

CLIENTE:

FIOCRUZ

N° DA META:

N° Documento:

E257A26

N° REVISÃO:

A

N° PÁGINAS:

1 de 11

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE TRANSFORMADORES DE BT

| | | | | | |
|------|-----------------|----------|------------------|-------------|----------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| A | Emissão Inicial | 30/12/20 | Eduardo Pasquoto | Luís Felipe | Márcio Moeller |
| Rev. | Descrição | Data | Elaboração | Verificação | Aprovação |

| | | | | | |
|----------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
| CLIENTE: | FIOCRUZ | Nº DA META: | Nº Documento: | Nº REVISÃO: | Nº PÁGINAS: |
| | | | E257A26 | A | 2 de 11 |

SUMÁRIO

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | OBJETIVO | 3 |
| 2. | NORMAS DE REFERÊNCIA | 3 |
| 3. | DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA | 4 |
| 4. | REQUISITOS GERAIS | 4 |
| 4.1 | PROJETO EXECUTIVO DE FABRICAÇÃO | 4 |
| 4.2 | DESENHO DIMENSIONAL, CONTENDO: | 4 |
| 4.3 | DESENHOS DE BUCHAS, CONTENDO: | 4 |
| 4.4 | DESENHOS DE TERMINAIS, CONTENDO: | 5 |
| 4.5 | DIAGRAMAS E LISTAS | 5 |
| 4.6 | LISTAS DE PLAQUETAS, DEFININDO: | 5 |
| 5. | PERMUTABILIDADE | 5 |
| 6. | REQUISITOS CONSTRUTIVOS (TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA) | 5 |
| 4.7 | TECNOLOGIA | 5 |
| 4.8 | NÚCLEOS E FERRAGENS | 5 |
| 4.9 | ENROLAMENTOS DE BAIXA TENSÃO | 6 |
| 4.10 | LIMITES DE SOBRELEVAÇÃO DE TEMPERATURA | 6 |
| 4.11 | NEUTRO | 6 |
| 4.12 | CURTO-CIRCUITO | 7 |
| 4.13 | NÍVEIS DE RUÍDO | 7 |
| 4.14 | ACESSÓRIOS | 7 |
| 4.15 | CONECTORES | 7 |
| 4.16 | PLACA DE IDENTIFICAÇÃO | 7 |
| 4.17 | TOLERÂNCIA | 7 |
| 4.18 | REQUISITOS TÉCNICOS (TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA) | 8 |
| 4.18.1 | TIPO | 8 |
| 4.19 | CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO EQUIPAMENTO | 8 |
| 4.20 | REQUISITOS CONSTRUTIVOS E TÉCNICOS (TRANSFORMADOR DE DISTRIBUIÇÃO) | 8 |
| 4.20.1 | NÚCLEO | 8 |
| 4.20.2 | SUPORTES | 9 |
| 4.20.3 | ENROLAMENTOS | 9 |
| 4.20.4 | IMPREGNAÇÃO | 9 |
| 4.20.5 | ACESSÓRIOS | 9 |
| 4.21 | GRAU DE PROTEÇÃO | 9 |
| 4.22 | FATOR K | 10 |
| 4.23 | INSPEÇÃO E ENSAIOS | 10 |
| 4.23.1 | ENSAIOS SOBRE MATERIAIS E COMPONENTES | 10 |
| 4.23.2 | TESTES E ENSAIOS DE TIPO | 10 |
| 4.23.3 | TESTES E ENSAIOS DE ROTINA | 10 |

| | | | | |
|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
| CLIENTE: | Nº DA META: | Nº Documento: | Nº REVISÃO: | Nº PÁGINAS: |
| FIOCRUZ | | E257A26 | A | 3 de 11 |

1. OBJETIVO

Este documento tem por objetivo identificar as informações necessárias para o fornecimento dos Transformadores de BT do Prédio HPP da Fiocruz Campus Manguinhos, na cidade do Rio de Janeiro – RJ.

2. NORMAS DE REFERÊNCIA

Os serviços para as edificações e instalações dos sistemas elétricos do Prédio HPP deverão ser executados de acordo com as disposições constantes nas normas a seguir, e nas demais normas por elas indicadas. Deverão ser observadas as mais recentes revisões dos referidos documentos:

| | |
|---------------|---|
| NBR 5034 | Buchas para tensões alternadas superiores a 1kV - Especificação |
| NBR 6936 | Técnicas de ensaios elétricos de alta-tensão |
| NBR 5416 | Aplicação de cargas em transformadores de potência- Procedimento |
| NBR 7277 | Transformadores e reatores - Determinação do nível de ruído |
| NBR 5356-4 | Transformadores de potência |
| NBR 8186 | Guia de aplicação de coordenação de isolamento- Procedimento |
| NBR 10295 | Transformadores de potência secos |
| NBR 10443 | Tintas e vernizes - Determinação da espessura de película seca |
| NBR 11003 | Ensaio de aderência em tinta e revestimentos similares - Método de ensaio |
| NBR IEC 60529 | Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP) |
| IEC 60076-11 | Power transformers - part 11: dry-type transformers |

➤ INSTITUIÇÕES

Para o desenvolvimento das soluções apresentadas foram observadas as seguintes normas das instituições:

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

LIGHT S.A. – Concessionária de Energia local

NR-10 – Norma Regulamentadora emitida pelo Ministério do Trabalho

ABNT-5410 – Instalações elétricas de baixa tensão

➤ NORMAS COMPLEMENTARES

A fim de complementar as normas vigentes da ABNT, deverão ser utilizadas as seguintes publicações.

NFPA - National Fire Protection Association

IEC - International Electrical Commission

ANSI – American National Standards Institute

IEEE – Institute of Electrical and Electronic Engineers

NEC - National Electrical Code;

VDE - Verbandes Deustcher Elektrote

| | | | | |
|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
| CLIENTE: | Nº DA META: | Nº Documento: | Nº REVISÃO: | Nº PÁGINAS: |
| FIOCRUZ | | E257A26 | A | 4 de 11 |

3. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

| | |
|---------|---------------------------------|
| E257A22 | MEMORIAL DESCRITIVO DE ELÉTRICA |
|---------|---------------------------------|

4. REQUISITOS GERAIS

4.1 PROJETO EXECUTIVO DE FABRICAÇÃO

O projeto executivo de fabricação deverá ser editado com a seguinte estrutura de caderno, não se limitando a ela. O Caderno de Memorial Descritivo de Fabricação deverá conter no mínimo o sumário adiante, além da capa, registro de revisões e o sumário propriamente.

- Objeto;
- Referências/ lista de documentos que compõem o caderno;
- Características garantidas (requisitos técnicos), conforme especificações técnicas do Edital;
- Esquema de tratamento e pintura das superfícies metálicas;
- Catálogos/ folhas de dados técnicos do equipamento e dos principais componentes e acessórios fornecidos;
- Certificados de ensaios de "tipo" do equipamento;
- Instruções de instalação, operação e manutenção;
- Condições ambientais de funcionamento;
- Embalagem para transporte;
- Desenhos em anexo, conforme prescrito abaixo.

Além do estabelecido acima, deverão ser fornecidos os seguintes desenhos adicionais, conforme alínea "j" acima:

4.2 DESENHO DIMENSIONAL, CONTENDO:

- Tipo e código do EQUIPAMENTO;
- Tipo e código da CONTRATADA;
- Arranjo geral, em três vistas, com a localização dos acessórios e componentes;
- Dimensões;
- Massa do equipamento;
- Detalhes da base;
- Legenda dos componentes.

4.3 DESENHOS DE BUCHAS, CONTENDO:

- Dimensões principais;
- Valores nominais.

| | | | | |
|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
| CLIENTE: | Nº DA META: | Nº Documento: | Nº REVISÃO: | Nº PÁGINAS: |
| FIOCRUZ | | E257A26 | A | 5 de 11 |

4.4 DESENHOS DE TERMINAIS, CONTENDO:

- a) Material empregado;
- b) Dimensões principais;
- c) Dimensões dos furos e entre furos;
- d) Dimensões e tipo dos parafusos.

4.5 DIAGRAMAS E LISTAS

- a) Unifilar do circuito principal;
- b) Funcional de supervisão, operação, controle e proteção;
- c) Diagrama de interligação das régua de bornes;
- d) Listas de materiais/ acessórios, indicando:
Fabricante, tipo e código do fabricante, função, quantidade, características elétricas.

4.6 LISTAS DE PLAQUETAS, DEFININDO:

- a) Material;
- b) Tamanho;
- c) Posição em relação ao desenho dimensional;
- d) Dizeres (de cada linha).

Nota: a lista de plaquetas deverá contemplar a placa de identificação do equipamento e as placas de identificação dos componentes principais.

5. PERMUTABILIDADE

Componentes do mesmo tipo e tensão nominal deverão ser permutáveis tanto física quanto eletricamente. Peças e dispositivos com funções equivalentes deverão ser de projeto e construção idênticos, de modo que possam ser mutuamente permutáveis.

6. REQUISITOS CONSTRUTIVOS (TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA)

Os transformadores deverão possuir as seguintes características específicas:

4.7 TECNOLOGIA

Baseada no encapsulamento das bobinas de alta tensão sob vácuo, por meio de resina epóxi auto extingüível (não propagadora de chamas em caso de incêndio) de alta qualidade e de última geração.

4.8 NÚCLEOS E FERRAGENS

O núcleo deverá ser do tipo envolvido e ser construído com chapas de silício de grão orientado, laminadas a frio, de baixas perdas e isoladas com material inorgânico. Sua temperatura não deverá ultrapassar o limite da classe térmica dos enrolamentos e o nível de ruído estar de acordo com as normas aplicáveis.

Deverão ser usados aços de qualidade no mínimo igual a do tipo AISI M-4.

| | | | | |
|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
| CLIENTE: | Nº DA META: | Nº Documento: | Nº REVISÃO: | Nº PÁGINAS: |
| FIOCRUZ | | E257A26 | A | 6 de 11 |

As colunas e culatras deverão ser prensadas por meio de perfis de aço e cintas de material isolantes. Após esta operação, o núcleo montado deverá ser pintado com tinta dielétrica (60kV/mm) de classe F (155°C), formulada a partir de resina alquímica. Além das proteções dielétricas e contra corrosão, o tratamento reduzirá ainda mais o baixo nível de ruído acústico do transformador.

4.9 ENROLAMENTOS DE BAIXA TENSÃO

Os enrolamentos de baixa tensão poderão ser construídos em fio ou chapa, assim como em cobre (preferencialmente) ou alumínio.

Os enrolamentos em fio, para garantir a suportabilidade à curto-circuito requerida, deverão ser encapsulados. Neste caso, o processo utilizado deverá ser equivalente ao do enrolamento de alta tensão. Uma vez encapsuladas, as bobinas deverão ter excelente resistência a esforços térmicos e dinâmicos de curto-circuito, bem como completa imunidade ao ambiente atmosférico.

Para enrolamentos em chapa, os condutores deverão ter a altura da bobina e ser isolados por um filme impregnado com resina epóxi auto extingüível em estágio B de polimerização (pré-curado). Após enrolada, a bobina deverá ser submetida a tratamento térmico, obtendo-se a completa polimerização do isolamento que une as camadas do enrolamento, tornando-o um bloco compacto. Devido a forma do condutor, esforços de curto-circuito nas bobinas fabricadas em chapa são mínimos, garantindo ao transformador, incomparável performance neste quesito. Visando maior resistência a umidade, as cabeceiras da bobina deverão ainda ser preenchidas com resina epóxi.

A isolação utilizada nesta aplicação será sempre de classe térmica no mínimo igual a do enrolamento: classe F (155°C).

Deverá ser observado o material dos barramentos a ser empregado na conexão do transformador. O contato entre cobre e alumínio deverá ser evitado, devido a corrosão galvânica inerente, podendo implicar mais tarde em problemas nas conexões. Para o acoplamento cobre-alumínio deverão ser usadas chapas cladeadas, estanhagem dos barramentos ou pastas anti-corrosivas próprias para conexões elétricas. Barras de cobre prateadas deverão ser evitadas.

4.10 LIMITES DE SOBRELEVAÇÃO DE TEMPERATURA

A elevação média de temperatura dos enrolamentos não deverá exceder a 80°C – classe “B”, referida a uma temperatura ambiente máxima de 40°C, e a 115°C, referida a uma temperatura ambiente média diária máxima de 32°C. Essas sobrelevações de temperatura poderão ser ultrapassadas quando de sobrecargas, sendo que, nessas condições, os transformadores não deverão sofrer quaisquer danos ou redução de vida útil.

4.11 NEUTRO

O neutro do transformador deverá possuir terminal acessível.

4.12 CURTO-CIRCUITO

O transformador deverá ser capaz de suportar, sem sofrer quaisquer danos de vida útil, os efeitos térmicos e mecânicos das correntes de curtos-circuitos externos, dentro dos limites prescritos pela norma NBR 10295.

4.13 NÍVEIS DE RUÍDO

Os níveis de ruído produzidos pelo transformador seco não deverão exceder os limites prescritos pela norma NBR 7277.

4.14 ACESSÓRIOS

Acessórios a serem fornecidos

| Item | Descrição | Acessórios |
|------|--|------------|
| 01 | Barramentos terminais para conexões dos enrolamentos de baixa tensão | x |
| 02 | Barra de neutro | x |
| 03 | Conector de aterramento | x |
| 04 | Placa de identificação e avisos de advertência | x |
| 05 | Meios de suspensão da parte ativa e invólucro | x |
| 06 | Cubículo de proteção IP-21 | x |

4.15 CONECTORES

Os conectores deverão ser de liga de cobre (latão, durium, etc), estanhados. Deverão ser dimensionados de forma a permitir a passagem de toda a corrente sem superaquecimento. O acabamento e a maneira de fixação dos conectores deverão ser tais que impossibilitem o afrouxamento da conexão com a natural vibração do transformador. Não será aceita a utilização de conectores do tipo solda, devendo ser de aperto a parafuso.

O mesmo critério deverá ser seguido para a instalação de conectores de aterramento, que deverão ser para cabo de bitola MÍNIMA de 70-240mm².

4.16 PLACA DE IDENTIFICAÇÃO

A placa de identificação (ou placa suplementar) deve ser de material resistente à corrosão (alumínio ou aço inoxidável) contendo, as informações exigidas pelas normas.

O dispositivo de comutação de tensão deverá ser identificado por números ou letras, de tal forma que ao número 1 ou a letra A, corresponda a comutação que proporciona a maior relação de transformação.

4.17 TOLERÂNCIA

Serão admissíveis para os valores nominais do transformador as tolerâncias permitidas pela norma NBR 10295.

| | | | | |
|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
| CLIENTE: | Nº DA META: | Nº Documento: | Nº REVISÃO: | Nº PÁGINAS: |
| FIOCRUZ | | E257A26 | A | 8 de 11 |

4.18 REQUISITOS TÉCNICOS (TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA)

4.18.1 TIPO

Transformador de potência a seco para instalação abrigada.

4.19 CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO EQUIPAMENTO

Para o projeto do transformador deverão ser consideradas as seguintes características elétricas além dos dados especificados na respectiva Folha de Dados:

| REQUISITO | UNIDADE | ESPECIFICADO |
|---|------------------|--------------------|
| Número de fases | - | 3 |
| Tensão nominal | V _{rf} | [3] |
| Frequência nominal | Hz | 60 |
| Classe de isolamento primária | kV | 1,2 |
| Classe de isolamento secundária | kV | 1,2 |
| Taps | V | 380 |
| Ligação dos enrolamentos e deslocamento angular | - | Dyn1 |
| Tensão suportável nominal de impulso atmosférico | kV _{cr} | [4] |
| Tensão suportável nominal à frequência industrial durante um minuto | kV _e | [4] |
| Tensão de radiointerferência máxima | uV | [4] |
| Tensão induzida | kV _e | [4] |
| Perdas a vazio | w | [4] |
| Perdas totais a 115°C | W | [4] |
| Corrente a vazio | % | [4] |
| Impedância de curto-circuito por fase referida à potência máxima e tensões nominais, entre os enrolamentos a 75°C | % | [4] |
| Nível de ruído máximo | dB | Conforme NBR 7277 |
| Limites de temperatura e elevação de temperatura | °C | Conforme NBR 10295 |

[3] Características técnicas definidas no Unifilar Geral.

[4] Conforme Fabricante.

4.20 REQUISITOS CONSTRUTIVOS E TÉCNICOS (TRANSFORMADOR DE DISTRIBUIÇÃO)

Os transformadores de baixa tensão deverá ser projetados, fabricados e ensaiados em acordo com as prescrições das normas ABNT NBR 10295, VDE 0532 / IEC 726 e pertencerem ao grupo de transformadores a seco.

Devem estar incluídos no fornecimento todos os acessórios básicos e necessários ao bom funcionamento do equipamento, conforme descrito na folha de dados.

4.20.1 NÚCLEO

Os núcleos magnéticos deverão ser produzidos à partir de chapa siliciosa de grão não orientado (GNO) ou grão orientado (GO), garantindo baixos níveis de perda.

A chapa deverá ser cortada em tesoura rotativa no sentido longitudinal e em tesoura tipo guilhotina no sentido transversal. O grau de rebarba controlado deverá ser inferior a 0,08mm.

| | | | | |
|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
| CLIENTE: | Nº DA META: | Nº Documento: | Nº REVISÃO: | Nº PÁGINAS: |
| FIOCRUZ | | E257A26 | A | 9 de 11 |

A montagem do núcleo deverá ser feita pelo processo de empilhamento entrelaçado de forma a se obter o melhor acoplamento magnético possível.

Após o empilhamento e alinhamento de todas as chapas o núcleo deverá receber um revestimento com tinta líquida para evitar a oxidação das lâminas.

4.20.2 SUPORTES

Deverão ser construídos em chapa de aço dobrada e soldada, de bitola adequada a resistir a esforços mecânicos decorrentes do transporte, movimentação e eventuais curtos circuitos nos terminais do transformador. Os suportes devem receber processo de tratamento químico e pintura pó eletrostática, com cura em estufa. A pintura de acabamento deverá ser na cor cinza Munsell N6,5.

4.20.3 ENROLAMENTOS

Deverão ser utilizados fios de cobre ou alumínio, de seção redonda ou retangular esmaltados, isolamento classe H. A fim de atender requisições de projeto pode-se utilizar fios em paralelo para compor a seção do condutor requerido.

Após enroladas as bobinas devem ser submetidas a uma secagem em estufa para retirada de umidade, impregnadas sob vácuo com verniz isolante e curadas em estufa na temperatura e tempo previstos nos procedimentos de fabricação próprios ao tipo de verniz utilizado.

4.20.4 IMPREGNAÇÃO

Os transformadores devem ser impregnadas com verniz à base de resina fenólica modificada com imida, marrom claro transparente, classe de isolamento F em estufa com temperatura controlada.

O processo de impregnação deve ser do tipo como VPI (vácuo pressure impregnation), ou seja a peça deverá ser pré aquecida antes de impregnada antes de colocá-la na autoclave e submetê-la à vácuo, somente então é admitida a entrada da resina isolante.

Após a permanência num período de tempo adequado sob vácuo, deverá ser aplicada pressão positiva com a peça imersa na resina isolante, a cura deverá ser realizada em estufa elétrica com temperatura e ciclo controlados através de registrador tempo, garantindo a perfeita polimerização dos materiais empregados.

4.20.5 ACESSÓRIOS

Os transformadores de baixa tensão devem ser fornecidos com, no mínimo, os seguintes acessórios:

Olhais de suspensão do conjunto completamente montado (para transformadores com peso superior à 40kg).

Terminal de aterramento localizado na ferragem de compressão do núcleo.

4.21 GRAU DE PROTEÇÃO

O transformador será fornecido com grau de proteção, IP-21, com as características abaixo:

| | | | | |
|----------------|-------------|----------------|-------------|-----------------|
| CLIENTE: | Nº DA META: | Nº Documento: | Nº REVISÃO: | Nº PÁGINAS: |
| FIOCRUZ | | E257A26 | A | 10 de 11 |

Grau de Proteção: IP-21

Instalação: abrigada, sob telhado

Acabamento: pintura pó eletrostático cor cinza Munsell N6,5

Acesso dos cabos: por baixo, através de flange removível.

4.22 FATOR K

Um transformador pode ser projetado para outras avaliações de fator K entre estes valores, assim como para valores mais elevados. As classificações geralmente referenciadas são de acordo com ANSI/IEEE C57.110-1986, referem-se a um número limitado de classificações do fator K: K-1, K-4, K-9, K-13, K-20, K-30, K-40.

O Fator "K" utilizado nos transformadores:

K-1: Para sistema de HVAC e;

K-4: Para o Transformador de Força e Tomadas do sistema de emergência, sendo o transformador com esta avaliação foi projetado para fornecer kVA nominal, sem superaquecer, a uma carga constituída de 100% de frequência normal 60 Hertz, corrente senoidal na fundamental, mais:

- 16% da fundamental como a 3ª corrente harmônica;
- 10% da fundamental como 5ª;
- 7% da fundamental como 7ª;
- 5.5% da fundamental como o 9ª e
- Porcentagens menores através da 25ª harmônica.

O "4" indica sua habilidade de suportar quatro vezes as perdas de corrente "eddy" de um transformador K-1.

4.23 INSPEÇÃO E ENSAIOS

4.23.1 ENSAIOS SOBRE MATERIAIS E COMPONENTES

Deverão ser fornecidos os resultados dos ensaios realizados sobre os materiais e componentes empregados na fabricação do equipamento, de modo a comprovar a qualidade destes produtos.

Os ensaios deverão ser executados obedecendo às prescrições das normas ABNT e ASTM aplicáveis.

4.23.2 TESTES E ENSAIOS DE TIPO

O fabricante deverá apresentar o ensaio de tipo de equipamento similar.

4.23.3 TESTES E ENSAIOS DE ROTINA

O fabricante deverá fazer os testes de funcionamento do transformador e garantir todos os requisitos normativos vigentes. Estes testes deverão ser realizados em fábrica, sendo de total responsabilidade do fabricante.

Além do estabelecido nos itens Testes de Aceitação em Fábrica (TAF) e Testes e Ensaios de Rotina, deverão ser realizados, no mínimo, os ensaios de "rotina" adiante, conforme normas NBR e IEC aplicáveis:

| | | | | |
|----------------|-------------|----------------|-------------|-----------------|
| CLIENTE: | Nº DA META: | Nº Documento: | Nº REVISÃO: | Nº PÁGINAS: |
| FIOCRUZ | | E257A26 | A | 11 de 11 |

4.23.3.1 DE FÁBRICA (TAF)

- a) Verificações visual e dimensional;
- b) Resistência elétrica dos enrolamentos;
- c) Relação de tensões;
- d) Polaridade;
- e) Deslocamento angular;
- f) Sequência de fases;
- g) Perdas em vazio;
- h) Perdas em carga;
- i) Corrente de excitação;
- j) Ensaio da impedância de curto-circuito;
- k) Ensaio dielétricos de tensão aplicada à frequência industrial durante um minuto (tensão aplicada);
- l) Ensaio dielétricos de tensão induzida;
- m) Resistência de isolamento;
- n) Tensão induzida com medição de descargas parciais;
- o) Verificação da fiação (teste ponto a ponto);
- p) Verificação do funcionamento;
- q) Potência absorvida pelos ventiladores;
- r) Ensaio nos circuitos auxiliares e de controle;

4.23.3.2 DE CAMPO (TAC)

- a) Verificação visual;
- b) Verificação do funcionamento;
- c) Ensaio nos circuitos auxiliares e de controle;
- d) Testes com carga.