;
- medição da resistência ôhmica dos enrolamentos;
- relação de tensões;
- resistência do isolamento;
- fator de potência do isolamento.

6.6.3 Transformador de Corrente de Bucha:

- resistência de isolamento;
- relação em todas as derivações;
- polaridade;
- medição da resistência plena do enrolamento secundário;
- verificação de três pontos da curva de saturação.

6.6.4 Óleo Isolante:

- rigidez dielétrica;

- fator de perdas dielétricas ou fator de dissipação;
- índice de neutralização;
- análise cromatográfica;
- tensão interfacial;
- teor de água.

6.6.5 Dispositivos de Supervisão e Proteção:

- calibração dos instrumentos indicadores e dos contatos dos dispositivos de proteção;
- verificação do funcionamento dos motores e da proteção dos mesmos;
- ensaio de isolamento dos enrolamentos dos motores dos ventiladores e do comutador de derivações em carga (se utilizados);
- ensaio de resistência de isolamento de toda a fiação das caixas de controle.

6.7 Falhas em Ensaios

Qualquer dúvida durante um ensaio, que resulte em uma retirada total ou parcial do óleo isolante, para inspeção no interior do tanque, justificará uma repetição do ensaio interrompido ou, pelo menos, a critério da CELG GT, a execução de um ensaio de tensão induzida e aplicada e medição de descargas parciais.

Em caso de falha do dielétrico durante um ensaio, todos os ensaios dielétricos devem ser repetidos, inclusive o de impulso atmosférico de onda cortada, tão logo a falha seja localizada e corrigida.

Dentro de dez dias após a ocorrência de falha em uma unidade o fornecedor deve enviar à CELG GT um relatório indicando a natureza da mesma, suas possíveis causas, as medidas adotadas para saná-las, bem como, eventuais atrasos nas datas de entrega.

No caso de repetição da falha, o inspetor da CELG GT deve ter acesso às instalações do fornecedor, desenhos, cálculos, resultados de ensaios em protótipo e quaisquer outras informações que possa utilizar para orientação.

7. AVALIAÇÃO DE PERDAS E PENALIDADES

7.1 Avaliação de Perdas no Cobre e no Ferro

Para fins de avaliação de perdas e comparação de propostas, a CELG GT utilizará os resultados encontrados pela aplicação da seguinte fórmula:

$$C = K1 \cdot K2 \cdot (Pf + F1 \cdot Pc) + K1 \cdot K3 \cdot (Pf + F2 \cdot Pc)$$

onde:

C = Custo procurado (em Reais)

K1 = Taxa em US\$ na época da análise

K2 = 2.237,4 (custo atual de substituição, em dólar, da energia correspondente a 1 kW durante 20 anos).

K3 = 510,8 (custo atual de substituição, em dólar, de 1 kW de ponta durante 20 anos).

F1 = 0,468 (fator de perda referente ao carregamento médio).

F2 = 1,0 (fator de perda referente ao carregamento de ponta).

Pf = perda no ferro, à tensão nominal, valor garantido (kW).

Pc = perda no cobre + perdas em carga adicionais, à corrente nominal, valor garantido (kW), base ONAF (no último estágio de ventilação forçada).

7.2 Penalidades por Desempenho Inferior ao Garantido

Perdas

a) Para cada 1,5% (um e meio por cento) de perdas totais, ou fração disto, medidas a plena carga, nas tensões nominais à frequência nominal, acima do valor garantido contratualmente, o fornecedor pagará à CELG GT uma multa equivalente a 1% (um por cento) do preço cotado para a unidade completa, acrescido dos encargos financeiros e dos reajustes de preço, quando houver.

b) Elevação de Temperatura

Caso a elevação de temperatura medida no equipamento seja maior que a especificada, reduzindo a potência nominal abaixo do valor garantido, a CELG GT reserva-se o direito de rejeitar o equipamento.

Poderá, contudo, ser considerada a aceitação desde que a capacidade seja no mínimo 95% do valor nominal especificado. Nesse caso, o fornecedor deve pagar à CELG GT uma compensação financeira pela redução de potência de 2% (dois por cento) do preço cotado da unidade para cada 1% (um por cento) ou fração disto, da perda de capacidade nominal.

A penalidade acima aplicar-se-á a todos os equipamentos ainda que o ensaio tenha sido realizado em uma única unidade. Caso o fornecedor queira realizar os ensaios em outros equipamentos, esses serão feitos às suas expensas e sua realização em hipótese alguma poderá dar razão para alterações nos prazos contratuais de entrega.

c) A CELG GT, em hipótese alguma, pagará ao fornecedor prêmio por eficiência e potência, medidas ou calculadas, superiores às garantidas no CFM e na proposta.

8. PROVISÕES TÉCNICAS PARA TRANSPORTE E ARMAZENAGEM

Equipamentos com potência igual ou inferior a 6,25 MVA devem ser embarcados preenchidos com óleo isolante, de maneira que a parte ativa esteja sempre imersa no óleo, aqueles com potência superior à anteriormente referida devem ser embarcados sem óleo isolante. Em ambos os casos devem ser preenchidos com nitrogênio ou ar seco, mantido sob pressão de 0,2 kgf/cm², de forma a assegurar que variações de temperatura que venham a ocorrer durante o transporte não resultem em pressões negativas no interior do tanque do equipamento em relação à atmosfera.

O conservador de óleo e os radiadores devem ser desmontados e transportados separadamente, completamente vedados com flanges metálicos e anéis de vedação, convenientemente embalados em engradado de madeira.

Buchas com tensões nominais 13,8 e 34,5 kV podem ser, a critério do fabricante do transformador e seguindo recomendações do fabricante das mesmas, serem transportadas montadas no próprio transformador. Nesse caso, devem ser adequadamente protegidas contra choques com galhos de árvores, pedras ou outros obstáculos que possam vir a danificá-las.

Buchas com tensão nominal superior a 34,5 kV devem ser desmontadas e transportadas separadamente, devidamente acondicionadas, observando-se as recomendações do fabricante destas, para transporte.

Deve ser previsto um manômetro para indicação da pressão interna do tanque, com dois ponteiros, um para indicar a mínima alcançada, que deve permanecer fixo independentemente de qualquer acréscimo subsequente na mesma, e outro para indicar a pressão real no interior do tanque.

Esse manômetro deve ser acondicionado em uma caixa metálica protetora, dotada de visor que permita a leitura das indicações dos ponteiros sem violação do invólucro.

Tanto para transporte quanto armazenagem, o sistema de monitoramento da pressão do tanque principal deve atuar de forma que em caso de perda desta, a reposição de nitrogênio ou ar seco ocorra de forma automática, sem necessidade de intervenção de um operador. Uma quantidade suficiente de nitrogênio ou ar seco de reserva, deve ser fornecida para eventual reposição, em caso de perda de pressão.

Antes da instalação do transformador, devem ser anotadas as leituras da pressão atual e da mínima atingida durante o transporte, para que seja assegurado que não houve entrada de umidade no tanque.

O indicador de pressão e as garrafas usadas para transporte devem estar incluídos no fornecimento e passarão a ser propriedade da CELG GT.

Em equipamento com potência igual ou superior a 6,25 MVA devem ser instalados, para o transporte, medidores de impacto. Esses medidores, fornecidos pelo fabricante, visam registrar a intensidade de impactos em todas as direções.

O fornecedor deve declarar os valores limites suportáveis de impacto para cada uma das direções. Essa declaração deve estar junto ao registrador de impacto.

Todas as partes salientes, tais como: válvulas, bocais, caixas terminais e tubulações devem ser firmemente fixadas ao tanque e protegidas por pranchas de madeira, onde necessário.

Os secundários dos transformadores de corrente devem ser curto-circuitados e aterrados nos blocos terminais.

Todas as partes integrantes do transformador devem ser providas de embalagens apropriadas para proteger o conteúdo contra danos durante o transporte, desde a fábrica até o local de montagem, sob condições que envolvam embarques, desembarques e transporte por rodovias não pavimentadas e/ou por via marítima/fluvial.

As embalagens devem ser adequadas para armazenagem ao tempo, por período de, no mínimo, um ano e manter-se em condições para um novo transporte nas mesmas situações citadas anteriormente.

O fornecedor deve julgar a adequação dos seus métodos de embalagem para atender às condições mínimas estabelecidas acima, independentemente da aprovação dos desenhos e inspeção pela CELG GT e será o único responsável pela integridade dos equipamentos e acessórios.

Os métodos empregados para embalar, transportar e armazenar os equipamentos e acessórios devem ser informados na proposta, sobretudo quando for previsto o transporte dos equipamentos montados e com óleo isolante.

9. **PROVISÕES TÉCNICAS PARA MONTAGEM, ENSAIOS DE CAMPO E OPERAÇÃO INICIAL**

Durante a instalação devem ser observados os procedimentos para a execução dos trabalhos de montagem, ensaios de campo e energização do equipamento.

Quando requerido, o fornecedor será responsável pela supervisão de todas as tarefas que serão executadas para montagem do equipamento. Para tanto deve providenciar um ou mais engenheiros ou supervisores, com conhecimento técnico do equipamento em questão.

Serão feitos pela CELG GT ensaios de recebimento no equipamento, conforme item 6.2. Os resultados desses ensaios devem corresponder àqueles obtidos na fábrica.

Se houver diferença que evidencie a necessidade de reparos no equipamento ou acessórios, os custos dos mesmos e do transporte devido à rejeição nos ensaios de campo correrão por conta do fornecedor.

Para a realização dos trabalhos de supervisão o fornecedor deve seguir o cronograma de montagem, a ser estabelecido de comum acordo com a CELG GT.

ANEXO A - TABELAS
TABELA 1
NÍVEIS DE ISOLAMENTO PARA OS ENROLAMENTOS

| Tensão nominal do enrolamento (kVef) | Tensão máxima do enrolamento (kVef) | Terminais de linha | | | | | Terminal de neutro | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------|------------------------|---|-------------------------------------|--------------------------------|
| | | Tensão suportável nominal de | | | Tensão induzida (kVef) | Tensão induzida de longa duração (kVef) | Tensão suportável nominal | |
| | | impulso atmosférico pleno (kVcr) | impulso atmosférico cortado (kVcr) | impulso de manobra (kVcr) | | | de impulso atmosférico pleno (kVcr) | à frequência industrial (kVef) |
| 13,8 | 15 | 110 | 121 | - | 34 | - | 110 | 34 |
| 34,5 | 36,2 | 170 | 187 | - | 70 | - | | |
| 69 | 72,5 | 350 | 385 | - | 140 | 140 | | |
| 138 | 145 | 550 | 605 | - | 230 | 230 | 170 | 70 |
| 230 | 245 | 950 | 1045 | 850 | 395 | 395 | | |

TABELA 2
NÍVEIS DE ISOLAMENTO PARA AS BUCHAS

| Tensão máxima do equipamento (kVef) | Terminal de linha | | Terminais de neutro | |
|-------------------------------------|---|--------------------------------|---|--------------------------------|
| | Tensão suportável nominal | | Tensão suportável nominal | |
| | de impulso atmosférico pleno (kVcrista) | à frequência industrial (kVef) | de impulso atmosférico pleno (kVcrista) | à frequência industrial (kVef) |
| 15 | 110 | 34 | 110 | 34 |
| 36,2 | 170 | 70 | | |
| 72,5 | 350 | 140 | | |
| 145 | 550 | 230 | 170 | 70 |
| 245 | 950 | 395 | | |

TABELA 3
TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA - CARACTERÍSTICAS

| Tensão nominal (kVef) | Nº de fases | Potência nominal a 55°C (MVA) | Tipo de resfriamento | Tipo de comutador | Tipo de isolamento dos enrolamentos | Deslocamento angular e ligações | Impedância a 75°C | | | Perdas máximas* a 75°C (W) | |
|-----------------------|--------------|-------------------------------|----------------------|-------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------|------|--------|----------------------------|--------------------|
| | | | | | | | AT BT | AT T | BT T | Perdas em vazio (P0) | Perdas Totais (PT) |
| 34,5/13,8 | 3 | 2,5 | A | AC | Unif-Prog | Dynl | 5,0 | - | - | 3.106 | 24.903 |
| 34,5/13,8 | | 3,75 | A | AC | Unif-Prog | Dynl | 6,0 | - | - | 5.222 | 28.588 |
| 34,5/13,8 | | 5/6,25 | B | AC | Prog-Unif | YNdl | 7,0 | - | - | 7.586 | 44.170 |
| 34,5/13,8 | | 5/6,25 | B | AC | Unif-Prog | Dynl | 7,0 | - | - | 7.586 | 44.170 |
| 34,5/13,8 | | 7,5/9,375 | B | AC | Unif-Prog | Dynl | 8,0 | - | - | 10.205 | 62.388 |
| 69/6,9 | | 7,5/9,375 | B | AC | Prog-Unif | YNdl | 7,3 | - | - | 10.205 | 62.388 |
| 69/13,8 | | 2,5 | A | AC | Unif-Prog | Dynl | 7,0 | - | - | 3.106 | 24.903 |
| 69/13,8 | | 5/6,25 | B | CDC | Unif-Prog | Dynl | 7,0 | - | - | 7.586 | 44.170 |
| 69/13,8 | | 5/6,25 | B | AC | Unif-Prog | Dynl | 7,0 | - | - | 7.586 | 44.170 |
| 69/13,8 | | 10/12,5 | B | AC | Prog-Unif | YNdl | 7,0 | - | - | 12.594 | 79.710 |
| 69/13,8 | | 10/12,5 | B | CDC | Unif-Prog | Dynl | 7,0 | - | - | 12.594 | 79.710 |
| 69/13,8 | | 15/20 | B | CDC | Unif-Prog | Dynl | 7,0 | - | - | 17.759 | 118.948 |
| 69/34,5 | | 5/6,25 | B | CDC | Unif-Prog | Dynl | 7,0 | - | - | 7.586 | 44.170 |
| 69/34,5 | | 5/6,25 | B | AC | Unif-Prog | Dynl | 7,0 | - | - | 7.586 | 44.170 |
| 69/34,5 | | 10/12,5 | B | CDC | Unif-Prog | Dynl | 7,0 | - | - | 12.594 | 79.710 |
| 69/34,5 | | 15/20 | B | CDC | Unif-Prog | Dynl | 7,0 | - | - | 17.759 | 118.948 |
| 138/13,8 | | 15/20/25 | C | CDC | Prog-Prog | YNyn0 | 6,0 | - | - | 20.907 | 143.844 |
| 138/13,8 | | 15/20/25 | C | CDC | Unif-Prog | Dynl | 6,0 | - | - | 20.907 | 143.844 |
| 138/13,8 | | 20/26,6/33,3 | C | CDC | Unif-Prog | Dynl | 8,0 | - | - | 25.783 | 183.624 |
| 138/13,8 | | 20/26,6/33,3 | C | CDC | Prog-Prog | YNyn0 | 8,0 | - | - | 25.783 | 183.624 |
| 138/34,5 | 10/12,5 | B | CDC | Unif-Prog | Dynl | 8,0 | - | - | 12.594 | 79.710 | |
| 138/34,5 | 15/20 | B | CDC | Unif-Prog | Dynl | 6,0 | - | - | 17.759 | 118.948 | |
| 138/34,5 | 20/26,6/33,3 | C | CDC | Unif-Prog | Dynl | 8,0 | - | - | 25.783 | 183.624 | |
| 230/69/13,8 | 30/40/50 | C | CDC | Prog-Prog-Unif | YNyn0dl | 6,0 | - | - | 34.707 | 259.582 | |
| 230/√3 / 69/√3 / 13,8 | 1 | 10/13,3/16,67 | C | CDC | Prog-Prog-Unif | - | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 15.545 | 101.858 |

* Perdas máximas corrigidas para a temperatura de 75°C, referentes às tensões e às correntes nominais do equipamento, no último estágio de ventilação forçada.

Nota:

A = ONAN
 B = ONAN/ONAF
 C = ONAN/ONAF/ONAF

TABELA 4

TCs DE BUCHA PARA PROTEÇÃO

| Tensão nominal (kVef) | Número de fases | Potência nominal a 55°C (MVA) | TCs bucha para proteção | | |
|--------------------------|--------------------|-------------------------------------|-------------------------|------|------|
| | | | AT | BT | T |
| 34,5/13,8 | 3 | 2,5 | - | - | - |
| 34,5/13,8 | | 3,75 | - | - | - |
| 34,5/13,8 | | 5/6,25 | 150 | 300 | - |
| 34,5/13,8 | | 7,5/9,375 | 300 | 600 | - |
| 69/6,9 | | 7,5/9,375 | 200 | 800 | - |
| 69/13,8 | | 2,5 | - | - | - |
| 69/13,8 | | 5/6,25 | 300 | 400 | - |
| 69/13,8 | | 10/12,5 | | 600 | - |
| 69/13,8 | | 15/20 | | 1000 | - |
| 69/34,5 | | 5/6,25 | | 300 | - |
| 69/34,5 | | 10/12,5 | | 300 | - |
| 69/34,5 | | 15/20 | 600 | - | |
| 138/13,8 | | 15/20/25 | 600 | 2000 | - |
| 138/13,8 | | 20/26,6/33,3 | | - | - |
| 138/34,5 | | 10/12,5 | | 600 | - |
| 138/34,5 | | 15/20 | | 600 | - |
| 138/34,5 | | 20/26,6/33,3 | | 800 | - |
| 138/69 | | 15/20/25 | - | - | |
| 138/69/13,8 | | 30/40/50 | 1000 | 1000 | 2000 |
| 230/69/13,8 | | 30/40/50 | | | |
| 230/√3 /69/√3 /13,8 | 10/13,3/16,67 | | | | |
| 230/√3 /138/√3 /13,8 | 30/40/50 | | | | |
| 216/√3 /138/√3 /13,8 | 30/40/50 | | | | |
| 216/√3 /138/√3 /13,8 | 45/60/75 | | | | |

TABELA 5
AUTOTRANSFORMADOR DE POTÊNCIA - CARACTERÍSTICAS

| Tensão nominal (kVef) | Nº de fases | Potência nominal a 55°C (MVA) | Tipo de resfriamento | Tipo de comutador | Tipo de isolamento dos enrolamentos | Deslocamento angular e ligações | Impedância a 75°C | | | Perdas máximas* a 75°C (W) | |
|-----------------------|-------------|-------------------------------|----------------------|-------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------|------|--------|----------------------------|--------------------|
| | | | | | | | AT BT | AT T | BT T | Perdas em vazio (P0) | Perdas Totais (PT) |
| 138/69 | 3 | 15/20/25 | C** | C D C | Prog- Prog. | YNa0 | 5,0 | - | - | 15.787 | 93.324 |
| 138/69/13,8 | | 30/40/50 | | | YNa0dl | 6,0 | - | - | 28.485 | 138.994 | |
| 230/√3 /138/√3 /13,8 | 1 | 30/40/50 | | | - | 4,0 | 24,0 | 20,0 | 28.485 | 138.994 | |
| 216/√3 /138/√3 /13,8 | | 30/40/50 | | | - | | | | 28.485 | 138.994 | |
| 216/√3 /138/√3 /13,8 | | 45/60/75 | | | - | | | | 40.231 | 175.468 | |

* Perdas máximas corrigidas para a temperatura de 75°C, referentes às tensões e às correntes nominais do equipamento, no último estágio de ventilação forçada.

** C = ONAN/ONAF/ONAF

Notas:

- 1) Os valores de impedâncias indicados são referidos à potência nominal ONAN.
- 2) Variações de tensão (lado de mais alta tensão):
 - 2.1) Comutador de derivações sem tensão (AC)
Tensão nominal do enrolamento 34,5, 69 ou 138 kV; + 5% - 10%, degraus de 2,5%.
 - 2.2) Comutador de derivações em carga (CDC)
 - 2.2.1) Tensão nominal do enrolamento 69 kV; + 5% - 15%, degraus de 1,25%
 - 2.2.2) Tensão nominal do enrolamento 138 ou 230 kV; + 5% - 15%, degraus de 0,625%
 - 2.2.3) Tensão nominal do enrolamento para autotransformadores 30/40/50 MVA e 45/60/75 MVA - 216/√3 -138/√3 -13,8 kV; igual a + 16 x 1,8125 kV, - 16 x 1,8125 kV.
- 3) Características dos TCs de bucha para proteção: exatidão conforme item 5.3.1; fator térmico: 1,5; corrente dos secundários: 5 A
- 4) Enrolamento terciário:
 - 4.1) todos os enrolamentos terciários dos transformadores trifásicos serão utilizados apenas como enrolamento de compensação e devem ser acessíveis através de duas buchas, de maneira a possibilitar uma eventual abertura da ligação triângulo;
 - 4.2) os enrolamentos terciários dos transformadores monofásicos também devem ser acessíveis e serão utilizados para ligação de cargas, sendo que sua potência deve ser preferencialmente 1/5 da potência do primário e será definida pelo fabricante.

TABELA 6
**ESPECIFICAÇÃO DO ÓLEO ISOLANTE
 TIPO A (NAFTÊNICO) APÓS CONTATO COM O EQUIPAMENTO**

| CARACTERÍSTICAS | UNIDADE | Valores garantidos | | MÉTODO |
|---------------------------------------|----------|--|--------|---------------|
| | | Mínimo | Máximo | |
| Aparência | - | O óleo deve ser claro, límpido, isento de matérias em suspensão ou sedimentadas. | | Visual |
| Densidade a 20/4°C | - | 0,861 | 0,900 | NBR 7148 |
| Viscosidade cinemática a: (2) | 20°C | - | 25,0 | NBR 10441 |
| | 40°C | - | 11,0 | |
| | 100°C | - | 3,0 | |
| Ponto de fulgor | °C | 140,0 | - | NBR 11341 |
| Ponto de fluidez | °C | - | -39,0 | NBR 11349 |
| Índice de neutralização | mg KOH/g | - | 0,03 | ASTM D974 |
| Tensão interfacial a 25°C | mN/m | 40,0 | - | NBR 6234 |
| Cor ASTM | - | - | 1,0 | ASTM D1500 |
| Teor de água | mg/kg | - | 10,0 | NBR 10710 |
| Cloretos | - | Ausentes | | NBR 5779 |
| Sulfatos | - | Ausentes | | NBR 5779 |
| Enxofre corrosivo | - | Ausente | | NBR 10505 |
| Rigidez dielétrica | kV | 80,0 | - | NBR IEC 60156 |
| Fator de perdas dielétricas a 100°C | % | - | 0,90 | ASTM D924 |
| Ou Fator de dissipação a 90°C (3) | | - | 0,70 | IEC 60247 |
| Estabilidade à oxidação: | | | | |
| -Índice de neutralização | mg KOH/g | - | 0,40 | IEC 61125 |
| -Borra | % massa | - | 0,10 | IEC 61125 |
| -Fator de dissipação a 90°C (4) | % | - | 20,0 | IEC 60247 |
| Teor de inibidor de oxidação DBPC/DBP | % massa | 0,27 | 0,33 | ASTM D2668 |
| Porcentagem de carbonos | % | Anotar | | ASTM D2140 |
| Teor de bifenilas policloradas (PCB) | mg/kg | Não detectável | | NBR 13882 |

Notas:

- 1) Antes de iniciar a inspeção, o fornecedor deve apresentar ao inspetor, certificado comprovando todas as características do óleo, contidas nesta tabela.
- 2) O ensaio de viscosidade será realizado em duas temperaturas dentre as três citadas.
- 3) Esta norma requer que o óleo isolante atenda ao limite de fator de perdas dielétricas a 100°C pelo método ASTM D924 ou ao fator de dissipação a 90° pelo método IEC 60247. Esta especificação não exige que o óleo isolante atenda aos limites medidos por ambos os métodos.
- 4) O ensaio do fator de dissipação a 90°C do óleo oxidado pelo método IEC 61125, será realizado conforme método IEC 60247.
- 5) Os recipientes destinados ao fornecimento do óleo mineral isolante devem ser limpos e isentos de matérias estranhas.
- 6) O revestimento interno desses recipientes deve ser constituído de resina epóxi, convenientemente curada, ou material equivalente em desempenho.

TABELA 7
PROPRIEDADES E ENSAIOS DOS ELASTÔMEROS, CONFORME NBR 16126.

| | | Método | Valor Especificado |
|--|----------------------------|----------------|-----------------------------------|
| Material | Identificação | ASTM D 3577 | anotar |
| Classe Térmica | - | - | 125°C |
| Propriedades Originais | Dureza Shore A | ABNT NBR 7318 | 65 ± 5 |
| | Tensão de Ruptura (min.) | ABNT NBR 7462 | min. 10MPa (NBA, FKM, ver Nota 1) |
| | Alongamento (min.) % | ABNT NBR 7462 | min. 300 % (NBA, FKM, ver Nota 1) |
| | Tensão de Ruptura (min.) | ABNT NBR 7462 | min. 2,5MPa (FVMO, ver Nota 1) |
| | Alongamento (min.) % | ABNT NBR 7462 | min. 150 % (FVMO, ver Nota 1) |
| Envelhecimento Térmico após 70 h à 125°C (ABNT NBR 6565) | Variação de dureza Shore A | ABNT NBR 7318 | 0 a 15 pontos |
| | Variação de Tensão | ABNT NBR 7462 | -25% |
| | Variação do Alongamento | ABNT NBR 7462 | -50% |
| | Fissuras | Visual | Ausente |
| | Afloramento | Visual | Ausente |
| Envelhecimento em óleo Isolante após 70 h à 125°C (ABNT NBR 11407) | Variação de dureza Shore A | ABNT NBR 7318 | ±10 pontos |
| | Variação de Volume | ABNT NBR 11407 | 0 a 15% |
| | Variação do Tensão | ABNT NBR 7462 | -15% |
| | Variação de Alongamento | ABNT NBR 7462 | -30% |
| | Fissuras | - | Ausente |
| | Variação de DPC | ASTM D395-03 | |
| | Fissuras | - | Sem Fissuras |
| Compatibilidade com Óleo Mineral Isolante | - | ABNT NBR 14274 | Vide Método Citado |

NOTA 1: NBR (Borracha Nitrílica); FKM (Fluorelastômero); FVMQ (Fluorsilicone)

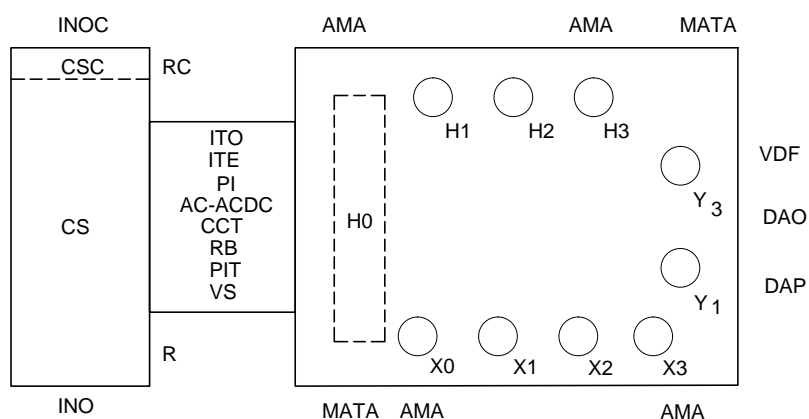
NOTA 2: Para elastômeros de uso externo, em contato com o ar, não é recomendável solicitar o ensaio de compatibilidade com óleo mineral isolante. Nesse caso, convém que seja realizado o ensaio de resistência ao ozônio conforme ASTM D 1171 (70 h à 25 °C/50 pphm de ozônio), e que não apresente alterações físicas, tais como trincas e fissuras.

NOTA 3: Para elastômeros de uso combinado (ar e óleo), recomenda-se que seja realizado o ensaio de compatibilidade com óleo mineral isolante e o ensaio de resistência ao ozônio.

TABELA 8**PROPRIEDADES MÍNIMAS PARA JUNTAS EM ELASTÔMERO REFORÇADO COM CORTIÇA**

| | |
|---------------------------------|-----|
| Densidade (kg/m ³)* | 850 |
| Dureza (shore A)* | 65 |
| Resistência à Tração (MPa)* | 2.0 |
| Alongamento (%)* | 90 |
| (*) ASTM D297 | |
| (*) ASTM D2240 | |
| (*) ASTM D412. Dic C | |


ANEXO B - DESENHOS DESENHO 1



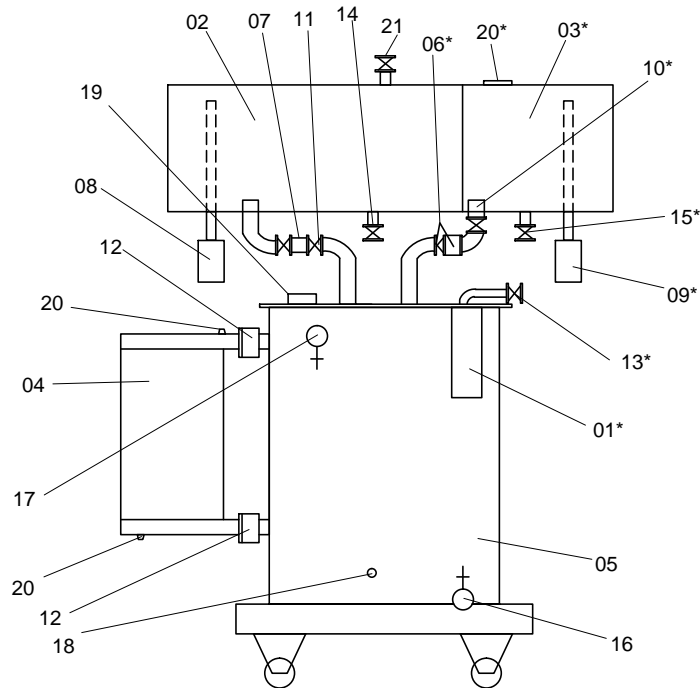
Transformadores e Autotransformadores Trifásicos

LEGENDA

- AC - Acionamento do comutador de derivações sem tensão
- ACDC - Acionamento do comutador de derivações em carga
- AMA - Apoio para macacos
- H - Bucha de AT.
- X - Bucha de BT.
- Y - Bucha de terciário.
- CS - Conservador de óleo
- CSC - Conservador de óleo para o CDC
- CCT - Caixa de comando e controle do transformador
- DAO - Dispositivo para retirar amostra de óleo
- DAP - Dispositivo para alívio de pressão
- DPC - Dispositivo de proteção da variação súbita de pressão do CDC
- INO - Indicador de nível de óleo do transformador
- INOC - Indicador de 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.
- PIT - Provisão da instalação do termômetro.
- R - Respirador do conservador de óleo.
- RB - Relé detetor de gás.
- RC - Respirador do conservador de óleo do CDC
- VDF - Válvula de drenagem e filtragem de óleo do transformador
- VS - Válvula superior para filtro.

| | | | | | | |
|---|---------------------------------|--------------|--------------|---|-------|----|
|  | CELG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A. | | | DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS E ACESSÓRIOS - PLANTA | | |
| | DIM.: Em mm | DES.: DT-SET | APROV.: | | | |
| | ESC.: S/Esc. | VISTO: | DATA: OUT/13 | | | |
| | ELAB.: DP-SNT | SUBST.: | | NORMA: NTC-36 | REF.: | 65 |

DESENHO 2



TRANSFORMADORES E AUTOTRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

LEGENDA

- 01 - CDC - Comutador de derivações em carga
- 02 - CS - Conservador de óleo
- 03 - CSC - Conservador de óleo para o CDC
- 04 - RA - Radiador
- 05 - TA - Tanque
- 06 - DPC - Dispositivo de proteção de variação súbita de pressão do CDC (tipo relé c/ válvula)
- 07 - RB - Relé detetor de gás
- 08 - R - Respirador do conservador de óleo
- 09 - RC - Respirador do conservador de óleo p/ o CDC
- 10 - VOC - Válvula p/ reter o óleo do conservador do CDC e do DPC
- 11 - VOT - Válvula p/ reter o óleo do conservador e do relé detetor de gás
- 12 - VOR - Válvula p/ reter o óleo do radiador
- 13 - VDC - Válvula de drenagem do CDC
- 14 - VDCCS - Válvula de drenagem ou amostragem do conservador de óleo
- 15 - VDCC - Válvula de drenagem ou amostragem do conservador do CDC
- 16 - VDF - Válvula de drenagem e filtragem de óleo do transformador
- 17 - VS - Válvula superior de filtragem do óleo
- 18 - DAO - Dispositivo para retirar amostra de óleo do transformador
- 19 - DAP - Dispositivo p/ alívio de pressão
- 20 - B - Bujão (p/ enchimento, drenagem do óleo ou ar)
- 21 - VVC - Válvula p/ vácuo no conservador

* - ACESSÓRIOS APENAS EM TRANSFORMADORES COM "CDC"



CELG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A.

DIM.: Em mm

DES.: DT-SET

APROV.:

ESC.: S/Esc.

VISTO:

DATA: OUT/13

ELAB.: DP-SNT

SUBST.:

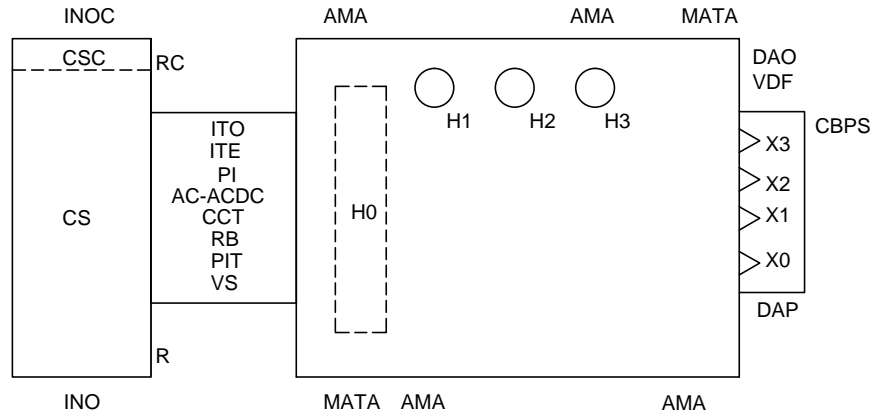
DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS E ACESSÓRIOS - VISTA

NORMA: NTC-36

REF.:

66


DESENHO 3



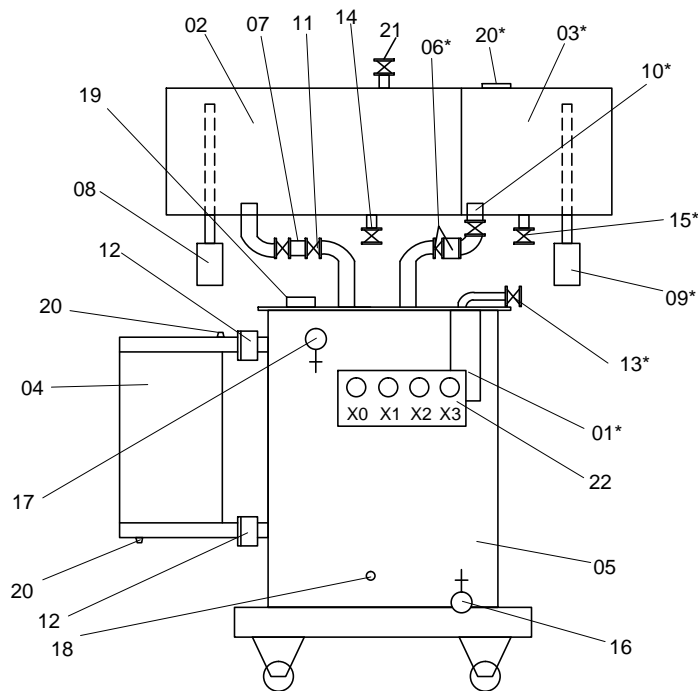
TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS 69/13,8 kV e 138 /13,8 kV

LEGENDA

- AC - Acionamento do comutador de derivações sem tensão
- ACDC - Acionamento do comutador de derivações em carga
- AMA - Apoio para macacos
- H - Bucha de AT
- X - Bucha de BT
- Y - Bucha de terciário.
- CS - Conservador de óleo
- CSC - Conservador de óleo para o CDC
- CCT - Caixa de comando e controle do transformador
- DAO - Dispositivo para retirar amostra de óleo
- DAP - Dispositivo para alívio de pressão
- DPC - Dispositivo de proteção contra variação súbita de pressão no CDC
- INO - Indicador de nível de óleo do transformador
- INOC - Indicador de 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
- PIT - Provisão para instalação de termômetro.
- R - Respirador do conservador de óleo
- RB - Relé detetor de gás
- RC - Respirador do conservador de óleo do CDC
- VDF - Válvula de drenagem e filtragem de óleo do transformador
- VS - Válvula superior para filtro
- CBPS - Caixa protetora da bucha de BT

| | | | | | | |
|---|---------------------------------|--------------|--------------|--|-------|----|
|  | CELG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A. | | | DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS E ACESSÓRIOS - PLANTA | | |
| | DIM.: Em mm | DES.: DT-SET | APROV.: | | | |
| | ESC.: S/Esc. | VISTO: | DATA: OUT/13 | | | |
| | ELAB.: DP-SNT | SUBST.: | | NORMA: NTC-36 | REF.: | 67 |

DESENHO 4



TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS 138 -13,8 kV

LEGENDA

- 01 - CDC - Comutador de derivações em carga
- 02 - CS - Conservador de óleo
- 03 - CSC - Conservador de óleo para o CDC
- 04 - RA - Radiador
- 05 - TA - Tanque
- 06 - DPC - Dispositivo de proteção da variação súbita de pressão do CDC (tipo relé c/ válvula)
- 07 - RB - Relé detetor de gás
- 08 - R - Respirador do conservador de óleo
- 09 - RC - Respirador do conservador de óleo p/ o CDC
- 10 - VOC - Válvula p/ reter o óleo do conservador do CDC e do DPC
- 11 - VOT - Válvula p/ reter o óleo do conservador e do relé detetor de gás
- 12 - VOR - Válvula p/ reter o óleo do radiador
- 13 - VDC - Válvula de drenagem do CDC
- 14 - VDCCS - Válvula de drenagem ou amostragem do conservador de óleo
- 15 - VDCC - Válvula de drenagem ou amostragem do conservador do CDC
- 16 - VDF - Válvula de drenagem e filtragem de óleo do transformador
- 17 - VS - Válvula superior de filtragem do óleo
- 18 - DAO - Dispositivo para retirar amostra de óleo do transformador
- 19 - DAP - Dispositivo p/ alívio de pressão
- 20 - B - Bujão (p/ enchimento, drenagem do óleo ou ar)
- 21 - VVC - Válvula p/ vácuo no conservador
- 22 - CBPS - Caixa protetora da bucha de BT

* - ACESSÓRIOS APENAS EM TRANSFORMADORES COM "CDC"



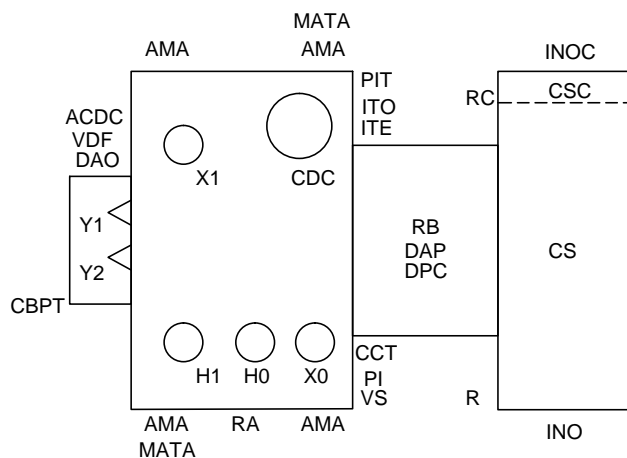
CELG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A.

| | | |
|---------------|--------------|--------------|
| DIM.: Em mm | DES.: DT-SET | APROV.: |
| ESC.: S/Esc. | VISTO: | DATA: OUT/13 |
| ELAB.: DP-SNT | SUBST.: | |

DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS E ACESSÓRIOS - VISTA

NORMA: NTC-36 REF.: 68


DESENHO 5



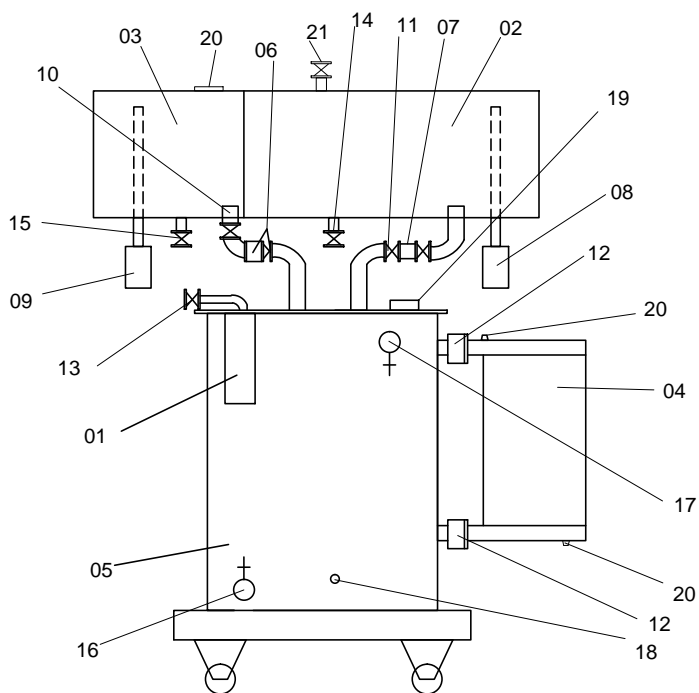
Transformadores monofásicos - $230/\sqrt{3} - 69/\sqrt{3} - 13,8$ kV

LEGENDA

- CDC - Comutador de derivações em carga
- H - Bucha de AT
- X - Bucha de BT
- Y - Bucha de terciário
- CS - Conservador de óleo
- CSC - Conservador de óleo para o CDC
- CCT - Caixa de comando e controle do transformador
- DAO - Dispositivo para retirar amostra de óleo
- DAP - Dispositivo para alívio de pressão
- DPC - Dispositivo de proteção da variação súbita de pressão do CDC
- INO - Indicador de nível de óleo do transformador
- INOC - Indicador de 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.
- PIT - Provisão para instalação de termômetro.
- R - Respirador do conservador de óleo.
- RA - Radiador
- RB - Relé detetor de gás.
- RC - Respirador do conservador de óleo do CDC
- VDF - Válvula de drenagem e filtragem de óleo do transformador
- VS - Válvula superior para filtro.
- CBPT - Caixa protetora da bucha do terciário

| | | | | | | |
|---|---------------------------------|--------------|--------------|---|-------|----|
|  | CELG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A. | | | DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS E ACESSÓRIOS - PLANTA | | |
| | DIM.: Em mm | DES.: DT-SET | APROV.: | | | |
| | ESC.: S/Esc. | VISTO: | DATA: OUT/13 | NORMA: NTC-36 | REF.: | 69 |
| ELAB.: DP-SNT | SUBST.: | | | | | |

DESENHO 6



TRANSFORMADORES MONOFÁSICO 230/√3 - 69/√3 - 13,8 kV

LEGENDA

- 01 - CDC - Comutador de derivações em carga
- 02 - CS - Conservador de óleo
- 03 - CSC - Conservador de óleo para o CDC
- 04 - RA - Radiador
- 05 - TA - Tanque
- 06 - DPC - Dispositivo de proteção contra variação súbita de pressão no CDC (tipo relé c/ válvula)
- 07 - RB - Relé detetor de gás
- 08 - R - Respirador do conservador de óleo
- 09 - RC - Respirador do conservador de óleo p/ o CDC
- 10 - VOC - Válvula p/ reter o óleo do conservador do CDC e do DPC
- 11 - VOT - Válvula p/ reter o óleo do conservador e do relé detetor de gás
- 12 - VOR - Válvula p/ reter o óleo do radiador
- 13 - VDC - Válvula de drenagem do CDC
- 14 - VDCC - Válvula de drenagem ou amostragem do conservador de óleo
- 15 - VDCC - Válvula de drenagem ou amostragem do conservador do CDC
- 16 - VDF - Válvula de drenagem e filtragem de óleo do transformador
- 17 - VS - Válvula superior de filtragem do óleo
- 18 - DAO - Dispositivo para retirar amostra de óleo do transformador
- 19 - DAP - Dispositivo p/ alívio de pressão
- 20 - B - Bujão (p/ enchimento, drenagem do óleo ou ar)
- 21 - VVC - Válvula p/ vácuo no conservador



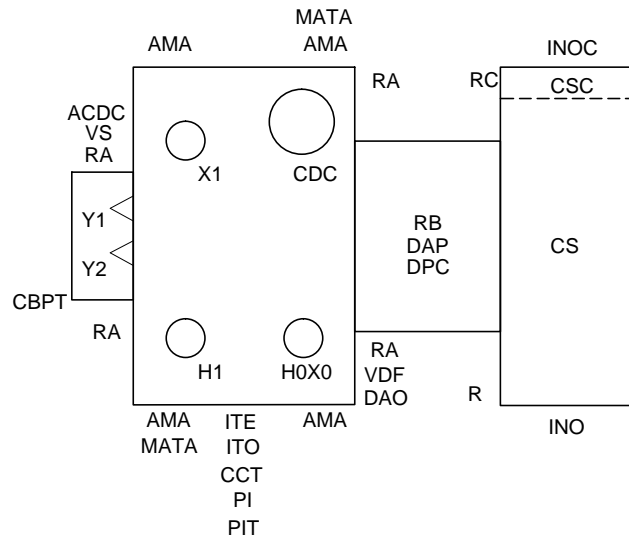
CELG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A.

| | | |
|---------------|--------------|--------------|
| DIM.: Em mm | DES.: DT-SET | APROV.: |
| ESC.: S/Esc. | VISTO: | DATA: OUT/13 |
| ELAB.: DP-SNT | SUBST.: | |

DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS
E ACESSÓRIOS - VISTA

NORMA: NTC-36 REF.: 70


DESENHO 7



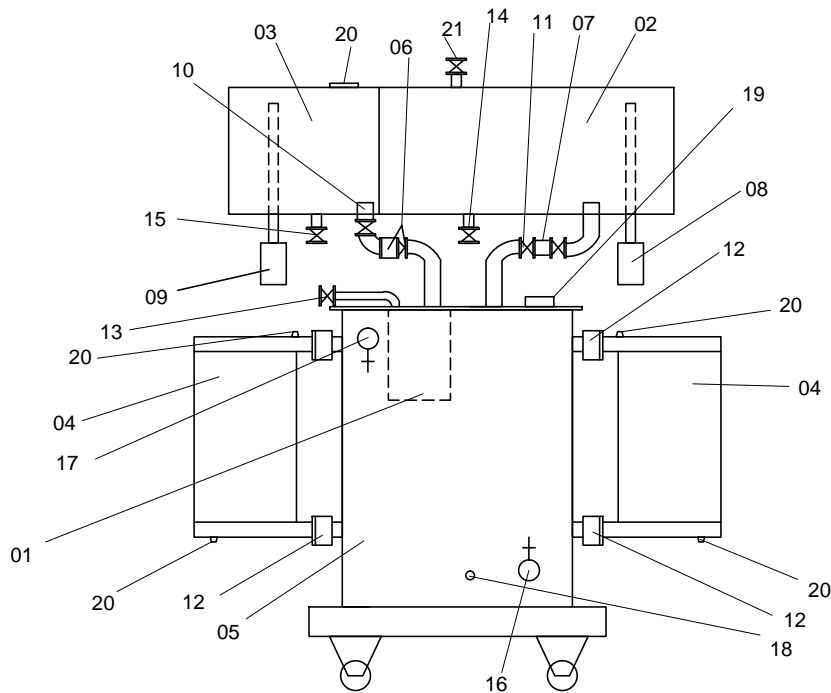
Transformadores monofásicos - $230/\sqrt{3}$ - $69/\sqrt{3}$ - 13,8 kV

LEGENDA

- CDC - Comutador de derivações em carga
- H - Bucha de AT
- X - Bucha de BT
- Y - Bucha de terciário
- CS - Conservador de óleo
- CSC - Conservador de óleo para o CDC
- CCT - Caixa de comando e controle do transformador
- DAO - Dispositivo para retirar amostra de óleo
- DAP - Dispositivo para alívio de pressão
- DPC - Dispositivo de proteção contra variação súbita de pressão no CDC
- INO - Indicador de nível de óleo do transformador
- INOC - Indicador de 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
- PIT - Provisão para instalação de termômetro
- R - Respirador do conservador de óleo
- RA - Radiador
- RB - Relé detetor de gás.
- RC - Respirador do conservador de óleo do CDC
- VDF - Válvula de drenagem e filtragem de óleo do transformador
- VS - Válvula superior para filtro.
- CBPT - Caixa protetora da bucha do terciário

| | | | | | | |
|---|---------------------------------|---------------|--------------|--|--|--|
|  | CELG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A. | | | DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS E ACESSÓRIOS - PLANTA | | |
| | DIM.: Em mm | DES.: DT-SET | APROV.: | | | |
| | ESC.: S/Esc. | VISTO: | DATA: OUT/13 | | | |
| ELAB.: DP-SNT | SUBST.: | NORMA: NTC-36 | REF.: | 71 | | |

DESENHO 8



Auto Transformador monofásico - $230/\sqrt{3}$ - $69/\sqrt{3}$ - 13,8 kV

LEGENDA

- 01 - CDC - Comutador de derivações em carga
- 02 - CS - Conservador de óleo
- 03 - CSC - Conservador de óleo para o CDC
- 04 - RA - Radiador
- 05 - TA - Tanque
- 06 - DPC - Dispositivo de proteção contra variação súbita de pressão no CDC (tipo relé c/ válvula)
- 07 - RB - Relé detetor de gás
- 08 - R - Respirador do conservador de óleo
- 09 - RC - Respirador do conservador de óleo p/ o CDC
- 10 - VOC - Válvula p/ reter o óleo do conservador do CDC e do DPC
- 11 - VOT - Válvula p/ reter o óleo do conservador e do relé detetor de gás
- 12 - VOR - Válvula p/ reter o óleo do radiador
- 13 - VDC - Válvula de drenagem do CDC
- 14 - VDCC - Válvula de drenagem ou amostragem do conservador de óleo
- 15 - VDCC - Válvula de drenagem ou amostragem do conservador do CDC
- 16 - VDF - Válvula de drenagem e filtragem de óleo do transformador
- 17 - VS - Válvula superior de filtragem do óleo
- 18 - DAO - Dispositivo para retirar amostra de óleo do transformador
- 19 - DAP - Dispositivo p/ alívio de pressão
- 20 - B - Bujão (p/ enchimento, drenagem do óleo ou ar)
- 21 - VVC - Válvula p/ vácuo no conservador



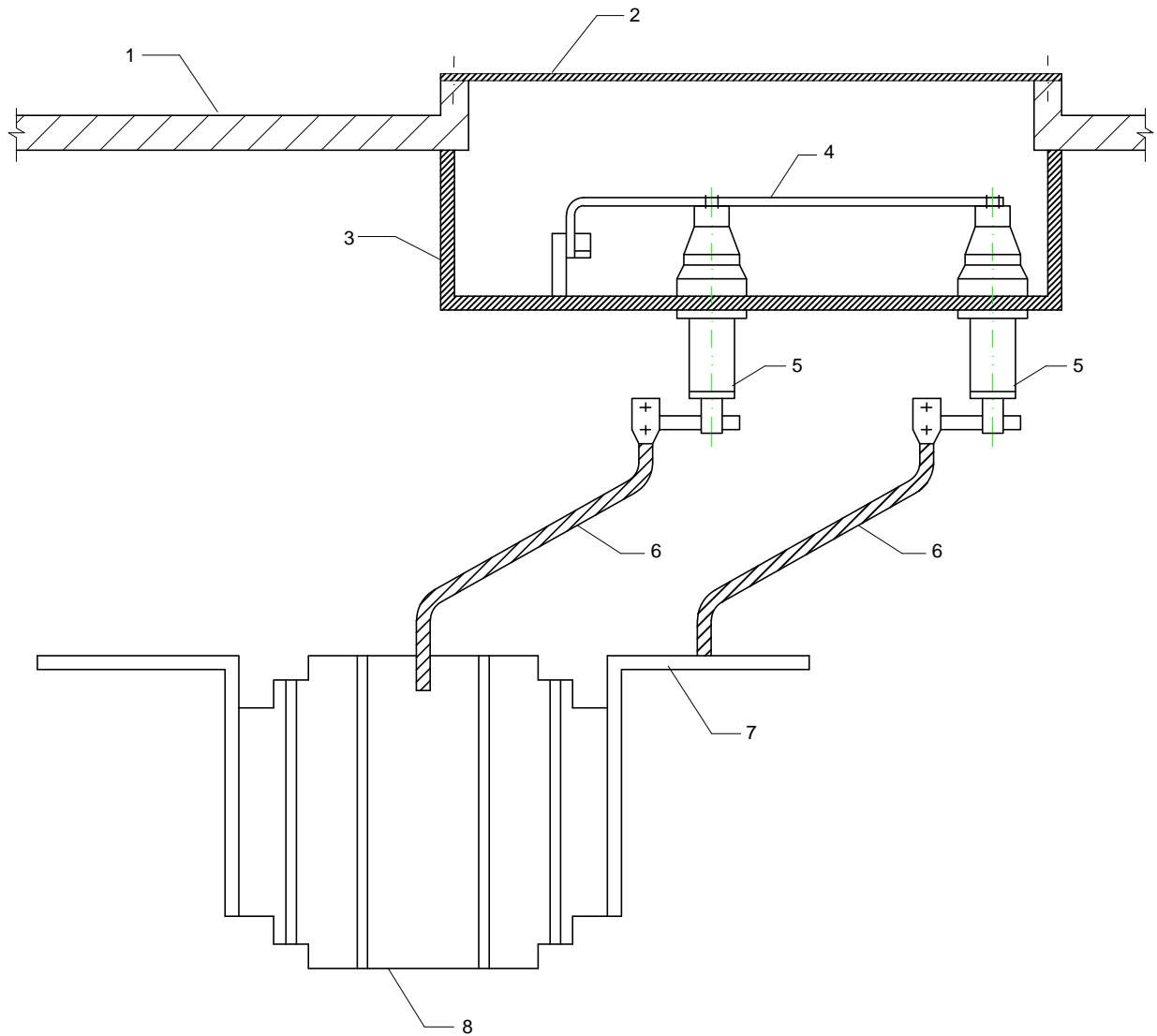
CELG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A.

| | | |
|---------------|--------------|--------------|
| DIM.: Em mm | DES.: DT-SET | APROV.: |
| ESC.: S/Esc. | VISTO: | DATA: OUT/13 |
| ELAB.: DP-SNT | SUBST.: | |

DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS
E ACESSÓRIOS - VISTA

NORMA: NTC-36 REF.: 72

DESENHO 9



LEGENDA

- 1 - Tampa do tanque
- 2 - Tampa para inspeção
- 3 - Caixa de passagem
- 4 - Barra de aterramento
- 5 - Bucha
- 6 - Cordoalha de aterramento
- 7 - Suporte do núcleo
- 8 - Núcleo



CELG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A.

DIM.: Em mm

DES.: DT-SET

APROV.:

ESC.: S/Esc.

VISTO:

DATA: OUT/13

ELAB.: DP-SNT

SUBST.:

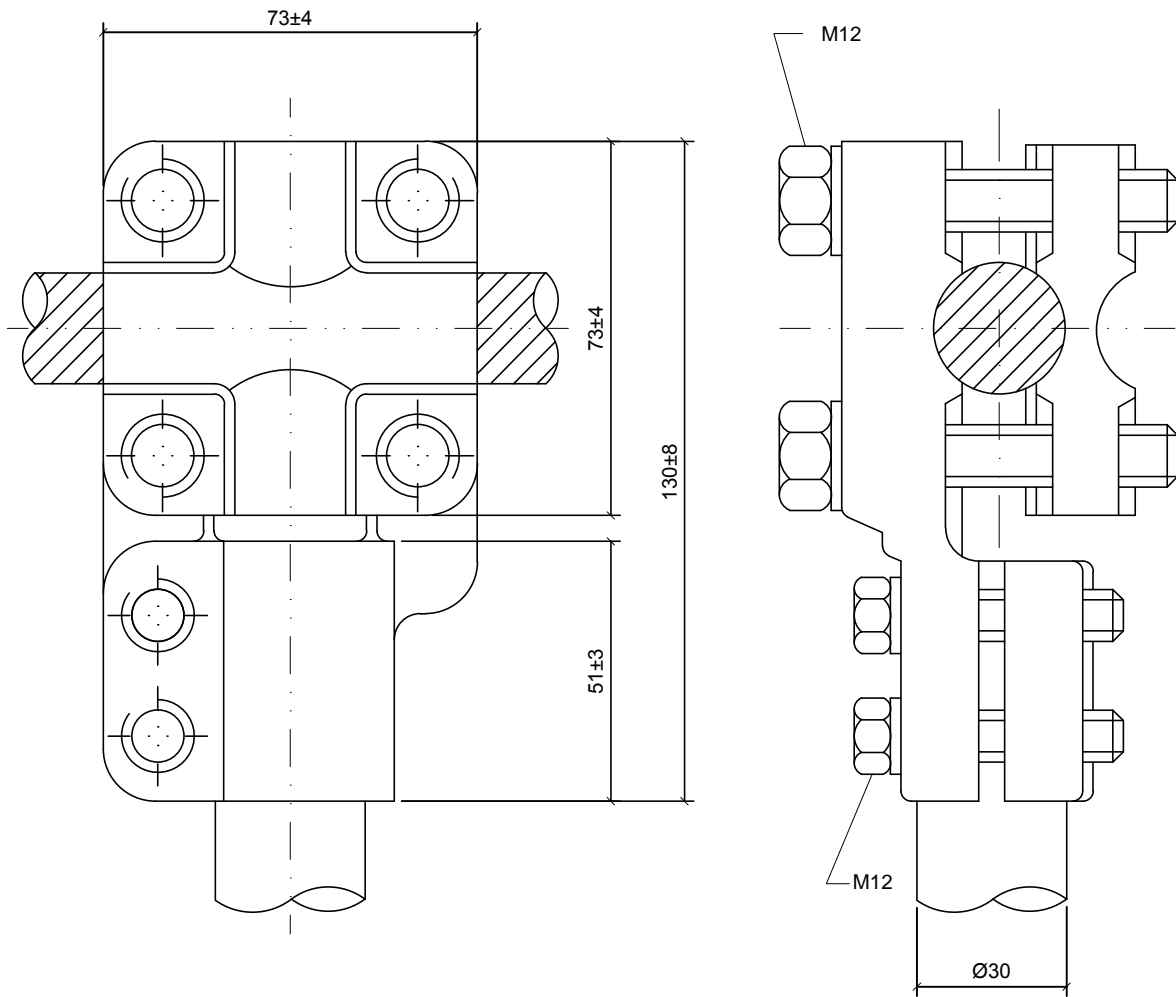
ATERRAMENTO DO NÚCLEO

NORMA: NTC-36

REF.:

73

DESENHO 10



MATERIAL: parafusos, porcas e arruelas em bronze estanhado

APLICAÇÃO: Ligação entre 0 e 90° do pino

TORQUE DE APERTO: 4,6 kgf.m (condutor) e 4,7 kgf.m (pino).



CELG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A.

DIM.: Em mm

DES.: DT-SET

APROV.:

ESC.: S/Esc.

VISTO:

DATA: OUT/13

ELAB.: DP-SNT

SUBST.:

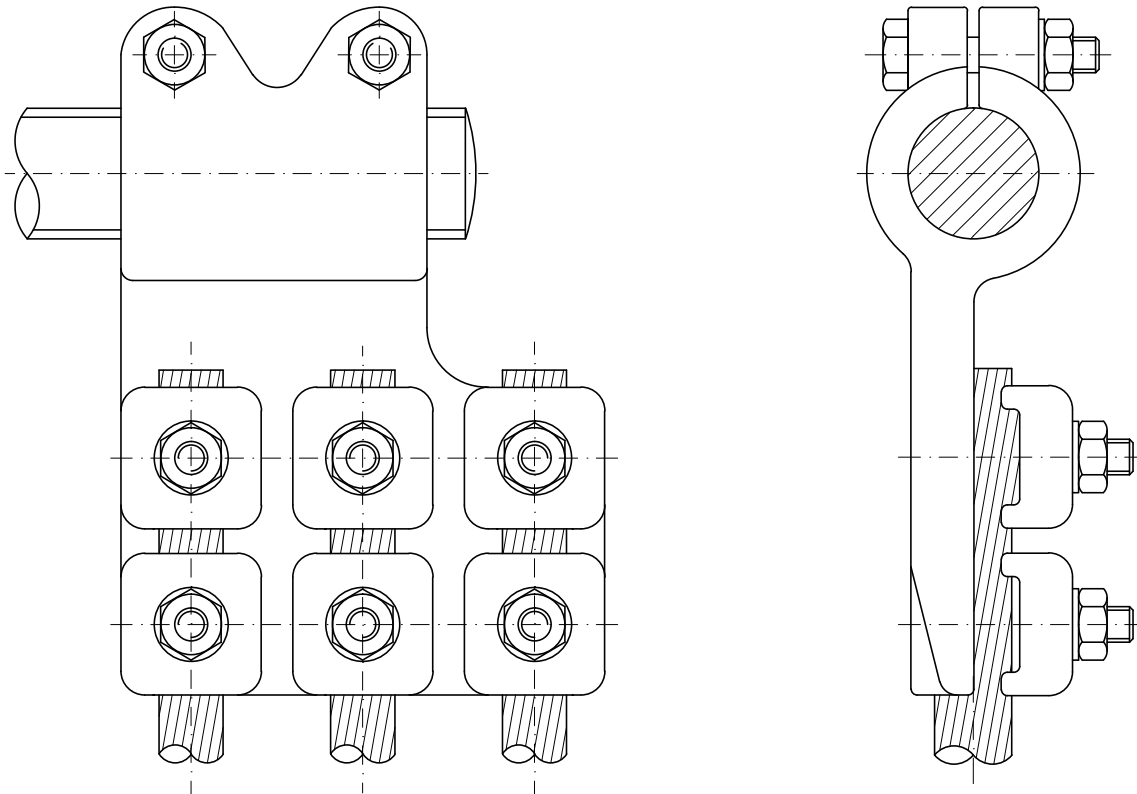
CONECTOR TERMINAL AT, MT e BT

NORMA: NTC-36

REF.:

74

DESENHO 11



MATERIAL: parafusos, porcas e arruelas em bronze estanhado.

APLICAÇÃO: ligação entre 0 e 90° do pino M42x3 com três cabos de cobre 300 a 500 mm².

TORQUE DE APERTO: 4,6 kgf.m (condutor) e 4,7 kgf.m (pino).



CELG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A.

DIM.: Em mm

DES.: DT-SET

APROV.:

ESC.: S/Esc.

VISTO:

DATA: OUT/13

ELAB.: DP-SNT

SUBST.:

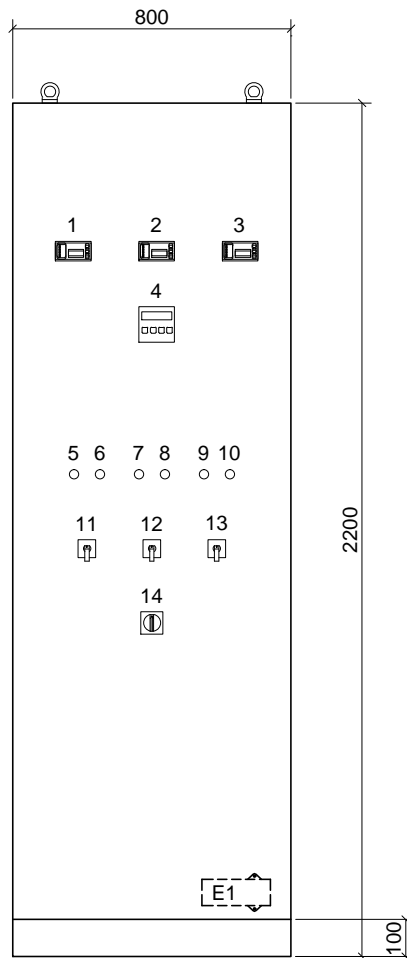
CONECTOR TERMINAL BT
TRANSFORMADOR 138/13,8 kV

NORMA: NTC-36

REF.:

75

DESENHO 12




NOTA:

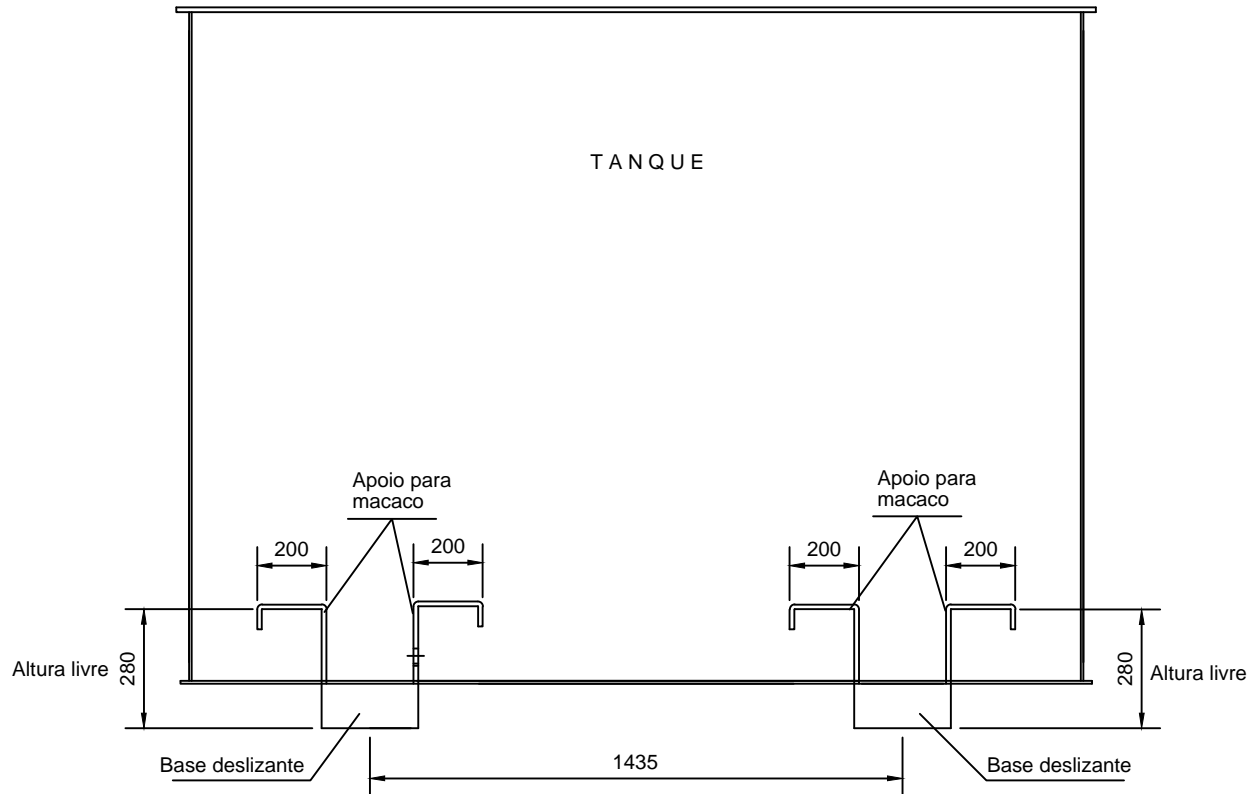
- Profundidade: 800 mm.

LEGENDA:

- 1 - Indicador de posição de taps - fase A
- 2 - Indicador de posição de taps - fase B
- 3 - Indicador de posição de taps - fase C
- 4 - Relé regulador de tensão - ANSI 90
- 5 - Sinaleiro VF fase A ligada
- 6 - Sinaleiro VF fase A desligada
- 7 - Sinaleiro VF fase B ligada
- 8 - Sinaleiro VF fase B desligada
- 9 - Sinaleiro VF fase C ligada
- 10 - Sinaleiro VF fase V desligada
- 11 - Chave seleção comando comutador/ventilação fase A
- 12 - Chave seleção comando comutador/ventilação fase B
- 13 - Chave seleção comando comutador/ventilação fase V
- 14 - Chave seleção comando comutador/ventilação ligada/desligada

| | | | | | | |
|---|---------------------------------|--------------|--------------|-------------------------|-------|----|
|  | CELG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A. | | | PAINEL DE CENTRALIZAÇÃO | | |
| | DIM.: Em mm | DES.: DT-SET | APROV.: | | | |
| | ESC.: S/Esc. | VISTO: | DATA: OUT/13 | | | |
| | ELAB.: DP-SNT | SUBST.: | | NORMA: NTC-36 | REF.: | 76 |

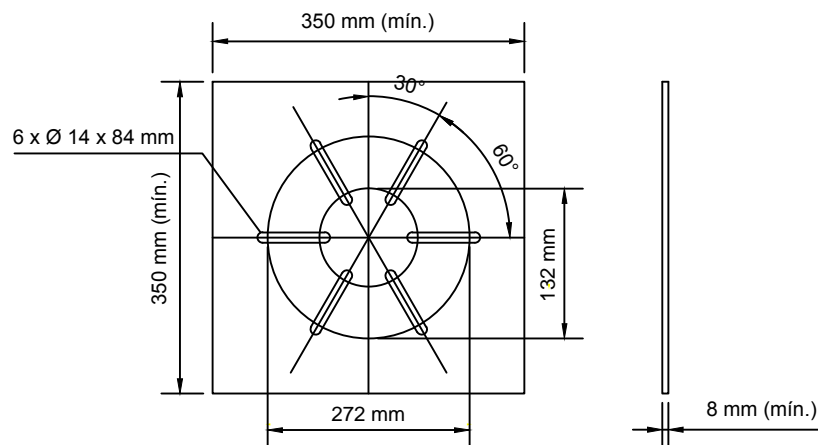
DESENHO 13



NOTA:

- Os apoios para macaco devem ter 200 mm de profundidade.

APOIO PARA MACACO



NOTAS:

- 1 - Características Gerais
Conforme desenho e especificação.
- 2 - Material
Aço carbono ABNT 1010 a 1020, laminado.
- 3 - Acabamento
Zincagem por imersão a quente, conforme NBR 6323.
Deve ser isenta de arestas cortantes, rebarbas e outras imperfeições.

CHAPA PARA SUPORTE DO PÁRA-RAIOS



CELG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A.

DIM.: Em mm

DES.: DT-SET

APROV.:

ESC.: S/Esc.

VISTO:

DATA: OUT/13

ELAB.: DP-SNT

SUBST.:

APOIO PARA MACACO
TRANSFORMADOR C/ BASE DESLIZANTE
E CHAPA PARA SUPORTE DO PÁRA-RAIOS

NORMA: NTC-36

REF.:

77

DESENHO 14



NOTA:

Material: aço inox AISI 304, espessura 0,8 mm.



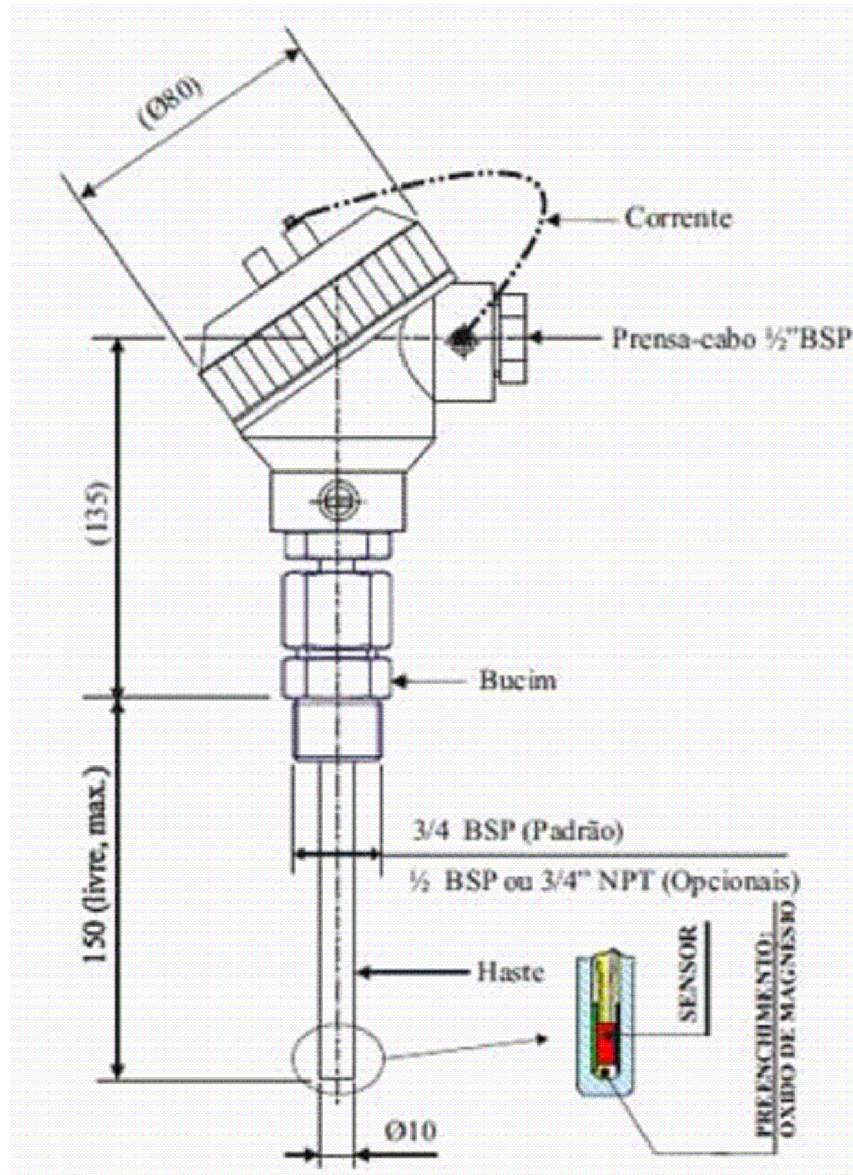
CELG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A.


| | | |
|---------------|--------------|--------------|
| DIM.: Em mm | DES.: DT-SET | APROV.: |
| ESC.: S/Esc. | VISTO: | DATA: OUT/13 |
| ELAB.: DP-SNT | SUBST.: | |

PLACA DE IDENTIFICAÇÃO DE CADASTRO DE EQUIPAMENTOS

NORMA: NTC-36 REF.: 78

DESENHO 15



| | | | | | | |
|---|---------------------------------|--------------|--------------|------------------------|-------|----|
|  | CELG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A. | | | TERMORESISTÊNCIA (RTD) | | |
| | DIM.: Em mm | DES.: DT-SET | APROV.: | | | |
| | ESC.: S/Esc. | VISTO: | DATA: OUT/13 | | | |
| | ELAB.: DP-SNT | SUBST.: | | NORMA: NTC-36 | REF.: | 79 |

ANEXO C
QUADRO DE DADOS TÉCNICOS E CARACTERÍSTICAS GARANTIDAS
TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA

Nome do fabricante: _____

N° da licitação: _____

N° da proposta: _____

| ITEM | DESCRIÇÃO | CARACTERÍSTICAS UNIDADES |
|------------|--|-----------------------------|
| 1. | Tipo e/ou modelo | |
| 2. | Tipo de Resfriamento | |
| 3. | Faixas de Derivações | |
| 4. | Ligações e Deslocamento Angular | |
| 5. | Frequência Nominal | Hz |
| 6. | Nível máximo de ruído (último estágio de refrigeração) | dB |
| 7. | Características dos Enrolamentos | |
| 7.1 | Enrolamento de AT | |
| 7.1.1 | Potência Nominal: ONAN ONAF ONAN/ONAF (segundo estágio de ventilação forçada, se aplicável) | MVA MVA MVA |
| 7.1.2 | Tensão Nominal | kV |
| 7.1.3 | Tensão Máxima | kV |
| 7.1.4 | Tipo de Isolamento | |
| 7.1.5 | Curto-Circuito Admissível: - corrente simétrica (valor eficaz) - corrente assimétrica (valor de crista) - duração | kA kA seg |
| 7.1.6 | Limites de Elevação de Temperatura: - método da variação da resistência - do ponto mais quente do enrolamento - do topo do óleo | °C °C °C |
| 7.1.7 | Tensões Suportáveis Nominais nos Terminais de Fase: - de impulso atmosférico - à frequência industrial - de impulso de manobra | kV kV kV |
| 7.1.8 | Tensões Suportáveis Nominais no Terminal de Neutro: - de impulso atmosférico - à frequência industrial | kV kV |
| 7.1.9 | Tensão Induzida de Longa Duração | kV |
| 7.1.10 | Material Isolante | |
| 7.1.11 | Seção do Condutor | mm ² |
| 7.1.12 | Densidade de Corrente | A/mm ² |
| 7.1.13 | Gradiente de Tensão | V/esp. |
| 7.1.14 | Resistência Elétrica | Ω/fase |

| ITEM | DESCRIÇÃO | CARACTERÍSTICAS UNIDADES |
|------------|--|--------------------------|
| 7.2 | Características do Enrolamento de BT: | |
| 7.2.1 | Potência Nominal: ONAN ONAF ONAN/ONAF (segundo estágio de ventilação forçada, se aplicável) | MVA MVA MVA |
| 7.2.2 | Tensão Nominal | kV |
| 7.2.3 | Tensão Máxima | kV |
| 7.2.4 | Tipo de Isolamento | |
| 7.2.5 | Curto-Circuito Admissível: - valor eficaz da corrente - duração | kA seg |
| 7.2.6 | Limites de Elevação de Temperatura: - método da variação da resistência - do ponto mais quente do enrolamento - do topo do óleo | °C °C °C |
| 7.2.7 | Tensões Suportáveis Nominais nos Terminais de Fase: - de impulso atmosférico - à frequência industrial - de impulso de manobra | kV kV kV |
| 7.2.8 | Tensões Suportáveis Nominais no Terminal de Neutro: - impulso atmosférico - frequência industrial | kV kV |
| 7.2.9 | Tensão Induzida de Longa Duração | kV |
| 7.2.10 | Material Isolante | |
| 7.2.11 | Seção do Condutor | mm ² |
| 7.2.12 | Densidade de Corrente | A/mm ² |
| 7.2.13 | Gradiente de Tensão | V/esp. |
| 7.2.14 | Resistência Elétrica | Ω/fase |
| 7.3 | Características do Enrolamento Terciário (se aplicável) | |
| 7.3.1 | Potência Nominal: ONAN ONAF ONAN/ONAF (segundo estágio de ventilação forçada, se aplicável) | MVA MVA MVA |
| 7.3.2 | Tensão Nominal | kV |
| 7.3.3 | Tensão Máxima | kV |
| 7.3.4 | Tipo de Isolamento | |
| 7.3.5 | Curto-Circuito Admissível: - valor eficaz da corrente - duração | kA seg |
| 7.3.6 | Limites de Elevação de Temperatura: - método da variação da resistência - do ponto mais quente do enrolamento - do topo do óleo | °C °C °C |
| 7.3.7 | Tensões Suportáveis Nominais nos Terminais de Fase: - à frequência industrial - de impulso atmosférico - de impulso de manobra | kV kV kV |

| ITEM | DESCRIÇÃO | CARACTERÍSTICAS UNIDADES |
|-------------|---|-----------------------------|
| 7.3.8 | Tensões Suportáveis Nominais no Terminal de Neutro: - à frequência industrial - de impulso atmosférico | kV kV |
| 7.3.9 | Tensão Induzida de Longa Duração | kV |
| 7.3.10 | Material Isolante | |
| 7.3.11 | Seção do Condutor | mm ² |
| 7.3.12 | Densidade de Corrente | A/mm ² |
| 7.3.13 | Gradiente de Tensão | V/esp. |
| 7.3.14 | Resistência Elétrica | Ω/fase |
| 8. | Características das Buchas: | |
| 8.1 | Buchas de AT: | |
| | - fabricante - tipo - nível de isolamento - tensão nominal - corrente nominal - resistência mecânica a esforço no topo | kV kV A daN |
| 8.2 | Buchas de BT: | |
| | - fabricante - tipo - nível de isolamento - tensão nominal - corrente nominal - resistência mecânica a esforço no topo | kV kV A daN |
| 8.3 | Buchas de Neutro/Terciário: | |
| | - fabricante - tipo - nível de isolamento - tensão nominal - corrente nominal - resistência mecânica a esforço no topo | kV kV A daN |
| 9. | Impedâncias percentuais dos enrolamentos para as derivações externas, na base de potência nominal (ONAN) nas tensões nominais (fase-fase), 75°C, 60 Hz: - tensão máxima de _____ V - tensão nominal de _____ V - tensão mínima de _____ V | % % % |
| 10. | Perdas | |
| 10.1 | Perdas em vazio (Transformadores/Autotransformadores) | |
| | - à tensão nominal - a 105% da tensão nominal | kW kW |
| 10.2 | Perdas em carga e totais referidas à temperatura de 75°C, para operação sob tensão, frequência e plena carga, base ONAF: | |
| | - perdas RI ² - perdas em carga adicionais - perdas totais (perdas no ferro + em carga + adicionais) | kW kW kW |

| ITEM | DESCRIÇÃO | CARACTERÍSTICAS UNIDADES |
|-------------|--|--------------------------|
| 10.3 | Perdas em curto-circuito, na condição binária, no máximo estágio de refrigeração, nas condições nominais (somente autotransformador) | |
| | AT/BT - Base ONAF | kW |
| | AT/Terciário - Base Pot. Terciário ONAF | kW |
| 10.4 | Máximas perdas em curto-circuito na condição binária no máximo estágio de refrigeração, para a derivação correspondente às máximas perdas, na respectiva derivação de tensão. (Autotransformador somente) | |
| | AT/BT (Base ONAF, relação ____/____ kV) | kW |
| | AT/Terc.(base ONAF, relação ____/____ 13,8 kV) | kW |
| 10.5 | Perdas de refrigeração (potência dos motores dos ventiladores) | kW |
| 11. | Corrente de excitação (em percentagem da corrente nominal à plena carga, no último estágio de refrigeração): | |
| | - à tensão nominal | % |
| | - a 110% da tensão nominal | % |
| 12. | Rendimento para operação nas derivações nominais, em percentagens de carregamento máximo, nas condições de tensão e potência nominais e fator de potência unitário com: | |
| | - 100% da carga | % |
| | - 75% da carga | % |
| | - 50% da carga | % |
| | - 25% da carga | % |
| 13. | Regulação de tensão para as condições de carregamento máximo, entre os terminais de alta e baixa tensão | % |
| 14. | Características do Tanque: | |
| | - espessura da chapa | mm |
| | - pressão interna máxima suportável durante 24 horas | Pa |
| | - nível máximo de vácuo suportável | Pa |
| 15. | Características do Núcleo: | |
| | - tipo do núcleo | |
| | - tipo da chapa de aço silício | |
| | - perdas unitárias a 60 Hz a uma indução magnética de ____ T | W/kg |
| 16. | Características do Comutador de Derivações: | |
| | - tipo | |
| | - fabricante | |
| | - acionamento motorizado tipo | |
| | - número de degraus | |
| | - frequência nominal | Hz |
| | - corrente nominal | A |
| | - tensão de alimentação | Vca |
| | - consumo do mecanismo: | W |

| ITEM | DESCRIÇÃO | CARACTERÍSTICAS UNIDADES |
|-------------|--|---|
| 17. | Transformadores de Corrente | |
| 17.1 | TC de bucha para AT: | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - fabricante - tipo - quantidade de TCs por bucha para proteção - quantidade de TCs para imagem térmica - relação nominal para proteção - relação nominal para imagem térmica - classe de exatidão para proteção - classe de exatidão para imagem térmica | |
| 17.2 | TC de bucha para BT: | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - fabricante - tipo - quantidade de TCs por bucha para proteção - quantidade de TCs para imagem térmica - relação nominal para proteção - relação nominal para imagem térmica - classe de exatidão para proteção - classe de exatidão para imagem térmica | |
| 17.3 | TC de bucha para terciário: | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - fabricante - tipo - quantidade de TCs por bucha para proteção - quantidade de TCs para imagem térmica - relação nominal para proteção - relação nominal para imagem térmica - classe de exatidão para proteção - classe de exatidão para imagem térmica | |
| 18. | Características dos moto-ventiladores: | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - fabricante - tipo - quantidade por estágio - tensão de ligação - potência nominal - velocidade nominal - vazão de cada ventilador - perdas dos moto-ventiladores - frequência nominal | V kW rpm m ³ /min. W Hz |
| 19. | Características do óleo isolante, após contato com o equipamento: | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - fabricante - tipo - viscosidade a 20°C (máximo) - densidade a 20°C (máximo) - índice de neutralização - ponto de fulgor (mínimo) - ponto de fluidez (mínimo) - rigidez dielétrica mínima | mm ² /s mg KOH/g °C °C kV |

| ITEM | DESCRIÇÃO | UNIDADES CARACTERÍSTICAS |
|------------|--|--|
| | - fator de potência a 100°C - resistividade mínima a 75°C - cor ASTM (máximo) - enxofre corrosivo - teor de água | % Ωxcm ppm |
| 20. | Massas Totais (preliminar): | |
| | - de aço silício - de cobre - da parte ativa - do tanque e de todos os acessórios e peças - de óleo - do transformador sem óleo - do transformador com óleo - dos radiadores cheios de óleo | kg kg kg kg kg kg kg kg |
| 21. | Dimensões (preliminar): | |
| | - altura total - altura até a tampa - comprimento total - largura total - altura de embarque da maior peça - comprimento de embarque da maior peça - largura de embarque da maior peça - altura para remoção da parte ativa do tanque - altura para remoção da bucha de maior tensão | m m m m m m m m m |
| 22. | Volume de Óleo Requerido (preliminar): | |
| | - para o tanque principal - para as buchas - para os radiadores - para o compartimento do comutador de derivações - para o conservador de óleo - total | l l l l l l |
| 23. | Previsão para Ventilação Forçada (se aplicável): | |
| | - número de estágios - potência máxima do transformador a ser atingida em cada estágio - número de ventiladores por estágio - potência nominal de cada ventilador - velocidade nominal do ventilador - vazão de cada ventilador | MVA W rpm m ³ /s |
| 24. | Características dos Radiadores | |
| | - altura - largura - profundidade - tipo construtivo (tubo ou chapa) - número de aletas - volume de óleo/radiador - quantidade de radiadores | mm mm mm l |

Notas:

- 1) *Apresentar tabela em separado das impedâncias percentuais para todas as derivações nominais dos enrolamentos na base de potência nominal (ONAN), 75°C, 60 Hz, entre os enrolamentos de alta e baixa tensão, e entre alta e terciário (onde aplicável)*
- 2) *Apresentar curva de sobre-excitação.*
- 3) *Apresentar curva de saturação, incluindo a reatância do núcleo de ar.*
- 4) *O fabricante deve fornecer em sua proposta todas as informações requeridas no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas.*
- 5) *Se apresentadas propostas alternativas cada uma delas deve ser submetida com o Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas, específico, claramente preenchido, sendo que cada quadro deve ser devidamente marcado de forma a indicar a qual proposta pertence.*
- 6) *Erro no preenchimento do quadro de características poderá ser motivo para desclassificação.*
- 7) *Todas as informações requeridas no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas devem ser compatíveis com as informações descritas em outras partes da proposta de fornecimento. Em caso de dúvidas as informações prestadas no referido quadro prevalecerão sobre as descritas em outras partes da proposta.*
- 8) *O fabricante deve garantir que a performance e as características dos equipamentos a serem fornecidos estarão em conformidade com as informações aqui apresentadas.*

ANEXO D

INFORMAÇÕES TÉCNICAS REQUERIDAS COM A PROPOSTA

TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA _____ kV _____ MVA

| ITEM | DESCRIÇÃO | DESENHOS/CATÁLOGOS DE REFERÊNCIA |
|-------------|--|---|
| 1 | Desenhos de dimensões: | |
| 2 | Desenho do transformador com radiadores, mostrando a altura do tanque desmontado e altura para remoção das buchas. Desenho para transporte | |
| 3 | Catálogos dos seguintes componentes: - buchas de AT - buchas de BT - buchas terciárias (se aplicável) - buchas de neutro - comutador de derivações em carga - mecanismo motorizado do comutador sob carga - termômetro de óleo - sistema indicador de temperatura do enrolamento - relé Buchholz - diafragma do conservador - dispositivo de alívio de pressão - indicador do nível de óleo - relé de controle de tensão para o comutador sob carga - sistema de compensação de queda de tensão na linha - válvulas - registrador de impacto indicando tipo e quantidade a ser fornecida | |
| 4 | Dados técnicos do óleo isolante, incluindo a fonte de fornecimento e características conforme Tabela 6. | |
| 5 | Descrição detalhada da construção do núcleo principal, das bobinas, do tanque e dos radiadores. | |
| 6 | Preparação, pintura de base, e pintura final de todas as superfícies metálicas dos transformadores. | |
| 7 | Método de aterramento do neutro. | |
| 8 | Capacidade de resistência a curto-circuito (incluindo características de projeto, a descrição da experiência do proponente e dados específicos sobre cada transformador a ser fornecido). | |
| 9 | Lista de ferramentas especiais necessárias à montagem dos transformadores, se houver. | |
| 10 | Sistema de secagem. | |

NOTAS RELATIVAS AOS ANEXOS:

E - PEÇAS SOBRESSALENTES ESPECIFICADAS

F - PEÇAS SOBRESSALENTES RECOMENDADAS

O fabricante deve fornecer em sua proposta todas as informações requeridas nos Quadros de Peças Sobressalentes Especificadas e Recomendadas.

A relação das peças sobressalentes, Anexos E e F, deve incluir uma relação de peças recomendadas pelo fabricante para operação do equipamento por cinco anos.

A relação deve incluir no mínimo as peças indicadas no Anexo E, sendo que quando o item for relacionado como "conjunto", o fornecedor deve discriminar, à parte, cada peça componente do mesmo. A relação deve ser completada com os itens e quantidades recomendadas no Anexo F.

Os custos das peças sobressalentes, especificadas ou recomendadas, conforme ANEXO E e F, deverá estar incluso no custo do transformador, sendo que a CELG GT reserva-se o direito de selecionar entre as peças sobressalentes recomendadas, aquelas que serão adquiridas.

Devem ser fornecidos pelos fabricantes, sem ônus para a CELG GT, todos os equipamentos e ferramentas especiais, de montagem e manutenção, que sejam considerados necessários a uma adequada montagem, desmontagem, ajuste e calibração de qualquer parte do equipamento.

Por equipamentos e ferramentas especiais, ficam definidas aquelas partes especialmente projetadas e fabricadas para uso, de alguma forma, para um equipamento ou cliente particular, devendo o fabricante fornecê-las gratuitamente.

ANEXO E
PEÇAS SOBRESSALENTES ESPECIFICADAS
TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA

Nome do fabricante: _____

N° da licitação: _____

N° da proposta: _____

Tipo do transformador: _____

| ITEM | DESCRIÇÃO | UNID. | QUANT. | PREÇO UNITÁRIO R\$ |
|------|---|-------|--------|--------------------|
| 1 | Bucha de alta tensão completa com acessórios. | un | 01 | |
| 2 | Bucha de baixa tensão completa com acessórios. | un | 01 | |
| 3 | Bucha de neutro completa com acessórios | un | 01 | |
| 4 | Termômetro indicador de temperatura do enrolamento. | un | 01 | |
| 5 | Termômetro indicador de temperatura do óleo. | un | 01 | |
| 6 | Conjunto de relés auxiliares da caixa de comando. | cj | 01 | |
| 7 | Relé Buchholz. | un | 01 | |
| 8 | Relé de elevação súbita de pressão. | un | 01 | |
| 9 | Relé de controle de tensão. | un | 01 | |
| 10 | Indicador de nível de óleo. | un | 01 | |
| 11 | Dispositivo de alívio de pressão. | un | 01 | |
| 12 | Conjunto completo de gaxetas. | cj | 01 | |
| 13 | Conjunto de transdutores (se houver). | cj | 01 | |
| 14 | Conjunto de contator e/ou disjuntor de cada tipo utilizado. | cj | 01 | |
| 15 | Grupo moto-ventilador. | cj | 01 | |
| 16 | Conjunto de fusíveis utilizados. | cj | 01 | |
| 17 | Motor do comutador. | un | 01 | |
| 18 | Conjunto de contatos de comutação e transição do comutador. | cj | 01 | |
| 19 | TC de bucha de cada tipo utilizado. | un | 01 | |
| 20 | Conjunto de válvulas incluindo uma válvula de cada tipo e tamanho utilizado | cj | 01 | |
| 21 | Sistema digital de supervisão de paralelismo | un | 01 | |
| 22 | Secador de ar a sílica-gel, de cada tipo empregado | un | 01 | |
| 23 | Carga de sílica-gel | - | | |
| 24 | Resistor de aquecimento | un | 01 | |
| 25 | Módulo de medição "online" das buchas (sensor e adaptadores de tap's) | cj | 01 | |
| 26 | Monitor de temperatura de óleo e de um enrolamento | un | 01 | |
| 27 | Monitor de temperatura de dois enrolamentos | un | 01 | |

| | | | | |
|-----------|--|----|----|--|
| 28 | Sensor de gás e umidade do óleo isolante | un | 01 | |
| 29 | Relé ruptura de bolsa | un | 01 | |

ANEXO F**PEÇAS SOBRESSALENTES RECOMENDADAS****TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA**

Nome do fabricante: _____

Nº da licitação: _____

Nº da proposta: _____

Tipo do transformador: _____

| ITEM | DESCRIÇÃO | UNID. | QUANT. | PREÇO UNITÁRIO R\$ |
|-------------|------------------|--------------|---------------|-----------------------------------|
| | | | | |

O fornecedor deve incluir em sua proposta uma relação de peças sobressalentes recomendadas para cinco anos de operação.

A CELG GT reserva-se ao direito de selecionar, entre as peças de reposição recomendadas, aquelas que serão adquiridas.

A relação deve incluir descrição, identificação clara da peça, número de código e item do desenho de referência e/ou catálogo de cada item de reposição.

Quando o item for relacionado como "conjunto", o fornecedor deverá discriminar cada peça componente do mesmo.

ANEXO G**COTAÇÃO DE ENSAIO DE TIPO
TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA**

Nome do fabricante: _____

Nº da licitação: _____

Nº da proposta: _____

Tipo do transformador: _____

| ITEM | ENSAIO | PREÇO (R\$) | CERTIFICADO |
|-------------|--|--------------------|--------------------|
| 1 | Nível de ruído | | |
| 2 | Nível de tensão de rádiointerferência | | |
| 3 | Curto-circuito | | |
| 4 | Medição da impedância de sequência zero nos transformadores trifásicos | | |
| 5 | Medição de harmônicas na corrente de excitação | | |
| 6 | Medição da potência absorvida pelos motores do sistema de resfriamento | | |
| 7 | Descargas parciais | | |
| 8 | Vácuo interno | | |

ALTERAÇÕES NA NTC-36

| Item | Data | Item da norma | Revisão | Alteração |
|-------------|-------------|----------------------|----------------|--|
| 1 | AGO/14 | - | 0 | Emissão inicial desta norma da CELG GT a partir da adaptação do texto da norma original NTC 36 da CELG D, sendo dado o crédito a todos os autores e colaboradores da norma original. |