



NORMA TÉCNICA CELG D

Transformador de Corrente Especificação

**NTC-39
Revisão 5**

CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.

SETOR DE NORMATIZAÇÃO TÉCNICA

NTC-39

Transformador de Corrente

Especificação

Revisão 5

ELABORAÇÃO: Eng° André Pereira Marques
Eng° José Falcete Neto
Eng° Reinaldo Albernaz Rodrigues

COLABORAÇÃO: Eng° Cláudio Henrique Bezerra Azevedo
Eng° Luiz Gomes Rangel
Eng° Valmir José de Resende

REVISÃO 2: Eng° Gerson Tertuliano

REVISÃO 3: Eng° Fabrício Luis Silva

REVISÃO 4: Eng° Fabrício Luis Silva

REVISÃO 5: Eng° Gerson Tertuliano
Eng° José Falcete Neto

SUPERVISÃO: 
Eng° Fabrício Luis Silva
DT-SNT

APROV: 
Eng° Luiz Flávio N. Rodrigues
DT-DPTN

APROV: 
Eng° José Divino de Sousa Santos
DT-SPSE

APROV.: 
Eng° Humberto Eustáquio T. Corrêa
DT

DATA: AGO/16

ÍNDICE

<u>SECÃO</u>	<u>TÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.	OBJETIVO	1
2.	NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES	2
3.	TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES	4
4.	REQUISITOS GERAIS	13
4.1	Condições do Local de Instalação	13
4.2	Garantia	13
4.3	Embalagem	13
4.4	Extensão do Fornecimento	14
4.5	Linguagens e Unidades de Medida	15
5.	DOCUMENTOS TÉCNICOS PARA APROVAÇÃO	16
5.1	Documentos Técnicos a Serem Apresentados Juntamente com a Proposta	16
5.2	Aprovação de Protótipos	17
5.3	Documentos Complementares	18
5.4	Manual de Instruções	18
6.	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS	19
6.1	Generalidades	19
6.2	Acessórios	19
6.3	Correntes Nominais, Relações Nominais e Classes de Exatidão	20
6.4	Potências Normalizadas e Cargas Nominais	20
6.5	Conexões Secundárias e Caixa de Terminais	20
6.6	Terminais e Conectores de Alta Tensão	20
6.7	Conectores de Aterramento	21
6.8	Óleo Isolante	21
6.9	Estanqueidade	21
6.10	Câmara de Expansão e Vedações	21
6.11	Buchas	22
6.12	Parte Ativa	22
6.13	Placa de Identificação	22
6.14	Placa de Identificação de Cadastro do Equipamento	23
6.15	Galvanização	23
6.16	Polaridade	23
6.17	Elevação de Temperatura	23
6.18	Marcação dos Enrolamentos e Terminais	24
6.19	Correntes Suportável Nominal de Curta Duração e Respectivo Valor de Crista	24
6.20	Tensão Induzida no Circuito Secundário Aberto	25

<u>SECÃO</u>	<u>TÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
7.	REQUISITOS DE PROJETO	26
7.1	Requisitos de Isolamento	26
8.	REQUISITOS DE EXATIDÃO PARA TC PARA MEDIÇÃO	28
8.1	Classes para Serviço de Medição	28
8.2	Classes Especiais para Serviços de Medição	28
9.	REQUISITOS TÉCNICOS ESPECÍFICOS	29
9.1	Transformador de Corrente Classe 15 kV – Tipo I	29
9.2	Transformador de Corrente Classe 15 kV – Tipo II	29
9.3	Transformador de Corrente Classe 15 kV – Tipo III	29
9.4	Transformador de Corrente Classe 36,2 kV – Tipo I	30
9.5	Transformador de Corrente Classe 36,2 kV – Tipo II	30
9.6	Transformador de Corrente Classe 36,2 kV – Tipo III	30
9.7	Transformador de Corrente Classe 72,5 kV – Tipo I	30
9.8	Transformador de Corrente Classe 72,5 kV – Tipo II	31
9.9	Transformador de Corrente Classe 72,5 kV – Tipo III	31
9.10	Transformador de Corrente Classe 72,5 kV – Tipo IV	31
9.11	Transformador de Corrente Classe 72,5 kV – Tipo V	31
9.12	Transformador de Corrente Classe 145 kV – Tipo I	32
9.13	Transformador de Corrente Classe 145 kV – Tipo II	32
9.14	Transformador de Corrente Classe 145 kV – Tipo III	32
9.15	Transformador de Corrente Classe 145 kV – Tipo IV	33
9.16	Transformador de Corrente Classe 145 kV – Tipo V	33
10.	INSPEÇÃO E ENSAIOS	34
10.1	Generalidades	34
10.2	Classificação dos Ensaio	35
10.3	Descrição dos Ensaio	37
10.4	Relatórios de Ensaio	46
ANEXO A	TABELAS	47
TABELA 1	CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DOS TRANSFORMADORES DE CORRENTE	47
TABELA 2	ESPECIFICAÇÃO DO ÓLEO ISOLANTE TIPO A (NAFTÊNICO) APÓS CONTATO COM O EQUIPAMENTO	48
TABELA 3	LIMITES DE ERRO PARA TRANSFORMADORES DE CORRENTE PARA PROTEÇÃO CLASSE P	49
TABELA 4	VALORES DE ENSAIOS DE ESTANQUEIDADE A FRIO	49
TABELA 5	SINAIS PARA REPRESENTAÇÃO DE CORRENTES NOMINAIS E RELAÇÕES NOMINAIS	49

<u>SECÃO</u>	<u>TÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
TABELA 6	CARACTERÍSTICAS DAS CARGAS COM FATOR DE POTÊNCIA 0,9 PARA CORRENTE SECUNDÁRIA NOMINAL DE 5 A	50
TABELA 7	CARACTERÍSTICAS DAS CARGAS COM FATOR DE POTÊNCIA 0,5 PARA CORRENTE SECUNDÁRIA NOMINAL DE 5 A	50
ANEXO B	DESENHOS	51
DESENHO 1	PLACA DE IDENTIFICAÇÃO DE CADASTRO DE EQUIPAMENTOS - TAMANHO 2	51
DESENHO 2	DETERMINAÇÃO DA POLARIDADE PELO MÉTODO DE COMPARAÇÃO COM UM TC DE POLARIDADE CONHECIDA	52
DESENHO 3	DETERMINAÇÃO DA POLARIDADE PELO MÉTODO DA CORRENTE CONTÍNUA	53
DESENHO 4	CIRCUITO DE ENSAIO PARA MEDIÇÃO DE DESCARGAS PARCIAIS	54
DESENHO 5	CIRCUITO DE ENSAIO PARA MEDIÇÃO DE TANGENTE DELTA	55
DESENHO 6	CIRCUITO DE ENSAIO PARA TENSÃO SUPORTÁVEL À FREQUÊNCIA INDUSTRIAL ENTRE SECUNDÁRIOS OU ENTRE SEÇÕES DO PRIMÁRIO	56
DESENHO 7	CIRCUITO PARA ENSAIO DE SOBRETENSÃO ENTRE ESPIRAS	57
DESENHO 8	PARALELOGRAMOS PARA AS CLASSES 0,3 E 0,3S	58
DESENHO 9	PARALELOGRAMOS PARA AS CLASSES 0,6 E 0,6S	59
ANEXO C	QUADRO DE DADOS TÉCNICOS E CARACTERÍSTICAS GARANTIDAS	60
ANEXO D	INFORMAÇÕES TÉCNICAS REQUERIDAS COM A PROPOSTA – ENSAIOS DE TIPO	62
ANEXO E	QUADRO DE DESVIOS TÉCNICOS E EXCEÇÕES	63

1. OBJETIVO

Definir as principais características elétricas e mecânicas, bem como os demais requisitos básicos para o fornecimento de transformadores de corrente indutivos monofásicos dos tipos P e PR e equipamentos associados, para as tensões máximas de operação do sistema de 15, 36,2, 72,5 e 145 kV, a serem instalados em subestações da CELG D.

2. NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Como forma de atender aos processos de fabricação, inspeção e ensaios, os TCs e materiais empregados em sua fabricação devem satisfazer às exigências desta, bem como de todas as normas técnicas mencionadas abaixo:

ABNT NBR 5034	Buchas para tensões alternadas superiores a 1 kV - Especificação.
ABNT NBR 5286	Corpos cerâmicos de grandes dimensões destinados a instalações elétricas - Requisitos.
ABNT NBR 5456	Eletricidade geral - Terminologia.
ABNT NBR 5458	Transformador de potência - Terminologia.
ABNT NBR 5779	Óleos minerais isolantes - Determinação qualitativa de cloretos e sulfatos inorgânicos - Método de ensaio.
ABNT NBR 6234	Óleo mineral isolante - Determinação da tensão interfacial de óleo-água pelo método do anel - Método de ensaio.
ABNT NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido - Especificação.
ABNT NBR 6856	Transformador de corrente - Especificação e ensaios.
ABNT NBR 6869	Líquidos isolantes elétricos - Determinação da rigidez dielétrica (eletrodos de disco).
ABNT NBR 6939	Coordenação de isolamento - Procedimento.
ABNT NBR 6940	Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão - Medição de descargas parciais.
ABNT NBR 7148	Petróleo e produtos de petróleo - Determinação da massa específica, densidade relativa e °API - Método do densímetro.
ABNT NBR 10441	Produtos de petróleo - Líquidos transparentes e opacos - Determinação da viscosidade cinemática e cálculo da viscosidade dinâmica.
ABNT NBR 10505	Óleo mineral isolante - Determinação de enxofre corrosivo - Método de ensaio.
ABNT NBR 10576	Óleo mineral isolante de equipamentos elétricos – Diretrizes para supervisão e manutenção.
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 - Método de ensaio.
ABNT NBR 11349	Produtos de petróleo - Determinação do ponto de fluidez - Método de ensaio.
ABNT NBR 12133	Líquidos isolantes elétricos - Determinação do fator de perdas dielétricas e da permissividade relativa (constante dielétrica) - Método de ensaio.
ABNT NBR 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 IEC 60060-1	Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão. Parte 1: Definições gerais e requisitos de ensaios.
ABNT NBR IEC 60060-2	Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão. Parte 2: Sistemas de medição.
ABNT NBR IEC 60085	Isolação elétrica - Avaliação térmica e designação.

- ABNT NBR IEC 60156 Líquidos isolantes - Determinação da rigidez dielétrica à frequência industrial - Método de ensaio.
- ABNT NBR IEC 60529 Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP).
- ABNT NBR NM 71 Produtos planos de aço para uso elétrico, de grão não orientado, totalmente processados.
- ASTM D924 Standard Test Method for Dissipation Factor (or Power Factor) and Relative Permittivity (Dielectric Constant) of Electrical Insulating Liquids.
- ASTM D1500-07 Standard Test Method for ASTM Color of Petroleum Products (ASTM Color Scale).
- IEC 60028 International standard of resistance for copper.
- IEC 60044-1 Instrument transformers - Part 1 - Current transformers.
- IEC 60044-6 Instrument transformers Part 6 - Requirements for protective transformers for transient performance.
- IEC 60455 Resin based reactive compounds used for electrical insulation (all parts).
- CISPR/T 18-2 Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment - Part 2: Methods of measurement and procedure of determining limits.

Notas:

- 1) *Nos pontos não cobertos por esta norma devem ser atendidas as exigências da ABNT NBR 6856, aplicáveis ao conjunto e a cada parte. Nos pontos em que a ABNT for omissa, prevalecem as exigências da IEC.*
- 2) *Poderão ser utilizadas normas de outras organizações normalizadoras, desde que sejam oficialmente reconhecidas pelos governos dos países de origem, assegurem qualidade igual ou superior às mencionadas neste item, não contrariem esta norma e sejam submetidas a uma avaliação prévia por parte da CELG D.*
- 3) *Caso haja opção por outras normas, que não as anteriormente mencionadas, essas devem figurar, obrigatoriamente, na documentação de licitação. Neste caso, o proponente deverá citar em sua proposta a norma aplicada, e submeter à CELG D cópias da norma alternativa proposta, indicando claramente os pontos onde as normas propostas desviam das normas ABNT correspondentes.*
- 4) *O fornecedor deve disponibilizar, para o inspetor da CELG D, no local da inspeção, todas as normas acima mencionadas, em suas últimas revisões.*
- 5) *Todos os materiais que não são especificamente mencionados nesta norma, mas que são usuais ou necessários para a operação eficiente do equipamento, considerar-se-ão como aqui incluídos e devem ser fornecidos pelo fabricante sem ônus adicional.*
- 6) *Esta norma foi baseada no seguinte documento:*

ABNT NBR 6856 - Transformador de corrente - Especificação e ensaios.

3. TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES

Nesta norma, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1 **De transformadores de corrente**

3.1.1 **Ângulo de fase**

Diferença em fase entre os fasores da corrente primária e da corrente secundária, cuja direção dos fasores é escolhida de forma que o ângulo seja zero para um transformador ideal. Este ângulo é convencionalmente designado pela letra grega “beta” (β) e é considerado positivo quando o fasor da corrente secundária está adiantado com relação ao fasor da corrente primária. O ângulo de fase é expresso normalmente em minutos ou centiradianos. Esta definição só é válida para correntes senoidais.

3.1.2 **Carga**

Impedância do circuito secundário externo de um transformador para instrumentos expressa pela potência aparente absorvida em volt-ampères, com um fator de potência especificado e à corrente secundária nominal.

3.1.3 **Carga nominal**

Carga na qual se baseiam os requisitos de exatidão de um transformador para instrumentos.

3.1.4 **Carga resistiva nominal – R_c**

Valor nominal da carga resistiva conectada aos terminais secundários, expresso em ohms.

3.1.5 **Circuito secundário externo**

Circuito externo alimentado pelo enrolamento secundário de um transformador para instrumentos.

3.1.6 **Classe de exatidão**

Designação dada a um transformador de corrente quando os erros dele permanecem dentro dos limites especificados sob condições prescritas de uso.

3.1.7 **Corrente de excitação - I_e**

Valor eficaz de corrente que percorre o enrolamento secundário de um transformador de corrente quando se aplica, aos seus terminais, uma tensão senoidal de frequência nominal, estando o enrolamento primário e os outros enrolamentos em aberto.

3.1.8 **Corrente primária**

Corrente que percorre o enrolamento primário de um transformador de corrente.

3.1.9 Corrente primária nominal – I_p

Valor da corrente primária que consta da especificação de um transformador de corrente e que determina as condições de funcionamento.

3.1.10 Corrente residual

Soma algébrica dos valores instantâneos das três correntes de linha, em um sistema trifásico.

3.1.11 Corrente secundária

Corrente que flui no enrolamento secundário e no circuito secundário de um transformador de corrente, quando se aplica uma corrente no primário.

3.1.12 Corrente secundária nominal - I_s

Valor da corrente secundária que consta da especificação de um transformador de corrente e que determina as suas condições de funcionamento.

3.1.13 Corrente térmica nominal de curta duração - I_t

Valor eficaz máximo da corrente primária que o transformador será capaz de suportar por um curto espaço de tempo especificado sem sofrer efeitos danosos, com os enrolamentos secundários curto-circuitados.

3.1.14 Corrente dinâmica nominal – I_d

Valor de crista da corrente primária que um transformador suportará sem ser elétrica ou mecanicamente danificado pelas forças eletromagnéticas resultantes, com os terminais dos enrolamentos secundários curto-circuitados.

3.1.15 Corrente térmica contínua nominal

Valor da corrente máxima que pode circular continuamente no enrolamento primário, estando o enrolamento secundário conectado à carga nominal, sem que a elevação de temperatura exceda os valores especificados. Este valor corresponde ao produto da corrente nominal pelo fator térmico.

3.1.16 Enrolamento primário

Enrolamento pelo qual flui a corrente a ser transformada.

3.1.17 Enrolamento secundário

Enrolamento que alimenta os circuitos de corrente de instrumentos de medição, dispositivos de proteção ou dispositivos de controle.

3.1.18 Erro de corrente (erro de relação)

Valor porcentual, referido à corrente primária, da diferença da corrente secundária multiplicada pela relação nominal e a corrente eficaz primária, em regime senoidal

obtido pela equação:

$$Er(\%) = \frac{R_n \times I_s - I_p}{I_p} \times 100$$

Onde:

R_n é a relação nominal do TC;

I_s é o valor eficaz da corrente secundária;

I_p é o valor eficaz da corrente primária.

3.1.19 Erro de corrente composto

Em regime permanente, o valor eficaz da diferença entre os valores instantâneos da corrente primária, e os valores instantâneos da corrente secundária multiplicado pela relação de transformação nominal. Os sinais positivos das correntes primárias e secundárias correspondem às convenções adotadas para marcação dos terminais. O erro composto E_c é expresso geralmente em percentual do valor eficaz da corrente primária conforme a relação a seguir:

$$E_c(\%) = \frac{1}{I_p} \left[\frac{1}{T} \int_0^T (R_n \times i_s - i_p)^2 dt \right]^{1/2} \times 100$$

Onde:

I_p é o valor eficaz da corrente primária;

R_n é a relação nominal do TC;

i_p é o valor instantâneo da corrente primária;

i_s é o valor instantâneo da corrente secundária;

T é a duração de um ciclo da corrente primária.

3.1.20 Instalação exposta

Instalação na qual o equipamento está sujeito a sobretensões de origem atmosféricas.

Normalmente tais instalações são ligadas diretamente a linhas de transmissão ou por meio de um cabo de pequeno comprimento.

3.1.21 Instalação não exposta

Instalação na qual o equipamento não está sujeito a sobretensões de origem atmosférica.

Normalmente tais instalações são ligadas a redes de cabos subterrâneos.

3.1.22 Nível de isolamento nominal

Conjunto de tensões suportáveis normalizadas que caracterizam a suportabilidade dielétrica do isolamento.

3.1.23 Potência nominal

Valor da potência aparente (em volt-ampères, com o fator de potência especificado) suprida pelo transformador, por meio do circuito secundário, à corrente secundária nominal e com a carga nominal conectada a ele, mantendo a exatidão especificada.

3.1.24 Relação nominal – R_n

Razão da corrente primária para o valor eficaz de corrente secundária em condições especificadas.

3.1.25 Relação real – R_r

Razão do valor eficaz da corrente primária para o valor eficaz da corrente secundária em condições especificadas.

3.1.26 Resistência do enrolamento secundário - R_{tc}

Resistência em corrente contínua do enrolamento secundário expressa em ohms, corrigida a 75°C ou a outra temperatura especificada.

3.1.27 Resistência do enrolamento secundário – R_s

Resistência total da malha secundária, incluindo a resistência do enrolamento secundário corrigida a 75°C , salvo se especificado de outra maneira, e a resistência de todas as cargas conectadas.

3.1.28 Sistema com neutro aterrado por meio de impedância

Sistema no qual um ou mais pontos neutros são aterrados por meio de impedâncias para limitar correntes de falta à terra.

3.1.29 Sistema com neutro eficazmente aterrado

Sistema no qual o neutro é ligado solidamente à terra ou por meio de uma resistência ou reatância de valor suficientemente baixo para reduzir oscilações transitórias e proporcionar uma corrente suficiente para proteção seletiva para a falta à terra. Um sistema trifásico com neutro eficazmente aterrado em uma determinada localização é um sistema caracterizado nesse ponto por um fator de falta à terra menor que 1,4.

Esta condição é obtida aproximadamente quando, para todas as configurações do sistema, a relação de reatância de sequência zero para a reatância de sequência positiva é menor que três e a relação de resistência de sequência zero para a reatância de sequência positiva é <1 .

3.1.30 Sistema com neutro isolado

Sistema onde o ponto neutro não é intencionalmente conectado à terra.

3.1.31 Sistema com neutro ressonante

Sistema com um ou mais pontos neutros ligados à terra por reatâncias que compensam aproximadamente a componente capacitiva da corrente de falta fase-terra.

Com aterramento ressonante de um sistema, a corrente residual na falta é limitada a um valor tal que o arco no ar, decorrente da falta, é normalmente autoextinguível.

3.1.32 Sistema com neutro solidamente aterrado

Sistema no qual um ou mais pontos neutros são aterrados diretamente.

3.1.33 Tensão máxima do equipamento - Um

Maior valor eficaz da tensão fase-fase para o qual o transformador é projetado relativamente ao seu isolamento.

3.1.34 Transformador para instrumentos

Transformador que alimenta instrumentos de medição, dispositivos de controle ou dispositivos de proteção.

3.1.35 Transformador de corrente - TC

Transformador para instrumentos, cujo enrolamento primário é ligado em série em um circuito elétrico, e que reproduz, no seu circuito secundário, uma corrente proporcional à do seu circuito primário, com sua posição fasorial substancialmente mantida. Os transformadores de corrente destinam-se à proteção e a medição.

3.1.36 Transformador de corrente auxiliar

Transformador de corrente, usualmente inserido no circuito secundário de um transformador, destinado a alterar a sua relação nominal ou melhorar o fator de segurança.

3.1.37 Transformador de corrente de múltipla relação

Transformador de corrente no qual várias relações são obtidas conectando seções do enrolamento primário em série ou em paralelo ou por meio de derivações do enrolamento.

3.1.38 Transformador de corrente tipo janela com núcleo separável

Transformador de corrente tipo janela em que parte do núcleo é separável ou basculante, para facilitar o enlaçamento do condutor primário.

3.1.39 Transformador de núcleo único

Transformador de corrente com um único núcleo magnético, para um enrolamento secundário e um enrolamento primário.

3.1.40 Transformador de corrente de vários enrolamentos primários

Transformador de corrente com vários enrolamentos primários distintos e isolados separadamente

3.1.41 Transformador de corrente de vários núcleos

Transformador de corrente com vários enrolamentos secundários isolados separadamente e montados cada um em seu próprio núcleo, enlaçados por um único

enrolamento primário.

3.1.42 Transformador de corrente residual

Transformador ou grupo de três transformadores de corrente, ligados de modo a transformar somente a corrente residual.

3.1.43 Transformador de corrente tipo barra

Transformador de corrente cujo enrolamento primário é constituído por uma barra, montada permanentemente através do núcleo do transformador.

3.1.44 Transformador de corrente tipo bucha

Transformador de corrente tipo janela projetado para ser instalado sobre uma bucha do equipamento elétrico.

3.1.45 Transformador de corrente tipo enrolado

Transformador de corrente cujo enrolamento primário é constituído por uma ou mais espiras, envolvendo mecanicamente o núcleo do transformador.

3.1.46 Transformador de corrente tipo janela

Transformador de corrente sem primário próprio, construído por uma abertura por onde passa um condutor que forma o circuito primário.

3.1.47 Transformador de corrente tipo pedestal

Transformador de corrente construído de modo a servir de suporte para o condutor primário.

3.1.48 Transformador de corrente totalizador

Transformador de corrente destinado a medir a soma de valores instantâneos de corrente de mesma frequência, em um sistema de potência.

3.2 Definições adicionais para transformadores de medição

3.2.1 Transformador de corrente para medição

Transformador de corrente destinado a fornecer sinais para instrumentos de medição ou medidores.

3.2.2 Corrente primária nominal limite para instrumentos - i_{pl}

Valor mínimo da corrente primária para o qual o erro composto do TC de medição é igual ou superior a 10%, submetido à carga secundária igual a carga nominal.

3.2.3 Fator de segurança - FS

Fator que multiplica a corrente primária nominal de um transformador de corrente,

para obter o valor de corrente primária para o qual o erro de corrente composto é igual ou superior a 10%.

O fator de segurança é afetado pela carga conectada no enrolamento secundário

O fator de segurança é aplicável apenas a núcleos exclusivos para serviços de medição.

3.2.4 Força eletromotriz secundária limite de exatidão para medição - E_{lem}

É o produto do fator de segurança pela corrente secundária nominal e pela soma vetorial da carga de exatidão e da impedância do enrolamento secundário:

$$E_{lem} = FS \times I_s \times \sqrt{(R_c + R_{tc})^2 + (X_c + X_{ct})^2}$$

Onde:

- R_{tc} é a resistência corrigida a 75°C;
- X_{tc} é a reatância do enrolamento secundário;
- R_c é a resistência da carga nominal;
- X_c é a reatância da carga nominal;

3.3 Definições adicionais para transformadores de proteção

3.3.1 Constante de tempo da malha secundária - T_s

Valor da constante de tempo da malha secundária do TC determinada a partir do somatório das indutâncias magnetizantes e de dispersão (L_s) e a resistência (R_s) da malha secundária.

$$T_s = \frac{L_s}{R_s}$$

3.3.2 Corrente primária limite de exatidão

Valor da corrente primária para o qual o TC cumprirá os valores requeridos de erro composto.

3.3.3 Curva de excitação

Curva apresentada sob a forma de gráfico ou tabela, mostrando a relação entre o valor eficaz da corrente de excitação e o valor eficaz da força eletromotriz senoidal aplicada aos terminais secundários de um TC, com o primário e os outros enrolamentos abertos. Levanta-se uma quantidade de valores que permitam traçar esta curva característica desde os menores níveis de excitação até pelo menos 110% do valor da força eletromotriz nominal do ponto de joelho.

3.3.4 Erro de relação de espiras

Diferença entre os valores nominal e real da relação do número de espiras expresso em porcentagem:

$$\text{erro de relação (\%)} = \frac{\text{relação do número de espiras real} - \text{relação do número de espiras nominal}}{\text{relação do número de espiras nominal}} \times 100$$

3.3.5 Fator de dimensionamento - K_x

Fator definido pelo usuário que corresponde ao número de vezes da corrente nominal secundária (I_s) até o qual é solicitado ao transformador atender aos requisitos de desempenhos exigidos.

3.3.6 Fator de remanência - K_r

A relação:

$$K_r = 100 \times \frac{\Psi_r}{\Psi_s}, \text{ expresso em \%}.$$

3.3.7 Fator-limite de exatidão - F_{le}

Fator que multiplica a corrente primária nominal de um TC, para obter a corrente primária satisfazendo os requisitos de erro composto de corrente.

O fator-limite de exatidão é aplicável apenas a núcleos exclusivos para serviços de proteção.

3.3.8 Força eletromotriz do ponto de joelho - E_k

Valor eficaz da força eletromotriz senoidal de frequência nominal aplicada aos terminais de um TC com os outros enrolamentos em aberto de onde um acréscimo de 10% da tensão provoca um aumento de 50% da corrente de excitação.

3.3.9 Força eletromotriz do ponto de joelho nominal

Limite inferior da força eletromotriz do ponto de joelho para um transformador de corrente de proteção classe PX ou PXR.

3.3.10 Força eletromotriz limite de exatidão para proteção

Produto do fator-limite de exatidão pela corrente secundária nominal e pela soma vetorial da carga nominal e pela soma vetorial da carga nominal e da impedância do enrolamento secundário.

$$E_{le} = F_{le} \times I_s \times \sqrt{(R_c + R_{cc})^2 + (X_c + X_{cc})^2}$$

Onde:

R_{tc} é a resistência corrigida a 75°C;

X_{tc} é a reatância do enrolamento secundário;

R_c é a resistência de carga nominal;

X_c é a reatância da carga nominal;

3.3.11 Fluxo de saturação - Ψ_{sat}

Máximo valor de fluxo concatenado secundário de um TC que corresponde à saturação magnética do material do núcleo.

3.3.12 Fluxo remanescente - Ψ_r

Valor do fluxo que permanecerá no núcleo após 3 minutos da interrupção de uma corrente de excitação de valor suficiente para induzir o fluxo de saturação definido em 3.3.11.

3.3.13 Relação de espiras nominal

Relação entre o número de espiras do enrolamento primário e do enrolamento secundário.

(Exemplo 1) 1/900 (1 espira primária com 900 espiras secundárias)

(Exemplo 2) 2/1800 (Um transformador de corrente similar ao exemplo 1, porém utilizando duas espiras no primário).

3.3.14 Transformador de corrente de proteção classe P

Transformador de corrente de proteção sem limite para o fluxo remanescente para o qual é especificado o comportamento de saturação para um curto-circuito simétrico.

3.3.15 Transformador de corrente de proteção classe PR

Transformador de corrente com limite para o fluxo remanescente para o qual é especificado o comportamento de saturação para um curto-circuito simétrico.

3.3.16 Transformador de corrente de proteção classe PX

Transformador de baixa reatância de dispersão para o qual o conhecimento da curva de excitação, da resistência secundária, da resistência da carga secundária e da relação do número de espiras é suficiente para avaliar o seu desempenho em relação ao sistema de proteção ao qual está conectado.

3.3.17 Transformador de corrente de proteção classe PXR

Transformador de corrente de proteção com limite para o fluxo remanescente para o qual o conhecimento da curva de excitação, da resistência secundária, da resistência da carga secundária e da relação de espiras é suficiente para avaliar o seu desempenho em relação ao sistema de proteção ao qual está conectado.

3.3.18 Transformador de corrente para proteção

Transformador de corrente destinado a fornecer sinais para dispositivos de proteção ou controle.

4. REQUISITOS GERAIS

4.1 Condições do Local de Instalação

O equipamento será instalado em região com as seguintes condições ambientais:

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

4.2 Garantia

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

Caso os equipamentos apresentem qualquer tipo de defeito ou deixem de atender aos requisitos exigidos pelas normas da CELG D, 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 CELG D 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) afetada(s), a partir da solução do problema, prosseguindo normalmente a garantia para o restante do equipamento.

4.3 Embalagem

Os transformadores deverão ser individualmente acondicionados em embalagem adequada que permita o manuseio, armazenagem e transporte desde a fábrica até o local de montagem, sem lhes causar danos, devendo a madeira empregada ser de boa qualidade, certificada pelo IBAMA e as tábuas possuírem espessura mínima 25 mm. Os materiais de acondicionamento não devem ser retornáveis.

As embalagens devem ser adequadas para armazenagem ao tempo e se convenientemente alocadas, manterem-se em condições de novo transporte nas

mesmas condições citadas anteriormente pelo período de garantia do equipamento.

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

Os métodos empregados pelo fornecedor para embalar, transportar e armazenar os equipamentos e acessórios devem ser informados na proposta e detalhados nos manuais de armazenagem, instalação, operação e manutenção. Sobretudo quando for previsto o transporte de equipamentos completos total ou parcialmente preenchidos com óleo isolante.

Será indispensável o fornecimento dos resultados da análise físico química do óleo integrante do fornecimento e acondicionado em separado.

Peças sobressalentes e ferramentas especiais deverão ser devidamente identificadas e embaladas separadamente, de modo a facilitar a retirada e armazenagem em local abrigado.

O fabricante deverá considerar ao embalar o equipamento, condições adequadas para visualização das características constantes da placa de identificação, sem necessidade de danificar a embalagem.

Cada embalagem deverá ser identificada de forma indelével no mínimo, com os seguintes dados:

- nome e/ou marca comercial do fabricante;
- a sigla da CELG D;
- número do CFM;
- código do material;
- mês e ano de fabricação;
- número de série;
- número do cadastro CELG D constante da placa de identificação de cadastro de equipamento;
- nome do equipamento;
- tipo e/ou modelo;
- classe de tensão;
- relações de transformação;
- dimensões e massa;
- número da nota fiscal;
- outras informações exigidas no CFM.

4.4 Extensão do Fornecimento

Os itens a seguir listados deverão estar obrigatoriamente incluídos no fornecimento.

- a) equipamento completo com todos os componentes e acessórios necessários a sua perfeita instalação e operação;
- b) ensaios de rotina e recebimento;
- c) embalagem para transporte;

- d) ferramentas e/ou dispositivos especiais para instalação, ensaios e manutenção, a serem recomendados pelo fornecedor;
- e) ensaios de tipo e/ou especiais, devendo ser cotados os seus custos unitários.

4.5 Linguagens e Unidades de Medida

O sistema métrico de unidades deve ser usado como referência nos documentos de licitação, 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, desenhos, legendas, manuais técnicos, relatórios de ensaios, etc., a serem enviados pelo fabricante, bem como as placas de identificação, devem ser escritos em português.

5. DOCUMENTOS TÉCNICOS PARA APROVAÇÃO

5.1 Documentos Técnicos a Serem Apresentados Juntamente com a Proposta

A proposta só será considerada quando o fabricante atender os seguintes requisitos:

- a) ter protótipo aprovado pela CELG D;
- b) apresentar o Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas preenchido;
- c) apresentar os relatórios dos ensaios de tipo previstos no item 8.2.2;
- d) apresentar os desenhos técnicos relacionados nos itens a seguir.

Notas:

- 1) *Os ensaios de tipo devem ter seus resultados devidamente comprovados através de cópias autenticadas dos certificados de ensaios emitidos por laboratórios oficiais ou laboratório próprio desde que certificado por órgãos oficiais ou ainda por instituição internacionalmente reconhecida. Tais cópias devem acompanhar a proposta, reservando-se a CELG D, o direito de desconsiderar propostas que não cumprirem este requisito.*
- 2) *No caso de licitações nas modalidades de pregão, os documentos técnicos relacionados no item 5.1, são dispensados de apresentação juntamente com a proposta, mas, deverão ser entregues pelo primeiro colocado imediatamente após a licitação, para análise técnica por parte da CELG D. Caso haja desclassificação técnica deste, os demais participantes deverão apresentar a referida documentação de acordo com a solicitação da CELG D.*

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

5.1.1 Cronograma

O cronograma de entrega de documentos técnicos para aprovação deverá ser completo, contendo indicação do número de referência do fabricante, título completo e data de envio.

5.1.2 Desenho Dimensional

O desenho dimensional deverá conter:

- a) tipo e código do fabricante;
- b) arranjo geral em três vistas, com identificação e localização de todos os componentes;
- c) lista completa com dimensões e especificação de todos os anéis de vedação, se aplicável;
- d) massa do equipamento;
- e) tipo, código comercial e volume de óleo isolante, se aplicável;
- f) furação da base e elementos de fixação incluídos no fornecimento;
- g) terminais, conectores de linha e aterramento.

5.1.3 Desenho da Embalagem

O desenho da embalagem para transporte deverá conter:

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

5.1.4 Desenhos do Terminal e dos Conectores de Linha e Aterramento

Os desenhos do terminal de alta tensão, do conector de linha e do conector de aterramento deverão conter:

- a) material;
- b) dimensões;
- c) esforços longitudinais e transversais admissíveis.

5.1.5 Desenhos das Placas de Identificação

Desenhos das placas de identificação e de identificação de cadastro do equipamento, incluindo placa diagramática, com todos os esquemas de ligações.

5.2 Aprovação de Protótipos

Os fabricantes devem submeter previamente à aprovação da CELG D, protótipos dos transformadores de corrente, nos seguintes casos:

- a) fabricantes que estejam se cadastrando ou recadastrando na CELG D;
- b) fabricantes que já tenham protótipo aprovado pela CELG D e cujo projeto tenha sido alterado;
- c) quando solicitado pela CELG D.

Nota:

Para os itens "a" e "b" todos os custos decorrentes da aprovação dos protótipos correrão por conta do fabricante.

O prazo mínimo para apreciação dos protótipos será de trinta dias, a contar da data do recebimento pela CELG D de toda a documentação.

Para cada protótipo a ser encaminhado à CELG D o fabricante deve apresentar:

- a) o Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas, de forma clara e totalmente preenchido, acompanhado de seus documentos complementares;
- b) todos os relatórios de ensaios de tipo.

Toda e qualquer divergência entre o equipamento aqui especificado e o protótipo, bem como os motivos dessas divergências, deve ser claramente explicitada no Quadro de Desvios Técnicos e Exceções.

5.3 Documentos Complementares

- a) Esquema de tratamento e pintura das superfícies metálicas.
- b) Plano de inspeção e testes.
- c) Cronograma de fabricação.
- d) Lista de equipamentos que irão requerer especial armazenagem, o tipo de armazenagem requerida e a área para estocagem.
- e) Certificados dos ensaios de tipo pertinentes ao equipamento e aos componentes.

5.4 Manual de Instruções

Manual de Instruções em três vias, devendo ser anexada também uma cópia em CD, contendo instruções de montagem, operação e manutenção; devendo ser constituído dos seguintes capítulos:

- I. Dados e características do equipamento;
- II. Descrição funcional;
- III. Instruções para recebimento, manuseio e armazenagem;
- IV. Instruções para instalação;
- V. Instruções para operação e manutenção;
- VI. Lista completa e especificação de todos os componentes, gaxetas, anéis de vedação, ferramentas especiais e peças de reposição;
- VII. Catálogos de todos os componentes;
- VIII. Certificados dos ensaios de tipo, rotina e de recebimento em fábrica;
- IX. Curva de saturação até 10 A levantada nos ensaios de recebimento, em papel log-log;
- X. Desenhos, documentos de fabricação;
- XI. Fotografias do equipamento nas diversas fases de montagem.

Notas:

- 1) *A relação de documentos técnicos para aprovação apresentada, deverá ser atendida para cada tipo de transformador de corrente.*
- 2) *Os capítulos I e VII deverão ser enviados para aprovação juntamente com os demais documentos a serem exigidos.*
- 3) *Após os testes de recebimento em fábrica e eventual aprovação deverá ser entregue o boletim de inspeção com cópia dos ensaios realizados em CD.*
- 4) *As cópias dos manuais impressas e o CD deverão ser fornecidas, incluindo os capítulos I a XI, atendendo aos requisitos especificados na ET-CG.CELG, relativos a prazos e demais condições de apresentação de documentos.*

6. CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

6.1 Generalidades

Devem ser adequados para montagem vertical, autoportante, sobre estrutura metálica ou de concreto.

Devem ser apropriados para instalação externa, imersos em óleo mineral isolante.

Nas tensões máximas de 15 e 36,2 kV será aceita isolação do tipo a seco.

A isolação do tipo seco deve ser resistente às intempéries e à ação dos raios ultravioleta.

Deverão ser tomados cuidados especiais na seleção dos materiais para se evitar oxidação e corrosão galvânica.

O valor da frequência nominal é de 60 Hz.

O fabricante deverá fornecer todos os itens e componentes requeridos, a menos que esteja especificado de outra maneira na documentação de licitação.

Onde ocorra religamento do disjuntor e/ou as condições de operação exigir, serão especificados transformadores de corrente de núcleo com entreferro, tipo PR, que limite o fluxo remanescente de maneira a garantir a não saturação do núcleo. As condições de operação, dados do sistema e equipamentos de interrupção e proteção associados terão suas características informadas pela CELG D ao fabricante.

Todas as unidades deverão ser idênticas e intercambiáveis umas com as outras, sem necessitar de alterações para esse propósito.

6.2 Acessórios

Os equipamentos deverão ser fornecidos com todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, incluindo, mas não se limitando aos seguintes:

- câmara de expansão;
- visores para nível de óleo;
- olhais para içamento;
- dispositivo de alívio de pressão;
- terminal e conector para aterramento;
- terminal de linha;
- anel anticorona (se aplicável);
- caixa de terminais secundários e dispositivo de curto circuito dos terminais;
- flanges, ou válvulas, para drenagem, enchimento e válvula para retirada de amostra de óleo isolante;
- elementos de fixação se aplicável;
- placa de identificação;
- placa de identificação de cadastro do equipamento.

6.3 Correntes Nominais, Relações Nominais e Classes de Exatidão

As correntes nominais, relações nominais e classes de exatidão estão apresentadas no item 9.

6.4 Potências Normalizadas e Cargas Nominais

Os valores normalizados de potências e cargas nominais são dados nas Tabelas 6 e 7.

6.5 Conexões Secundárias e Caixa de Terminais

Os condutores dos enrolamentos secundários deverão ser conectados ao bloco terminal através de buchas de baixa tensão estanques ao óleo, abrigadas numa caixa de terminais com grau de proteção IP54. Cuidados especiais deverão ser previstos na furação da caixa de terminais para a colocação das placas de dados técnicos e de identificação visando vedação contra umidade e penetração de água. Todos os terminais deverão ter isolamento para, no mínimo, 600 V e ser providos de separadores isolantes.

Os terminais devem ser adequados para conexão de cabos com seção entre 2,5 e 10 mm².

Os conectores devem ser projetados de forma que os condutores não se soltem com as vibrações operacionais.

Blocos terminais com parafusos que operem diretamente sobre o condutor não serão aceitos.

Os terminais de cada enrolamento devem ser projetados de forma a prever meios apropriados para serem curto-circuitados.

O bloco terminal deverá incluir o terminal de aterramento.

A entrada dos cabos deverá ser vedada por intermédio de buchas de borracha sintética.

A caixa de terminais deverá ter uma saída na parte inferior para encaixe de um eletroduto com 50 mm de diâmetro.

Em todos os transformadores destinados a medição de faturamento a caixa de terminais deve ser equipada com dispositivo para aplicação de lacre.

6.6 Terminais e Conectores de Alta Tensão

Os equipamentos classe 145 kV devem ser fornecidos com terminais padrão NEMA de quatro furos.

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

Classe de tensão primária (kV)	Faixa de seção dos condutores
até 72,5	entre 4/0 e 397,5 MCM
145	entre 397,5 e 795 MCM

Os conectores de linha deverão ser do tipo de travamento da cabeça do parafuso e aperto mediante porca terminal, não sendo aceitos conectores que tenham a compressão do condutor por meio de rosca no corpo do parafuso e no corpo do conector.

Nota:

Para transformadores de corrente de tensão máxima de 15 kV, corrente nominal maiores ou iguais a 1.000 A, deverão ser previstos conectores de linha chapa-tubo de 2.1/2”

6.7 Conectores de Aterramento

Cada transformador deverá ter um terminal para aterramento, de cobre ou liga de cobre, padrão NEMA, instalado nas adjacências da caixa de terminais, adequado para conexões de cabos de cobre seções entre 35 e 70 mm².

6.8 Óleo Isolante

Os transformadores de corrente deverão ser fornecidos com óleo isolante do tipo naftênico. As respectivas características estão estabelecidas na Tabela 2.

O fabricante deverá indicar o tipo de óleo a ser utilizado, bem como todas as suas características, o qual deverá ser mineral, puro, sem inibidores.

6.9 Estanqueidade

O transformador de corrente completo, cheio de óleo e com todos os acessórios, deve suportar as pressões manométricas nos respectivos tempos de aplicação, previstos na ABNT NBR 6856, sem que apresente vazamento e deformações permanentes.

6.10 Câmara de Expansão e Vedações

Na parte superior do equipamento deverá ser instalada uma câmara de expansão. Quando for utilizada câmara com nitrogênio sob pressão todas as guarnições deverão estar localizadas abaixo do nível mínimo de óleo. Contudo, uma câmara de compensação que trabalhe à pressão atmosférica é preferível, desde que se evite o contato entre o líquido e o ar.

As câmaras de expansão deverão ter indicação do nível de óleo por intermédio de visores. Devem ser indicadas quais medidas serão fornecidas para a contenção de elevação perigosa de pressão que pode vir a se desenvolver devido a uma falta interna.

Em todas as juntas entre o tanque do transformador e as buchas de porcelana deve ser utilizada vedação por meio de gaxeta. Juntas cimentadas não serão aceitas.

A relação das vedações, gaxetas, anéis, etc., bem como, as respectivas especificações técnica e dimensional, devem ser fornecidas juntamente com o manual de operação e manutenção.

As juntas deverão sempre estar imersas em óleo.

Todas as juntas de vedação deverão ser feitas com borracha acrílico-nitrilo, resistentes ao óleo e que não se deteriorem com a ação do clima tropical.

6.11 Buchas

As buchas devem ser confeccionadas em porcelana, nas cores marrom ou cinza, e estarem em conformidade com o disposto na ABNT NBR 5034, devendo os desenhos conter as dimensões e códigos do fabricante.

As buchas montadas devem ser capazes de suportar os ensaios dielétricos a que são submetidos os transformadores, segundo os valores especificados na Tabela 1.

As buchas de porcelana devem ser resistentes aos esforços dinâmicos devido a curtos-circuitos, elevação de temperatura e cargas mecânicas.

6.12 Parte Ativa

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

As partes ativa e condutoras deverão ser fixadas de tal modo que não haja deslocamento de nenhuma delas no caso de corrente de curto-circuito máxima, suportável.

A elevação de temperatura não poderá ultrapassar o prescrito na ABNT NBR 6856.

6.13 Placa de Identificação

A placa de identificação deverá ser confeccionada em aço inoxidável, espessura mínima 0,5 mm, na cor natural do material, escrita em português, em baixo relevo e contendo as seguintes informações:

- a) normas aplicáveis;
- b) a expressão: "Transformador de Corrente";
- c) nome do fabricante e/ou marca comercial;
- d) mês e ano de fabricação;
- e) número de série;
- f) tipo e/ou modelo;
- g) número do manual de instruções;
- h) a expressão: "Uso Externo";
- i) correntes nominais primárias e secundárias;
- j) frequência nominal;
- k) tensão nominal;
- l) tensão máxima de operação;
- m) tensão suportável nominal de impulso atmosférico;
- n) tensão suportável nominal à frequência industrial;

- o) cargas e classe de exatidão;
- p) fator térmico nominal;
- q) corrente térmica nominal;
- r) corrente dinâmica nominal;
- s) diagrama esquemático mostrando a polaridade e o arranjo do circuito;
- t) tipo, massa e volume do óleo isolante;
- u) massa total;
- v) número do CFM.

Os dados de placa deverão ser submetidos à aprovação da CELG D e conterem as informações e dados técnicos reais do equipamento fornecido mesmo que divergentes das especificações.

6.14 Placa de Identificação de Cadastro do Equipamento

- a) O fabricante será responsável pela confecção e fixação da placa de identificação de cadastro, conforme Desenho 1.
- b) O desenho da placa deverá ser apresentado para aprovação, juntamente com os demais desenhos do equipamento.
- c) Por ocasião da aprovação dos desenhos será fornecido ao fabricante o número do cadastro CELG D, o qual deverá constar na placa de identificação de cadastro do equipamento.
- d) O fabricante deverá enviar documento à CELG D confirmando e associando o número de série de fabricação ao de cadastro do equipamento.
- e) Deverá ser fixada em local visível e de fácil acesso.
- f) Deverá estar fixada ao equipamento quando este for apresentado para realização dos ensaios de recebimento.

6.15 Galvanização

Todas as partes metálicas, flanges, caixas, parafusos, porcas e outras partes ferrosas, excetuando as partes em aço inoxidável, deverão ser galvanizadas pelo processo de imersão à quente de acordo com a ABNT NBR 6323.

6.16 Polaridade

Os transformadores de corrente devem ter polaridade subtrativa.

Terminais de mesma polaridade devem ser identificados por intermédio de marcações em baixo relevo, pintadas em cor contrastante com a do TC.

6.17 Elevação de Temperatura

Os transformadores de corrente devem ser projetados de forma a funcionar em regime contínuo, com carga nominal e uma corrente circulando em seu enrolamento primário e igual ao produto da corrente primária nominal pelo fator térmico nominal, sem que sejam excedidos os limites de elevação de temperatura previstos na ABNT NBR 6856.

As classes de temperatura mínima dos materiais isolantes devem ser as seguintes:

- isolamento a óleo: A (105°);

- isolação a seco: F (155°C).

6.18 Marcação dos Enrolamentos e Terminais

6.18.1 Regra Geral

Os terminais devem ser adequadamente identificados para facilitar sua ligação correta, com uma letra e algarismos em cada um dos terminais, sendo a polaridade indicada como descrito no item 6.16.2.

A identificação dos terminais deve ser feita em baixo relevo, com pintura em cor contrastante com a do TC.

Quando forem permitidas religações, estas devem constar na placa de identificação com todas as indicações necessárias a uma correta execução.

6.18.2 Identificação dos Terminais

A letra distingue o enrolamento a que pertence o terminal:

- a) P – terminal do enrolamento primário;
- b) S – terminal do enrolamento secundário;

Os algarismos, dispostos conforme a série natural dos números inteiros, são usados como especificados a seguir:

- Quando antes da letra, o algarismo indica o número do enrolamento primário ou secundário;
- Quando depois da letra, o mais baixo e o mais alto algarismo da série indicam o enrolamento completo e os intermediários indicam as derivações em sua ordem relativa;

Exemplo: 2S1 a 2S5 para o segundo enrolamento com cinco terminais.

- A polaridade positiva de dois terminais escolhidos de um enrolamento é identificada pelo menor algarismo que segue a identificação do enrolamento a que pertencem os terminais;

Exemplo: Entre os terminais indicados por 3S2 e 3S4, a polaridade positiva está sobre o terminal 3S2, para o terceiro enrolamento do transformador.

Adicionalmente deve ser feita a marcação de polaridade sobre o início do enrolamento, conforme ABNT NBR 6856.

6.19 Correntes Suportável Nominal de Curta Duração e Respectivo Valor de Crista

Os transformadores de corrente devem ser projetados e construídos de forma a suportar na maior e na menor relação, durante 1 segundo, as correntes de curta duração previstas na Tabela 1, e preencher todos os requisitos relativos a este quesito constantes na ABNT NBR 6856.

O valor de crista deve corresponder a 2,5 vezes o da corrente suportável nominal de curta duração.

Estes valores devem ser garantidos no Anexo C e informados na placa de características técnicas.

6.20 Tensão Induzida no Circuito Secundário Aberto

Os transformadores de corrente deverão ser projetados e construídos de forma a suportar em condições de emergência, durante 1 minuto, a tensão induzida no circuito secundário aberto, quando submetidos à corrente térmica contínua nominal, desde que o valor de crista da tensão na maior relação não seja superior a 3500V.

O fabricante deverá informar no Anexo C o valor calculado e se este ultrapassar 3500 V, deverá ser previsto dispositivo que limite a sobretensão ao valor especificado.

7. REQUISITOS DE PROJETO

7.1 Requisitos de Isolamento

Estes requisitos aplicam-se a todos os tipos de transformadores de corrente. Para transformadores de corrente isolados a gás podem ser necessários requisitos adicionais.

7.1.1 Níveis de Isolamento Nominais para Enrolamentos Primários

O nível de isolamento nominal de um enrolamento primário de um transformador de corrente deve ser baseado na tensão máxima do equipamento U_m .

Para enrolamentos com $U_m = 0,60$ kV, o nível de isolamento nominal é determinado pela tensão suportável nominal à frequência industrial, de acordo com a Tabela 1.

Para a escolha entre os níveis alternativos para os mesmos valores de U_m , deve ser consultada a ABNT NBR 6939.

7.1.2 Outros Requisitos para Isolamento do Enrolamento Primário

7.1.2.1 Sobretensão Sustentada

Quando especificado, o TC, a partir de 72,5 kV, deve ser capaz de suportar pelo tempo de 1 h uma sobretensão definida pela CELG D.

7.1.2.2 Descargas Parciais

Os requisitos de descargas parciais são aplicáveis aos transformadores de corrente com $U_m \geq 7,2$ kV.

O nível de descargas parciais não pode exceder os limites especificados na Tabela 1, para os respectivos valores de tensão, após haver executado o pré-condicionamento indicado.

7.1.2.3 Impulso Atmosférico Cortado

O ensaio de onda cortada é executado juntamente com o ensaio de impulso atmosférico, conforme ABNT NBR 6856.

7.1.2.4 Capacitância e Fator de Perdas Dielétricas

O fator de perdas dielétricas do isolamento somente deve ser medido em TC de tensão máxima igual ou superior a 72,5 kV. O valor limite para perdas dielétricas do isolamento de TCs novos medidos à temperatura ambiente deve ser:

- a) 0,5 %, para TC imersos em líquido isolante.
- b) 1,0 %, para TC com isolamento sólido.

Nota:

Este ensaio pode ser solicitado para classes de tensão menores que 72,5 kV, para equipamentos imersos em óleo, mediante acordo entre o fabricante e a CELG D.

7.1.3 Requisitos de Isolamento entre Seções

Para enrolamentos divididos em duas ou mais seções, a tensão suportável nominal a frequência industrial do isolamento entre seções deve ser de 3 kV eficaz.

7.1.4 Requisitos de Isolamento para Enrolamentos Secundários

A tensão suportável nominal à frequência industrial para isolamento do enrolamento secundário deve ser 3 kV eficaz.

7.1.5 Requisitos para Isolamento Externo

As distâncias de escoamento externo em função dos níveis de poluição para transformadores de corrente para uso externo sujeitos a contaminação por poluição, devem atender ao especificado na ABNT NBR 6856.

7.1.6 Requisitos de Radiointerferência (TRI)

O limite máximo do nível de tensão de radiointerferência medido a $1,1 U_m/\sqrt{3}$, para TC com tensão máxima igual ou superior a 72,5 kV, é de 500 μV , referidos a 300 Ω , ou 250 μV , referidos a 150 Ω . A medição deve ser realizada conforme a norma CISPR/PR-18-2.

7.1.7 Sobretensão Transmitida

Estes requisitos se aplicam a TC com $U_m \geq 72,5$ kV ou a TC sem enrolamento primário associado a equipamento com $U_m \geq 72,5$ kV (Subestação isolada a gás, TC de bucha, TC de barramento).

As sobretensões transmitidas do primário para os terminais secundários não devem exceder os valores especificados na ABNT NBR 6856, assegurando uma proteção adequada aos equipamentos eletrônicos conectados aos enrolamentos secundários.

7.1.8 Requisitos de Isolamento entre Espiras

A tensão nominal para isolação entre espiras deve ser limitada a 3,5 kV de crista.

7.1.9 Limitação da Tensão de Circuito Aberto

Quando especificado, os TC devem ser capazes de suportar por 1 min a tensão induzida no circuito secundário aberto, em condições de emergência, submetidos à corrente térmica contínua nominal, desde que o valor de crista da tensão na maior relação não seja superior a 3500V, o TC deve possuir proteção adequada.

Quando o valor da tensão limite de exatidão da classe P ou PR na maior relação for superior a 3500 V de crista, não se pode utilizar dispositivo limitador de tensão secundária, e, portanto, nenhuma limitação de tensão de circuito aberto deve ser exigida. Para este caso é obrigatória a instalação de uma placa de advertência.

Nota:

Calcula-se o valor de crista da tensão limite de exatidão multiplicando-se o valor eficaz por $\sqrt{2}$.

8. REQUISITOS DE EXATIDÃO PARA TC PARA MEDIÇÃO

8.1 Classes para Serviço de Medição

Os TCs para serviço de medição devem ser enquadrados em uma das seguintes classes de exatidão, 0,3 ou 0,6.

Para as classes 0,3 e 0,6 considera-se que um TC de medição está dentro de sua classe de exatidão, nas condições especificadas na ABNT NBR 6856, quando, nestas condições, os pontos determinados pelos fatores de correção de relação (FCR) e ângulos de fase (β) estiverem dentro dos paralelogramos de exatidão especificados conforme os Desenhos 8 e 9, correspondentes a sua classe de exatidão, sendo que o paralelogramo interno (menor) refere-se a 100% da corrente nominal e o paralelogramo externo (maior) refere-se a 10% da corrente nominal. No caso do TC com fator térmico (F_t) nominal superior a 1,0, o paralelogramo interno (menor) refere-se também à corrente térmica contínua nominal.

8.2 Classes Especiais para Serviços de Medição

Para casos especiais nos quais ocorre grande variação nos valores de corrente primária em operação, podem ser especificadas as classes 0,3S e 0,6S.

Considera-se que um TC com classe de exatidão 0,3S ou 0,6S está dentro de sua classe quando o FCR e ângulo de fase (β) encontram-se dentro do paralelogramo menor para 20% da corrente nominal, para corrente nominal e corrente térmica contínua nominal, e dentro do paralelogramo maior, para 5% da corrente nominal.

Notas:

- 1) O uso das classes especiais 0,3S e 0,6S justifica-se, por exemplo, para aplicações como as instalações de cogeração, usinas termelétricas etc., nas quais os valores de corrente primária sofrem grandes variações sazonais.*
- 2) Os paralelogramos para as classes de exatidão estão contidas na ABNT NBR 6856.*

9. REQUISITOS TÉCNICOS ESPECÍFICOS

O fabricante deverá garantir a classe de exatidão em todas as relações disponíveis.

9.1 Transformador de Corrente Classe 15 kV – Tipo I

Devem ter enrolamentos secundários para proteção e para medição operativa, com as seguintes características:

Item	Tipo	Medição Operativa			Proteção		
		Relações (A)	Ft	Classe de Exatidão	Relações (A)	Ft	Classe de Exatidão
1	I.1	600-5	1,0	100 VA 0,6	600-5	1,0	50 VA 10P20
2	I.2	400x800-5			400x800-5		100 VA 10P20
3	I.3	400x800-5			1000x2000-5	0,5	200 VA 10P20
4	I.4	1000x2000-5	1000x2000-5				
5	I.5	1000-5	1,2		1000-5		
6	I.6	2000-5			2000-5	1,0	

9.2 Transformador de Corrente Classe 15 kV – Tipo II

Deve ter enrolamento secundário para proteção com as seguintes características:

Item	Tipo	Proteção		
		Relações (A)	Ft	Classe de Exatidão
1	II.1	400x800-5	1,0	100 VA 10P20 e 100 VA 0,6
2	II.2	1000x2000-5	1,2	
3	II.3	1000-5		
4	II.4	2000-5	1,0	

9.3 Transformador de Corrente Classe 15 kV – Tipo III

Transformador de corrente específico para medição de faturamento com as seguintes características:

Item	Tipo	Medição de Faturamento		
		Relações (A)	Ft	Classe de Exatidão
1	III.1	10 x 20 – 5	1,2	12,5 VA 0,3
2	III.2	25 x 50 – 5		
3	III.3	75 x 150 – 5		
4	III.4	200 x 400 – 5		

Nota:

A CELG D quando da especificação para compra deverá explicitar qual a relação de corrente a ser utilizada para medição de faturamento.

9.4 Transformador de Corrente Classe 36,2 kV – Tipo I

Devem ter enrolamentos secundários para proteção e para medição operativa, com as seguintes características:

Item	Tipo	Medição Operativa			Proteção		
		Relações (A)	Ft	Classe de Exatidão	Relações (A)	Ft	Classe de Exatidão
1	I.1	300-5	1,0	100 VA 0,6	300-5	1,0	50 VA 10P20
2	I.2	300-5			300-5		100 VA 10P20
3	I.3	150x300-5			1,2	400x800-5	0,4
4	I.4	400x800-5	600x1200-5				
5	I.5	400-5	600x5			0,8	
6	I.6	800-5					1200-5

9.5 Transformador de Corrente Classe 36,2 kV – Tipo II

Deve ter enrolamento secundário para proteção com as seguintes características:

Item	Tipo	Proteção		
		Relações (A)	Ft	Classe de Exatidão
1	II.1	300-5	1,0	100 VA 10P20 e 100 VA 0,6
2	II.2	400x800-5	0,8	
3	II.3	400x800-5		
4	II.4	600x1200-5		
5	II.5	600-5		
6	II.6	1200-5		200 VA 10P20 e 100 VA 0,6

9.6 Transformador de Corrente Classe 36,2 kV – Tipo III

Transformador de corrente específico para medição de faturamento com as seguintes características:

Item	Tipo	Medição de Faturamento		
		Relações (A)	Ft	Classe de Exatidão
1	III.1	10 x 20 - 5	1,2	12,5 VA 0,3
2	III.2	25 x 50 - 5		
3	III.3	75 x 150 - 5		

9.7 Transformador de Corrente Classe 72,5 kV – Tipo I

Devem ter enrolamentos secundários para proteção e para medição operativa, com as seguintes características:

Item	Tipo	Medição Operativa			Proteção			
		Relações (A)	Ft	Classe de Exatidão	Relações (A)	Ft	Classe de Exatidão	
1	I.1	300x600-5	1,0	100 VA 0,6	600x1200-5	0,5	200 VA 10P20	
2	I.2	300-5			600-5			
3	I.3	600-5			1200-5			
4	I.4	300x600-5			400x800-5	0,8		
5	I.5	300x600-5			300x600-5	1,0		50 VA 10P20
6	I.6	300x600-5			300x600-5			100 VA 10P20

9.8 Transformador de Corrente Classe 72,5 kV – Tipo II

Devem ter enrolamentos secundários para proteção e para medição operativa, com as seguintes características:

Item	Tipo	Medição Operativa			Proteção		
		Relações (A)	Ft	Classe de Exatidão	Relações (A)	Ft	Classe de Exatidão
1	II.1	400-5	1,2	100 VA 0,6	400-5-5	1,2	200 VA 10P20
2	II.2	400-5			800-5-5	0,6	
3	II.3	400-5			1200-5-5	0,4	
4	II.4	400-5			400-5-5	1,2	100 VA 10P20
5	II.5	400-5			800-5-5	0,6	
6	II.6	100x200x400-5			100x200x400-5-5	1,2	

9.9 Transformador de Corrente Classe 72,5 kV – Tipo III

Devem ter enrolamentos secundários para proteção com as seguintes características:

Item	Tipo	Proteção		
		Relações (A)	Ft	Classe de Exatidão
1	III.1	400x800-5	1,2	200 VA 10P20 e 100 VA 0,6
2	III.2	600x1200-5	1,0	
3	III.3	300x600-5		1,0
4	III.4	200x400x5	1,2	50 VA 10P20 e 100 VA 0,6

9.10 Transformador de Corrente Classe 72,5 kV – Tipo IV

Devem ter enrolamentos secundários para proteção com as seguintes características:

Item	Tipo	Proteção		
		Relações (A)	Ft	Classe de Exatidão
1	IV.1	400x800-5-5	1,2	200 VA 10P20 e 100 VA 0,6
2	IV.2	600x1200-5-5	0,8	
3	IV.3	400x800-5-5		0,8
4	IV.4	400-5-5	1,0	50 VA 10P20 e 100 VA 0,6

9.11 Transformador de Corrente Classe 72,5 kV – Tipo V

Transformador de corrente específico para medição de faturamento com as seguintes características:

Item	Tipo	Medição de Faturamento		
		Relações (A)	Ft	Classe de Exatidão
1	V.1	50 x 100 – 5	1,2	50 VA 0,3 ou 100VA 0,3
2	V.2	200 x 400 – 5		
3	V.3	600 x 1200 - 5		

9.12 Transformador de Corrente Classe 145 kV – Tipo I

Deverá ter enrolamentos secundários para proteção e para medição operativa. As características dos enrolamentos são as seguintes:

Item	Tipo	Medição Operativa			Proteção		
		Relações (A)	Ft	Classe de Exatidão	Relações (A)	Ft	Classe de Exatidão
1	I.1	300x600-5	1,0	100 VA 0,6	400x800-5	0,8	100 VA 10P20
2	I.2	300x600-5			600x1200-5	0,5	
3	I.3	300-5			600-5		
4	I.4	600-5			1200-5		
5	I.5	300x600-5			800x1200-5	0,4	

9.13 Transformador de Corrente Classe 145 kV – Tipo II

Deverá ter enrolamentos secundários para proteção e para medição operativa.

Item	Tipo	Medição Operativa			Proteção		
		Relações (A)	Ft	Classe de Exatidão	Relações (A)	Ft	Classe de Exatidão
1	II.1	600-5	1,0	100 VA 0,6	600-5-5	1,0	200 VA 10P20
2	II.2	600-5			800-5-5	0,8	
3	II.3	600-5			1200-5-5	0,5	
4	II.4	600-5			1600-5-5	0,4	
5	II.5	1200-5			1200-5-5	1,0	
6	II.6	1200-5			1600-5-5	0,8	
7	II.7	400-5	1,2		400-5-5	1,2	100 VA 10P20
8	II.8	600-5	1,0		600-5-5	1,0	
9	II.9	200x400-5	2,0		200x400-5-5	2,0	50 VA 10P20

9.14 Transformador de Corrente Classe 145 kV – Tipo III

Deve ter enrolamentos secundários para proteção com as seguintes características:

Item	Tipo	Proteção		
		Relações (A)	Ft	Classe de Exatidão
1	III.1	400x800-5	0,8	100 VA 10P20 e 100 VA 0,6
2	III.2	600x1200-5	0,5	200 VA 10P20 e 100 VA 0,6
3	III.3	800x1200-5	0,4	
4	III.4	600-5	0,5	
5	III.5	1200-5		

9.15 Transformador de Corrente Classe 145 kV – Tipo IV

Deverá ter enrolamentos secundários para proteção com as seguintes características:

Item	Tipo	Proteção		
		Relações (A)	Ft	Classe de Exatidão
1	IV.1	600x1200-5-5	1,0	200 VA 10P20 e 100 VA 0,6
2	IV.2	800x1600-5-5	0,8	
3	IV.3	200x400x800-5-5	2,0	100 VA 10P20 e 100 VA 0,6

9.16 Transformador de Corrente Classe 145 kV – Tipo V

Transformador de corrente específico para medição de faturamento com as seguintes características:

Item	Tipo	Medição de Faturamento		
		Relações (A)	Ft	Classe de Exatidão
1	III.1	75 x 150 - 5	1,2	50 VA 0,3 ou 100 VA 0,3
2	III.2	250 x 500 - 5		
3	III.3	300 x 600 - 5		

10. INSPEÇÃO E ENSAIOS

10.1 Generalidades

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

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

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

- i) Após a inspeção dos transformadores, o fabricante deve encaminhar à CELG D, por lote ensaiado, um relatório completo dos ensaios efetuados, incluindo oscilogramas, em três vias, devidamente assinado por ele e pelo inspetor credenciado pela concessionária.
Esse relatório deverá conter todas as informações necessárias para o seu completo entendimento, tais como: métodos, instrumentos, constantes e valores utilizados nos ensaios e os resultados obtidos.
- j) Todas as unidades de produto rejeitadas, pertencentes a um lote aceito, devem ser substituídas por unidades novas e perfeitas, por conta do fabricante, sem ônus para a CELG D.
- k) Nenhuma modificação no transformador deve ser feita "a posteriori" pelo fabricante sem a aprovação da CELG D. No caso de alguma alteração, o fabricante deve realizar todos os ensaios de tipo, na presença do inspetor da CELG D, sem qualquer custo adicional.
- l) O custo dos ensaios deve ser por conta do fabricante.
- m) A CELG D reserva-se o direito de exigir a repetição de ensaios em transformadores já aprovados. Neste caso, as despesas serão de responsabilidade da CELG D, se as unidades ensaiadas forem aprovadas na segunda inspeção, caso contrário, correrão por conta do fabricante.
- n) Os custos da visita do inspetor da CELG D (locomoção, hospedagem, alimentação, homem-hora e administrativos) correrão por conta do fabricante se:
 - na data indicada na solicitação de inspeção o equipamento não estiver pronto;
 - o laboratório de ensaio não atender às exigências de 8.1.e até 8.1.g;
 - o material fornecido necessitar de acompanhamento de fabricação ou inspeção final em sub-fornecedor, contratado pelo fornecedor, em localidade diferente da sua sede;
 - o material necessitar de reinspeção por motivo de recusa;
 - se os ensaios de recebimento forem efetuados fora do território brasileiro.

10.2 Classificação dos Ensaios

10.2.1 Ensaios de Recebimento

Os ensaios de recebimento são os seguintes:

- a) verificação da marcação dos terminais e polaridade;

- b) ensaio de tensão suportável à frequência industrial em enrolamentos primários;
- c) medição de descargas parciais;
- d) ensaio de tensão suportável a frequência industrial em enrolamentos secundários e entre seções;
- e) medição de capacitância e fator de perdas dielétricas;
- f) sobretensão entre espiras;
- g) estanqueidade;
- h) exatidão;
- i) fator de segurança do instrumento;
- j) erro composto para classes P e PR;
- k) levantamento de características de excitação para núcleos de proteção;
- l) resistência ôhmica dos enrolamentos para equipamento com $U_m \geq 72,5$ kV;
- m) ensaios do óleo mineral isolante.

A ordem dos ensaios não é normalizada, porém recomenda-se não realizar o ensaio de exatidão antes do ensaio de tensão induzida.

10.2.2 Ensaio de Tipo

Os ensaios de tipo são os seguintes:

- a) todos os listados no item 8.2.1;
- b) elevação de temperatura;
- c) corrente suportável nominal de curta duração e valor de crista da corrente suportável;
- d) impulso atmosférico;
- e) impulso de manobra;
- f) tensão aplicada sob chuva para transformadores de uso externo;
- g) tensão de radiointerferência;
- h) resistência ôhmica dos enrolamentos;
- i) estanqueidade;
- j) exatidão;
- k) erro composto para as classes P e PR;
- l) ensaios mecânicos.

Todos os ensaios de tipo em dielétrico devem ser feitos no mesmo transformador, a menos que especificado em contrário.

Um TC é considerado aprovado nos ensaios de tipo, preferencialmente aplicados à mesma unidade, quando bem sucedido nesses ensaios, em conformidade com os procedimentos e limites impostos por esta norma.

Notas:

- 1) *Um ensaio de tipo também pode ser considerado válido se é realizado em um transformador que tenha desvios de projetos de menor importância. A aceitação de tais desvios está sujeita a acordo entre o fabricante e CELG D.*
- 2) *Quando for realizada uma inspeção completa, com todos os ensaios de tipo, todos os ensaios de rotina devem ser realizados antes e após os ensaios de tipo.*

- 3) A unidade submetida aos ensaios é considerada aprovada se os resultados nos ensaios de rotina, após ensaios de tipo, atenderem aos critérios de aprovação de cada ensaio de rotina.
- 4) Quando um ou mais ensaios de tipo forem realizados isoladamente, deve-se verificar o item referente aos critérios de aprovação destes mesmos ensaios, para avaliar se há necessidade de realização de ensaios de rotina antes e após.
- 5) Quando um ensaio de tipo for realizado individualmente, deve-se verificar os critérios de aprovação no item do ensaio.

10.3 Descrição dos Ensaios

10.3.1 Verificação da Marcação de Terminais e Polaridade

Verificar se as marcações dos terminais estão conforme item 6.16;

Para determinar a polaridade e verificar as marcações dos terminais, pode ser aplicado um dos dois métodos a seguir:

Nota:

É permitido realizar este ensaio em conjunto com os ensaios de exatidão.

a) Método de Comparação com um TC de Polaridade Conhecida

Quando se dispõe de um TC de polaridade conhecida e de relação nominal igual à do TC sob ensaio, a polaridade deste último pode ser determinada por comparação, como prescrito a seguir.

Ligar os dois TCs de acordo com o Desenho 2. Fazer circular uma corrente nos primários ligados em série. O amperímetro indica zero, no caso das polaridades relativas dos dois TC serem idênticas.

Nota:

Para aplicação da tensão, recomenda-se que seja respeitado o nível de isolamento dos terminais.

b) Método da Corrente Contínua

Para o método da corrente contínua, existem dois procedimentos que podem ser aplicados de acordo com as particularidades de cada caso. O primeiro é descrito em b.1 e o segundo em b.2.

b.1) Ligar um voltímetro de corrente contínua aos terminais do enrolamento com maior número de espiras. Aplicar a estes terminais uma tensão fornecida por uma fonte de corrente contínua, conforme o Desenho 3 – método A, e observar o sentido de deflexão do ponteiro do voltímetro. Transferir em seguida a fonte aos terminais correspondentes do outro enrolamento, sem cruzar os fios. Ao fechar-se o circuito da fonte, se a deflexão momentânea do ponteiro for no mesmo sentido da anterior, a polaridade deve ser subtrativa, isto é, os terminais correspondentes devem ter a mesma polaridade;

b.2) Ligar o voltímetro de corrente contínua aos terminais do enrolamento com o maior número de espiras. Aplicar a estes terminais uma tensão fornecida por uma fonte de corrente contínua, conforme o Desenho 3 – método B e observar o sentido da deflexão do ponteiro do voltímetro. Desligar a fonte e transferir, em seguida, o voltímetro aos terminais correspondentes do enrolamento com o menor número de espiras. Ao fechar-se o circuito da fonte, se a deflexão momentânea do ponteiro for no mesmo sentido da anterior, a polaridade deve ser subtrativa, isto é, os terminais correspondentes devem ter a mesma polaridade.

Nota:

O Desenho 3 apresenta exemplos nos quais o enrolamento primário P1-P2 é o enrolamento de maior número de espiras.

Pelo método de comparação com um TC de polaridade conhecida, a ausência de corrente no amperímetro indica que as polaridades dos dois TC são idênticas.

Quando a comparação for verificada no ensaio de exatidão a defasagem angular deve estar dentro da classe especificada.

Pelo método de corrente contínua, quando as deflexões momentâneas do ponteiro forem no mesmo sentido para ambas as posições da chave, os terminais correspondentes são de mesma polaridade.

10.3.2 Ensaio de Tensão Suportável à Frequência Industrial a Seco no Primário

Os ensaios de tensão suportável à frequência industrial no primário devem ser realizados em conformidade com a ABNT NBR IEC 60060-1.

O valor da tensão de ensaio está indicado na Tabela 1, de acordo com a tensão máxima do equipamento (U_m).

A tensão deve ser aplicada entre os terminais primários curto-circuitados e a terra, durante 60s. Os terminais secundários curto-circuitados e a massa devem ser conectados à terra.

No caso de repetição por ocasião de ensaios de tipo ou especiais, os ensaios de tensão suportável à frequência industrial devem ser feitos com 80% da tensão de ensaio especificada.

Os TCs devem ser capazes de suportar estes ensaios com os valores de tensão especificados sem que se produzam descargas disruptivas e sem que haja evidência de falha.

10.3.3 Medição de Descargas Parciais

Os instrumentos utilizados para a medição de descargas parciais, bem como a calibração do circuito de ensaio, devem estar em conformidade com a ABNT NBR 6940.

Exemplos de circuitos de ensaio são apresentados no Desenho 4.

Quando utilizado instrumento de banda larga, a largura de banda deve ser de pelo menos 100 kHz, com uma frequência de corte não excedendo 1,2 MHz.

Quando usado instrumento de banda estreita, este deve ter a frequência de ressonância entre 0,15 a 2 MHz. Os valores preferenciais ficam na faixa entre 0,5 a 2 MHz, mas, se possível, a medição deve ser executada à frequência de maior sensibilidade.

A sensibilidade deve permitir detectar um nível de descarga parcial de 5 pC.

O ruído de fundo deve ser igual ou inferior à metade do valor máximo permitido de descarga parcial para o nível de tensão de ensaio.

O ruído deve ser suficientemente menor que a sensibilidade. Podem ser desconsiderados pulsos que forem identificados como perturbações externas.

Notas:

- 1) *Para a supressão de ruído externo, o circuito de ensaio balanceado é o apropriado (Figura 3 do Desenho 3).*
- 2) *Quando forem utilizados processamento e recuperação eletrônico de sinal para reduzir o ruído de fundo, a eficácia deste método é demonstrada variando-se seus parâmetros de forma a permitir a detecção de pulsos repetidos.*

Depois de realizado o pré-condicionamento de acordo com o procedimento A ou B, reduz-se a tensão de ensaio de descargas parciais para os níveis especificados na ABNT NBR 6856, de acordo com a tensão máxima do equipamento, e mede-se o nível de descargas parciais correspondentes dentro de 30 s.

a) Procedimento A

O ensaio de descargas parciais é realizado ao reduzir-se a tensão, sem interrupção, em seguida ao ensaio de tensão suportável à frequência industrial no primário, até alcançar as tensões de ensaio especificadas para descargas parciais.

b) Procedimento B

O ensaio de descargas parciais é realizado após o ensaio de tensão suportável à frequência industrial no primário. A tensão aplicada é elevada a 80% da tensão suportada a frequência industrial no primário, mantendo-a por não menos que 60s e então reduzida sem interrupção, às tensões de ensaio de descargas parciais especificados.

Se não especificado em contrário, a escolha de procedimento é do fabricante. O método de ensaio deve ser indicado no relatório de ensaio.

Os níveis de descargas parciais medidos não podem exceder os limites especificados na Tabela 1 de acordo com a tensão máxima do equipamento.

10.3.4 Medição de Capacitância e Fator de Perdas Dielétricas

A medição da capacitância pode ser utilizada como meio de avaliação de

uniformidade do lote.

Este ensaio é aplicável para TC imerso em óleo com $U_m \geq 72,5$ kV

Notas:

- 1) *Este ensaio pode ser solicitado para classes de tensão menores que 72,5 kV para equipamentos imersos em óleo, mediante acordo entre o fabricante e CELG D.*
- 2) *A medição deve ser feita por meio do método do watt por volt-ampère ou pelo método de ponte.*
- 3) *As medições devem ser realizadas a 10 kV (eficaz) para ensaios de rotina. Quando este ensaio for realizado como parte dos ensaios de tipo, deve também ser realizada medição a $\frac{U_m}{\sqrt{3}}$.*
- 4) *A medição do fator de perdas dielétricas do isolamento deve ser realizada após os ensaios de tensão suportável e, quando solicitado pela CELG D, pode ser feita também antes dos ensaios, para comparação dos resultados das medições.*
- 5) *Uma vez que o valor da capacitância pode ser utilizado para verificar a uniformidade do lote, os limites de variação na medição de capacitância podem ser objeto de acordo entre o fabricante e CELG D.*
- 6) *Quando o TC for fornecido com terminal isolado para medição de tangente de delta, este deve ser submetido a um ensaio de tensão suportável à frequência industrial durante 1 min. O valor da tensão aplicada entre o terminal e a base do TC deve ser de 4 kV para terminais abrigados dentro da caixa secundária, e de 10 kV, para terminais expostos.*

A tensão deve ser aplicada entre os terminais primários curto-circuitados e o terra. Os terminais secundários curto-circuitados e a massa devem ser conectados à ponte de medição. Os terminais secundários são conectados à terra. Os circuitos de ensaio são apresentados no Desenho 5.

O fator de perdas dielétricas medido à temperatura ambiente não pode exceder 0,5% para TC imerso em óleo.

Nota:

Caso este ensaio seja solicitado para classes de tensão menores que 72,5 kV para equipamentos imersos em óleo o critério de aprovação deverá ser objeto de acordo entre fabricante e CELG D.

10.3.5 Ensaio de Tensão Suportável à Frequência Industrial em Enrolamentos Secundários e entre Seções do Primário

Entende-se por seções do primário as bobinas primárias independentes utilizadas para religações em séries, série-paralelo ou paralelo.

A tensão de ensaio de 3kV (eficaz) deve ser mantida durante 1 minuto.

A tensão de ensaio especificada é aplicada separadamente a cada um dos enrolamentos secundários, ou seções, sucessivamente, com a massa e os demais enrolamentos curto-circuitados e aterrados. O circuito de ensaio é apresentado no Desenho 6.

Não poderão ser observadas descargas disruptivas ou evidências de falha no isolamento.

10.3.6 Ensaio de Sobretensão entre Espiras

O ensaio deve ser realizado no enrolamento completo de acordo com o procedimento A ou B. Se nada for acordado previamente, a escolha do método cabe ao fabricante.

Quando o ensaio for realizado de acordo com o procedimento B, a frequência da tensão de ensaio deve ser majorada para entre 120 e 400 Hz, de forma a permitir a aplicação de um valor mais elevado de tensão.

Quando a frequência de ensaio exceder duas vezes a frequência nominal, a duração do ensaio deve ser inferior a 60 s, conforme a expressão a seguir.

$$\text{Duração do ensaio (em s)} = \frac{\text{Dobro da frequência nominal}}{\text{Frequência de ensaio}} \times 60$$

A duração não pode ser inferior a 18 s.

A tensão de ensaio especificada é de 3500 V_{crista}.

Nota:

Devido ao procedimento de ensaio a forma de onda pode ser altamente distorcida.

a) Procedimento A

Com o enrolamento secundário sob ensaio aberto (ou conectado a um dispositivo de alta impedância que faça a leitura de valor de crista da tensão), uma corrente senoidal, a uma frequência entre 40 e 60 Hz e de valor eficaz igual à corrente térmica contínua nominal, deve ser aplicada por 60 s ao enrolamento primário. Os demais secundários devem estar curto-circuitados e aterrados. A corrente aplicada deve ser limitada se a tensão de ensaio especificada é obtida antes de atingir a corrente térmica contínua nominal. O Desenho 7 apresenta o circuito de ensaio para este procedimento.

b) Procedimento B

Com o enrolamento primário aberto, a tensão de ensaio (uma frequência não inferior a 120 Hz) deve ser aplicada a cada enrolamento secundário por um tempo determinado conforme calculado pela expressão anterior. A tensão de ensaio deve ser elevada até que uma das condições a seguir seja atingida, a que ocorrer primeiro:

- o valor da tensão aplicada atinja a tensão especificada;
- a corrente secundária atinja o valor correspondente a corrente térmica nominal.

O ensaio de sobretensão entre espiras não é um ensaio realizado para verificar a suportabilidade do TC em operação com secundário aberto. O TC não pode operar desta maneira devido às sobretensões potencialmente perigosas e sobreaquecimento que pode ocorrer.

O TC é considerado aprovado se não ocorrerem quaisquer falhas no isolamento entre espiras.

Para o método A, a falha pode ser verificada por meio de redução súbita no valor da tensão secundária.

Para o método B, a falha pode ser verificada por meio de elevação súbita da corrente durante o ensaio.

10.3.7 Ensaio de Estanqueidade

O ensaio pode ser realizado durante o processo de fabricação desde que acordado entre fabricante e CELG D. Quando realizado durante o processo de fabricação, é necessário que o ensaio seja realizado com o TC já montado com seus dispositivos de expansão e com nível de óleo nas condições normais de serviço.

Neste caso, o procedimento proposto pelo fabricante deve ser previamente informado à CELG D para aprovação. Caso não seja aprovado, deve ser utilizado o procedimento descrito a seguir.

As pressões e os tempos a que devem estar submetidos o líquido isolante dos TCs, à temperatura ambiente, são especificados na Tabela 4

Aplicar a pressão sobre a superfície do líquido isolante por meio de nitrogênio extra seco, óleo isolante ou mediante pressão na membrana do tanque de expansão. A pressão deve ser medida por meio de um manômetro instalado no topo do TC. Atingida a pressão da Tabela 4, esta deve ser mantida constante durante todo o tempo de ensaio.

O TC será considerado aprovado se não apresentar vazamentos nem deformações permanentes.

10.3.8 Ensaio de Exatidão

10.3.8.1 Enrolamento de Medição

O ensaio deve ser realizado nas correntes de 10% e 100% da corrente nominal e corrente térmica contínua nominal, com cada carga nominal especificada.

Quando mais de uma carga nominal for especificada, o ensaio deve ser realizado completo para uma unidade do lote, conforme parágrafo anterior e apenas para a maior e menor carga especificada de cada fator de potência, para as demais unidades.

10.3.8.2 Enrolamento de Proteção Classe P

Esse ensaio deve ser realizado na corrente nominal com carga nominal especificada pela CELG D. Além dos erros de relação e defasagem, deve ser realizado o ensaio de determinação de erro composto, conforme item 8.3.10.

10.3.8.3 Enrolamento de Proteção Classe PR

Esse ensaio deve ser realizado na corrente nominal com carga nominal especificada pela CELG D. Além dos erros de relação e defasagem, deve ser realizado o ensaio de determinação de erro composto, conforme item 8.3.10.

O método de ensaio é idêntico ao ensaio de exatidão, conforme ABNT NBR 6856.

Os critérios de aprovação são os estabelecidos na ABNT NBR 6856.

10.3.9 Ensaio do Fator de Segurança do Instrumento

Neste ensaio deve ser verificado o atendimento aos requisitos de erro composto igual ou superior a 10% para enrolamento(s) de medição de TC nas condições de corrente primária nominal multiplicada pelo fator de segurança do instrumento e carga nominal especificada:

$$\frac{I_e}{FS \times I_s} \times 100 \geq 10\%$$

Onde:

I_e É o valor eficaz da corrente de excitação;
 I_s É a corrente secundária nominal.

A corrente de excitação pode ser determinada pelo método indireto de determinação da exatidão.

A segurança do instrumento alimentado pelo TC deve ser tanto maior quanto menor for o fator de segurança.

A verificação do fator de segurança do instrumento deve ser realizada por meio de método indireto.

Com o primário aberto, o secundário deve ser energizado à frequência nominal com tensão senoidal. Qualquer um dos procedimentos (A ou B) pode ser utilizado.

- Procedimento A: a tensão deve ser elevada até que a corrente de magnetização I_e atinja o valor $I_s \times FS \times 10\%$.
- Procedimento B: aplicar uma tensão correspondente à força eletromotriz limite de exatidão e medir a corrente de excitação correspondente. O erro composto é então calculado como a seguir:

$$E_c(\%) = \frac{I_e}{FS \times I_s} \times 100$$

Onde:

FS é o fator de segurança;
 I_e é o valor eficaz da corrente de excitação;
 I_s é a corrente secundária nominal.

A força eletromotriz limite de exatidão é definida e calculada conforme item 3.2.4.

O equipamento será considerado aprovado se, para o procedimento A, o valor eficaz da tensão obtida for inferior à força eletromotriz limite de exatidão. Para o procedimento B, a corrente de excitação, medida à tensão correspondente à força eletromotriz limite de exatidão, deve resultar em um erro composto igual ou superior a 10%.

10.3.10 Erro Composto para as Classes P e PR

Para TCs com núcleos toroidais contínuos e enrolamentos secundários uniformemente distribuídos ou porções de enrolamentos secundários tendo ainda um condutor primário centralizado ou enrolamento primário uniformemente distribuído, sendo desprezíveis os efeitos do condutor de retorno primário, os resultados devem ser obtidos utilizando o método indireto conforme ABNT NBR 6856.

Para TC que não satisfaça as condições anteriormente descritas utiliza-se também o método indireto, porém um fator de correção deve ser aplicado aos resultados, sendo o fator obtido de uma comparação dos resultados dos ensaios direto e indireto aplicados a um TC do mesmo tipo, com as mesmas condições de carga e fator-limite de exatidão.

Neste caso, os certificados de ensaio, para esta comprovação, devem ser fornecidos pelo fabricante.

Notas:

- 1) *O fator de correção é igual à relação entre o erro composto obtido pelo método direto e o valor da corrente de excitação expresso como porcentagem da corrente secundária nominal multiplicada pelo fator-limite de exatidão, como determinado pelo método indireto.*
- 2) *A expressão “TC de mesmo tipo” implica que o ampère-espira é o mesmo, independente da relação de transformação, e que os arranjos geométricos, materiais magnéticos e os enrolamentos secundários são idênticos.*

O ensaio deve ser realizado com o enrolamento primário aberto, sendo o enrolamento secundário energizado à frequência nominal por uma tensão puramente senoidal cujo valor eficaz deve ser igual à força eletromotriz limite de exatidão secundária definida no item 3.3.10.

A corrente de excitação resultante, expressa como uma porcentagem da corrente secundária nominal multiplicada pelo fator-limite de exatidão, não pode exceder o limite para o erro composto especificado. O erro composto obtido por meio do método indireto é calculado a partir da expressão a seguir:

$$Ec (\%) = \frac{I_e}{F_{I_e} \times I_s} \times 100$$

Onde:

- F_{Ie} é o fator limite de exatidão;
- I_e é o valor eficaz da corrente de excitação;
- I_s é a corrente secundária nominal.

Notas:

- 1) Para TC com enrolamento secundário uniformemente distribuído, no cálculo da força eletromotriz limite de exatidão, a impedância do enrolamento secundário é assumida como sendo igual a resistência do enrolamento secundário medida à temperatura ambiente e corrigida para 75°C.
- 2) Na determinação do erro composto pelo método indireto, uma possível diferença entre a relação de espira e a relação de transformação nominal não precisa ser levada em consideração.

O TC é considerado aprovado se o erro composto encontrado atender aos limites estabelecidos para cada classe de proteção, conforme Tabela 3.

10.3.11 Característica de Excitação

Para todas as classes de proteção, traçar a curva de excitação, ou seja, tensão de excitação secundária com primário aberto *versus* a corrente de excitação.

Para a classe PR verificar o atendimento ao valor especificado para a constante de tempo secundária nominal e para o fator de remanência.

Para núcleos especificados conforme a classe P, deve ser traçada a curva de excitação conforme item 8.3.11.1 de todas as relações garantidas para uma peça de cada lote, sendo as demais peças verificadas por meio de medição do erro composto.

Notas:

- 1) Para classes P o levantamento da curva de excitação de todas as peças do lote pode ser acordado entre fabricante e CELG D.
- 2) Para outras relações além da maior relação, a força eletromotriz de joelho nominal (E_k) e a máxima corrente de excitação (I_e) podem ser calculadas por meio da relação de espiras, uma vez que E_k é diretamente proporcional à relação de relação de espiras e I_e é inversamente proporcional à relação de espiras.

Para núcleos especificados conforme classe PR deve ser traçada curva de excitação de todas as relações garantidas para todas as peças, conforme ABNT NBR 6856. A partir da curva de excitação devem ser obtidos os valores da constante de tempo secundária e do fator de remanência.

10.3.11.1 Característica de Excitação para Classe P

Para o levantamento da curva de excitação, deve-se aplicar tensão senoidal à frequência nominal aos terminais do enrolamento sob ensaio, estando o enrolamento primário e os demais enrolamentos secundários abertos.

Devem ser medidos os valores eficazes da tensão aplicada e da corrente de excitação. Devido à natureza não senoidal das grandezas medidas, devem-se utilizar instrumentos de valor eficaz verdadeiro com fator de crista ≥ 3 .

A curva de excitação para a classe P deve ser traçada pelo menos até a tensão correspondente à corrente secundária de 10 A. O número de pontos deve ser objeto de acordo entre fabricante e CELG D.

Para classe P, a curva traçada deve obrigatoriamente conter o ponto correspondente ao valor da força eletromotriz limite de exatidão secundária, definida em 3.3.10.

Nota:

É permitido realizar este ensaio em frequências inferiores à frequência nominal, devendo-se corrigir os resultados para a frequência nominal.

10.3.11.2 Características de Excitação para Classe PR

O procedimento para o levantamento da característica de excitação para classes PR deve ser realizado de acordo com a ABNT NBR 6856.

Os TCs serão considerados aprovados no ensaio se:

- para classe P, a corrente de excitação medida à força eletromotriz limite de excitação deve atender aos requisitos do erro composto, conforme Tabela 3.
- para classe PR, o fator de remanência (K_r) obtido a partir da característica de excitação deve ser inferior a 10%. Se for especificado um valor para a constante de tempo secundária, o valor obtido a partir da característica de excitação não pode diferir mais do que $\pm 30\%$ do valor especificado.

10.3.12 Ensaio no Óleo Mineral Isolante

Retirar amostras de óleo em 10% do total dos equipamentos do lote ou em um equipamento, o que for maior, para serem realizados os seguintes ensaios:

- a) rigidez dielétrica, conforme ABNT NBR IEC 60156;
- b) teor de água no óleo, de acordo com ABNT NBR 10710;
- c) fator de perdas dielétricas a 90°C, de acordo com a ABNT NBR 12133;
- d) tensão interfacial, conforme ABNT NBR 6234;
- e) densidade 20/4 °C, conforme ABNT NBR 7148;
- f) índice de neutralização, de acordo com a ABNT NBR 14248.

Os resultados obtidos devem atender aos critérios estabelecidos nesta norma e na ABNT NBR 10576.

10.4 Relatórios de Ensaio

Os relatórios de ensaios, a serem fornecidos pelo fabricante, devem conter no mínimo, as seguintes informações:

- a) relação sucinta dos ensaios efetuados com a indicação das respectivas normas adotadas, bem como, instrumentos, dispositivos, esquemas e circuitos de medição utilizados;
- b) todos os resultados obtidos;
- c) identificação do laboratório de ensaio;
- d) nome e/ou marca comercial do fabricante;
- e) nome legível e assinatura do inspetor da CELG D e do responsável pelos ensaios;
- f) número do Contrato de Fornecimento de Material (CFM);
- g) data de emissão.

ANEXO A - TABELAS

TABELA 1

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DOS TRANSFORMADORES DE CORRENTE

Item	Requisitos Elétricos	Unid	15 kV	36,2 kV	72,5 kV	145 kV
1	Parâmetros do sistema:					
	- tensão nominal	kV	13,8	34,5	69	138
	- tensão máxima de operação	kV	15	36,2	72,5	145
	- frequência nominal	Hz	60	60	60	60
2	Fator térmico nominal	Ver item 7				
3	Nível de isolamento nominal:					
	- tensão suportável nominal à frequência industrial	kV	34	70	140	230
	- tensão suportável nominal de impulso atmosférico, onda plena	kV	110	170	350	550
	- tensão suportável nominal de impulso atmosférico, onda cortada	kV	121	187	385	605
4	Tensão suportável nominal à frequência industrial no enrolamento secundário	kV	3,0	3,0	3,0	3,0
5	Corrente dinâmica de curta duração:	kA				
	- maior relação		80	50	80	100
	- menor relação		50	31,5	50	62,5
6	Corrente térmica duração 1 segundo (rms):	kA				
	- maior relação		31,5	20	31,5	40
	- menor relação		20	12,5	20	25
7	Máxima tensão de radiointerferência a 110% da máxima tensão fase-terra de operação, referida a 300 Ω.	μV	-	-	500	500
8	Nível máximo de descargas parciais:					
	isolamento sólido	pC	50	50	-	-
	isolamento líquido	pC	10	10	10	10
9	Elevação de temperatura:					
	- no enrolamento (método da variação da resistência)	°C	55	55	55	55
	- no líquido isolante	°C	55	55	55	55
	- tipo seco (método do ponto mais quente)	°C	115	115	-	-

TABELA 2

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

CARACTERÍSTICAS	UNIDADE	Valores garantidos		MÉTODO	
		Mínimo	Máximo		
Aparência	-	O óleo deve ser claro, límpido, isento de matérias em suspensão ou sedimentadas.		Visual	
Densidade a 20/4°C	-	0,861	0,900	ABNT NBR 7148	
Viscosidade cinemática a: (2)	20°C	mm ² /s	-	25,0	ABNT NBR 10441
	40°C		-	11,0	
	100°C		-	3,0	
Ponto de fulgor	°C	140,0	-	ABNT NBR 11341	
Ponto de fluidez	°C	-	-39,0	ABNT NBR 11349	
Índice de neutralização	mg KOH/g	-	0,03	ABNT NBR 14248	
Tensão interfacial a 25°C	mN/m	40,0	-	ABNT NBR 6234	
Cor ASTM	-	-	1,0	ASTM D1500	
Teor de água	mg/kg	-	10,0	ABNT NBR 10710	
Cloretos	-	Ausentes		ABNT NBR 5779	
Sulfatos	-	Ausentes		ABNT NBR 5779	
Enxofre corrosivo	-	Ausente		ABNT NBR 10505	
Rigidez dielétrica (eletrodo de disco)	kV	80,0	-	ABNT NBR 6869	
Rigidez dielétrica (eletrodo de calota)	kV	≥ 45	-	IEC 60156	
Fator de perdas dielétricas ou fator de dissipação a 100°C	%	-	0,90	ASTM D924 ou ABNT NBR 12133	
Fator de perdas dielétricas ou fator de dissipação a 25°C	%	< 0,05	-	ABNT NBR 12133	
Estabilidade à oxidação: - Índice de neutralização	mg KOH/g	-	0,40	ABNT NBR 14248	
Teor de bifenilas policloradas (PCB)	mg/kg	Não detectável		ABNT NBR 13882	

Notas:

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

TABELA 3

**LIMITES DE ERRO PARA TRANSFORMADORES
DE CORRENTE PARA PROTEÇÃO CLASSE P**

Classe de exatidão	Erro de corrente para a corrente primária nominal %	Defasagem para a corrente nominal		Erro composto da corrente primária limite de exatidão %
		Minutos	Centirradianos	
5P	± 1	± 60	± 1,8	5
10P	± 3	-	-	10

TABELA 4

VALORES DE ENSAIOS DE ESTANQUEIDADE A FRIO

Tipo do TC	Tensão máxima do equipamento kV	Pressão manométrica MPa	Tempo de aplicação h
Selado	Todas	0,07	1
Não selado	≥ 72,5	0,05	24
	< 72,5	0,03	24

Nota:

$$1\text{Mpa} = 10,20 \text{ kgf/cm}^2 = 145,04 \text{ lb/pol}^2$$

TABELA 5

**SINAIS PARA REPRESENTAÇÃO DE CORRENTES
NOMINAIS E RELAÇÕES NOMINAIS**

Sinal	Função
:	Representar relações nominais
-	Separar correntes nominais e relações nominais de enrolamentos diferentes
X	Separar correntes nominais e relações nominais obtidas por religação em série ou em paralelo
/	Separar correntes nominais e relações nominais obtidas por derivações secundárias
//	Separar correntes nominais e relações nominais obtidas por derivações primárias

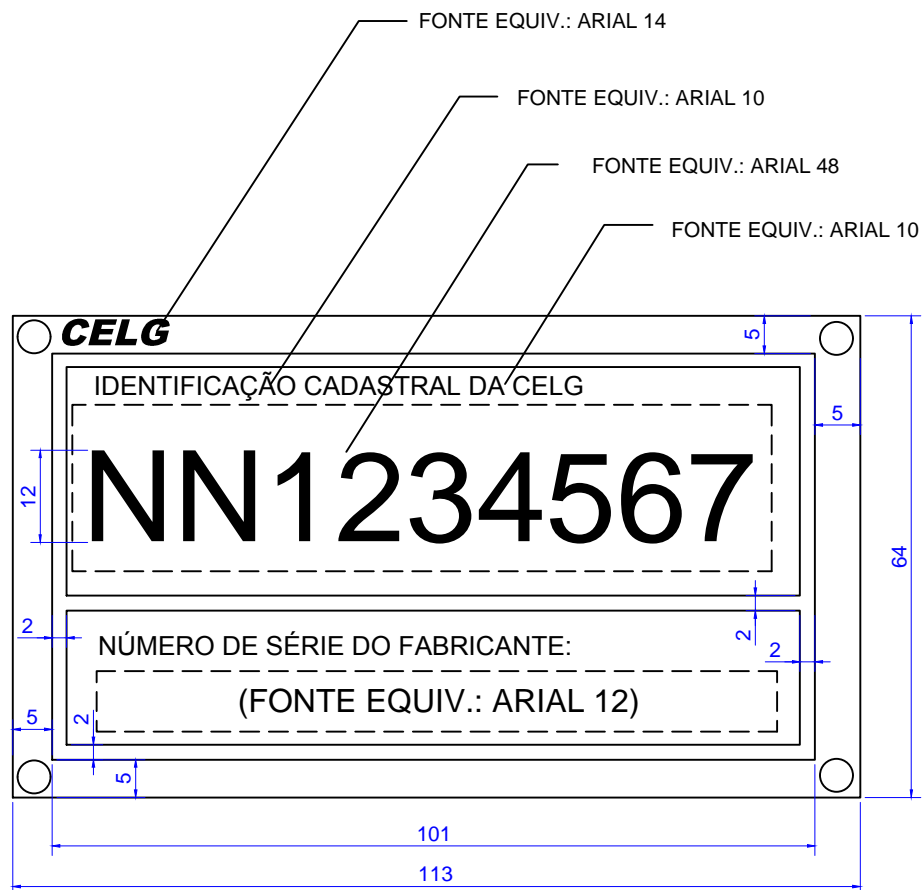
TABELA 6**CARACTERÍSTICAS DAS CARGAS COM FATOR DE POTÊNCIA 0,9
PARA CORRENTE SECUNDÁRIA NOMINAL DE 5 A**

Potência aparente (VA)	Resistência (Ω)	Reatância indutiva (Ω)	Impedância (Ω)
2,5	0,09	0,044	0,1
5,0	0,18	0,087	0,2
12,5	0,45	0,218	0,5
22,5	0,81	0,392	0,9
45,0	1,62	0,785	1,8
90,0	3,24	1,569	3,6

TABELA 7**CARACTERÍSTICAS DAS CARGAS COM FATOR DE POTÊNCIA 0,5
PARA CORRENTE SECUNDÁRIA NOMINAL DE 5 A**


Potência aparente (VA)	Resistência (Ω)	Reatância indutiva (Ω)	Impedância (Ω)
25	0,5	0,866	1,0
50	1,0	1,732	2,0
100	2,0	3,464	4,0
200	4,0	6,928	8,0

ANEXO B
DESENHO 1

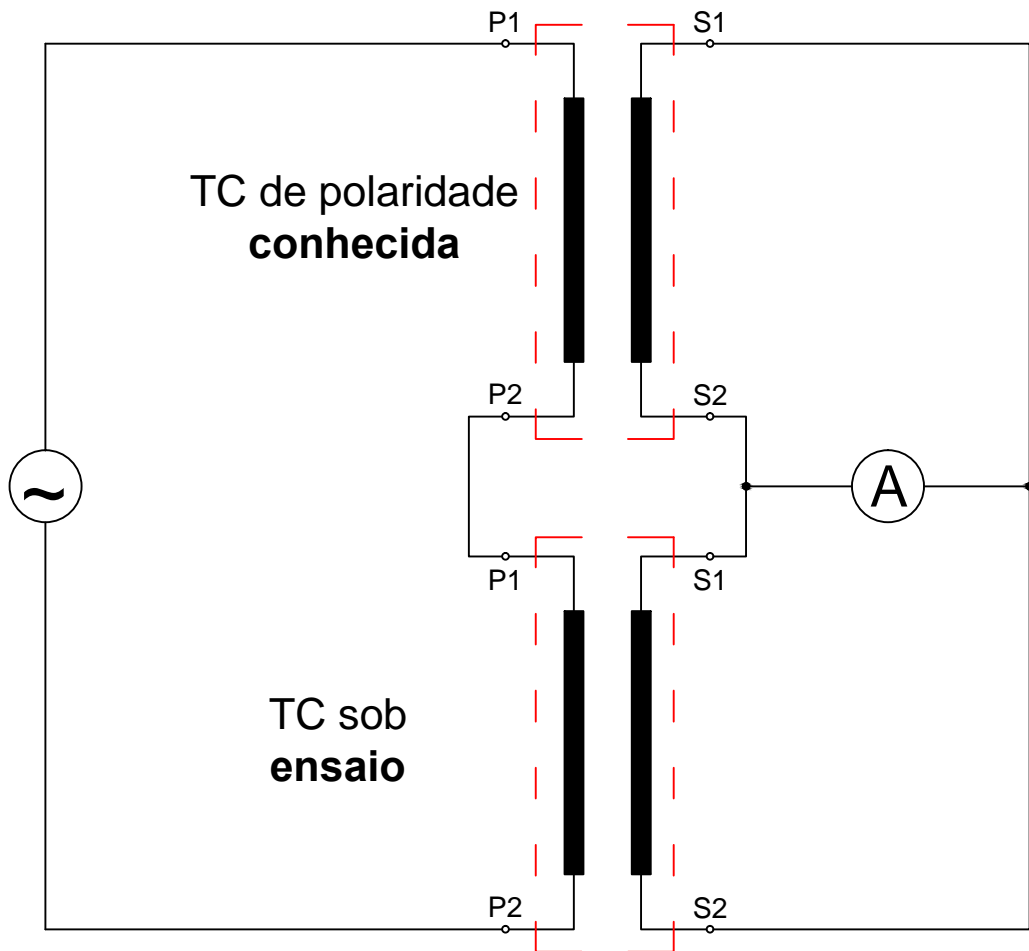


NOTA:

Material: aço inox AISI 304, espessura 0,5 mm.

	CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.			PLACA DE IDENTIFICAÇÃO DE CADASTRO DE EQUIPAMENTO - TAMANHO 2		
	DIM.: Em mm	DES.: DT-SNT	APROV.:			
	ESC.: S/Esc.	VISTO:	DATA: AGO/16	NORMA: NTC-39	REF.:	51
ELAB.: DT-SNT	SUBST.:					

DESENHO 2



CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.

DIM.: mm

DES.: DT-SNT

APROV.:

ESC.: s / esc.

VISTO:

DATA: AGO/15

ELAB.: DT-SNT

SUBST.:

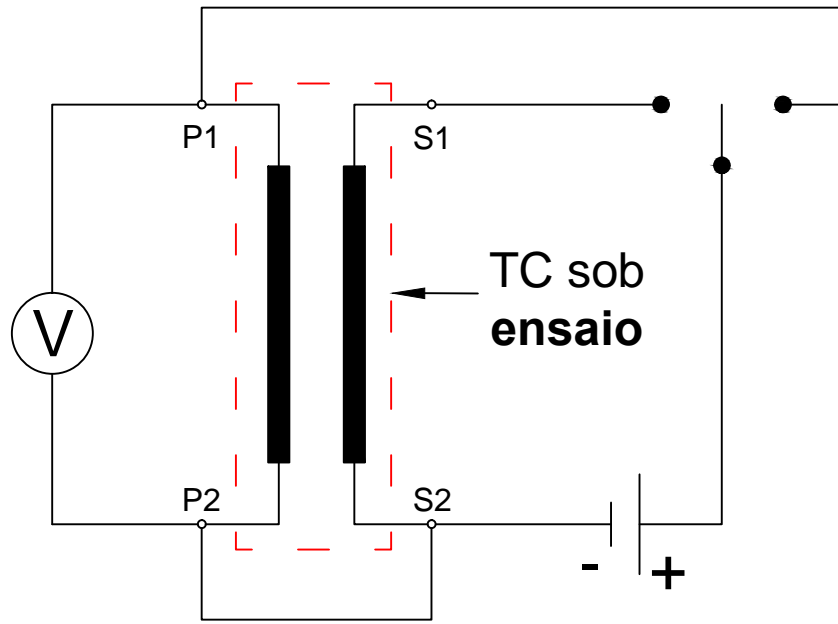
DETERMINAÇÃO DA POLARIDADE PELO MÉTODO DE COMPARAÇÃO COM UM TC DE POLARIDADE CONHECIDA

NORMA: NTC-39

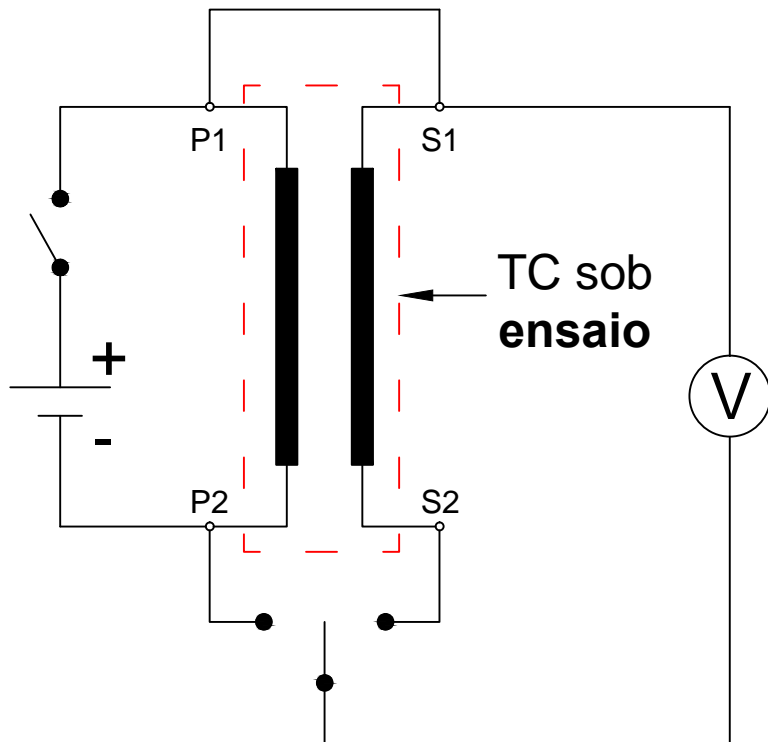
REF.:

52


DESENHO 3



MÉTODO A



MÉTODO B

	CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.		DETERMINAÇÃO DA POLARIDADE PELO MÉTODO DA CORRENTE CONTÍNUA		
	DIM.: mm	DES.: DT-SNT			
	ESC.: s / esc.	VISTO:	DATA: AGO/16	NORMA: NTC-39	REF.:
ELAB.: DT-SNT	SUBST.:				

DESENHO 4

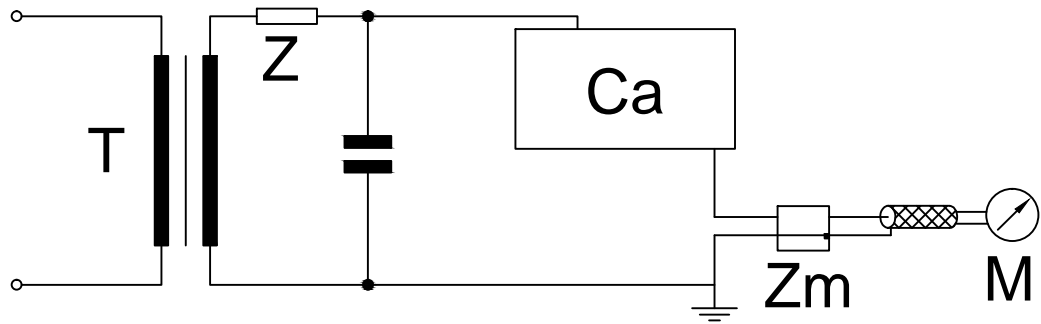


Figura 1 - Circuito de ensaio para medição de descargas parciais tipo A
Impedância de medição em série com o equipamento sob ensaio

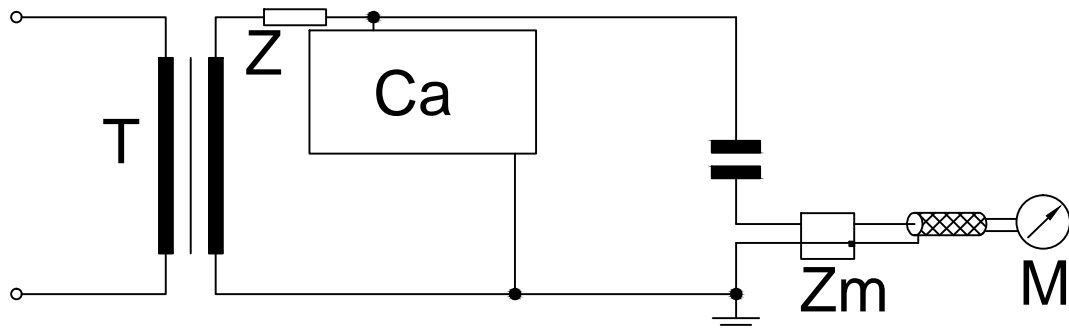


Figura 2 - Circuito de ensaio para medição de descargas parciais tipo B
Impedância de medição em série com o capacitor de acoplamento

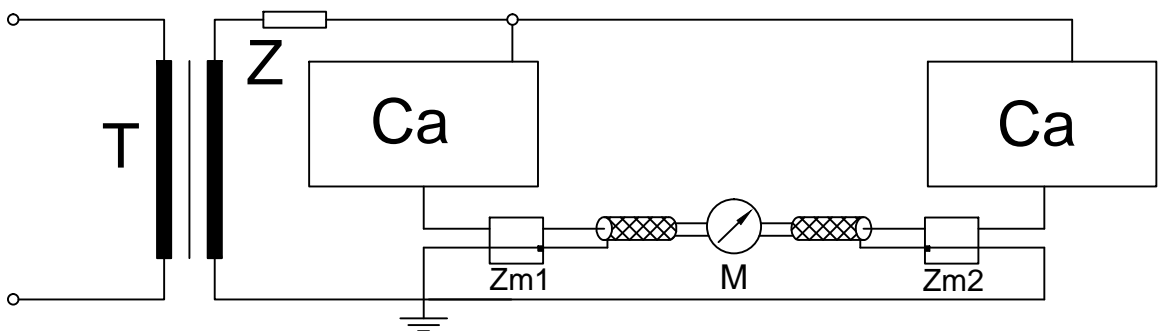


Figura 3 - Circuito de ensaio para medição de descargas parciais tipo C
Circuito balanceado

Legenda:

- T Transformador de ensaio (Transformador elevador) (Fonte de tensão)
- Ca Transformador sob ensaio
- Ck Capacitor de acoplamento
- M Instrumento de medição
- Z, Zm1, Zm2 Impedância
- Z Filtro (não é necessário se Ck estiver no transformador de ensaio)



CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.

DIM.: mm	DES.: DT-SNT	APROV.:
ESC.: s/esc.	VISTO:	DATA: AGO/16
ELAB.: DT-SNT	SUBST.:	

CIRCUITO DE ENSAIO PARA MEDIÇÃO DE
DESCARGAS PARCIAIS

DESENHO 5

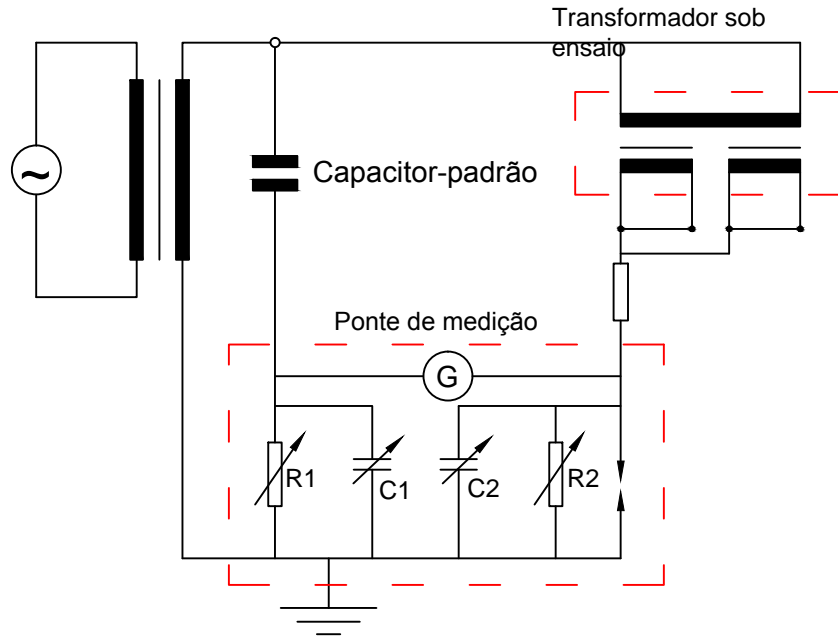


Figura 1 - Circuito de ensaio para transformador sem terminal especial para medição de tangente delta

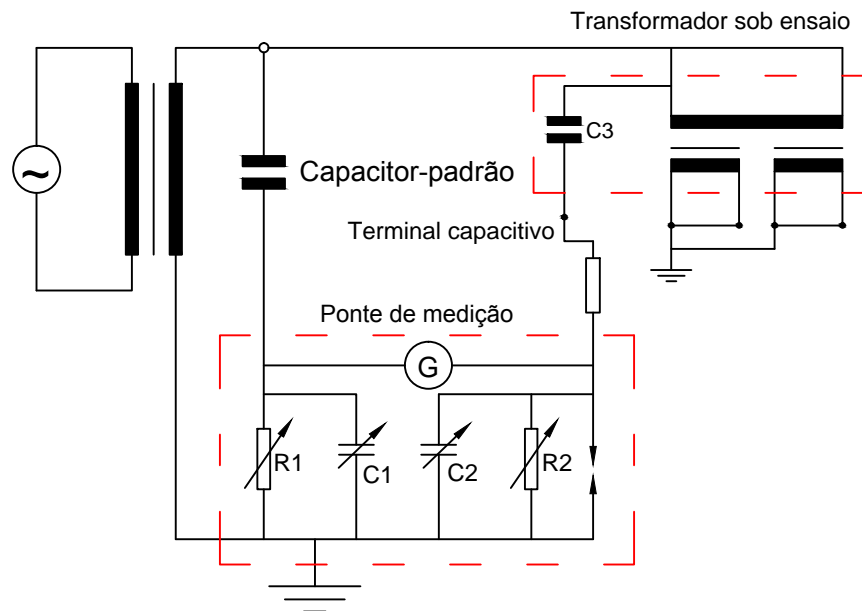
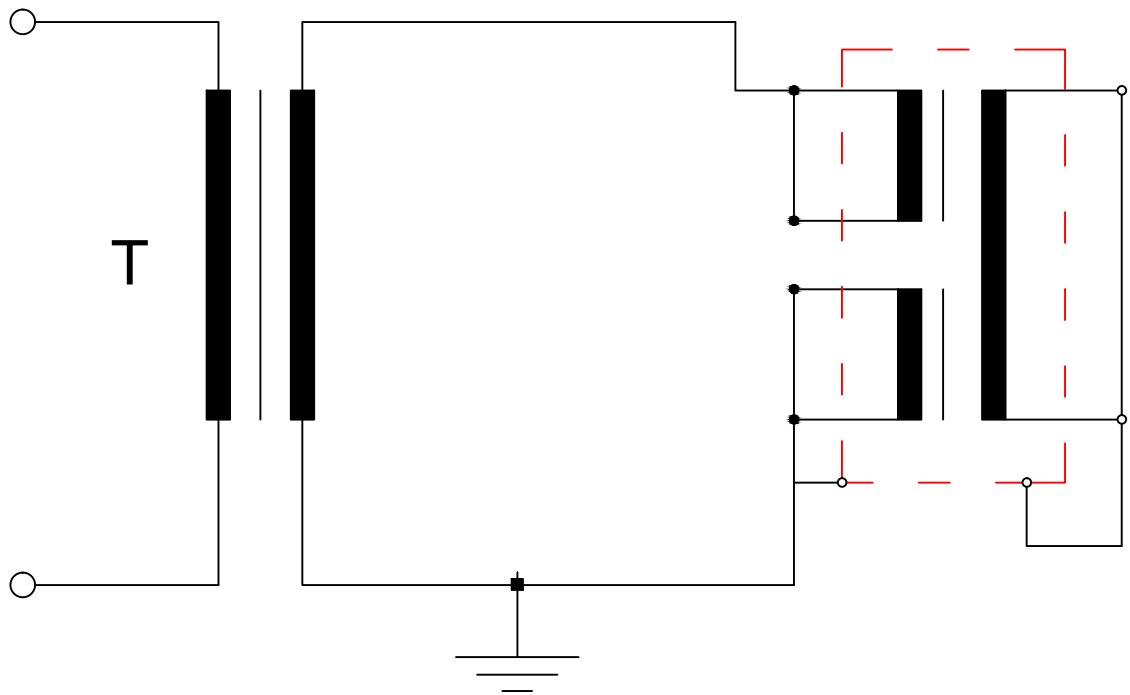



Figura 2 - Circuito de ensaio para transformador com terminal especial para medição de tangente delta

	CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.		CIRCUITO DE ENSAIO PARA MEDIÇÃO DE TANGENTE DELTA			
	DIM.: mm	DES.: DT-SNT			APROV.:	
	ESC.: s / esc.	VISTO:			DATA: AGO/16	
ELAB.: DT-SNT	SUBST.:	NORMA: NTC-39	REF.:	55		

DESENHO 6



	CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.			CIRCUITO DE ENSAIO PARA TENSÃO SUPORTÁVEL À FREQUÊNCIA INDUSTRIAL ENTRE SECUNDÁRIOS OU ENTRE SEÇÕES DO PRIMÁRIO		
	DIM.: mm	DES.: DT-SNT	APROV.:			
	ESC.: s / esc.	VISTO:	DATA: AGO/16	NORMA: NTC-39	REF.:	56
ELAB.: DT-SNT	SUBST.:					

DESENHO 7

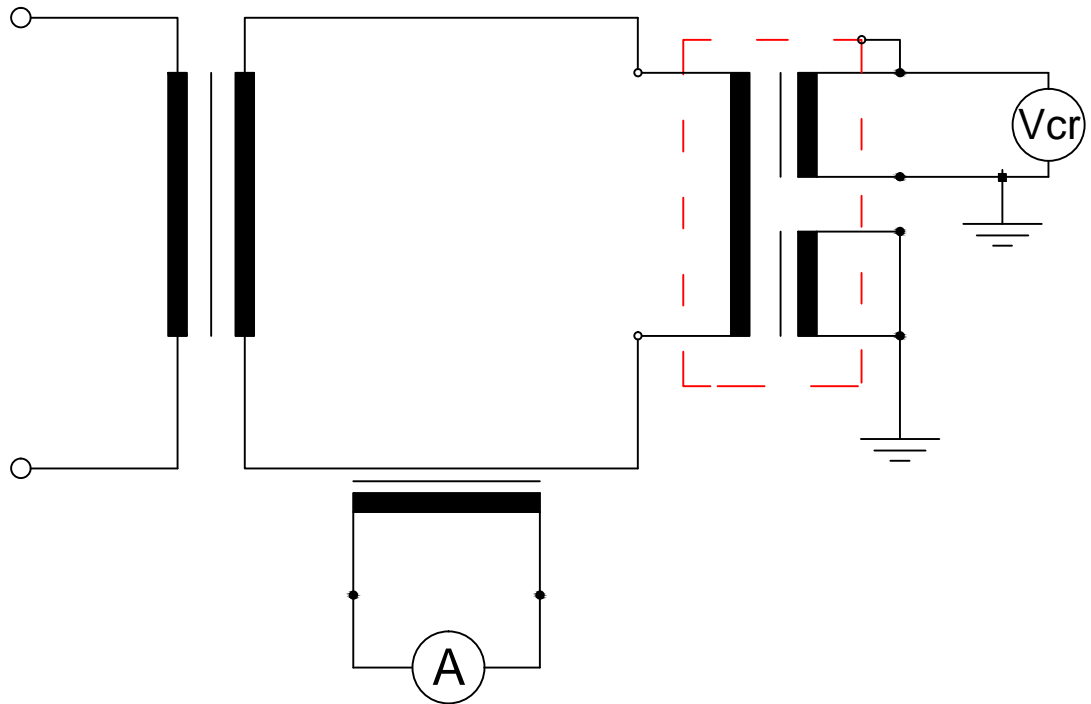


Figura 1 - Circuito para ensaio de sobretensão entre espiras conforme procedimento A

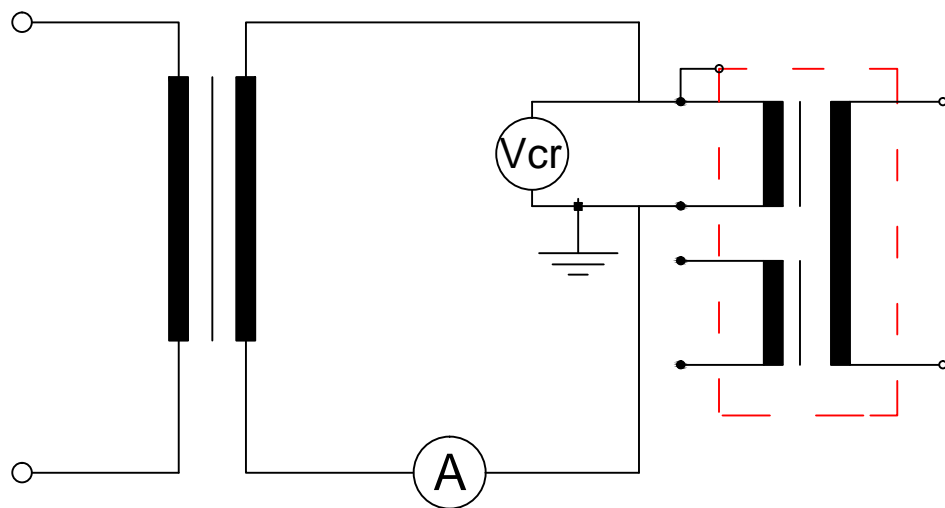



Figura 2 - Circuito para ensaio de sobretensão entre espiras conforme procedimento B

	CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.			CIRCUITO PARA ENSAIO DE SOBRETENSÃO ENTRE ESPIRAS		
	DIM.: mm	DES.: DT-SNT	APROV.:			
	ESC.: s / esc.	VISTO:	DATA: AGO/16	NORMA: NTC-39	REF.:	57
ELAB.: DT-SNT	SUBST.:					

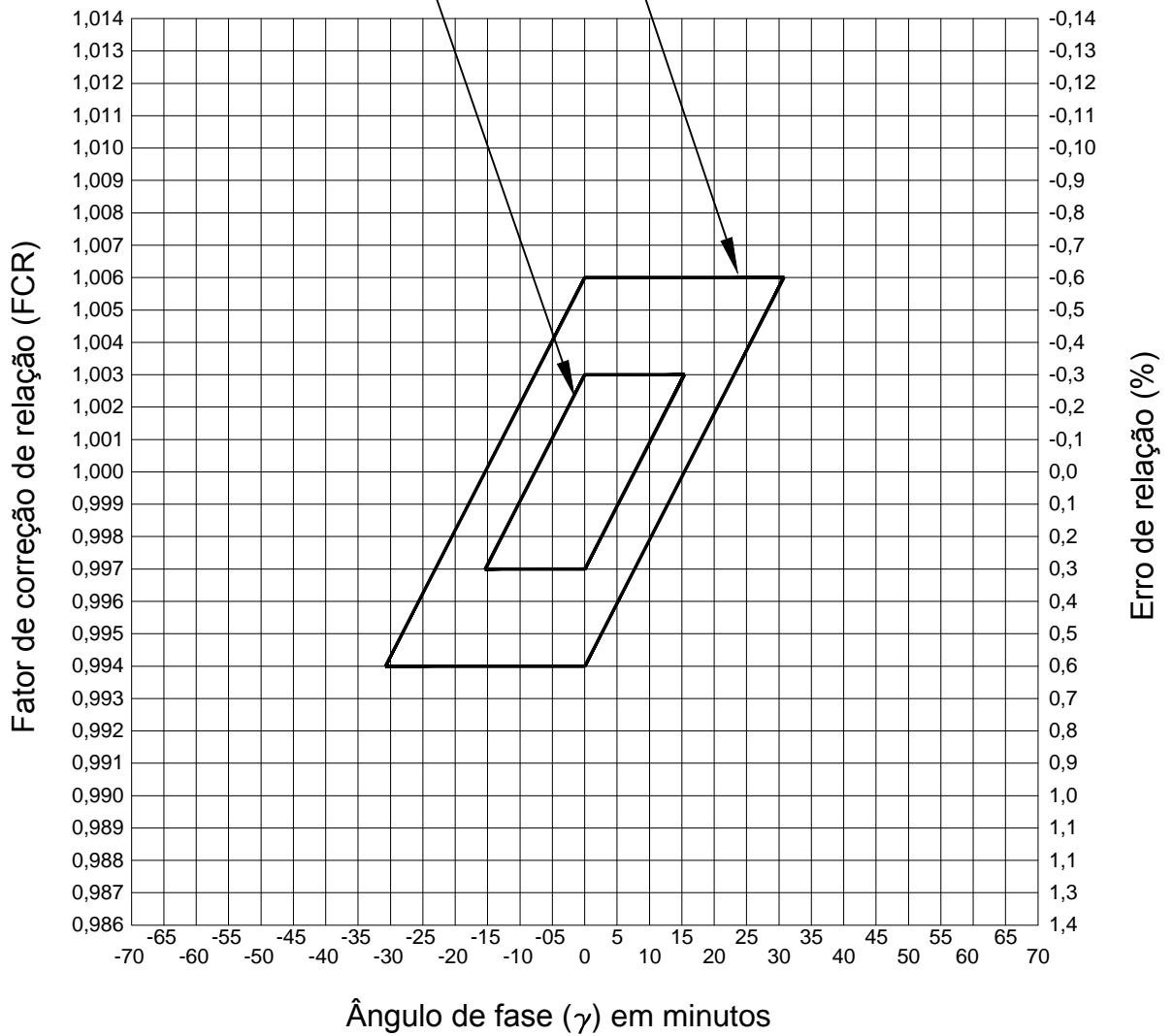
DESENHO 8

20% In,
100% In e
100% In. Ft para classe 0,3S

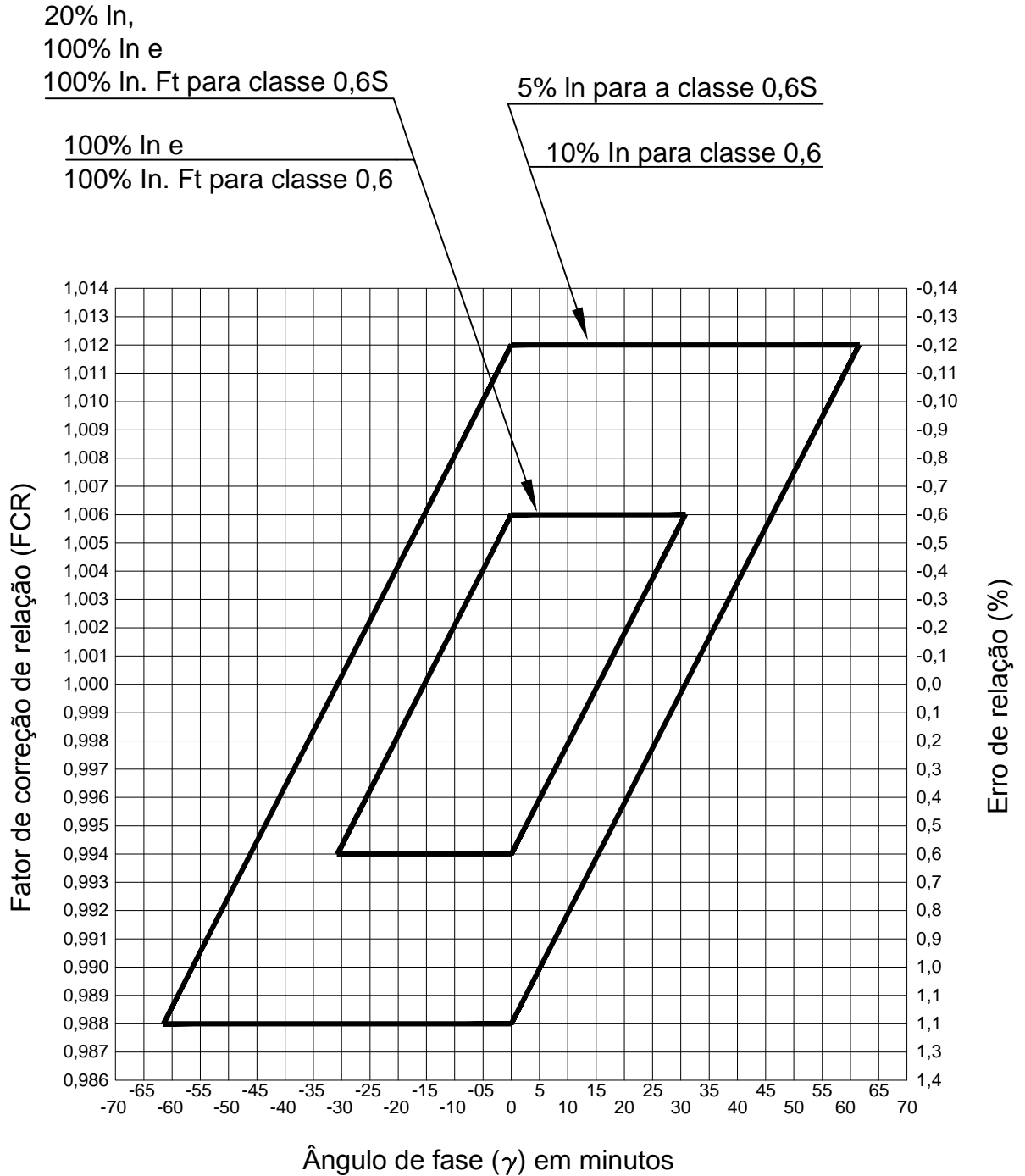
100% In e
100% In. Ft para classe 0,3

5% In para a classe 0,3S

10% In para classe 0,3



DESENHO 9



CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.



DIM.: mm

DES.: DT-SNT

APROV.:

PARALELOGRAMOS PARA AS CLASSES 0,6 E 0,6S

ESC.: s / esc.

VISTO:

DATA: AGO/16

ELAB.: DT-SNT

SUBST.:

NORMA: NTC-39

REF.:

59

ANEXO C

QUADRO DE DADOS TÉCNICOS E CARACTERÍSTICAS GARANTIDAS

ITEM	DESCRIÇÃO	CARACTERÍSTICAS UNIDADE
1	Tipo	
2	Tensão nominal	kV
3	Máxima tensão de operação contínua	kV
4	Frequência nominal	Hz
5	Fator térmico baseado em 30°C de temperatura ambiente a) Núcleo de Medição b) Núcleo de Proteção	
6	Corrente dinâmica de curta duração a) Maior relação b) Menor relação	kA kA
7	Corrente térmica nominal de curta duração, 1 segundo. a) Maior relação b) Menor relação	kA kA
8	Elevação da temperatura para operação contínua e carga total, com temperatura ambiente de 40°C: - enrolamento - óleo	°C °C
9	Tensão suportável nominal à frequência industrial	kV
10	Tensão suportável nominal à frequência industrial, sob chuva.	kV
11	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico	kV
12	Distância de escoamento da porcelana.	mm
13	Tensão de radiointerferência a 110% da tensão nominal fase-terra.	μV
14	Nível máximo de descargas parciais	pC
15	Relações de transformação	
16	Classes de exatidão a) Para proteção b) Para medição operativa c) Para medição de faturamento	
17	Limitação da tensão de circuito aberto	Vcr
18	Densidade de fluxo na "Knee point" (Knee-point é definido como sendo o ponto onde um crescimento de 10% na tensão produz um acréscimo de 50% na corrente de excitação)	KLINES cm ²
19	Resistência secundária a) Maior relação b) Menor relação	Ω Ω
20	Número de espiras primárias	
21	Número de espiras secundárias	
22	Curva de excitação do secundário	
23	Tensão suportável nominal de impulso de manobra	kV
24	Tipo de núcleo	
25	Material do núcleo	
26	Núcleo/comprimento médio do caminho magnético	
27	Comprimento total dos gaps do núcleo (tipo PR)	

ITEM	DESCRIÇÃO	CARACTERÍSTICAS UNIDADE
28	Número de núcleos: a) para proteção b) para medição	
29	Densidades de corrente: a) no enrolamento primário b) no enrolamento secundário	A/mm ² A/mm ²
30	Curva saturação até 10A de cada transformador proposto	
31	Tipo de óleo utilizado	
32	Parte Ativa -Tipo do aço (GO) - Espessura da chapa - Perdas máximas a 1,5 T, 60 Hz - Máximo teor % de Carbono / Silício - Tipo de revestimento do isolamento eletromagnético conforme ABNT NM71-2000 - Tipo do papel isolante	W/kg % / %
33	Máxima força horizontal de tração nos terminais primários	daN
34	Dimensões: - largura - comprimento - altura	mm mm mm
35	Dimensões aproximadas para transporte: - largura - comprimento - altura	mm mm mm
36	Massa parte ativa	kg
37	Massa total (óleo + parte ativa)	kg
38	Massa aproximada para transporte	kg

Notas:

- 1) O fabricante deve fornecer em sua proposta todas as informações requeridas no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas.
- 2) Deverá anexar lista de desvio das especificações considerando que divergências não justificadas ou erros no preenchimento do Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas será justificativa para desclassificação da proposta.
- 3) 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 ou divergências as informações prestadas no referido quadro prevalecerão sobre as descritas em outras partes da proposta.
- 4) O fabricante deve garantir na proposta que a performance e características técnicas dos equipamentos a serem fornecidos estarão em conformidade com as informações aqui apresentadas.

ANEXO D**INFORMAÇÕES TÉCNICAS REQUERIDAS COM A PROPOSTA****ENSAIOS DE TIPO**

ITEM	DESCRIÇÃO	CERTIFICADO
1	Ensaio dielétricos:	
1.1	- tensão induzida	
1.2	- tensão suportável nominal à frequência industrial a seco e sob chuva nos enrolamentos primários	
1.3	- tensão suportável nominal à frequência industrial nos enrolamentos secundários	
1.4	- tensão suportável nominal de impulso atmosférico	
2	Fator de potência do isolamento	
3	Estanqueidade a frio e resistência mecânica à pressão interna	
4	Elevação de temperatura	
5	Corrente suportável nominal de curta duração e valor de crista da corrente suportável	
6	Tensão de radiointerferência	

Notas:

- 1) Deverão ser enviados, juntamente com a proposta, todos os certificados dos ensaios de tipo relacionados acima, desde que realizados em equipamentos idênticos. Caso não sejam apresentados, os ensaios de tipo deverão ser realizados em um dos equipamentos de cada tipo a serem fornecidos de acordo com o contrato ou em um protótipo, sem ônus para a CELG D.*
- 2) Entretanto, reserva-se a CELG D o direito de rejeitar esses certificados, parcial ou totalmente, se os mesmos não estiverem conforme prescrito nas normas, ou não corresponderem aos equipamentos especificados.*

ANEXO E**QUADRO DE DESVIOS TÉCNICOS E EXCEÇÕES**

Tipo do TC _____

Nome do fabricante _____

Nº da licitação _____

Nº da proposta _____

A documentação técnica de licitação será integralmente aceita pelo proponente a exceção dos desvios indicados neste item.

Referência	Descrição sucinta dos desvios e exceções

ALTERAÇÕES NA NTC-39

Item	Data	Item da Norma	Revisão	Alteração
1	MAR/09	2	1	Revisão das normas ABNT aplicáveis
2		3.1		Condições do local de instalação
3		3.2		Garantia
4		4.7		Manual de instruções
5		5.1		Generalidades
6		5.2		Conexões secundárias e caixa de terminais
7		5.5		Câmara de expansão e vedações
8		5.8		Terminais e conectores de alta tensão
9		5.9		Placa de identificação
10		5.10		Placa de identificação de cadastro do equipamento
11		6		Requisitos técnicos específicos
12		7.2		Ensaio de recebimento
13		Tabela 1		Características elétricas dos transformadores de corrente
14		Anexo B		Quadro de dados técnicos e características garantidas
15		Desenho 1		Placa de identificação de cadastro do equipamento

1	SET/13	2	2	Revisão das normas ABNT aplicáveis
2		4.1		Inserido o item Documentos Técnicos a Serem Apresentados Juntamente com a Proposta
3		4.2		Inserido o item Aprovação de Protótipos
4		6.1		Modificação da classe de exatidão para proteção
5		6.2		Modificação da classe de exatidão para proteção
6		6.3		Inserção do tipo de relação de corrente e inserção de nota
7		6.4		Modificação da classe de exatidão para proteção
8		6.5		Inserção do tipo de relação de corrente e inserção de nota
9		6.6		Modificação da classe de exatidão para proteção
10		6.7		Inserção do tipo de relação de corrente e inserção de nota
11		6.8		Modificação da relação de corrente e classe de exatidão para proteção
12		6.9		Inserção do tipo de relação de corrente e inserção de nota
13		6.11		Inserção do tipo de relação de corrente e inserção de nota
14		TABELA 1		Modificação dos itens 5 e 6 da tabela
15		TABELA 2		Atualização da tabela

1	JAN/15	5.8	3	Foi retirada as informações do TC de 230 kV
2		7.3		Foi inserido o TC tipo I.2
3		6.6		Foi inserido o TC tipo I.2
4		6.8		Excluído
5		6.10		Foi inserida a nota na tabela e excluída a coluna com as informações do TC de 230 Kv
6		6.11		
7		TABELA 1		

1	MAR/15	TABELA 1	4	Foram alterados os valores da corrente dinâmica de curta duração (Item 5) e da corrente térmica (Item 6) para os TCs de 15 e 145 kV.
---	--------	----------	---	--

Item	Data	Item da Norma	Revisão	Alteração
1	AGO/16	1	5	Objetivo
2		2		Revisão das normas ABNT aplicáveis
3		3		Foi inserido o item Terminologia e Definições
4		6.1		O item foi atualizado com as informações dos TCs dos tipos P e PR
5		6.2		Foi inserido o item Representação das Correntes Nominais e Relações Nominais
6		6.3		Foi inserido o item Potências Normalizadas e Cargas Nominais
7		6.20		Foi inserido o item Tensão Induzida no Circuito Secundário Aberto
8		7		Os itens foram atualizados com as informações dos TCs dos tipos P e PR
9		7.6		Foi inserido o TC Classe 36,2 kV – Tipo III
10		7.9		Foi inserido o TC Classe 72,5 kV – Tipo III
11		7.10		Foi inserido o TC Classe 72,5 kV – Tipo IV
12		7.11		Foi inserido o TC Classe 72,5 kV – Tipo V
13		7.14		Foi inserido o TC Classe 145 kV – Tipo III
14		7.15		Foi inserido o TC Classe 145 kV – Tipo IV
15		7.16		Foi inserido o TC Classe 145 kV – Tipo V
16		8.2		Foi inserido o item Classificação dos Ensaio
17		8.3		Foi inserido o item Descrição dos Ensaio
18		TABELA 1		A tabela foi atualizada
19		TABELA 2		A tabela foi atualizada
20		TABELA 3		Foi inserida a tabela com os limites de erro para os TCs de proteção
21		TABELA 4		Foi inserida a tabela com as informações para o ensaio de estanqueidade
22		TABELA 5		Foi inserida a tabela com os sinais para representação das correntes nominais e relações nominais
23		TABELA 6		Foi inserida a tabela com as características das cargas com fator de potência 0,9 e corrente secundária 5 A
24		DESENHO 2		Foi inserido o desenho do circuito para determinação da polaridade dos TCs pelo método de comparação com um TC de polaridade conhecida
25		DESENHO 3		Foi inserido o desenho do circuito para determinação da polaridade dos TCs pelo método da corrente contínua
26		DESENHO 4		Foi inserido o desenho do circuito de ensaio para medição de descargas parciais
27		DESENHO 5		Foi inserido o desenho do circuito para medição de tangente delta
28		DESENHO 6		Foi inserido o desenho do circuito para ensaio de tensão suportável à frequência industrial entre secundários ou entre seções do primário
29		DESENHO 7		Foi inserido o desenho do circuito para ensaio de sobretensão entre espiras
30		ANEXO C		A tabela foi atualizada
31		ANEXO D		A tabela foi atualizada