

*Subestação móvel trifásica montada
sobre semirreboque*

ENERGISA/GTD-NRM/Nº047/2021

Especificação Técnica Unificada

ETU - 169

Versão 0.0 - Março / 2022



Apresentação

Esta Especificação Técnica apresenta as diretrizes necessárias para padronização das características técnicas e requisitos mínimos, elétricos e mecânicos, exigidos para fornecimento de subestações móveis, completas, montadas em semirreboque direcionável de forma a constituir uma unidade integral, destinadas ao uso no sistema elétrico nas empresas do Grupo Energisa S.A.

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

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

A presente revisão desta especificação técnica é a versão 0.0, datada de Março de 2022.

Cataguases - MG, Março de 2022.

GTD - Gerência Técnica de Distribuição

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





Equipe técnica de elaboração da ETU-169

Acassio Maximiano Mendonca

Grupo Energisa

Gilberto Teixeira Carrera

Grupo Energisa

Augustin Gonzalo Abreu Lopez

Grupo Energisa

Hitalo Sarmiento de Sousa Lemos

Grupo Energisa

Danilo Maranhão de Farias Santana

Grupo Energisa

Ricardo Campos Rios

Grupo Energisa

Eduarly Freitas do Nascimento

Grupo Energisa

Ricardo Machado de Moraes

Grupo Energisa



Aprovação técnica

Ademálio de Assis Cordeiro

Grupo Energisa

Juliano Ferraz de Paula

Energisa Sergipe

Amaury Antônio Damiance

Energisa Mato Grosso

Marcelo Cordeiro Ferraz

Dir. Suprimentos Logística

Fabio Lancelotti

Energisa Minas Gerais / Energisa Nova Friburgo

Paulo Roberto dos Santos

Energisa Mato Grosso do Sul

Fabício Sampaio Medeiros

Energisa Rondônia

Ricardo Alexandre Xavier Gomes

Energisa Acre

Guilherme Damiance Souza

Energisa Tocantins

Rodrigo Brandão Fraiha

Energisa Sul-Sudeste

Jairo Kennedy Soares Perez

Energisa Borborema / Energisa Paraíba

Sumário

1	OBJETIVO.....	9
2	CAMPO DE APLICAÇÃO.....	9
3	OBRIGAÇÕES E COMPETÊNCIAS.....	9
4	REFERÊNCIAS NORMATIVAS	9
4.1	LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO FEDERAL	9
4.2	NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS	11
4.3	NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONAIS	13
5	TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES	15
5.1	SUBESTAÇÃO	16
5.2	SUBESTAÇÃO MÓVEL	16
5.3	COMUTADOR DE DERIVAÇÃO	16
5.4	TRANSFORMADOR	16
5.5	TENSÃO NOMINAL DO EQUIPAMENTO	16
5.6	VEÍCULO REBOQUE OU SEMIRREBOQUE.....	16
5.7	VEÍCULO TRANSPORTADOR MODULAR AUTOPROPELIDO	16
5.8	VEÍCULO TRATOR OU DE TRACÇÃO.....	17
5.9	ENSAIOS DE RECEBIMENTO	17
5.10	ENSAIOS DE TIPO	17
5.11	ENSAIOS ESPECIAIS	17
6	DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA	17
6.1	RELAÇÃO DE DOCUMENTOS TÉCNICOS A SEREM APROVADOS.....	17
6.2	PROCEDIMENTO DE APROVAÇÃO DOS DOCUMENTOS TÉCNICOS.....	23
6.3	DESENHOS E DOCUMENTOS FINAIS	24
7	CONDIÇÕES GERAIS	25
7.1	CONDIÇÕES DO SERVIÇO	26
7.2	LINGUAGENS E UNIDADES DE MEDIDA	26
7.3	ARMAZENAGEM, EMBALAGEM E TRANSPORTE.....	27
7.3.1	Embalagem	27
7.3.2	Transporte.....	29
7.3.3	Armazenamento	29
7.4	MEIO AMBIENTE	30
7.5	EXPECTATIVA DE VIDA ÚTIL	30
7.6	GARANTIA	31
7.7	NUMERAÇÃO DE PATRIMÔNIO.....	31
7.8	MANUAL DE INSTRUÇÕES DE MONTAGEM, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	32

7.9	TREINAMENTOS.....	33
8	CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS	34
8.1	CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	34
8.2	DIMENSÕES E MASSA	36
8.3	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS	36
8.4	COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA (CEM)	45
9	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS	45
9.1	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL	45
9.1.1	Enrolamentos.....	45
9.1.2	Papel isolante	46
9.1.3	Núcleo.....	46
9.1.4	Tanque e tampa	48
9.1.5	Sistema de resfriamento	50
9.1.6	Conservador de óleo da subestação móvel	53
9.1.7	Meio isolante	54
9.1.8	Dispositivo de alívio de sobrepresão (válvula de segurança).....	54
9.1.9	Juntas e gaxetas	55
9.1.10	Buchas	55
9.1.11	Transformadores de corrente	56
9.1.12	Acabamento e pintura.....	57
9.1.13	Cabines de terminais e controle	58
9.1.14	Fiação.....	61
9.1.15	Relé detector de gás de tipo Buchholz	63
9.1.16	Indicador externo de nível de óleo	64
9.1.17	Monitor de temperatura do óleo e dos enrolamentos	64
9.1.18	Placas de identificação	66
9.1.18.1	Placas de identificação da subestação móvel	66
9.1.18.2	Placa de identificação das buchas	67
9.1.19	Secador de ar.....	68
9.1.20	Cadeados	68
9.1.21	Válvulas.....	69
9.2	DISJUNTORES	71
9.3	CHAVES SECCIONADORA	71
9.4	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL (TP)	71
9.5	TRANSFORMADOR DE CORRENTE (TC).....	71
9.6	PARA-RAIOS.....	72
9.7	PEÇAS SOBRESSALENTES	72
10	PAINÉIS DE COMANDO, PROTEÇÃO, CONTROLE E SUPERVISÃO	72
10.1	CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	72
10.2	COMPONENTES INTERNOS	73

10.3	SERVIÇOS ADICIONAIS PARA OS PAINÉIS	76
11	CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS CABOS ISOLADOS	78
11.1	CABOS ISOLADOS DE MÉDIA TENSÃO (MT)	78
11.2	CABOS ISOLADOS DE MÉDIA TENSÃO (SERVIÇOS AUXILIARES)	78
12	CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SEMIRREBOQUE	79
12.1	LIMITAÇÕES E CONDIÇÕES PARA TRANSPORTE	80
12.2	ACESSÓRIOS E FERRAMENTAS	81
12.3	DISPOSIÇÃO DA SUBESTAÇÃO MÓVEL SOBRE O SEMIRREBOQUE	81
12.3.1	Proteção contra obstáculos e cabos aéreos	81
12.3.2	Aterramento da subestação móvel e do semirreboque	82
12.3.3	Acabamento e pintura da subestação móvel	82
13	INSPEÇÃO E ENSAIOS	83
13.1	GENERALIDADES	83
13.2	ENSAIOS DE VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE DA MATÉRIA PRIMA	87
13.3	ENSAIOS NO ÓLEO ISOLANTE	88
13.4	ENSAIOS NAS BUCHAS	89
13.5	ENSAIOS NOS TRANSFORMADORES DE CORRENTE TIPO BUCHA	90
13.6	ENSAIOS NOS PAINÉIS DE CONTROLE	90
13.7	ENSAIOS NO TRANSFORMADOR	91
13.8	ENSAIOS DO CONJUNTO SUBESTAÇÃO MÓVEL E SEMIRREBOQUE	91
13.8.1	Ensaio de aceleração	91
13.9	COMISSONAMENTO DO CONJUNTO	92
13.10	ENERGIZAÇÃO DA SUBESTAÇÃO MÓVEL	92
14	PLANO DE INSPEÇÃO E TESTES	93
15	ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO	93
15.1	ENSAIOS DE TIPO	93
15.2	ENSAIOS DE RECEBIMENTO	93
16	NOTAS COMPLEMENTARES	94
17	HISTÓRICO DE VERSÕES DESTE DOCUMENTO	94
18	VIGÊNCIA	94
19	TABELAS	96
	TABELA 1 - Características técnicas das subestações móveis	96
	TABELA 2 - Níveis básicos de isolamento	97
20	DESENHO	98
	DESENHO 1 - Desenho meramente orientativo	98
21	ANEXO	99



ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas 99

1 OBJETIVO

Esta Especificação Técnica estabelece os requisitos técnicos mínimos exigíveis, para o fornecimento de subestações móveis, completas, montadas em semirreboque direcionável de forma a constituir uma unidade integral, destinadas ao uso no sistema elétrico de distribuição de energia da Energisa.

2 CAMPO DE APLICAÇÃO

Aplicam-se às montagens das subestações móveis destinadas a serviços de fornecimento de energia elétrica em caráter temporário, em média tensão, em áreas urbanas e rurais, previstas nas normas técnicas em vigência nas Empresas do Grupo Energisa.

3 OBRIGAÇÕES E COMPETÊNCIAS

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

4 REFERÊNCIAS NORMATIVAS

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

4.1 Legislação e regulamentação federal

- Constituição da República Federativa do Brasil - Título VIII: Da Ordem Social - Capítulo VI: Do Meio Ambiente
- Lei Federal N.º 7.347, de 24/07/1985, Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a



bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico e dá outras providências

- Lei Federal N.º 9.503, de 23/09/1997, Institui o Código de Trânsito Brasileiro
- Lei Federal N.º 9.605, de 12/02/1998, Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências
- Lei Federal N.º 10.295, de 17/10/2001, Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências
- Decreto Federal N.º 41.019, de 26/02/1957, Regulamenta os serviços de energia elétrica
- Decreto Federal N.º 73.080, de 05/11/1973, Altera o artigo 47, do Decreto número 41.019, de 26 de fevereiro de 1957, que regulamenta os serviços de energia elétrica
- Decreto Federal N.º 4.711, de 29/05/2003, Dispõe sobre a coordenação do Sistema Nacional de Trânsito
- Decreto Federal N.º 6.514, de 22/07/2008, Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências
- Resolução CONAMA N.º 1, de 23/01/1986, Dispõe sobre os critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA
- Resolução CONAMA N.º 237, de 19/12/1997, Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente
- Resolução DNIT N.º 1, de 08/01/2021, Estabelece normas sobre o uso de rodovias federais por veículos ou combinações de veículos e equipamentos, destinados ao transporte de cargas indivisíveis e excedentes em peso ou

dimensões, observados os limites e os requisitos estabelecidos pelo Conselho Nacional de Trânsito

- Resolução CONTRAN N.º 210, de 13/11/2006, Estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres e dá outras providências
- Resolução CONTRAN N.º 211, de 13/11/2006, Requisitos necessários à circulação de Combinações de Veículos de Carga - CVC, a que se referem os arts. 97, 99 e 314 do Código de Trânsito Brasileiro-CTB

4.2 Normas técnicas brasileiras

- ABNT NBR 5034, Buchas para tensões alternadas superiores a 1 kV
- ABNT NBR 5356-1, Transformadores de Potência - Parte 1: Generalidades
- ABNT NBR 5356-2, Transformadores de potência - Parte 2: Aquecimento
- ABNT NBR 5356-3, Transformadores de potência - Parte 3: Níveis de isolamento, ensaios dielétricos e espaçamentos externos em ar
- ABNT NBR 5356-4, Transformadores de potência - Parte 4: Guia para ensaio de impulso atmosférico e de manobra para transformadores e reatores
- ABNT NBR 5356-5, Transformadores de potência - Parte 5: Capacidade de resistir a curtos-circuitos
- ABNT NBR 5356-7, Transformadores de potência - Parte 7: Guia de carregamento para transformadores imersos em líquido isolante
- ABNT NBR 5435, Buchas para transformadores imersos em líquido isolante - Tensão nominal 15 kV, 24,2 kV e 36,2 kV - Especificações
- ABNT NBR 5456, Eletricidade geral - Terminologia
- ABNT NBR 5458, Transformadores de potência - Terminologia

- ABNT NBR 5460, Sistemas elétricos de potência
- ABNT NBR 6234, Óleo mineral isolante - Determinação da tensão interfacial de óleo-água pelo método do anel - Método de ensaio
- ABNT NBR 6251, Cabos de potência com isolação extrudada para tensões de 1 kV a 35 kV - Requisitos construtivos
- ABNT NBR 6855, Transformador de potencial indutivo - Requisitos e ensaios
- ABNT NBR 6856, Transformador de corrente com isolação sólida para tensão máxima igual ou inferior a 52 kV - Especificação e ensaios
- ABNT NBR 7148, Petróleo e derivados de petróleo - Determinação da massa específica, densidade relativa e °API - Método do densímetro
- ABNT NBR 7286, Cabos de potência com isolação extrudada de borracha etilenopropileno (EPR, HEPR ou EPR 105) para tensões de 1 kV a 35 kV - Requisitos de desempenho
- ABNT NBR 8667-1, Comutadores de derivação - Parte 1: Especificação e ensaios
- ABNT NBR 9209, Preparação de superfícies para pintura - Processo de fosfatização - Procedimento
- ABNT NBR 9368, Transformadores de potência de tensões máximas até 145 kV - Características elétricas e mecânicas
- ABNT NBR 10202, Buchas de tensões nominais de 72,5 kV - 145 kV e 242 kV para transformadores e reatores de potência - Características elétricas, construtivas dimensionais e gerais
- ABNT NBR 10505, Líquidos isolantes elétricos - Determinação de enxofre corrosivo
- ABNT NBR 10710, Líquido isolante elétrico - Determinação do teor de água

- ABNT NBR 10710, Líquido isolante elétrico - Determinação do teor de água
- ABNT NBR 11341, Derivados de petróleo - Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland
- ABNT NBR 11349, Produto de petróleo - Determinação do ponto de fluidez
- ABNT NBR 11388, Sistemas de pintura para equipamentos e instalações de subestações elétricas - Especificação
- ABNT NBR 12133, Líquidos isolantes elétricos - Determinação do fator de perdas dielétricas e da permissividade relativa (constante dielétrica) - Método de ensaio
- ABNT NBR 13882, Líquidos isolantes elétricos - Determinação do teor de bifenilas policloradas (PCB)
- ABNT NBR 14248, Produtos de petróleo - Determinação do número de acidez e de basicidade - Método do indicador
- ABNT NBR 14483, Produtos de petróleo - Determinação da cor - Método do colorímetro ASTM
- ABNT NBR 15158, Limpeza de superfícies de aço por produtos químicos
- ABNT NBR IEC 60156, Líquidos isolantes - Determinação da rigidez dielétrica à frequência industrial - Método de ensaio
- ABNT NBR IEC 60529, Graus de proteção providos por invólucros (Códigos IP)
- ABNT NBR IEC 62271-1, Manobra e comando de alta tensão - Parte 1: Especificações comuns para equipamentos de manobra e comando em corrente alternada
- ABNT NBR NM 280, Condutores de cabos isolados (IEC 60228, MOD)

4.3 Normas técnicas internacionais

- 
- ANSI/IEEE C57.13.1, Guide for field testing of relaying current transformers
 - ASTM A36 / A36M, Standard specification for carbon structural steel
 - ASTM D92, Standard test method for flash and fire points by cleveland open cup tester
 - ASTM D97, Standard test method for pour point of petroleum products
 - 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 D1298, Standard test method for density, relative density, or API gravity of crude petroleum and liquid petroleum products by hydrometer method
 - ASTM D1500, Standard test method for ASTM color of petroleum products (ASTM color scale)
 - ASTM D1524, Standard test method for visual examination of used electrical insulating liquids in the field
 - ASTM D1533, Standard test method for water in insulating liquids by coulometric karl fischer titration
 - ASTM D2144, Standard practices for examination of electrical insulating oils by infrared absorption
 - ASTM D2440, Standard test method for oxidation stability of mineral insulating oil
 - IEC 60247, Insulating liquids - Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor (tan d) and d.c. resistivity

NOTAS:

- 
- I. Todas as normas ABNT mencionadas acima devem estar à disposição do inspetor da Energisa no local da inspeção.
 - II. Todos os materiais que não são especificamente mencionados nesta Especificação Técnica, mas que são usuais ou necessários para a operação eficiente do equipamento, considerar-se-ão como aqui incluídos e devem ser fornecidos pelo fabricante sem ônus adicional.
 - III. A utilização de normas de quaisquer outras organizações credenciadas será permitida, desde que elas assegurem uma qualidade igual, ou melhor, que as anteriormente mencionadas e não contradigam a presente Especificação Técnica.
 - IV. As siglas acima referem-se a:
 - CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
 - DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
 - CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito
 - ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
 - NBR - Norma Brasileira
 - NM - Norma Mercosul
 - ANSI - American National Standards Institute
 - ASTM - American Society for Testing and Materials
 - IEC - International Electrotechnical Commission
 - IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers

5 TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES



A terminologia adotada nesta Especificação Técnica corresponde a das normas ABNT NBR 5458 e ABNT NBR 6855, complementadas pelos seguintes termos:

5.1 Subestação

Instalações elétricas que agrupa os equipamentos, condutores e acessórios destinados a proteção, medição, manobra e transformação de grandezas elétricas.

5.2 Subestação móvel

Instalação elétrica de transformação de grandezas elétricas montada sobre veículo automotor para deslocamento na área de concessão.

5.3 Comutador de derivação

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

5.4 Transformador

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

5.5 Tensão nominal do equipamento

Tensão de regime contínuo de operação, em qualquer derivação.

5.6 Veículo reboque ou semirreboque

Veículo de um ou mais eixos a ser engatado a um veículo trator ou que se apoia ou que está ligado por meio de articulação à sua unidade tratora.

5.7 Veículo transportador modular autopropelido

Veículo modular com plataforma de carga própria, tendo suspensão e direção hidráulica e conjunto de linhas de eixos direcionais com força motora que propicie circular pelos seus próprios meios.

5.8 Veículo trator ou de tração

Veículo automotor projetado e fabricado para tracionar ou arrastar veículos, reboques, semirreboques e equipamentos.

5.9 Ensaio de recebimento

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

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

5.10 Ensaio de tipo

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

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

5.11 Ensaio especiais

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

Este tipo de ensaio é executado e custeado pela Energisa.

6 DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

6.1 Relação de documentos técnicos a serem aprovados



Deverão ser apresentados para aprovação os documentos técnicos relacionados a seguir:

- a) Lista de documentos técnicos para aprovação, contendo indicação do número do proponente, número da Energisa e título;
- b) Desenhos dimensionais do equipamento, indicando:
 - Tipo e código do fabricante;
 - Desenhos das 4 (quatro) vistas laterais e vista superior, com as dimensões de montagem, identificação e localização dos acessórios;
 - Pontos de aterramento do tanque;
 - Legenda dos componentes e acessórios;
 - Massas do equipamento (parte ativa, óleo, tanque, acessórios e totais);
 - Tipo e volume do óleo isolante;
 - Localização do centro de gravidade do equipamento completamente montado;
 - Desenhos do semirreboque, individual e completo com todos os equipamentos, que garanta o atendimento às leis de trânsito brasileira e de acordo com os requisitos desta especificação técnica;
- c) Desenhos dimensionais do sistema de acondicionamento dos cabos de média e baixa tensão, indicando:
 - Massa;
 - Descrição e características dos cabos;
 - Quantidade contida em cada bobina;
 - Dimensões das bobinas;

- 
- Detalhes de lançamento e recolhimento dos cabos;
 - Detalhes das conexões e do aterramento da blindagem;
 - Detalhes do sistema de emendas (se houver).
- d) Desenhos dimensionais dos painéis, das cabines e caixas de comando e controle, indicando:
- Massa;
 - Espessura da chapa;
 - Grau de proteção (IP);
 - Localização:
 - Dos componentes no interior do painel, da cabine ou da caixa;
 - Do terminal de aterramento;
 - Da chapa removível para instalação de eletrodutos;
 - Das aberturas de ventilação;
 - Do sistema de tratamento das chapas e pintura.
 - Legenda dos componentes, contendo:
 - Quantidade;
 - Tipo e código do fabricante;
 - Função dos componentes;
 - Características elétricas dos componentes.
- e) Desenhos de buchas, indicando:
- Tipo e código do fabricante;

- 
- Dimensões principais;
 - Valores nominais;
 - Massa;
 - Detalhe do terminal de linha, do flange para montagem e material utilizado;
 - Legenda dos componentes;
 - Identificação da bucha com o enrolamento respectivo;
 - Esforços permissíveis aplicáveis ao terminal externo superior (topo da bucha);
 - Placa de identificação.
- f) Diagramas de fiação, indicando:
- Localização e identificação das réguas na caixa;
 - Diagrama de interligação dos blocos terminais;
 - Diagrama funcional.
- g) Desenhos das placas de identificação de:
- Equipamento principal;
 - Caixas de comando e controle;
 - Buchas.
- h) Desenhos dos conectores de aterramento, indicando:
- Tipo e código do fabricante;
 - Material de fabricação e acabamento;

- Bitolas, mínima e máxima;
 - Torque de aperto dos parafusos.
- i) Esquema de tratamento de pintura e/ou zincagem das superfícies metálicas;
- j) Esquemas típicos de ensaios a serem realizados no equipamento;
- k) Plano de inspeções e testes (PIT);
- l) Relatórios dos ensaios de tipo e especiais, quando solicitado;
- m) Desenho de dimensões e embalagens para transporte, indicando:
- Dimensões da peça mais pesada para transporte, indicando:
 - Dimensões;
 - Massa;
 - Dispositivo de içamento, tração, amarração e ângulo de içamento;
 - Localização dos acessórios utilizados para transporte;
 - Localização do centro de gravidade.
 - Embalagens para transporte de acessórios e componentes, indicando:
 - Dimensões;
 - Massa;
 - Indicações usuais de manuseio;
 - Indicação do tipo de armazenagem (ao tempo ou abrigada), para cada acessório ou componente.
- n) Manual de instruções de montagem, operação e manutenção (data book), constituído de:

- 
- Identificação do número e item do contrato ou da Ordem de Compra de Material (OCM) e da especificação técnica;
 - Dados e características técnicas do equipamento;
 - Descrição funcional dos sistemas elétrico e de acionamento;
 - Instruções para montagem e desmontagem, bem como instruções para ajustes quando da operação inicial;
 - Instruções de operação e manutenção, incluindo os respectivos ensaios periódicos e valores de referência;
 - Instruções para recebimento, manuseio e armazenagem;
 - Lista de sobressalentes recomendados, considerados necessários para a perfeita operação da mesma:
 - Descrição;
 - Código;
 - Desenho de referência e/ou catálogos;
 - Quantidade.
 - Lista de ferramentas especiais;
 - Lista e catálogos de todos os componentes;
 - Relatórios de ensaios de tipo, especiais e de rotina realizados no equipamento;
 - Certificados de calibração dos instrumentos utilizados nos ensaios no equipamento;
 - Desenhos e documentos de fabricação aprovados;
 - Fotografias a cores com tamanho 240 x 180 mm:

- Do núcleo em duas vistas laterais e uma vista superior;
 - Da parte ativa em quatro vistas laterais e uma vista superior;
 - Do tanque em duas vistas laterais e uma vista interna;
 - Do transformador completo em quatro vistas laterais e uma vista superior;
 - Do semirreboque;
 - Do sistema de acondicionamento dos cabos de média e baixa tensão;
 - Dos painéis, cabines de comando e controle.
- Certificado de garantia do equipamento;
 - Procedimentos de assistência técnica, incluindo:
 - Dados para contato (responsáveis, telefones e e-mail) para solicitar a cobertura de falhas ocorridas no período de garantia e consertos de iniciativa da Energisa;
 - Lista de peças sobressalentes para conserto;
 - Declaração de fornecimento de qualquer peça cuja substituição venha a ser necessária, durante um período de 10 (dez) anos a contar da data de entrega.
- o) Diagrama unifilar;
- p) Catálogos dos componentes e acessórios.

6.2 Procedimento de aprovação dos documentos técnicos

- a) O proponente deverá submeter à aprovação da Energisa, em arquivos eletrônicos, no formato “.DOC”, “.XLS” e “.DWG”, até 30 (trinta) dias após a

- 
- data de assinatura do contrato ou recebimento da Ordem de Compra de Material (OCM) os documentos listados no item 6.1;
- b) Todos os desenhos, desde a sua primeira emissão, deverão conter as seguintes informações:
- Identificação do conteúdo do desenho;
 - Identificação do conjunto ao qual pertence;
 - Número e item do contrato ou da Ordem de Compra de Material;
 - Número da especificação técnica;
 - Número de série do equipamento.
- c) A Energisa, num prazo máximo de 20 (vinte) dias após receber os desenhos enviará ao proponente os desenhos aprovados, aprovados com ressalvas ou devolvidos para correções;
- d) A aprovação dos desenhos e documentos e a liberação para fabricação poderão ser informadas por correio eletrônico (e-mail);
- e) Nos casos em que os desenhos tenham sido devolvidos para correções ou contenham aprovação com ressalvas, o proponente terá o prazo máximo de 15 (quinze) dias para proceder às modificações indicadas e reenviar para aprovação;
- f) A aprovação dos desenhos pela Energisa não desobriga o proponente de sua plena responsabilidade com relação ao projeto integral do equipamento;
- g) A fabricação do equipamento só estará liberada quando da aprovação dos respectivos desenhos.

6.3 Desenhos e documentos finais

- 
- a) Serão considerados desenhos e documentos finais todos aqueles que receberam aprovação integral da Energisa e contenham todas as alterações, correções e revisões feitas durante o processo de aprovação até o recebimento do equipamento, bem como aqueles apresentados pelo proponente e que não necessitem de aprovação da Energisa;
 - b) Os desenhos finais deverão conter a marcação “desenho certificado” e deverão ser entregues à Energisa até 15 (quinze) dias antes da inspeção do equipamento, no formato “.DOC”, “.XLS” e “.DWG”;
 - c) Deverão ser entregues à Energisa, 3 (três) cópias impressas e 2 (duas) mídias digitais, no padrão estabelecido pela Energisa, do manual de instruções de montagem, operação e manutenção (data book), até 15 (quinze) dias após aprovação dos relatórios de inspeção;
 - d) Todos os desenhos, manuais de instruções, relatórios de ensaios, listas e outros documentos fornecidos de acordo com os requisitos desta especificação, tornar-se-ão propriedade da Energisa e seu custo será considerado como incluído no preço do contrato;
 - e) A Energisa terá o direito de copiar qualquer documento, desenho ou informação fornecida pelo proponente, para uso nos trabalhos de projeto, construção e manutenção seja pela própria, seus representantes ou por terceiros.

7 CONDIÇÕES GERAIS

As subestações móveis devem:

- a) Ser fornecidos completos, com todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento;
- b) Ter todas as peças correspondentes intercambiáveis, quando de mesmas características nominais e fornecidas pelo mesmo fabricante.

- 
- c) No projeto, as matérias primas empregadas na fabricação e acabamento devem incorporar tanto quanto possível as mais recentes técnicas e melhoramentos;
 - d) Devem ser projetados, de modo que, as manutenções possam ser efetuadas pelo grupo Energisa ou em oficinas por ele qualificadas, sem o emprego de máquinas ou ferramentas especiais.

7.1 Condições do serviço

As subestações móveis tratadas nesta Especificação Técnica devem ser adequadas para operar nas seguintes condições:

- a) Altitude não superior a 1.000 metros acima do nível do mar;
- b) Temperatura:
 - Máxima do ar ambiente: 45 °C
 - Média, em um período de 24 horas: 35 °C;
 - Mínima do ar ambiente: -10 °C;
- c) Pressão máxima do vento: 1.080 Pa, valor correspondente a uma velocidade do vento de 150 km/h;
- d) Umidade relativa do ar até 100%;
- e) Nível de radiação solar: 1,0 kW/m², com alta incidência de raios ultravioleta;
- f) Precipitação pluviométrica: média anual de 1.500 a 3.000 milímetros;
- g) Ambiente marítimo, constantemente exposto a névoa salina.

7.2 Linguagens e unidades de medida

O sistema métrico de unidades deve ser usado como referência nas descrições técnicas, especificações, desenhos e quaisquer outros documentos. Qualquer valor,



que por conveniência, for mostrado em outras unidades de medida também deve ser expresso no sistema métrico.

Todas as instruções, relatórios de ensaios técnicos, desenhos, legendas, manuais técnicos etc., a serem enviados pelo fabricante, bem como as placas de identificação, devem ser escritos em português.

NOTA:

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

7.3 Armazenagem, embalagem e transporte

7.3.1 Embalagem

A embalagem necessária ao transporte e armazenamento do conteúdo do fornecimento bem como o transporte do mesmo até o local definido no contrato ou Ordem de Compra de Material (OCM) serão de inteira responsabilidade do proponente.

A embalagem deve ser adequada ao transporte rodoviário, ou ao aplicável no caso, e deve obedecer, fundamentalmente, aos seguintes critérios:

- a) Deve ter indicações de posicionamento dos pesos de modo a garantir a estabilidade do equipamento a ser transportado;
- b) Deve ser projetada de modo a suportar e facilitar as operações de embarque e desembarque, sem prejuízo da segurança dos operadores e da integridade do equipamento;
- c) Deve estar identificado na embalagem, onde aplicável, a indicação de face superior, símbolo de içamento, centro de gravidade, símbolo de proteção contra umidade, símbolo de frágil, número de remontagens permitidas e quando for o caso com a tensão e potência da resistência;

- 
- d) Qualquer dano ao equipamento, devido à embalagem inadequada, será de responsabilidade do proponente;
 - e) As embalagens deverão ser feitas de maneira que peças dos equipamentos que possuam números de série de fabricação diferentes, mesmo que idêntica sejam embaladas em volumes distintos. Entretanto, os volumes poderão ser grupados, a critério do PROPONENTE, para facilitar o transporte;
 - f) Todos os instrumentos, relés e outras partes delicadas, que podem ser danificados se transportados montados no equipamento deverão ser embalados separadamente; todas as pequenas peças, bem como chaves e ferramentas deverão ser acondicionadas em caixas de madeira, protegidas com papel impermeabilizado ou equivalente, e devidamente reforçado com tiras de aço de dimensões apropriadas. Instrumentos e relés ainda deverão ser protegidos com uma película plástica transparente e acondicionados de forma a protegê-los de quebras por choque ou vibração;
 - g) As peças sobressalentes (quando aplicável) deverão ser embaladas em separado do fornecimento, em embalagens que suportem armazenagem por longos períodos, marcada “SOBRESSALENTE” e com a indicação do conteúdo de cada embalagem. As peças sobressalentes serão embaladas individualmente ou em conjuntos inseparáveis, de forma a não interferirem com a embalagem das demais sobressalentes quando forem retiradas para uso. Por conveniência de transporte poder-se-á encaixotar junto várias embalagens de sobressalentes;
 - h) Cada embalagem deve conter um exemplar do romaneio no interior da mesma e outro preso na parte exterior, em invólucro de plástico lacrado, resistente a intempéries, relacionando exclusivamente os materiais contidos na embalagem descrevendo todos os detalhes e seus respectivos códigos;

Cada embalagem deve ser identificada indelevelmente com as seguintes inscrições:

- a) Nome do equipamento;

- b) Nome do proponente;
- c) Local de destino;
- d) Número do contrato ou Ordem de Compra de Material (OCM);
- e) Número da nota fiscal;
- f) Número de série do equipamento;
- g) Dimensões e peso.

7.3.2 Transporte

O transporte da subestação móvel e de seus acessórios deverá ser realizado pelo proponente, ficando no seu encargo todas as providências necessárias para o transporte até o local indicado pela Energisa, e o seguro relativo a esse transporte.

O equipamento deve ser transportado sob as seguintes condições:

- a) Com volume normal de óleo;
- b) Completo, com as buchas protegidas e com os anteparos contra redes elétricas e galhos de árvores;
- c) Com registrador de impacto nas três direções (eixos x, y e z) acoplado ao tanque, para possibilitar ao final do trajeto uma avaliação das condições do transporte do equipamento, através da análise dos níveis de impacto recebidos pela subestação móvel durante o transporte;
- d) Os sobressalentes, peças de reserva, ferramentas e outros componentes não integrantes do equipamento principal deverão ser transportados separadamente.

7.3.3 Armazenamento



Se o proponente antecipar a entrega do equipamento, a Energisa se reserva o direito de não o receber, neste caso, o proponente providenciará às suas custas e responsabilidade o armazenamento até a data prevista de entrega.

7.4 Meio ambiente

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

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

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

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

7.5 Expectativa de vida útil

As subestações móveis devem ter expectativa de vida útil mínima, de 28 (vinte e oito) anos a partir da data de fabricação, contra qualquer falha das unidades do lote fornecidas, baseada nos seguintes termos e condições:

- Não se admitem falhas, no decorrer dos primeiros 20 (vinte) anos de vida útil, provenientes de processo fabril;

- A partir do 25º ano, admite-se 0,5% de falhas para cada período de 1 (um) anos, acumulando-se, no máximo, 1,5% de falhas no fim do período de vida útil.

7.6 Garantia

O período de garantia dos equipamentos, obedecido ainda o disposto no Ordem de Compra de Material (OCM), será de 18 (dezoito) meses a partir da data de entrada em operação ou 24 (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 Energisa, 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.

7.7 Numeração de patrimônio



Os equipamentos devem conter a numeração de patrimônio, sequencial patrimônio, fornecida pela Energisa.

A numeração deverá ser de forma legível e indelével, cor preta, notação Munsell N1, e resistir às condições de ambiente agressivo, durante a vida útil do equipamento.

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

- a) Número de série de fabricação;
- b) Número de patrimônio correspondente;
- c) Tensão primária nominal, em quilovolt (kV);
- d) Tensão secundária nominal, em quilovolt (kV);
- e) Potência nominal, em quilo Volt-ampere (kVA).

7.8 Manual de instruções de montagem, operação e manutenção

O manual de instruções de montagem, operação e manutenção deve ser constituído dos seguintes capítulos:

- Capítulo I - Dados e características do equipamento
- Capítulo II - Descrição funcional
- Capítulo III - Instruções para recebimento, manuseio e armazenagem
- Capítulo IV - Instruções para instalação
- Capítulo V - Instruções para operação e manutenção
- Capítulo VI - Lista completa de todos os componentes, ferramentas especiais e peças de reposição
- Capítulo VII - Catálogos de todos os componentes

- Capítulo VIII - Certificados dos ensaios de tipo e de rotina
- Capítulo IX - Desenhos e documentos de fabricação, certificados.

NOTAS:

- VI. A relação de documentos técnicos para aprovação apresentada, deverá ser atendida para cada tipo de subestação móvel.
- VII. Os capítulos I e VII, devem ser enviados para aprovação juntamente com os documentos a serem analisados quando da apresentação da proposta, demais capítulos devem ser apresentados depois do contrato adjudicado e da realização dos ensaios de recebimento e tipo.
- VIII. Após atendimento de todos os comentários decorrentes da análise da documentação, o manual deverá ser montado com capa dura plastificada e divisória com orelhas.
- IX. O manual completo, incluindo relatórios finais de recebimento em fábrica, aprovado, em três vias, incluindo os Capítulos I a IX, do item 7.7, 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" (CAD).
- X. O manual completo e desenhos devem também ser enviados em uma mídia digital.

7.9 Treinamentos

Deverão ser previstos os seguintes treinamentos, com duração adequada definida pelo fabricante:

- a) Operação e manutenção do semirreboque;
- b) Operação e manutenção do conjunto da subestação móvel (colocação em serviço e preparação para transporte);

- 
- c) Operação e manutenção dos equipamentos principais;
 - d) Configuração, parametrização e operação dos sistemas de proteção e controle;
 - e) Embalagem, transporte e armazenamento.

8 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

8.1 Características gerais

As subestações móveis devem ser fornecidas e compostas dos seguintes elementos:

- a) Uma seção de entrada (AT), composta de módulo híbrido, para-raios e dispositivos de controle e proteção;
- b) Uma seção de transformação, composta de transformador principal;
- c) Uma seção de conexão de média tensão (MT), composta de um disjuntor, transformador de potencial, chave seccionadora tripolar e dispositivos de controle e proteção. O número de alimentadores de saída (MT) está especificado nos diagramas unifilares de cada subestação móvel;
- d) Serviços auxiliares composto de transformador de serviços auxiliares, chaves fusíveis e painéis;
- e) Cabos isolados de média tensão;
- f) Conjunto de baterias e retificador;
- g) Um semirreboque, direcionável, com no mínimo as seguintes características:
 - Sistema hidráulico para acionamento da direção automática ou manual de todos os eixos, permitindo manobras em locais de difícil acesso;
 - Suspensão hidráulica com regulação da altura da plataforma (para mais e para menos); com semieixos oscilantes com pneus, fixada ao chassi por



meio de pivô e rótulas hidráulicas, ligadas entre si, proporcionando compensação hidráulica. O curso da mesma, deve aumentar ou reduzir de acordo com as necessidades operacionais do fabricante do equipamento. Esta regulagem de altura permite ao conjunto manter-se com a plataforma de carga para compensar os desníveis transversais e longitudinais;

- Freios a ar com servo freio em todas as rodas, sendo um de serviço e outro de emergência, atuando em todas as rodas, dimensionados para atender quaisquer exigências. Lonas e tambores calculados para obtenção do máximo rendimento de frenagem. As câmaras de freio, vedação de retentores, flanges etc., dimensionadas para elevado coeficiente de segurança. As peças sujeitas a movimentos relativos, tais como: rolete do patim "S", buchas do "S", pinos e buchas do patim, construídos em aço SAE 8620 e submetidas ao processo de tratamento térmico, através de cementação e têmpera;
- Chassi em aço estrutural de alta resistência com perfis dimensionados, para atender quaisquer solicitações estáticas ou dinâmicas, com pescoço especialmente projetado para o equipamento a que se destina;
- Sapatas de apoio, o semirreboque deverá ser dotado de sapatas hidráulicas, com acionamento individual, providas de travas mecânicas. Os suportes deverão ser utilizados para apoio quando o semirreboque estiver ou não acoplado à unidade tratora, para nivelamento do mesmo e para possibilitar o engate e desengate da unidade tratora, bem como para aliviar a carga sobre os pneus;
- Para-lama, de chapa de aço cobrindo totalmente as rodas, bem como abas protetoras contra lama, com para-barro de lona preta.
- Macaco hidráulico: fornecer 2 (dois) macacos hidráulicos para levantamento do semirreboque, para o caso de defeitos no equipamento. As chaves de rodas e os macacos deverão ser acondicionados e vedados perfeitamente, com porta-cadeado.

8.2 Dimensões e massa

Com o objetivo de permitir a circulação das subestações móveis em qualquer rodovia e cidade sem a necessidade de utilização de veículos de escolta, o proponente deve apresentar um projeto que, sob os aspectos dimensionais e de peso, atendam às exigências do Código de Trânsito Brasileiro, através da Resolução normativa DNIT N° 1, de 08/01/2021.

As dimensões e peso máximo das subestações móveis devem atender os requisitos abaixo:

Largura	Comprimento	Altura (máx.)	Peso (máx.)
	(m)		(t)
3,20	30,0	4,40	57,0

Para subestações moveis com peso superior a 57 toneladas, deverá ser dívida em 2 (dois) módulos ou pranchas, com dimensões acima citado.

8.3 Características principais

A subestação móvel deverá ser trifásica, com dois enrolamentos imersos em óleo isolante, com resfriamento e circulação de óleo forçados, (OFAF/ODAF), previsto para montagem ao tempo, com as seguintes características:

- a) Potências nominais dos enrolamentos de alta e média tensão:
 - Potência nominal (OFAF/ODAF) 30 MVA.
- b) Enrolamentos e terminais de alta tensão (AT):
 - Tensão nominal (eficaz) 138 x 69 kV;
 - Frequência nominal: 60 Hz;
 - Ligação dos enrolamentos delta (Δ);

- Tensão máxima (eficaz) 145 x 72,5 kV;
- Tensão suportável nominal a frequência industrial durante 60 segundos (eficaz): 275 x 140 kV;
- Tensão induzida entre terminais e massa (duração 7.200 ciclos): 275 x 140 kV;
- Tensão suportável nominal a impulso atmosférico pleno (crista): 650/550 x 350 kV;
- Tensão suportável nominal a impulso atmosférico cortado (crista): 715 x 385 kV;
- Característica do isolamento uniforme;

c) Enrolamentos e terminais de média tensão (MT):

- Tensão nominal (eficaz):
 - 34,5 kV x 13,8/11,4 kV; ou
 - 22,0 kV x 13,8/11,4 kV;
- Frequência nominal: 60 Hz;
- Ligação dos enrolamentos estrela aterrada (Yn1);
- Tensão máxima (eficaz):
 - 36,2 kV x 15,0 kV; ou
 - 24,2 kV x 15,0 kV;
- Tensão suportável nominal a frequência industrial durante 60 segundos (eficaz): 34,0 kV;
- Tensão suportável nominal a impulso atmosférico pleno (crista): 200 x 110 kV;

- Tensão suportável nominal a impulso atmosférico pleno (crista): 220 x 121 kV;
- Características do isolamento progressivo.

d) Terminal de neutro de média tensão (MT):

- Tensão nominal (eficaz): 13,8 kV;
- Tensão máxima (eficaz): 15 kV;
- Tensão suportável nominal à frequência industrial durante 60 segundos (eficaz): 34 kV;
- Tensão suportável nominal a impulso atmosférico pleno (crista): 110 kV.

e) Buchas de alta tensão (AT) (lado de 138 x 69 kV):

As características abaixo são definidas com base nas normas ABNT NBR 5034 e ABNT NBR 10202.

- Tipo construtivo sólida epóxi;
- Invólucro isolante polímero (à base de silicone);
- Aplicação exterior - imersa;
- Meio isolante epóxi;
- Tensão nominal (eficaz): 145 kV;
- Corrente nominal (eficaz): 400 A;
- Tensão suportável nominal a impulso atmosférico pleno (crista): 650 kV;
- Tensão suportável nominal à frequência industrial durante 60 segundos (eficaz): 270 kV;
- Distância de escoamento: 2.900 mm;

- Espaçamentos mínimos em ar 1.250 mm.

f) Buchas de média tensão (MT) (lado de 34,5 kV x 13,8/11,4 kV ou 22,0 kV x 13,8/11,4 kV):

As características abaixo são definidas com base nas normas ABNT NBR 5034 e ABNT NBR 10202.

- Tipo construtivo sólida (não capacitiva);
- Invólucro isolante epóxi;
- Aplicação exterior;
- Tensão nominal (eficaz): 34,5 kV;
- Corrente nominal (eficaz): 2.500 A;
- Tensão suportável nominal a impulso atmosférico pleno (crista): 200 kV;
- Tensão suportável nominal à frequência industrial durante 60 segundos (eficaz): 70 kV;
- Distância de escoamento: 720 mm;
- Espaçamentos mínimos em ar 330 mm.

g) Bucha de neutro de média tensão (MT):

- Tipo construtivo sólida (não capacitiva);
- Invólucro isolante epóxi;
- Aplicação exterior - imersa;
- Meio isolante óleo mineral isolante;
- Tensão nominal (eficaz): 15 kV;

- Corrente nominal (eficaz): 2.500 A;
- Tensão suportável nominal a impulso atmosférico pleno (crista): 110 kV;
- Tensão suportável nominal à frequência industrial durante 60 segundos (eficaz): 34 kV;
- Distância de escoamento: 300 mm;
- Espaçamentos mínimos em ar: 210 mm.

h) Transformadores de corrente:

A subestação móvel deverá ser fornecida com os transformadores de corrente tipo bucha indicados a seguir, que deverão seguir os requisitos da ABNT NBR 6856.

i) Transformadores de corrente nos terminais de alta tensão (H1, H2 e H3):

- Quantidade por fase 2;
- Relação 400/200/100 - 5 A (mínimo);
- Classe de exatidão 10P20;
- Fator térmico 1,5.

j) Transformadores de corrente nos terminais de média tensão (MT) (X1, X2 e X3):

- Quantidade por fase 2;
- Relação 2.000/1.500/1.200 - 5 A (mínimo);
- Classe de exatidão 10P20;
- Fator térmico 1,5.

k) Transformadores de corrente nos terminais de média tensão (MT) (X1, X2 e X3):

- Quantidade por fase 1;
- Relação 2.000/1.500/1.200 - 5 A (mínimo);
- Classe de exatidão 50VA0,3;
- Fator térmico 1,5.

l) transformadores de corrente no terminal de neutro de média tensão (X0):

- Quantidade por fase 1;
- Relação 1.200/800/300-5 A (mínimo);
- Classe de exatidão 10P20;
- Fator térmico 1,5.

m) Transformadores de corrente para imagem térmica:

Os transformadores de corrente destinados à alimentação dos dispositivos de imagem térmica deverão ser definidos pelo fabricante.

n) Condições de sobrecarga:

A subestação móvel deverá ser adequada para suportar sobrecargas de acordo com a ABNT NBR 5356-7.

o) Capacidade de resistir a curtos-circuitos:

- A subestação móvel deverá suportar, sem danos, os efeitos térmicos e mecânicos causados por curtos-circuitos externos em todas as posições do comutador sob carga;
- A corrente simétrica de curto-circuito a ser suportada pela subestação móvel deverá ser calculada considerando alimentação da subestação móvel através de barra infinita e, em consequência disto, dispensa-se à informação da impedância do sistema ($Z_S=0$). A duração da corrente de



curto-circuito para cálculo da capacidade térmica deve ser de 2 (dois) segundos;

- Os valores admissíveis da máxima temperatura média de cada enrolamento, após a passagem da corrente de curto-circuito simétrica, não deverão exceder os limites estabelecidos no item 4.1.4 da ABNT NBR 5356-5 e deverão ser calculados de acordo com o item 4.1.5 da mesma norma;
- A amplitude da primeira crista da corrente de curto-circuito, corrente assimétrica a ser suportada pelo transformador, deverá ser considerada 2,55 vezes o valor eficaz da corrente de curto-circuito simétrica.

p) Comutador de derivação sob carga (CDC):

- O enrolamento de alta-tensão da subestação móvel deverá possuir derivações, com degraus de derivação de 1,0%, para uma faixa de regulação de $\pm 10\%$, proporcionando as tensões compreendidas entre 75,9/62,1 kV, quando o enrolamento estiver conectado para 69 kV e 151,8/124,2 kV quando conectado para 138 kV;
- A categoria de regulação de tensão de derivação deverá ser de variação de tensão a fluxo constante (VTFC);
- Todas as derivações deverão ser previstas para operar continuamente a plena potência, ou seja, à potência nominal máxima do transformador;
- O desvio máximo das relações de tensão, verificado nos ensaios de rotina com relação aos valores garantidos em qualquer derivação, deverá ser inferior a 0,5%.

q) Comutador sem tensão 138 x 69 kV:

- A religação de tensão no lado de alta tensão da subestação móvel, de 138 kV para 69 kV e vice-versa, deverá ser feita através de volante externo com indicação de tensão a ser ligada ou de buchas de passagem interno-



externo, localizados sobre a tampa do tanque principal com acesso externo;

- A mudança de tensão deverá ocorrer sem necessidade de baixar o nível do óleo do transformador.

r) Comutador sem tensão 34,5 kV x 13,8/11,4 kV ou 22,0 kV x 13,8/11,4 kV:

- A religação de tensão no lado de média tensão (MT) da subestação móvel, de 34,5 kV para 13,8/11,4 kV e vice-versa (o mesmo vale para tensão nominal na baixa tensão (BT) em 22 kV x 13,8/11,4 kV), deverá ser feita através de volante externo com indicação de tensão a ser ligada ou de buchas de passagem interno-externo, localizados sobre a tampa do tanque principal com acesso externo;
- A mudança de tensão deverá ocorrer sem necessidade de baixar o nível do óleo do transformador.

s) Características térmicas e elevação de temperatura:

A subestação móvel deverá utilizar como material isolante líquido o óleo mineral do tipo naftênico. A isolação sólida deve ser híbrida, ou seja, com papel de celulose termo estabilizado nas regiões mais frias e isolantes de alta temperatura “NOMEX” nas regiões mais quentes, de forma a permitir as elevações de temperatura especificadas.

Muito embora a subestação móvel utilize estes materiais isolantes, em função da máxima temperatura média diária (45 °C) encontrada nos possíveis locais de aplicação do transformador, a subestação móvel deverá ser capaz de fornecer continuamente a potência nominal, respeitando os seguintes limites de temperatura (Tabela 1 da ABNT NBR 5356-2):

- Limite de elevação de temperatura média dos enrolamentos medidos pelo método de variação de resistência 100 °C;

- Limite de elevação de temperatura do ponto mais quente dos enrolamentos 120 °C;
- Limite de elevação de temperatura do óleo isolante medida próxima à parte superior do tanque 60 °C;
- Limite de elevação de temperatura das partes metálicas em contato com a isolamento sólida ou adjacente a ela 120 °C.

Caso a elevação de temperatura medida na subestação móvel seja maior que a elevação de temperatura especificada, conseqüentemente reduzindo a potência nominal relativamente ao valor nominal garantido, a Energisa reserva-se ao direito de rejeitar o transformador. Poderá, contudo, considerar a aceitação, caso a unidade tenha uma capacidade de no mínimo 95% do valor nominal especificado. Nesse último caso, e supondo que se decida aceitar a unidade, o fabricante deverá pagar a Energisa uma compensação financeira pela redução de potência de 2% do preço contratual reajustado da unidade, para cada 1% ou fração disto, de perda de potência nominal.

A referida perda de potência poderá ser obtida por cálculos, porém sujeita à aprovação da Energisa ou de seus representantes autorizados. Caso este cálculo não seja aprovado, um novo ensaio de elevação de temperatura deverá ser realizado sem custo adicional ou extensão do prazo de entrega.

t) Demais características:

- Impedância de curto-circuito entre primário e secundário (Z_1), na base de potência de 30/25 MVA e relação 138/13,8 kV, a 85 °C a 12%;

OBS.:

O fabricante deve indicar as impedâncias para todas as relações de AT e BT a que se referem o pedido de compra, em suas respectivas relações: máxima, nominal e mínima.

- Impedância de sequência zero $\geq 0,8 \times Z_1$;

- Desvio máximo da impedância medida em relação à impedância garantida $\pm 7,5\%$;
- Desvio máximo da diferença das impedâncias de quaisquer dois transformadores do mesmo projeto em relação ao valor garantido $\pm 7,5\%$;
- Reatância de núcleo de ar $\geq 30\%$;
- Níveis de ruído audível (OFAF/ODAF): ≤ 76 db;
- Designação da ligação e do deslocamento angular: Dyn1.

8.4 Compatibilidade eletromagnética (CEM)

Todos os equipamentos e seus sistemas secundários devem ser capazes de suportar distúrbios eletromagnéticos estabelecidos na ABNT NBR IEC 62271-1, sem avaria ou mau funcionamento.

As perturbações eletromagnéticas induzidas nas interfaces do sistema secundário, como resultado de manobras do sistema de alta tensão, não podem exceder a 1,6 kV no modo comum para a classe de severidade de CEM normal, e 0,8 kV no modo comum para a classe de severidade de CEM induzida.

9 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

9.1 Transformador de potencial

9.1.1 Enrolamentos

- a) Os enrolamentos da subestação móvel deverão ser construídos com condutores de cobre eletrolítico, isentos de impurezas, tanto quanto possível sem soldas, e plenamente capazes de suportar as forças impostas pelo curto-circuito, aplicado diretamente aos enrolamentos;

- 
- b) Os terminais dos enrolamentos deverão ser fortemente soldados ou tratados com prata e aparafusados. Conexões feitas com soldas fracas não serão aceitas;
 - c) Todas as emendas deverão ser fortemente soldadas, comprimidas, preenchidas e lixadas, segundo a forma original do condutor, especialmente quanto à eliminação das arestas;
 - d) Todos os cabos de interligação dos enrolamentos deverão ser rigidamente presos para evitar danos devidos a vibrações. Tubos guias deverão ser usados onde possível;
 - e) Os enrolamentos, os cilindros isolantes e a estrutura suporte deverão ser projetados e construídos, de modo a permitir a plena circulação do óleo isolante e evitar a formação de pontos quentes, suportando também, sem deformações, as máximas solicitações mecânicas devidas a curto-circuito;
 - f) Todo o material isolante deverá ser de qualidade e composição uniforme, proporcionando bom isolamento, resistência à deterioração em óleo quente e resistência mecânica e elétrica adequadas;
 - g) No projeto e construção dos enrolamentos deverá ser levada em conta a resistência dielétrica e mecânica do isolamento, distribuição uniforme do fluxo eletrostático, interferência mínima com o fluxo de óleo isolante, inexistência de pontos quentes, distribuição de tensão entre espiras adjacentes e ao longo do enrolamento e ausência de corona.

9.1.2 Papel isolante

A subestação móvel deve ter um sistema de isolamento híbrida, ou seja, utilizar papel termo estabilizado classe térmica ≥ 120 °C - classe a nas regiões mais frias e isolantes de alta temperatura “NOMEX” nas regiões mais quentes, de forma a permitir as elevações de temperatura especificadas.

9.1.3 Núcleo

- 
- a) O núcleo deverá ser construído com chapas de aço silício de granulações orientadas, laminadas a frio, de alta permeabilidade e reduzidas perdas por histerese;
 - b) As chapas constitutivas do núcleo deverão ser livres de rebarbas e cobertas com composto isolante inorgânico. A camada isolante não deverá deteriorar-se com o tempo e deverá resistir às temperaturas de operação da subestação móvel e aos efeitos químicos do óleo isolante;
 - c) O núcleo deverá suportar, sem deformações, os esforços devidos a curto-circuito, transporte e eventuais remoções para manutenção;
 - d) A construção do núcleo deverá evitar que se produzam vibrações que possam danificar o equipamento ou produzir ruídos indesejáveis;
 - e) A estrutura de fixação do núcleo deve ser adequada para suportar os esforços mecânicos decorrentes de operação e transporte, e ser construída de tal forma que as correntes parasitas sejam minimizadas.
 - f) O núcleo e a armadura deverão ser rigidamente e diretamente aterrados ao tanque por meio de conexões removíveis e independentes, instaladas na tampa principal do equipamento.
 - g) Os suportes do núcleo devem ser firmemente presos através de parafusos isolados ou fitas de lã de vidro, adequadamente instaladas adjacentes ao núcleo.
 - h) Os suportes podem ser também fixados através de fitas de fibra de vidro impregnadas em epóxi.
 - i) Parafusos passantes pelo núcleo (se existirem) devem ser isolados para uma tensão de pelo menos 2.000 V em 60 Hz, aplicada durante um minuto;
 - j) Todas as porcas e parafusos de montagem e de aperto devem ser travados de tal forma que não se afrouxem com as vibrações incidentes durante o



transporte e operação, porém permitam a desmontagem sem equipamento especial.

- k) Não será aceito o aterramento através de resistência, fusível ou outros dispositivos;
- l) A fixação da parte ativa (núcleo e enrolamentos) nas paredes internas do tanque deverá ser feita através de dispositivos laterais, de maneira a facilitar sua retirada e recolocação no tanque. Deverá, ainda, permitir a remoção da tampa da subestação móvel sem necessidade e remoção da parte ativa.
- m) Levantamento e retirada da parte ativa, para fins de manutenção, serão realizados por meio de olhais fixados ao núcleo.

9.1.4 Tanque e tampa

- a) O tanque e a tampa deverão ser de chapas de aço de, pelo menos, 6,0 mm de espessura, laminadas a quente, com baixo teor de carbono. Todas as emendas, juntas e costuras deverão ser cuidadosamente soldadas a fim de tornar o tanque absolutamente estanque ao óleo, durante toda a vida do transformador. O tanque, se necessário, poderá ser estruturado e provido de guias que facilitem a remoção e a recolocação da parte ativa;
- b) O tanque da Subestação Móvel deve ser estruturado independente da estrutura do semirreboque, devendo ser fixado ao mesmo através de parafusos e porcas adequadas, que facilitem a remoção do transformador. Além disto, o fundo do tanque deve ser preparado para instalação sobre a prancha ou sobre as longarinas laterais do semirreboque, e não inserido entre as mesmas, de forma a facilitar a sua movimentação de carga e descarga.
- c) A tampa deverá ser fixada seguramente ao tanque por meio de parafusos e montada sobre junta apropriada à vedação do óleo, não sendo aceitável tampa soldada ao tanque. A quantidade de parafusos deverá ser suficiente para a compressão uniforme da junta, sem a introdução de demasiados pontos de tensão. Será dada preferência ao sistema de fixação que permita aos

- 
- parafusos permanecerem solidários ao tanque, quando da retirada da tampa. Se, além dos parafusos, for utilizado composto químico, para vedação das juntas, o composto não deverá ser solúvel em óleo isolante a quente. Não será permitido o uso de compostos químicos com a finalidade de fixar as juntas;
- d) O tanque e a tampa deverão suportar, sem deformação permanente, os esforços decorrentes do enchimento do óleo a pleno vácuo bem como de uma pressão interna 25% superior à normal. O tanque também deverá suportar, sem deformação permanente, o peso da Subestação Móvel quando suspenso;
 - e) A tampa do tanque deverá ser provida de uma ou mais aberturas de inspeção, acompanhadas das respectivas tampas, para o acesso aos terminais interno das buchas, às derivações e à parte superior do núcleo;
 - f) A abertura de inspeção deverá ter pelo menos, 200 mm de diâmetro, se for circular, ou, pelo menos, 150 mm de largura e uma área de 375 cm², se for retangular (ABNT NBR 9368);
 - g) A abertura de visita deverá ter dimensões retangulares mínimas de 400 x 600 mm, ou circulares com diâmetro mínimo de 600 mm;
 - h) Todas as entradas de inspeção, aberturas de visita, peças estampadas e abertura para buchas na tampa superior devem ser providas de ressalto, com vedação ou outro dispositivo semelhante, para impedir entrada de água nas aberturas durante a remoção das tampas individuais;
 - i) Todas as bolsas criadas por estes ressalto devem ser equipadas com plugues (ou dispositivos semelhantes) para sangria de ar em seus pontos mais altos.
 - j) A tampa do tanque deve ser suficientemente inclinada para facilitar a drenagem de água e para coletar gases acumulados no seu ponto mais alto;
 - k) Olhais de suspensão deverão ser fixados à tampa, para sua suspensão;

- 
- l) A base deverá ser construída de maneira que as bordas externas em todos os quatro lados sejam arredondadas ou viradas para cima, em um ângulo de aproximadamente 45°;
 - m) O aterramento do tanque será feito por meio de dois terminais e conectores de aço inoxidável, junto à base do equipamento, diagonalmente opostos, adequados para cabos de cobre de 50 a 120 mm²;
 - n) A locação do centro de gravidade da subestação móvel completamente montado, com óleo e sem óleo, deverá ser gravada em dois lados adjacentes do tanque;
 - o) Na parte externa do tanque acima da cabine de controle, em local de fácil visibilidade, deverá ser gravado o número de série do transformador.
 - p) Todos os parafusos, porcas e arruelas, de uso externo, deverão ser zincados por imersão a quente.

9.1.5 Sistema de resfriamento

A subestação móvel deverá ser provida de um sistema de resfriamento por circulação forçada de óleo isolante por meio de motobombas, combinado com circulação forçada de ar sobre trocadores de calor por meio de moto ventiladores, classificação OFAF/ODAF da ABNT.

Deve ser adequado para permitir a operação da subestação móvel com a potência nominal contínua em qualquer relação de transformação, sem que sejam excedidos os valores limites de elevação de temperatura permitidos de acordo com esta especificação.

O sistema de resfriamento da subestação móvel deverá constituir-se:

- 3 (três) motobomba, sendo 1 (uma) “back-up” com acionamento manual;
- 2 (dois) trocador de calor;
- 4 (quatro) moto ventiladores.



O sistema de resfriamento deverá ser dimensionado de modo a permitir a operação contínua da subestação móvel da potência nominal contínua em qualquer relação de transformação;

O sistema de resfriamento deverá ser projetado de modo a tornar possível isolar e deixar inoperante qualquer dos, ou desligar qualquer ventilador, se qualquer um deles eventualmente apresentar problemas;

A fixação e a ligação do sistema de refrigeração ao tanque da subestação móvel ou ao semirreboque deverão ser feitas por meio de suportes e conexões adequados, de forma a resistir às vibrações inerentes ao transporte e à sua operação normal. A disposição do sistema de refrigeração na subestação móvel deve ser feita de modo que as tubulações de conexão ao tanque sejam as mais curtas possíveis e não comprometam as dimensões do gabarito para transporte;

Sistema de refrigeração deverá ser provido de bujões superior e inferior, para esvaziamento do óleo isolante e possuir alças ou olhais para as facilidades de içamento; entre as tomadas de entrada e saída do óleo isolante do tanque e os flanges para acoplamento do sistema de refrigeração, deverão ser interpostas no lado do tanque, válvulas do tipo esfera para vedação do óleo, que permitam a remoção do sistema de refrigeração sem necessidade de esgotar o óleo do transformador. Cada uma destas válvulas deverá ter um indicador de posição “ABERTA” e “FECHADA” gravados de modo indelével e claramente visível. Todas estas válvulas deverão suportar a pressão do óleo isolante com o tanque da subestação móvel cheio, sem apresentar qualquer vazamento.

Os dispositivos de controle e proteção do sistema de resfriamento deverão ser alojados em um painel localizado na própria subestação móvel.

No circuito de comando do sistema de resfriamento deverá haver chaves seletoras de "MANUAL - AUTOMÁTICO" e de controle "LOCAL - REMOTO". O comando automático será vinculado à temperatura dos enrolamentos a partir de dispositivos de imagem térmica. O comando manual será exercido por uma chave em paralelo com os contatos do comando automático.



Os circuitos do sistema de resfriamento ainda devem incluir dispositivos de proteção contra sobrecarga e curto-circuito, de proteção contra falta de fase, proteção temporizada contra subtensão, chave de comando manual e outros dispositivos julgados necessários pelo fornecedor e sujeitos à aprovação pela Energisa.

O sistema de resfriamento deverá vir completo, pronto para funcionar, com todos os componentes montados e interligados.

As bombas e motores deverão ser dimensionados para garantir a vazão de óleo isolante requerida nas condições mais adversas. Os motores deverão ter potência adequada para acionar as bombas continuamente sob tais condições, sem ultrapassar a elevação de temperatura e potência nominal dos mesmos. Os motores acionadores das bombas deverão ser trifásicos nas tensões 220/380 V, 60 Hz.

Cada bomba deverá ser projetada e ligada de modo que possa ser facilmente isolada ou removida para reparos ou substituição sem necessidade de retirar o transformador de serviço. Elas deverão ser fornecidas com válvulas manuais em ambos os lados e providas de flanges, de tal modo a permitir sua remoção sem perda de óleo isolante. Os motores ventiladores deverão ser devidamente protegidos por tela de material não inoxidável, objetivando segurança do pessoal. Os motores acionadores dos ventiladores deverão ser trifásicos, 220/380 V - 60 Hz.

As pás dos motores ventiladores deverão ser de alumínio, aço inoxidável ou outro material resistente à corrosão. Deverão ter uma superfície projetada de maneira a reduzir ao mínimo o ruído produzido. O conjunto motor ventilador deverá ser balanceado de modo que a operação seja essencialmente livre de vibrações. Os ventiladores deverão ser dispostos lateralmente de forma que a circulação de ar seja projetada horizontalmente sobre os trocadores de calor.

Na fixação dos motores ventiladores devem ser previstas juntas de borracha para reduzir a vibração e o desgaste da pintura.

Nas tubulações de conexão entre o tanque da subestação móvel e o sistema de refrigeração deverão ser instalados indicadores visuais do fluxo de óleo isolante, facilmente visível para o operador postado no chão. Estes indicadores deverão ser



equipados com contatos para desligamento por falta de fluxo de óleo isolante. Os contatos deverão ser adequados para operação em circuitos de 125 V_{CC} e 220 V_{CA}.

9.1.6 Conservador de óleo da subestação móvel

A subestação móvel deverá ser fornecida com um conservador de óleo montado no tanque de modo a impedir o contato do óleo do tanque com o ar, com as seguintes características:

- a) Ter uma tampa lateral removível para limpeza da parte interna;
- b) Ter um sistema de preservação de óleo, através de bolsa flexível de borracha nitrílica de abertura única, resistente ao óleo mineral isolante, com temperatura até 95 °C;
- c) O conservador deverá ser de construção robusta, com volume suficiente para permitir a operação da subestação móvel sob temperatura ambiente;
- d) O conservador deverá ser equipado com os seguintes acessórios:
 - Respirador a prova de tempo, com secador de ar a sílica-gel “LIVRE DE MANUTENÇÃO”, para a entrada do ar na bolsa de borracha;
 - Dispositivo de detecção de rompimento da bolsa de borracha para sinalização de alarme;
 - Tampa de inspeção;
 - Indicador magnético de nível de óleo;
 - Olhais de suspensão;
 - Válvulas, conforme item 9.22.
- e) Possuir válvulas para a retirada e manutenção do relé Buchholz, conforme item 9.22;

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

9.1.7 Meio isolante

O meio isolante da subestação móvel deverá possuir as seguintes características:

- Ser constituído por óleo mineral isolante naftênico sem inibidores, com características principais, conforme ABNT NBR 5356-1;
- O óleo proposto estará sujeito à aprovação da Energisa.

9.1.8 Dispositivo de alívio de sobrepressão (válvula de segurança)

A subestação móvel deverá ser fornecida com um dispositivo de segurança, tipo diafragma ou de re-fechamento automático, para proteção contra danos produzidos por aumento repentino de pressão interna, com as seguintes características:

- a) O dispositivo deverá estar voltado para fora do transformador, a fim de evitar a queda, sobre o equipamento, do óleo expulso;
- b) Deve ser provido de um anteparo para direcionar o jato de óleo para baixo e manter o ponto de descarga a 150 mm da base na lateral contrária aos armários de controle do transformador;
- c) O diafragma deverá ser de cobre, ou outro material flexível, não sendo aceitos vidro, baquelite ou mica. Sob o diafragma haverá uma tela ou defletor, para impedir a penetração de partículas nos enrolamentos;
- d) Deverá ser previsto um relé com no mínimo dois contatos elétricos para alarme e desligamento da unidade, no caso de operação do dispositivo de alívio de sobrepressão;
- e) Os contatos de alarme e de desligamento devem ser seguros e protegidos contra operações indevidas causadas por:

- Vibrações, umidade;
- Curtos-circuitos nos terminais e/ou fiação etc.
- Deverá ter grau de proteção IP-66.

9.1.9 Juntas e gaxetas

Todas as juntas e gaxetas deverão atender os seguintes requisitos:

- a) Não ser afetadas pelas propriedades e ação do óleo isolante quente;
- b) Ser capazes de manter a sua elasticidade e características de vedação durante toda vida útil do equipamento ao qual estão associadas, independentemente de possível exposição à umidade e aos raios solares;
- c) Juntas e gaxetas feitas de materiais como Neoprene-cortiça ou nitrila serão aceitas;
- d) Gaxetas feitas apenas de Neoprene, de cortiça não serão permitidas.

9.1.10 Buchas

Os terminais de todos os enrolamentos, inclusive o terminal de neutro, deverão ser levados para fora do tanque por meio de buchas que deverão atender os requisitos da ABNT NBR 5034 e as características a seguir:

- Deverão ser em polímero, estanques, impermeáveis à umidade e inalteráveis pelas condições ambientais. No lado da Baixa Tensão do transformador de potência, opcionalmente, poderão ser do tipo convencional com isolamento sólido polimérico;
- Deverão ser à base de silicone, com “FILLER” que apresente composição química que garanta uma alta resistência aos efeitos da radiação solar, dos raios ultravioleta, do trilhamento e erosão, da desagregação laminar do núcleo e dos efeitos do óleo na temperatura de até 90 °C. O proponente deve garantir uma vida útil de pelo menos 10 anos;

- As buchas poderão estar localizadas na lateral do equipamento (entrada e saída aérea) de forma a aperfeiçoar a configuração do conjunto e respeitar o gabarito para transporte;
- Deverão existir ressaltos com juntas para montagem das buchas;
- As buchas deverão ter nível de isolamento de valor igual ou superior aos níveis de isolamento dos enrolamentos a que estão ligadas;
- As partes condutoras deverão ser de cobre de alta condutividade e de seção adequada às correntes para as quais foram projetadas sem exceder os limites de elevação de temperatura;
- As buchas de neutro deverão ter a mesma capacidade de corrente das buchas de fase do enrolamento ao qual estão ligadas;
- As ligações entre as partes inferiores das buchas e os enrolamentos ou quadro de terminais deverão ser feitas por meio de condutores flexíveis, isolados e fixados de modo a não ocorrerem esforços na bucha ou no quadro, sob condições normais de trabalho ou de sobrecargas;
- Os terminais das buchas deverão ser dimensionados de modo a permitir a passagem das correntes nominal e de curta-duração, sem aquecimento excessivo, ser construídos em liga de cobre de elevada condutibilidade e resistência mecânica e estanhados, de modo a permitir a ligação a conectores de cobre ou de alumínio;
- Os terminais das buchas deverão ser equipados com conectores estanhados para chapa 4 furos, padrão NEMA, saída vertical, adequados à corrente nominal e de curta duração. Para os terminais de neutro deverá ser fornecido com conectores para chapa 4 furos, padrão NEMA, e cabo de cobre 50 a 120 mm².

9.1.11 Transformadores de corrente



Os transformadores de corrente da subestação móvel deverão possuir as seguintes características:

- Ter os secundários e derivações de cada transformador de corrente levados às caixas de conexão à prova de tempo e de pó, localizadas próximas às respectivas buchas, através de cabos alojados em eletrodutos. Nestas caixas, as conexões deverão ser do tipo que permitam fácil desconexão, sem prejuízos das características de contato. Conexões soldadas e do tipo pressão por mola não serão aceitas;
- A partir das caixas de conexões, os secundários e as derivações dos transformadores de corrente deverão ser levados aos blocos terminais do tipo olhal, localizados na cabine de terminais, também por meio de cabos alojados em eletrodutos;
- A instalação dos transformadores de corrente nas buchas deverá ser feita de maneira a permitir sua remoção, sem que se torne necessária a retirada da tampa do tanque;
- A polaridade e os códigos relativos aos terminais dos transformadores de corrente de bucha deverão ser claramente indicados através de marcação permanente.

9.1.12 Acabamento e pintura

O sistema de pintura e acabamento deverá ser de acordo com as prescrições da ABNT NBR 11388 e conforme exposto a seguir:

a) Pintura externa:

- Preparo da superfície: jatear a superfície com jato úmido;
- Tinta de fundo: aplicar, através de pistola, uma demão de tinta anticorrosiva epóxi alta espessura, de cor vermelho óxido, na espessura de mínima de 150 μm de película seca;

- Tinta de acabamento: após o intervalo mínimo de 16 horas da aplicação do fundo anticorrosivo, aplicar através de pistola uma demão de acabamento à base de poliuretano alifático de alta espessura, cor cinza claro, notação Munsell N 6,5, na espessura seca de 80 μm .
- b) Pintura interna:
- Preparo da superfície: jatear a superfície com jato úmido ou fazer a limpeza por tratamento químico, conforme ABNT NBR 9209 e ABNT NBR 15158;
 - Tinta de fundo/acabamento: aplicar uma demão de acabamento epóxi aminocurada, de cor branca, notação Munsell N 9,5, na espessura mínima de 30 μm de película seca. Pode-se usar ainda uma demão de acabamento à base de poliuretano alifático, na espessura mínima de 40 μm de película seca, porém neste caso o preparo da superfície não admite tratamento químico.
- c) A pintura deverá ser completada na fábrica, de modo que somente eventuais retoques sejam necessários no campo. Logo, o proponente deverá incluir no fornecimento quantidades adequadas de tintas de acabamento e de base;
- d) A descrição detalhada dos métodos de tratamento e materiais de pintura propostos, deverão ser submetidas a aprovação da Energisa;
- e) O proponente poderá submeter à aprovação um esquema de pintura distinto do especificado, desde que seja de eficiência equivalente ou superior.

9.1.13 Cabines de terminais e controle

Referem-se às cabines do sistema de comando e proteção, de controle do sistema de refrigeração, dos componentes auxiliares da subestação móvel devem possuir as seguintes características:

- a) Fornecidas e montadas na subestação móvel ou diretamente sobre o semirreboque, através de coxins antivibração, com dimensões adequadas para



alojar todos os componentes tais como: relés de proteção, contatores, disjuntores, chaves de controle, relé regulador de tensão, relés temporizados, transdutores de posição, de temperatura etc.;

- b) As cabines deverão ser para instalação ao tempo e à prova de intempéries, fabricadas em chapas de aço com pelo menos 3,0 mm de espessura, com grau de proteção IP-54, conforme ABNT NBR IEC 60529. As cabines deverão ser providas, em sua parte inferior, de luvas soldadas para a entrada dos eletrodutos requeridos para a fiação e seus componentes;
- c) Todos os terminais de proteção, controle e sinalização deverão ser levados a bornes terminais alojados na cabine;
- d) O acesso aos componentes internos e blocos terminais, instalados nas cabines, será feito por uma porta frontal com vedação e com fecho cremona provido de lingueta, maçaneta em “L” cromada, abertura para a direita, bucha de fixação para cadeado (tasco, modelo 21022). A porta também deverá possuir dispositivo de auto travamento na posição de abertura máxima;
- e) As cabines serão fixadas ao tanque da subestação móvel ou sobre o semirreboque, em posição de fácil acesso para o pessoal de operação e manutenção e do lado oposto a qualquer abertura para escapamento de gás ou de óleo;
- f) As cabines serão equipadas, para o seu melhor funcionamento, com os seguintes componentes:
 - Uma lâmpada led para iluminação, para tensão auxiliar fase-terra (127 V ou 220 V), energizada com a abertura da porta;
 - Tomada para tensão auxiliar para fase-neutro (127 V ou 220 V), do tipo 2P+T (interno a cabine);
 - Tomada de energia especial tensão trifásica + neutro - 60 Hz - 380/220 V) do tipo 3P+T, localizada fisicamente na lateral do painel de serviço auxiliar visando a conexão para alimentação externa (entrada CA auxiliar), para o



suprimento de tensão de corrente alternada ao serviço auxiliar da subestação móvel, a fonte externa deve ter capacidade de suprir a carga demandada dos equipamentos periféricos, tais como bombas de circulação de óleo e ventiladores do sistema de refrigeração, circuito de iluminação, tomadas, aquecimento e circuito do CDC;

- Tomada de energia especial, localizada fisicamente na lateral do painel de serviço auxiliar visando a conexão para alimentação dos serviços auxiliares de corrente contínua externa a fonte externa deve ter capacidade de suprir os circuitos que necessitam de tensão de corrente contínua, tais como sistemas de comando e controle de refrigeração, comutador derivação em carga, unidades de proteção e controle e outros (corrente = 25 A, tensão = 125 V_{CC}) do tipo 2P+T;
 - Resistores de aquecimento de 220 V_{CA}, com comando manual e comando por termostato, regulável de 20° a 60 °C;
 - Disjuntores termomagnéticos, em caixa moldada, para proteção dos circuitos, dispositivos de alarmes e relés auxiliares que venham a ser necessários.
- g) A fim de tornar desnecessário o desligamento do transformador de corrente para que sejam executados os serviços de manutenção nos circuitos ligados aos seus secundários, deverão ser providenciados meios para curto-circuitar e aterrar quaisquer pares de terminais ou todos os terminais, sem que seja necessário curto-circuitar qualquer outro transformador de corrente;
- h) As cabines deverão ser suficientemente espaçosas de modo que seja fácil puxar, emendar e instalar adequadamente os cabos de força e de controle externos, bem como possuir acessórios para fixação de prensa-cabos;
- i) Devem possuir venezianas nas laterais, devidamente protegidas com telas de latão para impedir a entrada de insetos e poeira. Tais aberturas deverão ser posicionadas de forma a impedir a entrada de água da chuva;

- 
- j) As portas das cabines deverão possuir porta documentos e limitador de abertura;
 - k) Todas as réguas terminais, componentes e posições das chaves deverão ser identificadas com placas de acrílico de no mínimo 2,0 mm de espessura, fixadas por parafusos nas extremidades, de modo que corresponda à identificação dos diagramas elétricos do projeto. Qualquer outro tipo de identificação estará sujeito à aprovação da Energisa;
 - l) O proponente deverá aterrar a cabine de controle no tanque do transformador por meio de uma cordoalha de cobre, ligada a terminais de aterramento tipo compressão nas duas extremidades.

9.1.14 Fiação

Toda a fiação da subestação móvel deverá possuir as seguintes características:

- a) Ser executada com cabos de cobre flexíveis, formação mínima de 20 fios, bitola de 4,0 mm² para os circuitos de corrente e 2,5 mm² para os demais circuitos, isolados em composto termoplástico para 750 V e adequados a uma temperatura máxima de 70 °C em carga nominal;
- b) Os cabos deverão ser resistentes à propagação de chama e insensíveis ao óleo e seus vapores;
- c) Todos os condutores deverão ser marcados em suas extremidades por meio de anilhas ou outro meio que garanta a permanência da marcação da seguinte forma XX / YY / ZZ, sendo:
 - XX - O número do borne do equipamento destino ao qual a perna será ligada;
 - YY - A identificação do componente de onde provém a perna;
 - ZZ - O número do borne do componente de onde provém a perna.

Como exemplo, se precisar ligar um condutor no borne 25 do componente K1, cuja perna provém do borne 13 do componente X2, a identificação fica:

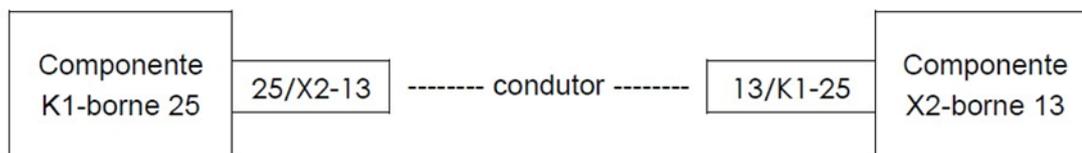


Figura 1 - Exemplo de marcação de condutores

- d) Toda a fiação externa, que interliga os componentes e acessórios do transformador, deverá ser instalada em eletrodutos rígidos de aço galvanizado. Os eletrodutos deverão ficar permanentemente presos ao transformador, porém dele distanciados o suficiente para não atingirem temperaturas que danifiquem os cabos;
- e) Os eletrodutos rígidos ou flexíveis deverão ser conectados as caixas de passagem sempre nas laterais na posição horizontal ou na parte inferior;
- f) Os blocos terminais utilizados na fiação deverão ser localizados de forma a possibilitar fácil acesso e ser do tipo apropriado para permitir desfazer conexões, sem que sejam perdidas as características de pressão e do bom contato. Blocos terminais tipo mola ou terminais em que o parafuso atue diretamente no fio não serão aceitos;
- g) As conexões aparafusadas deverão ser providas de dispositivos de travamento adequados, de modo a evitar o seu afrouxamento;
- h) Deverão ser previstos terminais suficientes assim como dispositivos adequados para curto-circuitar terminais, de modo a se evitar a necessidade de ligação de dois condutores no mesmo lado de um terminal;
- i) Os blocos terminais usados para as conexões dos circuitos de corrente devem ser fornecidos com dispositivos apropriados para facilmente aterrar e curto circuitar os seus secundários durante as mudanças de relação. Estas mudanças de relação devem ser possíveis sem a desenergização do transformador. Os



blocos terminais deverão ser próprios para fixação do condutor através de terminal olhal sem o elemento de desconexão;

- j) Os blocos terminais deverão ser isolados para o mínimo de 750 V, para cabos de controle até 6,0 mm², e com corrente nominal mínima de 57 A;
- k) Na cabine de controle, os condutores deverão ser instalados dentro de calhas plásticas. Amarrações do tipo chicote só serão aceitas quando executadas com espirais plásticas. Amarrações com cordão não serão aceitas;
- l) A fiação das resistências de aquecimento deverá ser de fio com cobertura adequada e resistente a alta temperatura;
- m) A percentagem de blocos terminais de reserva, em cada régua de blocos terminais, deverá ser no mínimo de 20%.

9.1.15 Relé detector de gás de tipo Buchholz

O relé detector de gás Buchholz da subestação móvel deverá possuir as seguintes características:

- a) Operar na ocorrência de formação de gases e na súbita variação de pressão no óleo, sintomas resultantes de condições anormais do transformador;
- b) Dispor de dois jogos de contatos independentes, um deles para alarme e o outro para comando de desligamento da unidade. Cada um destes jogos será constituído por dois contatos normalmente abertos, sendo um destes contatos destinado à ocorrência de formação de gases e o outro a variação súbita de pressão;
- c) Possuir os terminais levados para a cabine de terminais;
- d) Dispor dos seguintes dispositivos:
 - Janela graduada, para indicação do volume de gás acumulado;

- Dispositivos adequados na parte superior, para retirada da amostra de gases, aplicação de analisador e ensaio;
- Bujão de drenagem na parte inferior;
- Válvulas conforme item 9.22;
- Dispositivos para teste de acionamento;
- Tubulação apropriada que permita drenagem dos gases ao nível do operador, sem necessidade de subir no transformador.

9.1.16 Indicador externo de nível de óleo

O indicador externo de nível de óleo da subestação móvel deverá possuir as seguintes características:

- Ser do tipo magnético, com contatos de alarme para níveis mínimo e máximo de óleo, sendo marcado na face dos indicadores o nível relativo a 25 °C;
- Ser próprios para operação com bolsa de borracha;
- Possuir os terminais levados a bornes da cabine de terminais;
- Possuir dispositivo para teste de nível mínimo e máximo sem necessidade de remoção da tampa frontal do mesmo.

9.1.17 Monitor de temperatura do óleo e dos enrolamentos

O monitor de temperatura da subestação móvel deverá possuir as seguintes características:

- a) Ser do tipo digital, com tensão de alimentação 50 a 260 V_{CA}/V_{CC} , para medição através de sensor PT100 a três fios e com temperatura de operação de até 85 °C;

- 
- b) Possuir faixa de medição de 0 a 150 °C para as temperaturas do óleo e do enrolamento, com display para indicação local dos valores medidos em tempo real, registro e indicação dos valores máximos alcançados.
- c) Possuir contatos independentes e ajustáveis com as seguintes finalidades:
- 2 contatos para temperatura do óleo destinado a alarme e desligamento;
 - 4 contatos para a temperatura do enrolamento destinado ao acionamento do sistema de resfriamento 1º e 2º estágios;
 - Contatos para alarme e desligamento.
- d) Possuir saídas de 4 a 20 mA com carga máxima de 500 W para a indicação remota das temperaturas do óleo e do enrolamento;
- e) Possuir portas de comunicação RS-485 com protocolo DNP 3.0 disponíveis, selecionáveis pelo usuário, e RS-232 (8N1) para parametrização através de software aplicativo e coleta de dados on-line;
- f) Possuir entrada universal de corrente 0 a 10 A, precisão 0,5% do fim de escala, para medição de carga e cálculo da temperatura do enrolamento pelo processo de imagem térmica;
- g) Possibilitar a operação do resfriamento, selecionável via frontal entre automático ou manual. Inversão automática da ordem de operação dos dois grupos de resfriamento forçado (uso uniforme dos ventiladores);
- h) Os elementos constitutivos da imagem térmica e o transformador de corrente serão instalados no enrolamento de tensão inferior na bucha correspondente ao terminal X2;
- i) Os terminais do PT100 e do respectivo transformador de corrente deverão ser levados para a cabine de terminais;
- j) O cabo de interligação entre o sensor PT100 e o monitor de temperatura deve ser blindado.

9.1.18 Placas de identificação

9.1.18.1 Placas de identificação da subestação móvel

A subestação móvel deverá ser provida de uma placa de identificação de aço inox, em posição visível, sempre que possível do lado de média tensão.

A placa de identificação deve estar de acordo com a ABNT NBR 5356-1 e conter, indelevelmente marcadas, no mínimo as seguintes informações:

- a) A palavra: “transformador”;
- b) Nome do fabricante e local de fabricação;
- c) Número e data da Ordem de Compra de Material da Energisa (OCM);
- d) Número de série de fabricação;
- e) Ano de fabricação;
- f) Designação e data da norma brasileira aplicável;
- g) Tipo (segundo classificação do fabricante);
- h) Número de fases;
- i) Potência nominal, em kVA (OFAF/ODAF);
- j) Designação do método de resfriamento;
- k) Níveis de isolamento;
- l) Diagrama de ligações, contendo todas as tensões nominais das derivações, além de respectivas correntes;
- m) Frequência nominal;
- n) Limite de elevação de temperatura dos enrolamentos;
- o) Diagrama fasorial e símbolo de ligação;

- 
- p) Corrente de excitação nominal;
 - q) Impedância de curto-circuito em porcentagem, base OFAF/ODAF e tensão nominal, nas posições máxima, média e mínima, para cada tensão secundária;
 - r) Nível de ruído, em db;
 - a) Correntes de curto-circuito máximas admissíveis, simétrica e assimétrica;
 - b) Duração máxima admissível da corrente de curto-circuito em segundos;
 - c) Tipo de óleo, fabricante e volume necessário em litros;
 - d) Massa de parte ativa, massas do tanque e acessórios, massa da maior peça para transporte, massa do óleo isolante e massa total em quilogramas;
 - e) Altura livre necessária para remover a parte ativa;
 - f) Número do manual de instruções;
 - g) Tipo, fabricante e número de série do comutador de derivações em carga;
 - h) Capacidade de resistência ao vácuo do tanque, conservador, radiadores e buchas;
 - i) Indicação, em forma de tabela, da classe de exatidão e da corrente nominal dos transformadores de corrente, bem como as respectivas ligações de seus terminais secundários.

9.1.18.2 Placa de identificação das buchas

Cada bucha deverá ser provida de uma placa de identificação, em aço inoxidável, localizada na altura do flange, contendo os seguintes dados:

- a) A palavra “bucha”;
- b) Nome do fabricante;
- c) Tipo e número de série;

- d) Ano de fabricação;
- e) Corrente nominal;
- f) Tensão nominal;
- g) Comprimento;
- h) Capacitância;
- i) Fator de perdas dielétricas;
- j) Inclinação máxima para montagem;
- k) Massa total;
- l) Norma brasileira;
- m) Volume de óleo.

9.1.19 Secador de ar

O secador de ar da subestação móvel deverá possuir as características indicadas a seguir:

- a) Deverá ser à base de sílica-gel, com visores de vidro, protegido contra eventuais choques, por meio de armadura metálica, com entrada pela parte inferior;
- b) Deverá possuir dispositivo automático, através de sensores de umidade e resistências de aquecimento, para retirada da umidade;
- c) Absorvida pela sílica-gel e ser construído de forma a permitir a autolimpeza da entrada de ar e expulsão dos resíduos sólidos acumulados;
- d) O secador de ar deverá ser do tipo “LIVRE DE MANUTENÇÃO”.

9.1.20 Cadeados



A subestação móvel deverá possuir cadeados nos seguintes dispositivos:

- a) Em todas as válvulas de drenagem, de amostragem e as válvulas para ligação de filtro-prensa, ou seja, em todas as válvulas que sejam acessíveis diretamente do solo;
- b) Todos os armários de comando, proteção e controle devem ser providos de cadeados idênticos, de maneira a garantir que nenhum deles possa ser aberto indevidamente durante as movimentações da subestação móvel;
- c) Uma mesma chave, da qual deverão ser fornecidas 6 (seis) cópias, deverá abrir todos os cadeados, inclusive dos armários de controle.

9.1.21 Válvulas

A subestação móvel deverá possuir válvulas com finalidades e características indicadas a seguir:

- a) Válvula para drenagem do tanque principal e para conexão inferior da máquina de tratamento e regeneração, com diâmetro de 50 mm, flangeada, do tipo esfera, opcionalmente podendo ser tipo dupla em série. Deverá ser protegida contra danos, choques ou pancadas, através de anteparos aparafusados;
- b) Válvula para amostragem de óleo isolante do tanque principal, com diâmetro de 12,5 mm, flangeada, localizada na parte inferior do tanque principal. Deverá ser do tipo esfera, dupla em série, protegida contra danos, choques ou pancadas, através de anteparos aparafusados;
- c) Válvula para conexão superior da máquina de tratamento, regeneração e enchimento sob vácuo, com diâmetro de 50 mm, flangeada, do tipo esfera, localizada na parte superior do tanque principal do lado oposto ao da válvula de drenagem. A entrada dessa válvula no tanque deverá ser provida de defletor interno para evitar a incidência do jato concentrado de óleo sobre o núcleo do transformador;

- 
- d) Válvula para conexão alternativa superior da máquina de tratamento, regeneração e enchimento sob vácuo, localizado na parte superior do conservador do tanque principal, com diâmetro mínimo de 50 mm, flangeada, disposta horizontalmente (ângulo de 90°);
 - e) Válvula para drenagem do conservador do tanque principal, com diâmetro de 25 mm, flangeada, do tipo esfera;
 - f) Válvula para equalização da bolsa de borracha e do conservador de óleo do tanque principal, com diâmetro mínimo de 12,5 mm, flangeada, do tipo esfera;
 - g) Válvula para enchimento de óleo do conservador do comutador, localizado na sua parte superior, com diâmetro mínimo de 25 mm, do tipo esfera, flangeada, disposta horizontalmente (ângulo de 90°);
 - h) Válvula para drenagem do óleo do conservador do comutador, localizado em sua parte inferior, com diâmetro mínimo de 25 mm, flangeada, do tipo esfera;
 - i) Válvula para drenagem e amostragem do óleo isolante do compartimento do tanque que abriga a chave comutadora do comutador, localizado em sua parte inferior, com diâmetro mínimo de 25 mm, flangeada;
 - j) Válvula para equalização de pressão entre conservador do tanque da subestação móvel e do conservador do comutador quando da realização de vácuo no transformador, com diâmetro de 12,5 mm, do tipo esfera, flangeada;
 - k) Válvulas para a tubulação entre o tanque principal e os flanges de montagem do sistema de refrigeração, tanto na entrada quanto na saída, do tipo não esférica, que permitam a remoção do sistema de refrigeração sem necessidade de remoção do óleo do tanque. Cada uma das válvulas deverá ter um indicador de posição bem visível;
 - l) Válvulas para retirada e manutenção do relé Buchholz entre o conservador e o tanque do transformador, uma de cada lado do relé, fixada à tubulação proveniente do conservador ou do tanque por meio de flanges, com diâmetro



adequado ao volume de óleo do transformador. O relé Buchholz poderá ser retirado, ou testado, sem necessidade de remover o óleo do conservador;

- m) Quando aplicável, válvulas para retirada e manutenção do relé de fluxo do comutador localizado entre o conservador e o tanque do comutador, uma de cada lado do relé, com diâmetro adequado ao volume de óleo do comutador, flangeadas, do tipo esfera;
- n) Todas as válvulas deverão ser em aço inox, capazes de suportar óleo quente, sem qualquer vazamento e suportar um ensaio de pressão de ar de 5,3 kgf/cm² (75 PSI).

9.2 Disjuntores

Os disjuntores de alta e média tensão a serem instalados em subestação móvel devem ser de mesmas características e valores nominais, e atender os requisitos estabelecidos pela Especificação Técnica Unificada (ETU) N.º 103 (ETU-103).

9.3 Chaves seccionadora

As chaves seccionadoras de alta e média tensão a serem instalados em subestação móvel devem ser de mesmas características e valores nominais, e atender os requisitos estabelecidos pela Especificação Técnica Unificada (ETU) N.º 104 (ETU-104).

9.4 Transformador de potencial (TP)

Os transformadores de potencial (TP) de subestação móvel devem ser de mesmas características e valores nominais, e atender os requisitos estabelecidos pela Especificação Técnica Unificada (ETU) N.º 101.1 (ETU-101.1).

O TC deve ser fornecido completo, com conector de aterramento, todos os conectores necessários para sua conexão ao banco

9.5 Transformador de corrente (TC)



Os transformadores de corrente (TC) de subestação móvel devem ser de mesmas características e valores nominais, e atender os requisitos estabelecidos pela Especificação Técnica Unificada (ETU) N.º 102 (ETU-102).

O TC deve ser fornecido completo, com conector de aterramento, todos os conectores necessários para sua conexão ao banco

9.6 Para-raios

Os para-raios a serem instalados em subestação móvel devem ser de mesmas características e valores nominais, e atender os requisitos estabelecidos pela Especificação Técnica Unificada (ETU) N.º 105 (ETU-105).

Devem ser previstos 3 (três) para-raios, devendo ser fornecidos completos, com ferragens de fixação, conectores de linha e conectores de aterramento.

9.7 Peças sobressalentes

O proponente deve informar se há a necessidade de aquisição de peças sobressalentes e quais seriam elas, podendo incluir bombas de óleo, acessórios ou outras peças consideradas fundamentais para o perfeito funcionamento da subestação móvel.

Também deve ser fornecida uma relação de todas as peças sobressalentes, para facilidade de aquisição futura. O proponente deve comprometer-se a fornecer durante um período de 10 (dez) anos, a partir da data de entrega, mediante encomenda, e dentro do prazo máximo de 3 (três) meses, qualquer peça sobressalente, cuja reposição venha a ser necessária.

10 PAINÉIS DE COMANDO, PROTEÇÃO, CONTROLE E SUPERVISÃO

10.1 Características gerais



Os painéis de comando, proteção, controle e supervisão deverão ser construídos em chapas de aço com pelo menos 3,0 mm de espessura, para instalação ao tempo e à prova de intempéries, grau de proteção IP-54, conforme ABNT NBR IEC 60529, com 2 (duas) portas frontais, sendo uma externa com visor de acrílico translúcido e uma interna metálica na qual serão fixados os relés e instrumentos, 1 (uma) porta traseira para acesso à fiação e régua de bornes, com dimensões adequadas para adaptação ao semirreboque, na cor cinza, notação Munsell N 6,5.

Os painéis deverão ser providos em sua parte inferior, de luvas soldadas para a entrada dos eletrodutos requeridos para a fiação e seus componentes.

10.2 Componentes internos

Deverão conter basicamente dos seguintes componentes internos:

- a) Terminal de proteção e controle digital numérico para a alta da subestação móvel (138 kV / 69 kV), montado em subrack padrão para o painel, com porta serial RS-232 / RS-485 / ethernet de comunicação e 2 portas ópticas, fonte de alimentação simples, ajuste remoto, com a seguinte composição:
 - Proteção 50/51: (trifásico - A, B, C); 50/51N; 50/62BF (trifásico); 59/62; 27/62; 25; 67N; 81 e 79 - (1 peça);
 - Proteção 87: relé diferencial digital numérico, trifásico, tipo percentual, com porta serial e 2 portas óticas de comunicação, ajuste remoto, adequado para proteção de transformador de dois enrolamentos, próprio para detectar defeitos entre fases, entre fase e terra e entre espiras, com operação instantânea sem retenção, com restrição para a 2 A e 5 A harmônica ajustável, com rearme manual ou remoto via software, tensão auxiliar 125 V_{CC}, sem TC's auxiliares externos, com no mínimo 10 entradas digitais e 16 saídas digitais (1 peça).

- b) Terminal de proteção e controle digital numérico para a baixa da subestação móvel (34,5 kV / 13,8 kV), montada em subracks padrão para o painel, com



porta serial RS-232 / RS-485 / ethernet de comunicação e 2 portas ópticas, fonte de alimentação simples, ajuste remoto, com a seguinte composição:

- Proteção: 50/51: (Trifásico - A, B, C); 50/51N; 50/62BF (Trifásico); 59/62; 27/62, 25; 67N; 81 e 79 (1 peça);
- c) Unidade de aquisição de dados / unidade de controle digital de comando, sinalização e intertravamentos, para a supervisão dos BAY's e dos componentes da subestação móvel com no mínimo 64 entradas, 32 saídas e 8 entradas analógicas independentes (1 peça);
- d) Relé de bloqueio (86) /relé biestável, com tempo de atuação menor que 20 ms, contatos para 250 V 20 A, rearme elétrico através de botoeira e remotamente, 125 V_{CC}, com 8 (oito) contatos reversores (1 peça) considerando as seguintes funções que atuam o relé de bloqueio 86T:
- 87 - DIFERENCIAL percentual (87R - 87U);
 - REF - Falta restrita à terra;
 - 51N - Sobre corrente de tempo inverso de neutro;
 - 26 - Temperatura do óleo;
 - 49 - Temperatura do enrolamento;
 - 71T - Mínimo nível de óleo - Tanque principal (INO);
 - 71C - Mínimo nível de óleo - Comutador derivação sob carga (INOC);
 - 20T - Dispositivo de alívio de pressão - Tanque principal (DAP);
 - 63T - Relé de pressão súbita - Tanque principal (RPS);
 - 63C - Relé de fluxo de óleo - Comutador derivação em carga (RFC);
 - 50BF - Falha de disjuntor (AT/BT);

- Falha de refrigeração;
 - Comutadores sem tensão em movimento (CST1 e CST2).
- e) Botoeira iluminada para rearme/supervisão do relé 86TR1/86BF, 600 V, 20 A, 2NA + 2NF, cor branca;
- f) Bloco de teste com 6 polos de corrente e 4 polos de potencial, estilo 129A54G01, para o relé 87, tipo FT-1 da ABB/APREL ou similar;
- g) Bloco de teste com 8 polos de corrente e 2 polos de potencial, estilo 129A518G01, para o relé 87, tipo FT-1 da ABB/APREL ou similar;
- h) Diodo, 125 V_{CC}, 12 A, tensão reversa 1.200 V, tipo SKN 12/12, fabricante Semikron ou similar (conforme necessidade);
- i) Relé auxiliar montado em base para fixação em trilho, alimentação auxiliar nominal 125 V_{CC}, número de contatos 2 reversores, tempo de atuação 5,0 ms, para supervisão de bobina do disjuntor, supervisão dos circuitos de tensão, sinalizações etc. (conforme necessidade);
- j) Relé auxiliar montado em base de contadores de parafuso, saída lateral, contatos auxiliares 4 NA, tensão de alimentação 125 V_{CC}, consumo da bobina 3,5 W (máximo), tempo de operação com tensão nominal 30 ms (aprox.), corrente nominal 10 A, tipo CS1C, fabricante GEC ALSTOM ou similar (conforme necessidade);
- k) Relé auxiliar tensão de alimentação 125 V_{CC}, contatos auxiliares 4 (quatro) reversores, tipos de encaixe plug-in, base de ligação tipo k com borne parafuso, tipo RAR1-44, fabricante GEC-ALSTOM ou similar (conforme necessidade);
- l) Unidade de controle central (UCC) constituído dos seguintes componentes e funcionalidades principais:

- Arquitetura distribuída e modular, com fonte de alimentação redundante, possibilitar a execução de programas e automatismos, possuir relógio interno e sincronismo por gps integração através de protocolo IEC 60870-5-101/104 e DNP3 com o centro de operação da Energisa, integração com os relés existentes na se (IEC 60870-5-101/103/104, DNP3.0), parametrização através de software com interface amigável, comunicação com no mínimo dois centros de controle, modelo SEL 3530-4 ou similar;
 - Configuração mínima para: 64 entradas digitais isoladas, 32 saídas digitais independentes, 16 entradas analógicas sistema GPS + cabo + antena, compatível com sistema a ser fornecido (UCC + proteções).
- m) Difusor de fibra óptica com entradas suficientes para integrar todas as entradas de unidades de controle e proteção digital para a interligação de todos os componentes à UCC (1 peça);
- n) Fibra ótica de cristal multimodo com conectores ST/LC em quantidade suficiente para a interligação de todos os componentes à UCC (100 metros, 16 conectores 8 ST e 8 LC);
- o) GPS similar ao modelo SEL 2407 ou similar (1 peça).
- p) SWITCH similar ao modelo SEL 2730M no mínimo 8 portas para fibra ótica e 8 portas ETH-RJ45 (1 peça).

10.3 Serviços adicionais para os painéis

Esses serviços deverão estar quantificados em item separado na proposta.

A Energisa se reserva o direito ou não na aquisição desses serviços, que são os seguintes:

- a) Engenharia do sistema digital;
- b) Componentes e serviços para integração dos componentes deste fornecimento com o centro de operação da Energisa;

- c) Enlace de rádio digital, ponto a ponto, para tráfego de dados composto pelos equipamentos existentes no sistema de automação e integrado a subestação móvel;
- d) Peças de reserva;
- e) Ferramentas especiais (instrumentos, notebooks etc.);
- f) Treinamentos;
- g) Testes de aceitação de fábrica;
- h) Comissionamento de campo;
- i) Documentação técnica;
- j) Período de garantia e suporte técnico.

NOTAS:

- XI. a lista de materiais dos painéis de comando, controle, proteção e automação mostra somente parte dos instrumentos principais, tais como: relés e medidores. o contratado deverá fornecer ainda os disjuntores termomagnéticos, resistores de aquecimento, sistemas internos de iluminação e tomadas, sistemas de ventilação, bornes terminais, anilhas, régua de bornes, canaletas para cabos de controle, conectores para aterramento, elementos para fixação dos painéis e componentes, fiação e cabos de interligação, relés auxiliares e todos os dispositivos e complementos, mesmo quando não mencionados explicitamente nessa lista de materiais, mas necessários para o perfeito funcionamento dos painéis de proteção e controle da subestação móvel.
- XII. poderão ser propostas arquiteturas distintas não previstas na descrição acima, mas as arquiteturas propostas estarão sujeitas à aprovação da Energisa.
- XIII. os componentes internos dos painéis de proteção, controle e supervisão deverão suportar trabalhar a temperatura de até + 80 °C.

11 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS CABOS ISOLADOS

11.1 Cabos isolados de média tensão (MT)

- a) Para conexão da subestação móvel no lado de média tensão, deverão ser fornecidos 540 metros de cabos singelos flexíveis de média tensão a neutro aterrado, isolados para 36,2 kV, com bitola suficiente para conduzir a corrente nominal e corrente de sobrecarga de curta duração. Os cabos de força flexíveis serão utilizados para a interligação da saída da subestação móvel ao barramento da subestação a qual a mesma será instalada.
- b) Os cabos deverão ter os seguintes comprimentos:
 - 9 lances de 60 metros cada;
- c) Deverão ser considerados 3 (três) cabos por fase na classe de tensão de 36,2 kV sendo que o comprimento dos mesmos deverá ser de 60 metros, cada.
- d) As extremidades dos cabos deverão possuir terminações para uso externo e conectores para barra chata com 4 (quatro) furos NEMA, estanhados.
- e) Para o armazenamento dos cabos deverão ser fornecidos carretéis giratórios de aço, que por motivos de alívio de peso poderão ser fornecidos montados sobre um reboque auxiliar, com facilidade de utilização em veículos de pequeno porte, como caminhonetas.
- f) Deverão ser previstos meios de fixação e acomodação dos cabos isolados quando os mesmos estiverem conectados à subestação móvel, para evitar que peso dos cabos seja suportado pelos terminais da subestação móvel (ou outro ponto de conexão) e para assegurar que não serão provocados danos à isolamento dos cabos.

11.2 Cabos isolados de média tensão (serviços auxiliares)



Os cabos de conexão dos serviços auxiliares da subestação à cabine de controle da subestação móvel devem ser incluídos no fornecimento da subestação móvel, e devidamente acondicionados em bobinas metálicas fixadas no semirreboque.

Esses cabos deverão ter as seguintes características:

- a) Cabos de alimentação de corrente alternada
 - Tipo eprotenax flex ou sintenax flex;
 - Classe de tensão 0,6/1,0 kV;
 - Formação (monopolar) 4x16 mm²;
 - Comprimento 4 x 80 m;
 - Terminação nas duas extremidades terminal olhal a compressão.
- b) Cabos de alimentação de corrente contínua
 - Tipo eprotenax flex ou sintenax flex;
 - Classe de tensão 0,6/1,0 kV;
 - Formação para corrente alternada 2x10 mm²;
 - Comprimento 80 metros.

12 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SEMIRREBOQUE

A subestação móvel deverá ser permanentemente montada, de maneira rígida e segura no semirreboque, com as seguintes características mínimas:

- Equipamento ofertado: semirreboque 2 (dois) eixos (depende da avaliação de peso).
- Descrição do equipamento: suspensão: 2 (dois) eixos disco c/freio 16,5 x 8”, eixos redondos, feixe de molas 11 lâminas 90 x 10 mm, c/ rodas disco para



pneus sem câmara tala 8,25” ou 9,0”, sistema de freio com Spring Break em 2 (dois) eixos, suspensão modelo estampado balancim.

- Assoalho: chapas de aço, na disposição longitudinalmente;
- Estrutura: chassi viga “i”, travessas e perfil lateral construído em aço ASTM A36 sem rampa traseira;
- Sistema elétrico: LED padrão CONTRAN, com faixas refletivas na lateral;
- Para-choque traseiro fixo conforme resolução do CONTRAN;
- Pintura: limpeza com jato de granalha de aço em toda superfície da chapa, aplicação de fundo epóxi, pintura em tinta PU na cor desejada;
- Dimensões: de acordo com as leis CONTRAN e licença anual, sem restrição, projetado de modo a não exceder as limitações do código nacional de trânsito e do departamento nacional de infraestrutura de transportes.

12.1 Limitações e condições para transporte

Verificar a adequação do projeto do conjunto subestação móvel com o semirreboque às leis, resoluções, normas e toda legislação de trânsito brasileira. Essa verificação deve estar claramente indicada na proposta.

A subestação móvel deve ser projetada de forma a permitir a obtenção de licença anual para livre trânsito em todos os estados, sem a necessidade de batedores credenciados, sendo que a obtenção da primeira licença anual será de responsabilidade do proponente.

Não deve haver necessidade de obtenção de licença especial de transporte para cada trecho a ser percorrido pela subestação móvel.

As condições de trafegabilidade da subestação móvel devem ser apresentadas e garantidas na proposta e serão consideradas na análise da mesma.



A subestação móvel deverá ser projetada de modo a poder ser energizada e operada com inclinação longitudinal ou transversal de até 5°.

12.2 Acessórios e ferramentas

Todos os acessórios e ferramentas necessários para a colocação em serviço e preparação para transporte da subestação móvel devem ser fornecidos pelo proponente e devem estar claramente indicados na proposta.

Também devem ser fornecidos, pelo menos, 2 (dois) registradores de impacto nas três direções, com indicadores remotos para serem instalados na cabine do cavalo mecânico.

A subestação móvel deverá possuir locais apropriados para o seguro armazenamento de todos os equipamentos que sejam destacáveis durante o transporte e para quaisquer equipamentos, acessórios, ferramentas ou dispositivos especiais necessários para a sua operação e manutenção.

12.3 Disposição da subestação móvel sobre o semirreboque

A subestação móvel deverá ser montada de forma que, preferencialmente, o lado de alta tensão (AT) esteja na traseira e o lado de média tensão (MT) esteja na frente do semirreboque.

NOTA:

XIV. Outras disposições poderão ser aceitas, desde que, atendendo os requisitos técnicos de distanciamento elétrico e mediante aprovação previa da Energisa.

As cabines de comando, operação e controle deverão ser montadas nas laterais do semirreboque de tal forma a não comprometer a saída dos cabos aéreos da alta tensão e os cabos isolados da média tensão. Essas cabines deverão ser montadas sobre dispositivos antivibração, a fim de proteger os componentes internos durante o transporte e operação normal da subestação móvel.

12.3.1 Proteção contra obstáculos e cabos aéreos



As partes mais altas da subestação móvel deverão ser guarnecidas com desviadores de ramos de árvores e fios aéreos, de modo a evitar que os mesmos danifiquem o equipamento quando a subestação móvel estiver em trânsito.

As buchas da subestação móvel devem ser providas de proteção tubular extraível, confeccionado em PVC ou outro material resistente a choques e pancadas que possam ocorrer durante a sua movimentação.

As cabines de comando, proteção e controle também deverão ser protegidas contra choques e pancadas.

12.3.2 Aterramento da subestação móvel e do semirreboque

O aterramento do semirreboque deverá ser feito através de um ponto único (single-point), constituído de uma barra de cobre montada sobre isoladores de 500 v, dentro de uma caixa com tampa removível e fixada ao semirreboque. Nesta barra de cobre estarão aterrados todos os componentes de média tensão montados sobre o semirreboque. Dessa barra sairá a conexão para o sistema de aterramento da subestação com cabos de cobre de 50 a 120 mm².

O aterramento da bucha de neutro da subestação móvel na malha de terra da subestação deverá ser feito através de um cabo de cobre 70 mm², isolado para 5,0 kV, com comprimento de 15 metros, incluído no fornecimento do proponente, com um terminal 4 furos NEMA na extremidade do lado da bucha de neutro e um conector de cobre estanhado para conexão ao cabo de cobre da malha de terra da subestação na outra extremidade, na seção de 50 a 120 mm².

O aterramento do tanque da subestação móvel deverá ser feito através do single-point, juntamente com o aterramento do semirreboque.

12.3.3 Acabamento e pintura da subestação móvel

Os padrões de acabamento e pintura externa serão os seguintes:

- a) Preparo da superfície - Jatear a superfície com jato úmido.

- 
- b) Tinta de fundo - aplicar, através de pistola airless, 01 demão de tinta anticorrosiva epóxi alta espessura pigmentada com alumínio, na espessura de 150 µm de película seca;
- c) Tinta de acabamento - após o intervalo mínimo de 16 horas da aplicação do fundo anticorrosivo, aplicar, através de pistola airless, uma demão de acabamento à base de poliuretano alifático repintável, cor cinza claro, notação Munsell N 6,5, na espessura seca de 70 µm.
- d) A pintura deverá ser completada na fábrica, de modo que somente eventuais retoques sejam necessários no campo. Logo, o fabricante deverá incluir no fornecimento quantidades de tintas de acabamento e de base.
- e) Amostras e descrição detalhada dos métodos de tratamento e materiais de pintura propostos, deverão ser submetidas a aprovação juntamente com os desenhos da subestação móvel.
- f) O fabricante poderá submeter a aprovação outro esquema de pintura desde que seja de eficiência equivalente ou superior ao especificado.

13 INSPEÇÃO E ENSAIOS

13.1 Generalidades

- a) Os materiais devem ser submetidos a inspeção e ensaios em fábrica, de acordo com esta Especificação Técnica e com as normas nacionais e internacionais aplicáveis, na presença de inspetores credenciados pela Energisa, devendo a mesma deve ser comunicada pelo fornecedor das datas em que os lotes estiverem prontos para inspeção final, completos com todos os acessórios, com antecedência de pelo menos:
- 30 (trinta) dias para fornecedor nacional; e
 - 60 (sessenta) dias para fornecedor internacional.

- 
- b) A Energisa reserva-se ao direito de inspecionar e testar os materiais durante o período de fabricação, antes do embarque ou a qualquer tempo em que julgar necessário. O fabricante deverá proporcionar livre acesso do inspetor aos laboratórios e às instalações onde os materiais em questão estiverem sendo fabricados, fornecendo-lhe as informações solicitadas e realizando os ensaios necessários. O inspetor poderá exigir certificados de procedências de matérias-primas e componentes, além de fichas e relatórios internos de controle.
 - c) O fornecedor deve apresentar, para aprovação da Energisa, o seu Plano de Inspeção e Testes (PIT), onde devem ser indicados os requisitos de controle de qualidade para utilização de matérias primas, componentes e acessórios de fornecimento de terceiros, assim como as normas técnicas empregadas na fabricação e inspeção dos equipamentos, bem como uma descrição sucinta do ensaio (constantes, métodos e instrumentos empregados e os valores esperados).
 - d) O fornecedor deverá apresentar juntamente com o pedido de inspeção, a sequência de ensaios finais em fábrica, e o respectivo cronograma dia a dia dos ensaios.
 - e) Os certificados de ensaio de tipo, previstos no item 8.2.1, para materiais de características similares ao especificado, porém aplicáveis, que podem ser aceitos desde que realizados em laboratórios reconhecidamente oficiais e com validade máxima de 5 (cinco) anos e que a Energisa considere que tais dados comprovem que os materiais propostos atendem ao especificado.

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

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

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

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

Esse relatório deverá conter todas as informações necessárias para o seu completo entendimento, conforme descrito no item 8.4.

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

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

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

NOTA:

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

13.2 Ensaios de verificação da qualidade da matéria prima

Deverão ser fornecidos, para análise da Energisa, quando solicitado, os certificados de origem e os resultados dos ensaios, de toda matéria prima empregada na fabricação da subestação móvel objeto desta aquisição, em consonância com o certificado de controle de qualidade utilizado pelo proponente relativamente à:

- Cobre para os enrolamentos;
- Papel isolante;
- Aço silício;
- Aço carbono.

13.3 Ensaios no óleo isolante

O proponente deverá realizar e apresentar à Energisa os ensaios do óleo isolante, descritos a seguir:

a) Ensaios físico-químicos antes do enchimento do transformador:

- Teor de água, conforme ABNT NBR 10710 B ou ASTM D1533;
- Rigidez dielétrica, conforme ABNT NBR IEC 60156;
- Índice de neutralização, conforme ABNT NBR 14248 ou ASTM D974;
- Tensão interfacial a 25 °C, conforme ABNT NBR 6234;
- Fator de perdas dielétricas ou fator de dissipação, conforme norma IEC 60247 e ASTM D924;
- Estabilidade a oxidação, conforme norma ASTM D2440;
- Espectro infravermelho, conforme norma ASTM D2144.

b) Ensaios físico-químicos após enchimento e após ensaios no transformador:

- Teor de água, conforme ABNT NBR 10710 B ou ASTM D1533;
- Rigidez dielétrica, conforme ABNT NBR IEC 60156;
- Índice de neutralização, conforme ABNT NBR 14248 ou ASTM D974;
- Tensão interfacial a 25 °C, conforme ABNT NBR 6234;
- Fator de perdas dielétricas ou fator de dissipação, conforme norma IEC 60247 e ASTM D924.

c) Ensaios cromatográficos:

- Antes do início dos ensaios;

- 
- Após os ensaios dielétricos. A segunda amostra deverá ser retirada, no máximo, 48 (quarenta e oito) horas após o término dos ensaios, e sua análise em laboratório deverá ser efetuada no máximo 10 (dez) dias após a coleta. Relatórios dos resultados dessas análises deverão ser encaminhados à Energisa, juntamente com o relatório de ensaios do equipamento;
 - Após o ensaio de elevação de temperatura;
 - No ensaio do óleo isolante pelo método de espectrofotometria de infravermelho, não deve ser detectável a presença de PCB (policloreto de bifenila), de acordo com a ABNT NBR 13882.

O proponente deverá disponibilizar, quando solicitado, ao inspetor da Energisa, uma amostra de óleo isolante coletado após realização dos ensaios no transformador.

13.4 Ensaios nas buchas

Para cada tipo diferente de bucha a ser utilizada na subestação móvel deverão ser fornecidos certificados dos ensaios relacionados a seguir, previamente realizados em buchas idênticas, de acordo com a ABNT NBR 5034:

- a) Ensaio de tensão suportável nominal à frequência industrial, sob chuva;
- b) Ensaio de tensão suportável nominal de impulso atmosférico, a seco;
- c) Ensaio de estabilidade térmica do dielétrico;
- d) Ensaio de elevação de temperatura;
- e) Ensaio de corrente suportável nominal de curta duração;
- f) Ensaio do valor de crista da corrente suportável nominal de curta duração;
- g) Ensaio de suportabilidade a carga de flexão.



Deverão ser realizados, em todas as buchas a serem utilizadas no transformador, inclusive as de reserva, os seguintes ensaios de rotina:

- a) Medição de fator de perdas dielétricas (tangente delta) e da capacitância, na temperatura ambiente (quando aplicável);
- b) Verificação da vedação do flange ou outro dispositivo de fixação.

13.5 Ensaios nos transformadores de corrente tipo bucha

Os seguintes ensaios deverão ser realizados em todos os transformadores de corrente:

- a) Tensão induzida, conforme ABNT NBR 6856;
- b) Tensão suportável a frequência industrial a seco, conforme ABNT NBR 6856;
- c) Polaridade, conforme ABNT NBR 6856;
- d) Exatidão, conforme ABNT NBR 6856;
- e) Resistência dos enrolamentos para todas as derivações, conforme ABNT NBR 6856;
- f) Curva de excitação, conforme ANSI/IEEE C57.13.1;
- g) Resistência de isolamento, conforme ABNT NBR 6856.

Para os itens “a”, “b”, “d” e “f” podem ser apresentados os relatórios dos ensaios realizados pelo fabricante dos transformadores de corrente.

13.6 Ensaios nos painéis de controle

Deverão ser realizados os seguintes ensaios:

- a) Visual;
- b) Continuidade dos circuitos;

- c) Simulação de funcionamento.

13.7 Ensaios no transformador

Todos os ensaios na subestação móvel deverão ser executados pelo proponente conforme ABNT NBR 5356-1, em suas respectivas partes e conforme especificação técnica unificada N.º 001 (ETU-001) da Energisa.

13.8 Ensaios do conjunto subestação móvel e semirreboque

O proponente deverá submeter com a proposta uma lista e descrição de todos os ensaios que serão realizados com a subestação móvel em operação normal, em condições de falta e sequência de operações.

Além destes, deverá fornecer uma lista e descrição dos testes individuais a serem realizados no semirreboque. O proponente ainda deverá realizar obrigatoriamente os seguintes ensaios:

13.8.1 Ensaio de aceleração

Após os ensaios dos equipamentos, com subestação móvel inteiramente montada, será efetuado ensaios de suportabilidade a esforços mecânicos durante transporte (ensaio de aceleração).

As medições serão feitas nas velocidades de 20, 30, 40, 50 e 60 km/h no asfalto e 20, 30 e 40 km/h em estradas de terra.

Antes da execução do ensaio de aceleração serão definidos, em conjunto entre a Energisa, os fabricantes e os responsáveis pelo ensaio, os seguintes itens:

- a) Localização dos pontos de medição (no mínimo 6 de aceleração e 6 de stress);
- b) Esforços de escoamento;
- c) Limites de aceleração (G);
- d) Estradas a serem percorridas;

- e) Os esforços encontrados nas medições não deverão ultrapassar 30% dos esforços de escoamento, caso isto aconteça estes pontos deverão ser reforçados;
- f) Para cada velocidade definida o conjunto será acelerado de zero até uma velocidade constante e depois freado até completa imobilização.

13.9 Comissionamento do conjunto

Deverá ser realizado em fábrica o comissionamento do conjunto, devendo ser executados testes de rotina nos equipamentos (exceto tensão aplicada), testes funcionais dos sistemas de proteção, comando, controle, medição e sinalização e de simulação colocação em serviço da subestação móvel.

Os mesmos testes deverão ser repetidos na sede da Energisa, quando da entrega do conjunto.

Os custos destes 2 (dois) comissionamentos deverão estar inclusos na proposta.

13.10 Energização da subestação móvel

A montagem da subestação móvel, bem como sua energização inicial, deverá ser executada sob a supervisão direta do fabricante. Esta supervisão tem por finalidade assegurar a plena responsabilidade e garantia fabricante do funcionamento da subestação móvel, inclusive no tocante à instalação e energização da mesma no local determinado pela Energisa.

Durante a montagem a Energisa fornecerá pessoal auxiliar (técnicos e eletricitas), veículos, guindastes, equipamentos de tratamento de óleo e execução de vácuo, energia elétrica necessária, no local dos serviços.

A data da montagem da subestação móvel será acertada entre o fabricante e a Energisa.



Caso a subestação móvel apresente defeito durante o período de garantia os serviços de supervisão de desmontagem e posterior remontagem na obra correrão por conta do fabricante, sem ônus para a Energisa.

O fabricante deverá executar sem ônus para a Energisa a supervisão da primeira energização da subestação móvel com tomada de carga em todas as relações de tensão disponíveis.

14 PLANO DE INSPEÇÃO E TESTES

- a) No plano de inspeção e testes deverão constar todas as atividades ligadas ao controle de qualidade do proponente, os ensaios de rotina e outros ensaios e inspeções requeridas na especificação técnica;
- b) As atividades de inspeção deverão ser apresentadas de forma detalhada, e sempre referenciadas às diversas etapas de fabricação e com o seu tempo de duração estimado;
- c) Qualquer revisão do plano de inspeção e testes deverá ser submetida à Energisa, no máximo 15 (quinze) dias corridos após o conhecimento das modificações.

15 ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

15.1 Ensaios de tipo

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

Se ocorrer uma falha em um dos ensaios o fabricante pode apresentar nova amostra para ser ensaiada. Se esta amostra apresentar algum resultado insatisfatório a subestação móvel não será aceita.

15.2 Ensaios de recebimento

Os critérios para a aceitação ou a rejeição nos ensaios complementares de recebimento são:

- a) Se nenhuma unidade falhar no ensaio, a subestação móvel será aprovada;
- b) Se apenas uma unidade falhar no ensaio, o fornecedor deverá apresentar relatório apontando as causas da falha e as medidas tomadas para corrigi-las, submetendo-se a subestação móvel a novo ensaio.

As unidades defeituosas devem ser substituídas por novas.

16 NOTAS COMPLEMENTARES

Em qualquer tempo e sem necessidade de aviso prévio, esta Especificação Técnica poderá sofrer alterações, no seu todo ou em parte, por motivo de ordem técnica e/ou devido às modificações na legislação vigente, de forma a que os interessados deverão, periodicamente, consultar a Energisa.

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

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

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

normas.tecnicas@energisa.com.br

17 HISTÓRICO DE VERSÕES DESTE DOCUMENTO

Data	Versão	Descrição das alterações realizadas
01/03/2022	0.0	<ul style="list-style-type: none">• Esta 1ª edição

18 VIGÊNCIA



Esta Especificação Técnica entra em vigor na data de 01/04/2022 e revoga as documentações anteriores.

19 TABELAS

TABELA 1 - Características técnicas das subestações móveis

Código Energisa	Descrição do Equipamento	Potência nominal	Tensão primária	Tensão secundária
		(MVA)	(kV)	(kV)
691787	Subestação móvel com transformador trifásico, ligação Delta/Estrela aterrado com LTC, montada sobre semirreboque, com suspensão hidráulica, com mobilidade e robustez para trafegar com segurança em qualquer tipo de estrada sem necessidade de Batedor, atendendo à legislação para tráfego normal e não sendo necessário autorizações especiais para trafegar. Deve ser fornecida com transformador de serviço auxiliar e com carretel composto de 4 cabos isolados para 36,2 kV por fase (corrente nominal compatível com o transformador de potência).	25 / 30	138 / 69	34,5 / 13,8
691788			138 / 69	34,5 / 11,4
691789			138 / 69	34,5 / 22,0
691790			138 / 69	22,0 / 11,4
691791			138 / 69	13,8
691792			138 / 69	11,4

TABELA 2 - Níveis básicos de isolamento

Dados técnicos		Valores de referência				
Tensão máxima eficaz	(kV _{eficaz})	15,0	24,2	36,2	72,5	145
Tensão nominal eficaz		11,4 / 13,8	22,0	34,5	69,0	138
Número de fases		3				
Frequência nominal	(Hz)	60				
Neutro		Aterrado sem eficácia garantida				
Tensão suportável à frequência industrial 60 Hz para enrolamento em delta (estrela) - 1 min.	(kV)	34	34	34	47	92
Tensão induzida		34	50	70	140	275
Tensão suportável nominal de impulso atmosférico pleno	(kV _{crista})	110	150	200	350	650
Tensão suportável nominal de impulso atmosférico cortado - kV crista		121	165	220	385	715

20 DESENHO

DESENHO 1 - Desenho meramente orientativo



21 ANEXO

ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas

Empresa:		Proposta N.º:						
Especificação técnica:	ABNT NBR	Potência:	MVA					
Normas:	ABNT NBR 5356	Data:						
1. CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO								
Quantidade:	Tipo: subestação móvel		Altitude inst.: 1.000 m					
Frequência: 60 Hz	Líquido isolante: óleo mineral naftênico tipo A		Diagrama fasorial: Dyn1					
N.º fases: 3								
Limites de elevação de temperatura		Ambiente máximo: 40 °C	Cobre médio: 95 °C					
		Ponto mais quente: 120 °C	Topo do óleo: 65 °C					
Terminal	Potência nominal (MVA) em serviço contínuo referido à tensão em vazio			Tensão nominal (kV)	Tensão máxima do equipamento (kV)	NBI (kV)	Tipo de ligação	Tipo de comutação / painel
	Sistema de resfriamento							
	ODAF	-	-					
AT		-	-		145	650	D	C.D.C. C.D.S.T.
					72,5	350		
BT		-	-		36,2	200	Y	C.D.S.T.
					24,2	150	Y	
					15,0	110	Y	
NOTAS:								

2. DESEMPENHO

Referências		Especificado		Garantido	
Potência de referência	kVA				
Tensões de referência	kV				
Impedância de sequência positiva 115 °C	%				
Perdas em vazio 60 Hz	kW				
Perdas em carga 115 °C	kW				
Perdas circuitos auxiliares	kW				
Perdas totais (excluindo auxiliares) 115 °C	kW				
Corrente de excitação 100% VN	%				
Nível de ruído 100% VN	dB				

3. DESENHO REFERÊNCIA - N.º:

Dimensões Limites [mm]			Massas Limites [kg]		Base 33300 kVA Relação 138 / 34.5 kV					
(Montado / Transporte)			Parte ativa (P. A.)		FP	Rendimento		FP	Rendimento	
Altura			Tanque e acessórios		1.0	125%	> 98%	0.8	125%	> 98%
Largura			Óleo mineral			100%	> 98%		100%	> 98%
Comprimento			Massa total			75%	> 98%		75%	> 98%
Alt. p/ ret. P. A.			Equip. s/ óleo			50%	> 98%		50%	> 98%
			Para transp. c/s óleo			25%	> 98%		25%	> 98%
			Massa total (kg):			Regulação	< 2,6%		Regulação	< 12%

4. ENSAIOS DIELÉTRICOS

Ensaio		Terminais					
TME: Tensão Máxima do Equipamento		AT 138	AT 69	BT 34,5	BT 22,0	BT 13,8	N BT
Impulso Atmosférico	Onda Plena [kV]	650	350	200	150	110	110
	Onda Cortada [kV]	715	385	220	165	121	121
Impulso de Manobra [kV]		NBR	NBR	NBR	NBR	NBR	NBR
Tensão Aplicada ao Dielétrico [kV]		92	47	34	34	34	34
Tensão Induzida p/ TME [kV]		275	140	70	50	34	34
Tensão Ind.Long. Dur. p/ TME com DPs [kV]		-	-	-	-		
Descargas Parciais [pC]		-		Descargas Parciais: [µV]			
Tensão de Rádio interferência- [µV]							

5. CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

5.1. Selado	N.A.		5.7. Localização das buchas:	5.8. Caixa de proteção das buchas:	
5.2. Selado com sistema de gás inerte	N.A.		AT	AT	
5.2. Conservador	SIM		BT	BT	
5.3. Conservador com bolsa	SIM		T	T	
5.4. Conservador com Pulmão-Tec	N.A.				
5.5 - Meio de locomoção:	Semirreboque				
5.6 - Transformadores de corrente:	Sim	Não	A definir		
Terminal					
Classe					
Relação					
Uso					
Quant.					

6. ACESSÓRIOS

Itens		Descrição
6.1. Bucha Alta Tensão	Sim	
6.2. Bucha Baixa Tensão	Sim	
6.3. Bucha Terciário	N.A.	
6.4. Bucha Neutro AT	N.A.	
6.5. Bucha Neutro BT	Sim	
6.6. Conectores de bucha	Sim	
6.7. Comutador sob carga	Sim	
6.8. Comutador sem tensão	Sim	
6.9. Painel de religação	N.A.	
6.10. Indicador do nível de óleo Transformador	Sim	
6.11. Indicador do nível de óleo CDC	Sim	
6.12. Termômetro do óleo	Sim	
6.13. Termômetro do enrolamento	Sim	
6.14. Monitor de temperatura	Sim	
6.15. Válvula alívio de Pressão	Sim	
6.16. Relé de gás tipo Buchholz	Sim	
6.17. Relé de pressão súbita	Sim	
6.18. Dispositivo secador de ar	Sim	
6.19. Motobomba	Sim	
6.20. Trocador de calor	Sim	

NOTAS:

- I. O fabricante deve fornecer em sua proposta todas as informações requeridas no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas.
- II. Se forem submetidas propostas alternativas cada uma delas deve ser submetida com o Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas específico, claramente preenchido, sendo que cada quadro deve ser devidamente marcado para indicar a qual proposta pertence.
- III. Erro no preenchimento do quadro de características poderá ser motivo para desclassificação.
- IV. Todas as informações requeridas no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas devem ser compatíveis com as informações descritas em outras partes da proposta de fornecimento. Em caso de dúvidas as informações prestadas no referido quadro prevalecerão sobre as descritas em outras partes da proposta.
- V. O fabricante deve garantir que a performance e as características dos equipamentos a serem fornecidos estarão em conformidade com as informações aqui apresentadas.

