



# **NORMA TÉCNICA CELG**

## **Regulador de Tensão Monofásico**

### **Especificação**

**NTC-29**  
**Revisão 2**

**CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.**

**SETOR DE NORMATIZAÇÃO TÉCNICA**

**NTC-29**

**Regulador de Tensão Monofásico**

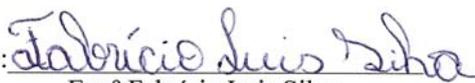
**Especificação**

**Revisão 2**

ELABORAÇÃO: Eng° Luiz Flávio Naves Rodrigues

REVISÃO 2: Eng° Gerson Tertuliano

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: MAR/15

## ÍNDICE

<u>SECÃO</u>	<u>TÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.	<b>OBJETIVO</b>	<b>1</b>
2.	<b>NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES</b>	<b>2</b>
3.	<b>TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES</b>	<b>6</b>
4.	<b>REQUISITOS GERAIS</b>	<b>10</b>
4.1	Linguagens e Unidades de Medida	10
4.2	Apresentação de Proposta, Aprovação de Documentos e Protótipos	10
4.3	Peças de Reposição	13
4.4	Garantia	14
5.	<b>CONDIÇÕES DE SERVIÇO</b>	<b>15</b>
5.1	Condições Normais de Serviço	15
5.2	Carregamento em Condições Diferentes das Nominais	15
5.3	Condições não Usuais de Serviço	15
6.	<b>CONDIÇÕES GERAIS</b>	<b>17</b>
6.1	Método de Resfriamento	17
6.2	Limites de Elevação de Temperatura	17
6.3	Característica Nominal	17
6.4	Perdas, Corrente de Excitação e Impedância de Curto-Circuito	19
6.5	Capacidade de Suportar Curtos-Circuitos	20
7.	<b>OUTROS REQUISITOS</b>	<b>22</b>
7.1	Acessórios Especiais	22
8.	<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS</b>	<b>24</b>
8.1	Características do Líquido Isolante	24
8.2	Buchas	24
8.3	Identificação dos Terminais	24
8.4	Diagrama de Ligações	24
8.5	Acabamento do Tanque e Radiadores	24
8.6	Componentes e Acessórios	25
8.7	Descrição dos Componentes	26
8.8	Descrição dos Acessórios	30
9.	<b>INSPEÇÃO E ENSAIOS</b>	<b>33</b>
9.1	Generalidades	33
9.2	Ensaio de Recebimento	34
9.3	Ensaio de Tipo	35
9.4	Ensaio Dielétricos	35
9.5	Ensaio do Óleo Isolante	36

<u>SECÃO</u>	<u>TÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
<b>10.</b>	<b>PROCEDIMENTOS DE ENSAIOS</b>	<b>37</b>
<b>10.1</b>	<b>Resistência Elétrica dos Enrolamentos</b>	<b>37</b>
<b>10.2</b>	<b>Relação de Tensões</b>	<b>37</b>
<b>10.3</b>	<b>Resistência de Isolamento</b>	<b>40</b>
<b>10.4</b>	<b>Polaridade</b>	<b>40</b>
<b>10.5</b>	<b>Perdas em Vazio</b>	<b>41</b>
<b>10.6</b>	<b>Corrente de Excitação</b>	<b>43</b>
<b>10.7</b>	<b>Perdas em Carga e Impedância de Curto-Circuito</b>	<b>45</b>
<b>10.8</b>	<b>Ensaio Dielétricos</b>	<b>47</b>
<b>10.9</b>	<b>Estanqueidade e Resistência a Pressão</b>	<b>54</b>
<b>10.10</b>	<b>Verificação das Características e do Funcionamento dos Acessórios e Componentes</b>	<b>54</b>
<b>10.11</b>	<b>Elevação de Temperatura</b>	<b>54</b>
<b>10.12</b>	<b>Curto-Circuito</b>	<b>61</b>
<b>10.13</b>	<b>Ensaio no Dispositivo de Controle</b>	<b>63</b>
<b>10.14</b>	<b>Nível de Ruído</b>	<b>66</b>
<b>10.15</b>	<b>Ensaio Aplicáveis ao Comutador de Derivações sob Carga</b>	<b>66</b>
<b>10.16</b>	<b>Verificação do Esquema de Pintura</b>	<b>66</b>
<b>10.17</b>	<b>Descargas Parciais</b>	<b>67</b>
<b>10.18</b>	<b>Ensaio no Painel de Controle</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO A</b>	<b>TABELAS</b>	<b>69</b>
<b>TABELA 1</b>	<b>LIMITES DE ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA (°C)</b>	<b>69</b>
<b>TABELA 2</b>	<b>POTÊNCIAS NOMINAIS PREFERENCIAIS PARA REGULADORES DE TENSÃO POR DEGRAU MONOFÁSICOS, IMERSOS EM ÓLEO</b>	<b>69</b>
<b>TABELA 3</b>	<b>EXEMPLOS DE LIMITES DE TENSÕES DE OPERAÇÃO INCLUINDO SUAS RESPECTIVAS TOLERÂNCIAS</b>	<b>70</b>
<b>TABELA 4</b>	<b>VALORES DE RELAÇÕES NOMINAIS DO TRANSFORMADOR DE POTENCIAL OU TERCIÁRIO PREFERENCIAIS</b>	<b>70</b>
<b>TABELA 5</b>	<b>CORRENTE NOMINAL SUPLEMENTAR EM REGIME CONTÍNUO</b>	<b>70</b>
<b>TABELA 6</b>	<b>NÍVEIS DE ISOLAMENTO</b>	<b>71</b>
<b>TABELA 7</b>	<b>ESPAÇAMENTOS EXTERNOS MÍNIMOS NO AR</b>	<b>71</b>
<b>TABELA 8</b>	<b>VALORES GARANTIDOS DE PERDAS E CORRENTE DE EXCITAÇÃO</b>	<b>71</b>
<b>TABELA 9</b>	<b>TOLERÂNCIAS DOS VALORES GARANTIDOS</b>	<b>72</b>
<b>TABELA 10</b>	<b>VALORES MÁXIMOS ADMISSÍVEIS <math>\theta_2</math> DA MÁXIMA TEMPERATURA MÉDIA DO ENROLAMENTO APÓS CURTO-CIRCUITO</b>	<b>72</b>
<b>TABELA 11</b>	<b>VALORES DO FATOR "a"</b>	<b>72</b>
<b>TABELA 12</b>	<b>CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DAS BUCHAS DE MT</b>	<b>73</b>

<u>SECÃO</u>	<u>TÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
TABELA 13	CLASSES DE EXATIDÃO DO SISTEMA DE CONTROLE	73
TABELA 14	CLASSES DE EXATIDÃO DOS TPs	73
TABELA 15	CLASSES DE EXATIDÃO DOS TCs	73
TABELA 16	INDICAÇÃO DOS NÍVEIS DE ISOLAMENTO N PLACA DE IDENTIFICAÇÃO	74
TABELA 17	MEDIÇÕES A SEREM FEITAS NO ENSAIO DE FATOR DE POTÊNCIA DO ISOLAMENTO	74
TABELA 18	FATORES DE CORREÇÃO (k)	75
TABELA 19	VALORES PARA OS ENSAIOS DE ESTANQUEIDADE E RESISTÊNCIA À PRESSÃO	75
TABELA 20	PLANO DE AMOSTRAGEM PARA OS ENSAIOS DE ADERÊNCIA E ESPESSURA DA PINTURA	75
TABELA 21	PLANO DE AMOSTRAGEM PARA OS ENSAIOS DO ÓLEO ISOLANTE	76
TABELA 22	ESPECIFICAÇÃO DO ÓLEO ISOLANTE TIPO A (NAFTÊNICO) APÓS CONTATO COM O EQUIPAMENTO	77
ANEXO B	DESENHO	78
DESENHO 1	PLACA DE IDENTIFICAÇÃO DE CADASTRO DE EQUIPAMENTOS	78
ANEXO C	VERIFICAÇÃO DO ESQUEMA DE PINTURA	79
ANEXO D	INSPEÇÃO GERAL	81
ANEXO E	QUADRO DE DADOS TÉCNICOS E CARACTERÍSTICAS GARANTIDAS	83
ANEXO F	COTAÇÃO DE ENSAIOS DE TIPO	85
ANEXO G	QUADRO DE DESVIOS TÉCNICOS E EXCEÇÕES	86
ANEXO H	PEÇAS SOBRESSALENTES RECOMENDADAS	87

**1. OBJETIVO**

Esta norma tem por objetivo definir as principais características elétricas e mecânicas, bem como os demais requisitos básicos para o fornecimento de reguladores automáticos de tensão, uso externo, e suas peças de reposição, nas tensões máximas de operação do sistema: 15 e 36,2 kV, a serem instalados nas redes aéreas de distribuição da CELG D.

## 2. NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Na aplicação desta norma é necessário consultar:

ABNT NBR 5034	Buchas para tensões alternadas superiores a 1 kV.
ABNT NBR 5356-1	Transformador de potência - Parte 1: Generalidades.
ABNT NBR 5356-2	Transformador de potência - Parte 2: Aquecimento.
ABNT NBR 5356-3	Transformador de potência - Parte 3: Níveis de isolamento, ensaios dielétricos e espaçamentos externos em ar.
ABNT NBR 5356-4	Transformador de potência - Parte 4: Guia para ensaio de impulso atmosférico e de manobra para transformadores e reatores.
ABNT NBR 5356-5	Transformador de potência - Parte 5: Capacidade de resistir a curtos-circuitos.
ABNT NBR 5405	Materiais isolantes sólidos - Determinação da rigidez dielétrica sob tensão em frequência industrial.
ABNT NBR 5456	Eletricidade geral - Terminologia.
ABNT NBR 5458	Transformadores de potência - Terminologia.
ABNT NBR 5590	Tubos de aço carbono com ou sem solda longitudinal, pretos ou galvanizados - Especificação.
ABNT NBR 5779	Óleos minerais isolantes - Determinação qualitativa de cloretos e sulfatos inorgânicos - Método de ensaio.
ABNT NBR 5906	Bobinas e chapas laminadas a quente de aço carbono para estampagem - Especificação.
ABNT NBR 5915-1	Chapas e bobinas de aço laminadas a frio - Parte 1: Requisitos.
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 6649	Bobinas e Chapas finas a frio de aço carbono para uso estrutural - Especificação.
ABNT NBR 6650	Bobinas e Chapas finas a quente de aço carbono para uso estrutural - Especificação.
ABNT NBR 6855	Transformadores de potencial Indutivos - Especificação.
ABNT NBR 6856	Transformador de corrente – Especificação e ensaios.
ABNT NBR 6869	Líquidos isolantes elétricos - Determinação da rigidez dielétrica (eletrodo de disco).
ABNT NBR 6937	Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão - Dispositivos de medição.
ABNT NBR 6939	Coordenação de isolamento - Procedimento.
ABNT NBR 7148	Petróleo e derivados de petróleo - Determinação da massa específica, densidade relativa e °API - Método do densímetro.
ABNT NBR 7277	Transformadores e reatores - Determinação do nível do ruído.
ABNT NBR 8667-1	Comutador de derivações - Parte 1: Especificação e ensaios.
ABNT NBR 8667-2	Comutador de derivações - Parte 2: Guia de aplicação.
ABNT NBR 10441	Produtos de petróleo - Líquidos transparentes e opacos - Determinação da viscosidade cinemática e cálculo da viscosidade dinâmica.
ABNT NBR 10443	Tintas e vernizes - Determinação da espessura da película seca sobre superfícies rugosas - Método de ensaio.

ABNT NBR 10505	Óleo mineral isolante - Determinação de enxofre corrosivo.
ABNT NBR 10710	Líquido isolante elétrico - Determinação do teor de água.
ABNT NBR 11003	Tintas - Determinação da aderência.
ABNT NBR 11341	Derivados de petróleo - Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland.
ABNT NBR 11343	Produtos de petróleo - Determinação do ponto de anilina e do ponto de anilina misto.
ABNT NBR 11349	Produtos de petróleo - Determinação do ponto de fluidez.
ABNT NBR 11388	Sistemas de pintura para equipamentos e instalações de subestações elétricas - Especificação.
ABNT NBR 11770	Relés de medição e sistemas de proteção - Especificação.
ABNT NBR 11809	Reguladores de tensão - Especificação.
ABNT NBR 11888	Bobinas e chapas finas de aço carbono e aço de baixa liga e alta resistência - Requisitos gerais.
ABNT NBR 12133	Líquido 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 da basicidade - Método do indicador.
ABNT NBR IEC 60060-1	Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão - Parte 1: Definições gerais e requisitos de ensaio.
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 IEC 61000-4-3	Compatibilidade eletromagnética (EMC) - Parte 4-3: Ensaio e técnicas de medição - Ensaio de imunidade a campos eletromagnéticos de radiofrequências irradiados.
ABNT NBR IEC 61000-4-4	Compatibilidade eletromagnética (EMC) - Parte 4-4: Ensaio e técnicas de medição - Ensaio de imunidade a transiente elétrico rápido.
ANSI C37.90	Relays and Relay Systems Associated with Electric Power Apparatus.
ANSI C57.15	Requirements, Terminology and Test Code for Step-Voltage and Induction-Voltage Regulators.
ANSI C 57.95	Guide for Loading Oil-Immersed Step-Voltage and Induction-Voltage Regulators.
ASTM B117	Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus.
ASTM D297	Standard Test Methods for Rubber Products - Chemical Analysis.
ASTM D412	Standard Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers - Tension.
ASTM D471	Standard Test Method for Rubber Property-Effect of Liquids.
ASTM D523	Standard Test Method for Specular Gloss.

ASTM D870	Standard Practice for Testing Water Resistance of Coatings Using Water Immersion.
ASTM D924	Standard Test Method for Dissipation Factor (or Power Factor) and Relative Permittivity (Dielectric Constant) of Electrical Insulating Liquids.
ASTM D1014	Standard Practice for Conducting Exterior Exposure Tests of Paints and Coatings on Metal Substrates.
ASTM D1500	Standard Test Method for ASTM Color of Petroleum Products (ASTM Color Scale).
ASTM D1552	Standard Test Method for Sulphur in Petroleum Products (High Temperature Method).
ASTM D1735	Standard Practice for Testing Water Resistance of Coatings Using Water Fog Apparatus.
ASTM D1816	Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage of Insulating Liquids Using VDE Electrodes.
ASTM D2140	Standard Practice for Calculating Carbon-Type Composition of Insulating Oils of Petroleum Origin.
ASTM D2240	Standard Test Method for Rubber Property - Durometer Hardness.
ASTM D2668	Standard Test Method for 2,6-di-tert-Butyl p-Cresol and 2,6-di-tert-Butyl Phenol in Electrical Insulating Oil by Infrared Absorption.
ASTM D3359	Standard Test Method for Measuring Adhesion by Tape Test.
ASTM D3455	Standard Test Methods for Compatibility of Construction Material with Electrical Insulating Oil of Petroleum Origin.
ASTM D4059	Standard Test Method for Analysis of Polychlorinated Biphenyls in Insulating Liquids by Gas Chromatography.
ASTM E376	Standard Practice for Measuring Coating Thickness by Magnetic-Field or Eddy-Current (Electromagnetic) Testing Methods.
IEC 61125	Unused hydrocarbon based insulating liquids - Test method for evaluating the oxidation stability.
IEC 60247	Insulating liquids - Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor (tan d) and d.c. resistivity.
SIS-05-5900	Pictorial Surface Preparation Standard for Painting Steel Surfaces.

**Notas:**

- 1) Poderão ser utilizadas normas de outras organizações normalizadoras, desde que sejam oficialmente reconhecidas pelos governos dos países de origem, assegurem qualidade igual ou superior às mencionadas neste item, não contrariem esta norma e sejam submetidas a uma avaliação prévia por parte da CELG D.*
- 2) Caso haja opção por outras normas, que não as anteriormente mencionadas, essas devem figurar, obrigatoriamente, na documentação de licitação. Neste caso, o proponente deverá citar em sua proposta a norma aplicada, e submeter à CELG D cópias da norma alternativa proposta, indicando claramente os pontos onde as normas propostas desviam das normas ABNT correspondentes.*

- 3) *O fornecedor deve disponibilizar, para o inspetor da CELG D, no local da inspeção, todas as normas acima mencionadas, em suas últimas revisões.*
- 4) *Todos os materiais que não são especificamente mencionados nesta norma, mas que são usuais ou necessários para a operação eficiente do equipamento, considerar-se-ão como aqui incluídos e devem ser fornecidos pelo fabricante sem ônus adicional.*
- 5) *Esta norma foi baseada no seguinte documento:*

*ABNT NBR 11809 - Reguladores de tensão - Especificação.*

### 3. **TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES**

Para os efeitos desta norma são adotadas as seguintes definições, complementadas pelas normas ABNT: NBR 5456, NBR 5458 e NBR 11809.

#### **Circuito Primário**

Circuito do lado de entrada do regulador.

#### **Circuito Regulado**

Circuito do lado de saída do regulador, no qual se deseja controlar a tensão ou o ângulo de fase ou ambos.

#### **Compensador de Queda de Tensão na Linha**

Dispositivo que atua sobre o relé regulador de tensão de forma a produzir na tensão de saída uma variação que compensa a queda de tensão na impedância do circuito entre uma localização pré-fixada no referido relé (as vezes designada como "centro de carga") e o regulador.

#### **Corrente de Excitação**

Corrente que mantém a excitação do núcleo do regulador. Pode ser expressa em ampère "por unidade" ou porcentagem da corrente nominal do enrolamento do regulador no qual esta é medida.

#### **Derivação**

Ligação feita em qualquer ponto de um enrolamento, de modo a permitir a mudança na relação de tensões.

#### **Dispositivo de Controle (Relé Regulador de Tensão)**

Dispositivo sensor de tensão usado na operação automática de um regulador de tensão, para controlar a tensão do circuito regulado.

#### **Enrolamento Série**

Enrolamento destinado a limitar a corrente na posição de curto, assim como, na posição assimétrica, não deve introduzir uma queda de tensão significativa ao circuito.

#### **Nota:**

*Também denominado de reator ou enrolamento de balanço.*

#### **Enrolamento Terciário**

Enrolamento destinado a prover alimentação ao painel de controle e motor.

**Nota:**

*Podem ser utilizados TPs para prover tal alimentação.*

**Faixa de Regulação Nominal de um Regulador de Tensão**

Valor a ser somado ou subtraído da tensão nominal do regulador.

**Nota:**

*A faixa de regulação nominal pode ser expressa em "por unidade", porcentagem da tensão nominal ou em kV.*

**Perdas em Carga do Regulador de Tensão**

Perdas consequentes da passagem, pelo regulador, da potência solicitada pela carga. Incluem as perdas na resistência dos enrolamentos devido a corrente de carga, e as perdas adicionais, devido ao fluxo de dispersão.

**Perdas em Vazio**

Perdas devidas à excitação do regulador.

Incluem as perdas no núcleo, perdas dielétricas e perdas nos enrolamentos devidas à corrente de excitação e à corrente de circulação em enrolamentos ligados em paralelo. Tais perdas variam com a tensão de excitação.

**Perdas Totais**

Soma das perdas em vazio com as perdas em carga.

**Polaridade**

A polaridade de um regulador é inerente ao seu projeto. A polaridade é correta quando o regulador aumenta a tensão na faixa de "ELEVAR" e diminui a tensão na faixa "DIMINUIR".

**Nota:**

*A polaridade relativa dos enrolamentos comum e série do regulador de tensão por degraus tipo A é oposta à do tipo B. A polaridade relativa instantânea dos enrolamentos do regulador principal, dos transformadores para instrumentos e do(s) enrolamento(s) auxiliar (es), o que se aplicar, é designada por marcação apropriada no diagrama de ligações na placa de identificação, de acordo com 8.8.1.*

**Potência Nominal do Regulador de Tensão Monofásico**

Produto da corrente nominal, sob carga contínua em ampère, pela faixa de regulação em quilovolts para "ELEVAR" ou "DIMINUIR". Se estas faixas forem diferentes deverá ser adotada a de maior valor na determinação da potência nominal.

**Nota:**

*A potência nominal é expressa em kVA.*

### Potência Passante do Regulador de Tensão

Produto da corrente nominal, sob carga contínua em ampère, pela tensão nominal em quilovolts. Se estas faixas forem diferentes deve ser adotada a de maior valor na determinação da potência passante.

### Protetor do Enrolamento Série

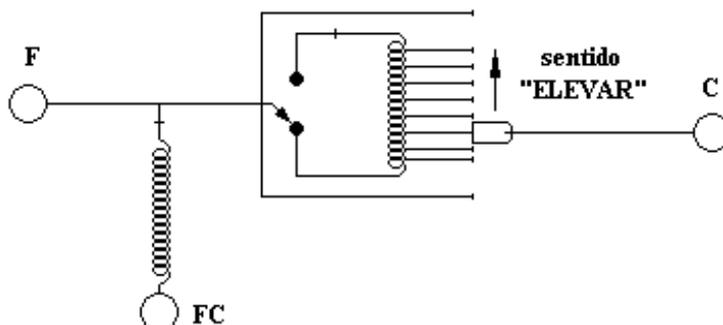
Dispositivo para proteger o enrolamento série contra surtos de tensão.

### Regulador de Tensão por Degraus

Regulador em que a tensão é controlada em degraus, por meio de derivações, sem interrupção da carga:

a) regulador de tensão por degraus tipo A

regulador no qual o enrolamento comum está ligado diretamente ao circuito primário em consequência do que ocorre variação na excitação do núcleo. O enrolamento série está ligado ao enrolamento comum e, por meio das derivações, ao circuito regulado conforme Figura 1:



#### **Onde:**

F = terminal da fonte  
C = terminal da carga  
FC = comum

**Figura 1 - Diagrama esquemático do regulador de tensão por degraus monofásico - Tipo A**

b) regulador de tensão por degraus tipo B

regulador em que o circuito primário está ligado por meio das derivações ao enrolamento série do regulador. O enrolamento série está ligado ao enrolamento comum que, por sua vez, está ligado diretamente ao circuito regulado, conforme Figura 2, do que decorre não haver variação na excitação do núcleo.

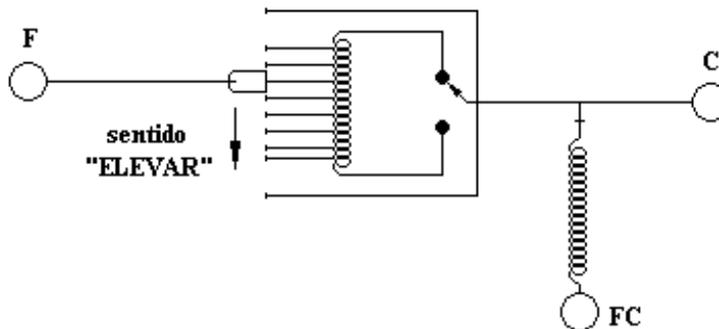


Figura 2 - Diagrama esquemático do regulador de tensão por degraus monofásico - Tipo B

**Nota:**

*A potência passante é expressa em kVA.*

**Tensão de Curto-Circuito do Regulador de Tensão**

Tensão que faz circular a corrente nominal, sob frequência nominal, através de um enrolamento do regulador, quando um outro enrolamento é curto-circuitado. Os enrolamentos respectivos estão ligados como para operação em tensão nominal. Quando expressa em porcentagem a impedância de curto-circuito é numericamente igual à tensão de curto-circuito.

**Nota:**

*A tensão de curto-circuito é geralmente referida ao enrolamento série e expressa em "por unidade" ou porcentagem da tensão nominal do regulador.*

**Tensão Nominal de um Enrolamento**

Tensão de um enrolamento à qual são referidas as características de operação e desempenho.

**Tensão Nominal de um Regulador de Tensão por Degraus**

Tensão para a qual o regulador é projetado e que serve de base para a avaliação de suas características de desempenho.

**Tensão Nominal do Enrolamento Série de um Regulador de Tensão por Degraus**

Tensão entre os terminais do enrolamento série resultante da aplicação da tensão nominal ao regulador, quando o mesmo se encontrar na posição de máxima variação de tensão e fornecendo a potência nominal com fator de potência 0,8 indutivo.

#### **4. REQUISITOS GERAIS**

O projeto, matéria prima empregada, fabricação e acabamento devem incorporar, o máximo possível, as mais recentes técnicas, mesmo que tais condições não sejam mencionadas nesta norma técnica.

Cada diferente projeto deve ser exposto com todos os detalhes nos documentos de licitação.

Todos os reguladores sob o mesmo item da concorrência devem ter o mesmo projeto e serem essencialmente idênticos de modo que todas as suas peças sejam intercambiáveis. O projeto deve sempre permitir fácil manutenção e reposição de peças.

O fabricante deve fornecer, juntamente com os reguladores, sem ônus, todo o software e treinamento aos empregados da CELG D, necessários à instalação, operação e manutenção dos equipamentos.

##### **4.1 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 medidas 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 e de cadastro, e o painel de controle devem ser escritos em português.

##### **4.2 Apresentação de Proposta, Aprovação de Documentos e Protótipos**

###### **4.2.1 Geral**

O fornecedor deve apresentar juntamente com a proposta, os documentos técnicos relacionados a seguir, atendendo aos requisitos especificados na ET-CG.CELG, relativo a prazos e demais condições de apresentação de documentos.

###### **Notas:**

- 1) *No caso de licitações nas modalidades de pregão, os documentos técnicos relacionados neste item, 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.*
- 2) *Os ensaios de tipo devem ter seus resultados devidamente comprovados através de cópias autenticadas dos certificados de ensaio emitidos por órgão oficial ou instituição internacionalmente reconhecida, reservando-se a CELG D, o direito de desconsiderar documentos que não cumprirem este requisito.*

#### 4.2.2 Desenhos, Catálogos e Manuais a Serem Enviados Juntamente com a Proposta

Junto com a proposta para fornecimento deve ser apresentado uma cópia dos seguintes desenhos:

- a) vistas principais do equipamento, por potência nominal, mostrando a localização de todas as peças e acessórios, dimensões e cotas;
- b) vista expandida do comutador automático, incluindo os contatos, detalhando todos os seus componentes e material usado;
- c) vista expandida dos mecanismos da parte ativa, detalhando todos os seus componentes e materiais usados;
- d) diagrama esquemático do painel de controle, especificando todos os seus componentes;
- e) placas de identificação;
- f) placa de identificação de cadastro de equipamento;
- g) buchas, com dimensões, detalhes de montagem e características físicas e dielétricas;
- h) conectores terminais, com dimensões, detalhes de montagem e material usado;
- i) orelhas de suspensão do regulador completo e olhais de suspensão da parte ativa, mostrando dimensões e material usado;
- j) fixação e vedação da tampa e abertura para inspeção, mostrando dimensões e material usado;
- k) válvula de drenagem, com dimensões e material usado;
- l) terminal de terra, com dimensões e material usado;
- m) tipo de para-raios, por potência nominal, com todas as suas características elétricas;
- n) suportes para montagem em poste ou fixadores para montagem em plataforma, mostrando sua forma, dimensões e furos;
- o) o fabricante também deve fornecer uma cópia dos manuais de instrução, cobrindo instalação, operação, manutenção e ajuste do equipamento.

**Nota:**

*Caso os detalhes solicitados nos itens "b" e "c" encontrem-se nos manuais de instrução, fica dispensada a sua apresentação em documentos separados.*

#### 4.2.3 Desenhos a Serem Submetidos Após a Adjudicação do Contrato.

O licitante deve enviar para aprovação, dentro de vinte dias após o contrato assinado, três cópias dos desenhos definitivos.

Estes desenhos devem ser os mesmos do item 4.2.2, com as possíveis correções solicitadas.

Uma cópia de cada desenho retornará ao fornecedor com a aprovação para fabricação ou com as indicações das modificações necessárias.

Caso sejam necessárias modificações, o fabricante deve fazer as correções e providenciar novas cópias para aprovação.

A aprovação de qualquer desenho pela CELG D não desobrigará o fabricante de toda

a responsabilidade de realização do projeto, montagem e operação corretas, não isentando o mesmo de fornecer todos os materiais de acordo com o requerido na ordem de compra e nesta norma.

Para cada lote de três reguladores deve ser enviado um manual de instruções.

#### 4.2.4 Manual de Instruções

O manual de instruções de montagem, operação e manutenção, deverá 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 e ajustes;
- V - Instruções para operação e manutenção;
- VI - Lista completa de todos os componentes, ferramentas especiais e peças de reposição;
- VII - Desenhos e documentos de fabricação certificados;
- VIII - Relatório dos ensaios de fabricação;
- IX - Catálogos de todos os componentes utilizados no regulador;
- X - Certificados de ensaios de tipo e de rotina.

#### Notas:

- 1) *A relação de documentos técnicos para aprovação apresentada deverá ser atendida para cada tipo de regulador de tensão.*
- 2) *O Capítulo V do manual de instruções - Instruções para Operação e Manutenção, deverá ser detalhado, em linguagem auto explicativa e ilustrado, apresentar desenhos dos subconjuntos mecânicos, por função, indicando folgas admissíveis e procedimentos para os ajustes, inclusive em casos de substituição de componentes. Não serão aceitos manuais apenas descritivos com indicações vagas para os procedimentos supra mencionados.*
- 3) *Todas as instruções, desenhos, legendas, manuais técnicos, relatórios de ensaios, etc., bem como a placa de identificação, devem ser escritos em português.*
- 4) *Após o atendimento de todos os comentários decorrentes da análise de toda a documentação, o manual deverá ser montado com capa dura plastificada e divisória com orelhas.*
- 5) *O manual completo, incluindo relatórios finais de recebimento em fábrica, aprovado, em cinco vias, incluindo os Capítulos I a X, deve ser entregue até trinta dias após a realização do último ensaio de recebimento. Além disso, o manual deve ser enviado em mídia de extensão "pdf" e todos os desenhos em formato "dwg" (Autocad).*
- 6) *O manual completo e desenhos devem também ser enviados em três cópias em CD-ROM.*

#### 4.2.5 Aprovação de protótipos

O fabricante deve submeter à aprovação da CELG D, quando solicitado, protótipos dos reguladores de tensão nos seguintes casos:

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

**Notas:**

- 1) *Para os itens a e b todos os custos decorrentes da aprovação dos protótipos correm por conta do fabricante.*
- 2) *A CELG D definirá em quais modelos e tensões serão exigidos os ensaios.*

O prazo mínimo para aprovação dos protótipos será de 30 dias, a contar da data de recebimento dos mesmos pela CELG D.

Para cada protótipo encaminhado à CELG D o fabricante deverá apresentar:

- a) Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas, clara e totalmente preenchido, acompanhado de seus documentos complementares;
- b) todos os relatórios de ensaios de tipo indicados no item 9.3 e desenhos solicitados no item 4.2.2.

Toda e qualquer divergência entre o equipamento especificado e o protótipo, bem como os motivos dessa divergência, devem ser claramente expostos no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas e no Quadro de Desvios Técnicos e Exceções.

### **4.3 Peças de Reposição**

O fornecedor deve incluir em sua proposta uma completa lista de preços para as peças de reposição que ele achar necessárias ou recomendadas.

As peças de reposição devem ser idênticas às daquelas do equipamento original.

Quando for o caso, elas podem ser submetidas a inspeção e ensaios. Devem ser embaladas em volumes separados, claramente marcados "Peças Sobressalentes".

O número de código do catálogo das peças de reposição e os números de código das peças devem ser fornecidos, de modo a facilitar posterior aquisição.

O fornecedor deve garantir o suprimento por um período de dez anos, a partir da data de entrega, e dentro de um período máximo de dois meses, a partir da emissão da ordem de compra, de quaisquer peças do regulador que se fizerem necessárias.

Esta garantia deve ser claramente indicada em sua proposta.

A CELG D se reserva o direito de aceitar todo o lote de peças de reposição ou a parte dele que achar mais conveniente.

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

Por equipamentos e ferramentas especiais, ficam definidos aquelas especialmente projetadas e fabricadas para um equipamento específico, devendo serem listadas pelo fabricante.

#### **4.4 Garantia**

Todos os reguladores e seus acessórios, mesmo que não sejam de sua fabricação, serão garantidos pelo fabricante, obedecido ainda o disposto no Contrato de Fornecimento de Material (CFM), contra falhas ou defeitos de materiais e mão de obra durante o período de 36 meses a partir da data de entrega.

Para o controle (hardware e software) a garantia de todos os componentes deve ser de 10 anos, a partir da data de entrega.

O fabricante terá um prazo de trinta dias a partir da notificação de defeito para efetuar prontamente os reparos, correções, reformas, reconstruções e até mesmo, substituição de componentes ou de todo o regulador, no sentido de sanar todos os defeitos, imperfeições ou partes falhas de materiais ou de fabricação que venham a se manifestar, cabendo ao fabricante as despesas e providências de recolhimento e posterior devolução do regulador no almoxarifado da CELG D.

No caso de substituição de peças ou materiais/equipamentos defeituosos, seja no controle eletrônico, mecanismo ou nas buchas, o prazo de garantia para estas peças, deverá ser estendido para um novo período de 36 meses a partir da data de liberação da peça consertada.

A CELG D reserva-se o direito de, a qualquer tempo, rejeitar todo o lote e solicitar sua substituição, se a falha constatada for oriunda de erro de fabricação ou erro de projeto, independente da ocorrência de defeito em cada regulador, tal que comprometa o desempenho operacional de todas as unidades do lote.

Os equipamentos e/ou materiais, no todo ou em partes, que apresentarem vícios ocultos revelados após a entrega, deverão ser reparados ou substituídos pelo fornecedor, em comum acordo com a CELG D.

Entende-se por vício oculto todo e qualquer defeito que seja constatado após o período de garantia, oriundo de falhas no projeto, fabricação ou material, não se tratando de defeito proveniente do desgaste normal de utilização em campo ou uso e operação indevida. Em caso de falha de projeto a garantia deve se estender por prazo indeterminado.

##### **4.4.1 Direito de Operar com Equipamento Insatisfatório**

Mediante a devida comunicação da ocorrência do defeito ao fabricante, a CELG D reserva-se o direito de optar pela permanência do equipamento insatisfatório em operação, até que possa ser retirado de serviço sem prejuízo para o sistema e entregue ao fabricante para os reparos definitivos.

## 5. CONDICÕES DE SERVIÇO

### 5.1 **Condições Normais de Serviço**

Os reguladores fabricados em conformidade com esta norma devem ser adequados para operação na potência nominal, sob as seguintes condições normais de serviço:

- a) temperatura do meio de resfriamento:  
a temperatura ambiente não deve exceder 40° C e a temperatura média diária não deve exceder 30°C;
- b) a altitude não deve exceder 1000 metros;
- c) a forma de onda da tensão de alimentação deve ser aproximadamente senoidal;
- d) a corrente de carga deve ser aproximadamente senoidal; o fator de distorção não deve exceder 0,05 pu;
- e) salvo especificação diferente, os reguladores devem ser adequados para operação ao tempo.

### 5.2 **Carregamento em Condições Diferentes das Nominais**

A ANSI C 57.95 orienta o carregamento em condições diferentes da nominal, incluindo:

- a) temperaturas ambientes superiores ou inferiores às que constituem a base para a potência nominal;
- b) carregamento por tempo reduzido, acima da potência nominal, sem redução da expectativa de vida;
- c) carregamento que resulta em redução da expectativa de vida.

#### **Nota:**

*Os acessórios e partes construtivas, tais como cabos, buchas, comutadores de derivações em carga, sistema de preservação do óleo, não devem limitar o carregamento a valor inferior à capacidade de sobrecarga dos enrolamentos.*

### 5.3 **Condições não Usuais de Serviço**

Condições diferentes das indicadas em 5.1 são consideradas condições não usuais de serviço, devendo ser levadas ao conhecimento dos responsáveis pelo projeto de aplicação do equipamento. Alguns exemplos de tais condições são:

- a) fumaças ou vapores prejudiciais, poeira abrasiva ou excessiva, misturas explosivas de poeiras ou gases, vapor d'água, atmosfera salina, umidade excessiva ou água gotejante, etc;
- b) vibração anormal, inclinação ou choques;
- c) condições não usuais de transporte, armazenamento e instalação;
- d) limitações de espaço;
- e) problemas não usuais de manutenção;
- f) regime ou frequência de operação não usuais, sobrecargas excessivas repentinas;
- g) tensões do sistema desequilibradas ou com desvio substancial da forma de onda senoidal;

- h) cargas envolvendo correntes com teor anormal de harmônicas, tais como as que podem ocorrer quando consideráveis correntes de carga são controladas por dispositivos de estado sólido ou similares, que podem causar perdas excessivas e aquecimento anormal;
- i) condições especificadas de carregamento (potências de saída e fatores de potência) associadas com transformadores ou auto-transformadores com vários enrolamentos, não cobertos por 5.2;
- j) excitação superior a 110% da tensão nominal ou maior que 1,1 entre a razão obtida entre as constantes K1 e K2 abaixo especificadas:

K1 = razão entre tensão e frequência do sistema

K2 = razão entre tensão nominal e frequência nominal

- k) curtos-circuitos planejados como uma parte da operação do regulador ou para ensaios do sistema de proteção;
- l) condições de aplicação de curto-circuito diferentes das constantes de 6.5;
- m) condições não usuais de tensão incluindo sobretensões transitórias, de ressonância, surtos de manobra, etc. que podem requerer consideração especial no projeto do isolamento;
- n) campos magnéticos de intensidade anormalmente elevadas;
- o) operação em paralelo;
- p) circulação de corrente contínua dentro do regulador;
- q) altitude superior a 1000 m.

## **6. CONDICÕES GERAIS**

### **6.1 Método de Resfriamento**

Os reguladores abrangidos por esta norma são do tipo cujo meio de resfriamento em contato com os enrolamentos é o óleo, com circulação natural, e o resfriamento externo é o ar com circulação natural (ONAN).

### **6.2 Limites de Elevação de Temperatura**

As elevações de temperatura dos enrolamentos, do óleo, das partes metálicas e outras partes do regulador de tensão, projetados para funcionamento nas condições usuais de serviço, previstas em 5.1, não devem exceder os limites da Tabela 1.

A temperatura de referência, em função do limite de elevação de temperatura dos enrolamentos é de 75°C.

### **6.3 Característica Nominal**

A característica nominal é constituída basicamente pelos seguintes valores:

- a) potência nominal;
- b) frequência nominal;
- c) tensão nominal;
- d) corrente nominal;
- e) faixa de regulação nominal ("ELEVAR" ou "DIMINUIR");
- f) nível de isolamento.

#### **6.3.1 Potência Nominal**

A potência nominal de reguladores corresponde ao regime contínuo, sem que sejam excedidos os limites de elevação de temperatura fixados nesta norma.

##### **6.3.1.1 Potências Nominais Preferenciais**

Os valores preferenciais de potência nominal dos reguladores devem ser baseados na operação à frequência nominal e faixa de regulação de 10% elevar a 10% diminuir. Estes valores preferenciais de potência constam da Tabela 2.

#### **6.3.2 Frequência Nominal**

A frequência nominal é 60 Hz.

#### **6.3.3 Tensão Nominal**

A tensão nominal, em volts, de um regulador deve ser escolhida entre os valores relacionados na Tabela 3.

### 6.3.3.1 Limites de Tensão de Operação

Os reguladores, incluindo os seus controles, devem operar dentro dos seguintes limites de tensão, desde que não seja excedido o valor da corrente nominal de carga:

- a) tensão mínima de entrada igual a 97,75 volts vezes a relação nominal do transformador de potencial ou do terciário;
- b) tensão máxima de entrada, na corrente nominal de carga, igual a 1,05 vezes a tensão nominal de entrada do regulador ou 137,5 volts vezes a relação nominal do transformador de potencial ou do terciário, prevalecendo o que for menor;
- c) tensão máxima de entrada em vazio igual a 1,1 vezes a tensão nominal de entrada do regulador ou 137,5 volts vezes a relação nominal do transformador de potencial ou do terciário, prevalecendo o que for menor;
- d) tensão mínima de saída igual a 103,5 volts vezes a relação nominal do transformador de potencial ou do terciário;
- e) tensão máxima de saída igual a 1,1 vezes a tensão nominal do regulador ou 137,5 volts vezes a relação nominal do transformador de potencial ou do terciário, prevalecendo o que for menor;
- f) a tensão de saída obtida com uma dada tensão da entrada é limitada também pela faixa de regulação do regulador.

### 6.3.3.2 Relações Nominais do Transformador de Potencial ou Terciário Preferenciais

Os valores das relações de tensões de alimentação constam da Tabela 4. Quando uma relação nominal do transformador de potencial ou terciário especificada não for um valor preferencial constante da Tabela 4, poderá ser fornecido um transformador auxiliar na unidade ou no controle de forma a modificar a relação de tensões para um valor preferencial.

### 6.3.3.3 Compensação da Queda de Tensão Interna de um Regulador

A queda de tensão interna dos reguladores deve ser adequadamente compensada para prover a faixa de tensão especificada, sob carga nominal de fator de potência 0,8 indutivo.

### 6.3.4 Corrente Nominal

A corrente nominal é deduzida a partir da potência, tensão e faixa de regulação nominais.

#### 6.3.4.1 Correntes Nominais Suplementares em Regime Contínuo

Em reguladores cuja tensão nominal é igual ou inferior a 19,9 kV e corrente nominal igual ou inferior a 668 A, as correntes nominais suplementares em regime contínuo devem ter, nas faixas intermediárias de tensão, o menor valor entre 668 A e o que for calculado conforme Tabela 5.

### 6.3.5 Faixa de Regulação Nominal

A faixa de regulação nominal é expressa como segue:

- a) se houver derivações para "ELEVAR" e "DIMINUIR": + a%, - b% ou  $\pm$  a% (quando a = b);

- b) se houver somente derivações para "ELEVAR" + a%;
- c) se houver somente derivações para "DIMINUIR": - b%.

**Nota:**

*As constantes a e b são reais, positivas e iguais à amplitude da faixa de regulação.*

#### 6.3.6 Níveis de Isolamento

Os reguladores devem suportar tensões de ensaio de frequência industrial e de impulso atmosférico, aplicadas em seus terminais de linha, e somente de frequência industrial no terminal de neutro.

O conjunto destes valores de tensões de ensaio constituem os níveis de isolamento correspondentes às tensões máximas do equipamento, indicadas na Tabela 6. Em tensões de impulso atmosférico cortado, o tempo até o corte deve estar de acordo com a.ABNT NBR IEC 60060-1.

Os espaçamentos mínimos a serem observados no ar são os indicados na Tabela 7.

#### 6.4 Perdas, Corrente de Excitação e Impedância de Curto-Circuito

Os valores máximos das perdas totais, em vazio e da corrente de excitação devem atender a Tabela 8, observadas as tolerâncias da Tabela 9.

Os valores das tolerâncias das perdas totais e em vazio e corrente de excitação, nas condições prescritas em 6.4.1, devem ser as especificadas na Tabela 9.

##### 6.4.1 Determinação das Perdas, da Corrente de Excitação e da Impedância de Curto-Circuito

As perdas em vazio (excitação) e a corrente de excitação devem ser determinadas para a tensão e frequência nominais, com base em forma senoidal da tensão.

As perdas em carga e a impedância de curto-circuito devem ser medidas para tensão, corrente e frequência nominais e devem ser corrigidas para uma temperatura de referência igual à soma do limite de elevação de temperatura do enrolamento pelo método de variação da resistência indicada na Tabela 1, mais 20° C.

Visto que as perdas totais podem ser muito diferentes nas diversas posições do comutador, dependendo do tipo construtivo, elas devem ser consideradas na prática como a soma das perdas em vazio e em carga, onde:

- a) o valor das perdas em vazio é a média dos valores das perdas em vazio na posição neutra e na posição adjacente no sentido "elevar", com tensão nominal aplicada ao enrolamento comum ou série para reguladores que não incluem um transformador série. Em caso de reguladores de tensão por degraus tipo B, na posição adjacente à posição neutra no sentido "elevar", a tensão de excitação aplicada ao terminal da fonte pode provocar sobreexcitação. Deve-se assegurar excitação nominal no enrolamento comum; isto pode ser efetuado excitando-se o regulador pelo terminal de carga;

- b) para os reguladores que possuem transformador série, as perdas em vazio devem ser determinadas para a posição neutra, máxima "elevar" e adjacente à máxima "elevar".

O valor das perdas em carga é a média dos valores das perdas em carga nas posições máxima "diminuir" e adjacente à máxima "diminuir", máxima "elevar" e na posição adjacente à máxima "elevar".

Visto que as impedâncias de curto-circuito podem ser diferentes nas diversas posições do comutador dependendo do tipo construtivo, devem ser determinadas nas posições máxima "elevar" e máxima "diminuir".

## **6.5 Capacidade de Suportar Curtos-Circuitos**

### **6.5.1 Disposições Gerais**

Reguladores imersos em óleo devem ser projetados e construídos para suportarem as solicitações térmicas e mecânicas produzidas por correntes de curto-circuito simétricas, com valor eficaz de 25 vezes a corrente nominal, resultantes de curtos-circuitos externos.

Deve-se admitir a corrente de curto-circuito deslocada em relação ao zero, no que se refere à determinação dos esforços mecânicos. O regulador deve suportar o valor de crista da corrente de curto-circuito igual a 2,26 vezes a corrente de curto-circuito eficaz simétrica.

Deve-se admitir que a duração da corrente de curto-circuito eficaz simétrica, no que se refere à determinação das solicitações térmicas, é de 2 segundos, salvo especificação diferente. A capacidade de suportar curtos-circuitos pode ser prejudicada pelos efeitos cumulativos da repetição de solicitações excessivas, mecânicas e térmicas, produzidas por curtos-circuitos e cargas superiores às constantes da placa de identificação. Visto não haver disponíveis meios para a contínua monitoração dos efeitos degradantes de tal regime, para a sua avaliação quantitativa, devem ser executados quando especificado, ensaios de curto-circuito antes da colocação em funcionamento dos reguladores. Recomenda-se a instalação, quando necessário, de reatores limitadores de corrente a fim de limitar a corrente de curto-circuito ao máximo de 25 vezes a corrente nominal.

### **6.5.2 Demonstração da Capacidade Mecânica**

Não se exige o ensaio de cada projeto individual de regulador a fim de demonstrar a construção adequada. Quando especificado, devem ser realizados ensaios de capacidade de suportar esforços mecânicos de curto-circuito, como descrito em 10.12.

### **6.5.3 Suportabilidade Térmica de Reguladores para Condições de Curto-Circuito**

A temperatura do material dos condutores dos enrolamentos dos reguladores, nas condições de curto-circuito especificadas em 6.5.1 e 6.5.2 calculada de acordo com os critérios descritos a seguir, não deve exceder 250°C para condutor de cobre ou 200°C para condutor de alumínio.

Admite-se uma temperatura máxima de 250°C para:

- a) ligas de alumínio com propriedades de resistência ao recozimento a 250°C equivalentes às do alumínio a 200°C;
- b) aplicação do alumínio a casos em que as características do material totalmente recozido satisfazem os requisitos mecânicos.

Na fixação destes limites de temperatura foram considerados a geração de gás, proveniente do óleo ou da isolação sólida, o recozimento do condutor e o envelhecimento da isolação.

A máxima temperatura média  $\theta_1$ , atingida pelo enrolamento após um curto-circuito, deve ser calculada pela fórmula:

$$\theta_1 = \theta_0 + aj^2 \cdot t \cdot 10^{-3} (\text{°C})$$

Onde:

$\theta_1$  = máxima temperatura média, em °C;

$\theta_0$  = temperatura inicial, em °C;

$j$  = densidade da corrente de curto-circuito, em A/mm<sup>2</sup>;

$t$  = duração, em segundos;

$a$  = função de  $(\theta_2 + \theta_0)/2$  de acordo com a Tabela 11;

$\theta_2$  = valor máximo admissível da máxima temperatura média do enrolamento, como especificado na Tabela 10.

**Nota:**

*A expressão "máxima temperatura média  $\theta_1$ " refere-se à média de temperaturas de todos os pontos do enrolamento, calculada admitindo-se toda a energia térmica, desenvolvida pela corrente de curto-circuito acumulada no enrolamento.*

O valor da máxima temperatura  $\theta_1$  do enrolamento, depois de percorrido por uma corrente de curto-circuito simétrica de valor e duração indicados em 6.5.1, não deve exceder o valor  $\theta_2$  da Tabela 10, para qualquer posição da derivação.  $\theta_1$  é calculado com base na temperatura inicial do enrolamento  $\theta_0$ , obtida da soma da temperatura ambiente máxima admissível e da variação da resistência na potência nominal (ou, se esta elevação de temperatura não for disponível, considera-se o limite de elevação de temperatura aplicável).

## **7. OUTROS REQUISITOS**

Certas aplicações específicas exigem requisitos para reguladores não abrangidos pelos itens 5, 6 e 8, os quais estão relacionados nas seções seguintes. Este item contém descrições dos requisitos mais frequentemente utilizados para tais reguladores e devem ser exigidos somente quando especificados em conjunto com os requisitos dos itens citados acima.

### **7.1 Acessórios Especiais**

Quando especificado, devem ser fornecidos os acessórios especiais indicados a seguir:

#### **7.1.1 Controle de Limite de Tensão**

Dispositivo destinado a limitar a tensão de saída em valores pré-fixados para evitar sobretensões aos primeiros consumidores, quando de qualquer operação anormal de controle ou de fluxo de corrente imprevisto.

#### **7.1.2 Controle de Redução de Tensão**

Dispositivo destinado a reduzir a tensão de saída, por meio de operação local ou remota, nos casos de aumento excessivo de demanda, compensando cargas de pico extraordinárias.

#### **7.1.3 Indicador de Temperatura do Óleo**

Dispositivo destinado a indicar a temperatura do topo do óleo.

#### **7.1.4 Cabine de Controle para Operação Remota**

Cabine adequada para operação remota, até uma distância máxima de 10 metros, sem alterações nas suas características operativas.

#### **7.1.5 Indicador de Temperatura do Enrolamento**

Dispositivo destinado a indicar a temperatura do ponto mais quente do enrolamento.

#### **7.1.6 Indicador Remoto de Posição**

Dispositivo destinado a indicar, em um ponto que não é o da instalação do regulador, o TAP em que ele se encontra.

#### **7.1.7 Previsão para Automação**

O controle deve possibilitar através de porta serial adicional comunicação remota ou por intermédio de notebook conectado na saída padrão RS232 do relé.

O projeto do controle deverá consistir de construção modular para prover uma maior flexibilidade, de maneira que possam ser facilmente instalados no futuro placas de comando e sinalização remota, via comunicação por fibra ótica, RS232, RS485 e/ou rádio, devendo a CELG D optar pelo sistema que melhor lhe convier.

O protocolo de comunicação será definido pela CELG D.

Todo o software, bem como o treinamento necessário para sua aplicação, deverá ser fornecido juntamente com os reguladores, sem ônus para a CELG D. Este software deve ter um código de segurança programável para limitar o acesso às funções de ajuste do controle somente a pessoas autorizadas.

O display do controle, a comunicação remota e a conexão com o notebook deverão permitir, no mínimo, a obtenção dos seguintes dados: tensão na carga e na fonte; corrente na carga e na fonte; fator de potência; TAPs: atual; máximo e mínimo; demanda máxima de tensão e corrente. Deve possibilitar ainda que sejam feitas alterações nos ajustes do controle, tais como insensibilidade, percentual de regulação, temporização, compensador de queda de tensão na linha, limitador de tensão e tensão de referência, além de leitura de memória de massa através do notebook ou comunicação remota. Essa memória deve acumular os dados de, no mínimo, 30 dias com medições de 15 em 15 minutos.

É conveniente verificar a quantidade e o tipo de portas de comunicação e detalhar a parte de automação.

## 8. CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

### 8.1 Características do Líquido Isolante

O líquido isolante a ser utilizado deve ser óleo mineral isolante, cujas características e aplicação são as indicadas no Anexo B.

### 8.2 Buchas

As buchas usadas nos reguladores devem ter nível de isolamento não inferior ao nível de isolamento do enrolamento ao qual são ligadas.

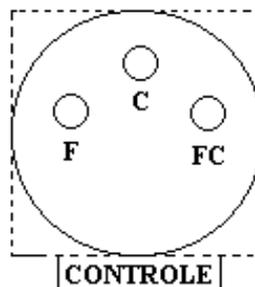
As buchas, montadas no regulador de tensão, devem ser capazes de suportar os ensaios dielétricos a que são submetidos os reguladores, segundo os valores especificados na Tabela 12.

As buchas devem estar em conformidade com a ABNT NBR 5034.

### 8.3 Identificação dos Terminais

Os terminais de reguladores ligado à carga devem ser designados pela letra C e os terminais ligados à fonte pela letra F. O terminal comum deve ser designado por FC.

Quando visto de cima, o terminal F deve ficar do lado esquerdo, seguido em sentido horário, pelo terminal C e pelo terminal comum FC, na sequência indicada na Figura 3.



**Figura 3 - Regulador de tensão por degraus (monofásico)**

### 8.4 Diagrama de Ligações

O fabricante deve fornecer, para cada regulador de tensão, diagramas completos mostrando os terminais e as ligações internas com suas designações, inclusive indicações de polaridade, bem como as tensões e correntes correspondentes às várias ligações. Estes diagramas devem ser inscritos na placa de identificação e constituir parte dela.

### 8.5 Acabamento do Tanque e Radiadores

#### 8.5.1 Geral

a) O tanque e radiadores não devem apresentar impurezas superficiais.

- b) As superfícies internas e externas do tanque devem receber um tratamento que lhes confira uma proteção eficiente contra a corrosão e o material utilizado não deve afetar nem ser afetado pelo óleo. A preparação das superfícies e respectiva proteção contra corrosão devem ser executadas em conformidade com a ABNT NBR 11388.
- c) As superfícies externas devem receber um esquema de pintura tal que suportem os ensaios prescritos no Anexo A.
- d) Os flanges das buchas, os parafusos e porcas externas ao transformador não poderão receber pintura e deverão ser galvanizados a fusão.

#### 8.5.2 Pintura Interna

##### a) Preparação da Superfície

Logo após a fabricação do tanque, as impurezas devem ser removidas através de processo adequado.

##### b) Tinta de Fundo

Deve ser aplicada base anti-ferruginosa que não afete e nem seja afetada pelo líquido isolante, com espessura seca mínima de 30  $\mu\text{m}$ .

#### 8.5.3 Pintura Externa

##### a) Preparação da Superfície

Logo após a fabricação do tanque, as impurezas devem ser removidas através de processo químico ou jateamento abrasivo ao metal quase branco, padrão visual Sa 2 1/2 da Norma SIS-05-5900.

##### b) Tinta de Fundo

Deve ser aplicada base anti-ferruginosa, com espessura seca total mínima de 40  $\mu\text{m}$ .

##### c) Tinta de Acabamento

Deve ser aplicada tinta compatível com a tinta de fundo utilizada, na cor cinza claro, notação Munsell N 6.5, com espessura seca total mínima de 120  $\mu\text{m}$ .

### 8.6 Componentes e Acessórios

Os componentes e acessórios dos reguladores de tensão que devem obrigatoriamente ser fornecidos são os seguintes, salvo exigência em contrário:

Componentes para o controle e operação automáticos:

- sistema e cabine de controle;
- TCs e TPs ou equivalentes para alimentação do sistema de controle;
- acionamento motorizado;
- alimentação interna para acionamento motorizado;

- meios para desligamento da alimentação de controle e do acionamento motorizado;
- indicador externo de posição do regulador.

Acessórios:

- placa(s) de identificação;
- placa de identificação de cadastro;
- indicador de nível de óleo;
- meios para drenagem e retirada de amostra de óleo;
- meios para filtragem de óleo;
- meios para suspensão;
- conectores terminais das buchas;
- meios de aterramento do tanque;
- meios de aterramento do núcleo;
- protetor de enrolamento série (para-raios de by-pass);
- meios para alívio de pressão;
- suporte para fixação ao poste, quando aplicável;
- meios para fixação em base;
- provisão para fixação de para-raios;
- abertura para inspeção;
- detetor de fluxo inverso de potência;
- meios para teste do dispositivo de controle.

## **8.7 Descrição dos Componentes**

### **8.7.1 Sistema e Cabine do Controle**

Caixa metálica, com grau de proteção mínima IP53 conforme ABNT NBR IEC 60529, que contém os dispositivos de controle e proteção do regulador, fixada no próprio tanque, por meio de parafusos, em localização que permita o acesso em segurança.

A conexão da cabine de controle ao sistema de alimentação interna do regulador, deve ser feita por conectores que permitam curto-circuitar automaticamente o secundário do transformador de corrente, quando da retirada da cabine.

O sistema de controle de um regulador é geralmente composto de um aparelho sensor destinado a fornecer sinais proporcionais à tensão do sistema e à corrente de carga e um dispositivo de controle para interpretar a entrada proveniente do aparelho sensor, comparar esta entrada às condições desejadas pelo operador e comandar automaticamente o regulador para funcionar de forma a manter a saída predeterminada.

A classe de exatidão é baseada no desempenho combinado do aparelho sensor e do dispositivo de controle. Admite-se que o dispositivo de controle foi adequadamente calibrado.

Quando o regulador for fornecido com um sistema de controle completo, este conjunto satisfará uma das classes de exatidão da Tabela 13, desconsiderando-se parcelas de inexatidão relativa, atribuídas ao aparelho sensor ou ao dispositivo de controle.

#### 8.7.1.1 Aparelho Sensor - Fonte de Tensão

O transformador de potencial ou equivalente deve ter características adequadas à operação correta do regulador, devendo também ser provido, quando especificado, de derivações para permitir o emprego do regulador em locais com tensões diferentes. Todas as características da fonte de tensão devem ser declaradas numa base nominal coerente com a operação do dispositivo de controle, preferencialmente 120 Volts. As classes de exatidão para transformadores de potencial ou fonte de tensão equivalente devem estar de acordo com a Tabela 14, sob carga e fator de potência impostos pelo dispositivo de controle associado.

#### 8.7.1.2 Aparelho Sensor - Fonte de Corrente

O transformador de corrente deve ter características adequadas à operação correta do regulador, não devendo se constituir em fator limitante da sobrecarga admissível para o mesmo. O transformador de corrente pode ser provido de derivações para permitir o emprego em dispositivos de controle diferentes. Todas as características da fonte de corrente devem ser declaradas numa base nominal coerente com a operação do dispositivo de controle, preferencialmente 0,2 Ampères.

As classes de exatidão para transformadores de corrente devem estar de acordo com a Tabela 15, sob carga e fator de potência impostos pelo dispositivo de controle associado, quando os elementos resistivo e reativo do compensador se acharem ajustados na posição média da plena faixa de tensão.

#### 8.7.1.3 Dispositivo de Controle

A exatidão com a qual o dispositivo de controle de um regulador de tensão é apto a manter a tensão desejada, depende de certo número de fatores variáveis, os principais sendo, a variação na temperatura ambiente, frequência e carga do regulador. Esta exatidão é afetada em grau variado pelos efeitos, sobre as partes individuais do controle, dessas variações. Na determinação da exatidão do dispositivo do controle, o erro percentual é baseado nas seguintes condições em referência:

- temperatura ambiente de 25°C;
- frequência nominal;
- regulador na posição "neutro" fornecendo tensão de saída nominal;
- corrente de carga zero, com a exceção de que os erros de compensação de queda de tensão na linha são baseados em corrente nominal;
- tensão e corrente senoidais.

**Nota:**

*O usuário deve estar ciente de que a distorção harmônica da tensão ou corrente de entrada pode resultar em diferenças nas magnitudes percebidas daqueles parâmetros que dependem da técnica sensória adotada, notadamente a percepção de grandezas médias ou eficazes.*

*Tais diferenças são inerentes ao projeto do produto e não constituem erro.*

Cada erro individual é declarado em função do seu efeito sobre a resposta do dispositivo de controle. Erros que causam a manutenção pelo dispositivo de controle, de um nível de tensão de saída superior ao valor de referência são erros positivos.

Erros que causam a manutenção, pelo dispositivo de controle, de um nível de tensão de saída inferior ao valor de referência são erros negativos. O efeito de cada fator principal de variação é considerado em separado, mantidos constantes os demais fatores. O erro global na determinação da classe de exatidão é obtido somando-se os erros individuais escolhidos, determinados cada qual independentemente. Para esta finalidade, os erros se referem à diferença entre esta soma e a tensão ajustada, admitindo-se igual a zero a largura da faixa da tensão. O erro percentual global permitido no dispositivo de controle é a soma algébrica entre o erro percentual global permitido pela classe de exatidão especificada do sistema de controle e o erro percentual global do aparelho sensor, quando utilizado em conjunto com o dispositivo de controle.

a) Erros para determinação da exatidão do dispositivo de controle

Os erros a serem incluídos na determinação da exatidão do dispositivo de controle são o erro positivo máximo e o erro negativo máximo. A exatidão do dispositivo de controle deve ser constituída pelo maior valor da soma dos erros positivos e a soma dos erros negativos, dos seguintes erros:

- erro do dispositivo de controle devido às variações da temperatura ambiente no qual é operado, em uma faixa entre  $-10^{\circ}\text{C}$  e  $65^{\circ}\text{C}$ ;
- erro do dispositivo de controle devido às variações de frequência de  $\pm 0,25\%$  de sua frequência nominal;
- erro do dispositivo de controle devido a compensação de resistência; com o compensador da reatância ajustado no zero e com 100% da corrente de carga em fase o valor do erro da compensação resistiva é definido como a diferença entre o aumento real da tensão de saída e o aumento esperado de 12 V, quando o controle da compensação da resistência é movido do zero a + 12 V. Com o compensador de reatância ajustado no zero e com 100% da corrente de carga atrasada de  $90^{\circ}$ , o erro de fase da compensação da resistência é definido como a diferença entre o aumento real da tensão de saída e o aumento esperado de 0,6 V quando o controle de compensação da resistência é movido de zero a + 12V;
- erro do dispositivo de controle devido a compensação da reatância; com o compensador da resistência ajustado no zero, e com 100% da corrente de carga em fase, o erro de fase da compensação de resistência é definido como a diferença entre o aumento real da tensão de saída e o aumento esperado de 0,6V quando o controle de compensação de reatância é movido de zero a + 12 V.

Com o compensador de resistência ajustado no zero e com 100% da corrente de carga atrasada de  $90^{\circ}$ , o valor do erro da compensação de reatância é definido como a diferença entre o aumento real da tensão de saída e o aumento esperado de 12V quando o controle de compensação da reatância é movido de zero a + 12V.

- erros devidos a desvio de marcação dos pontos de ajuste no painel do dispositivo de controle;
- desvios de marcação dos pontos de ajuste de nível de tensão, largura de faixa de tensão, compensação de queda de tensão na linha e ajustes de temporização, não são considerados como parte dos erros do dispositivo de controle.

**Notas:**

- 1) *Desvio de marcação do nível de tensão*  
*A diferença entre o nível de tensão real e o nível de tensão marcado, para qualquer ajuste sobre a faixa preferencial de 120 V  $\pm$  10%, não deve exceder o erro permitido pela classe de exatidão especificada para o dispositivo de controle.*
- 2) *Desvio de marcação da largura da faixa de tensão*  
*A diferença entre as tensões limites da largura de faixa real e os correspondentes valores marcados não deve exceder  $\pm$  10% dos valores marcados.*
- 3) *Desvio de marcação do compensador de queda de tensão de linha*  
*A diferença entre a queda de tensão a ser compensada e os valores marcados de qualquer ajuste dos elementos resistivo e reativo do compensador, obtidos separadamente, expressa em porcentagem de 120 volts, não deve exceder o erro percentual permitido de controle, com corrente nominal no compensador.*
- 4) *Desvio de marcação de temporização*  
*A diferença entre a temporização real e o valor marcado de qualquer ajuste não deve exceder  $\pm$  20% deste, quando esta temporização for iniciada sem qualquer tempo acumulado no circuito de temporização.*

**b) Característica do Dispositivo de Controle**

O dispositivo de controle deve possuir basicamente as seguintes faixas de ajustes:

- nível de tensão ajustável externamente pelo menos de 105 a 130 V em degraus de 1 V ou continuamente;
- largura de faixa ajustável no mínimo entre 1,5 e 6 V ou entre  $\pm$  0,6% e  $\pm$  3% da tensão de referência;
- temporização linear e integrada (quando aplicável) ajustável no mínimo entre 15 a 90 segundos. A temporização é aplicável somente à primeira comutação;
- compensador de queda de tensão na linha incluindo reatância e resistência ajustáveis independentemente no mínimo entre  $\pm$  20 V. A tensão se refere à compensação de queda de tensão na linha na base da tensão nominal do controle e carga nominal do regulador. Não é necessário prover compensação de resistência e reatância negativas simultaneamente;

**c) Partes integrantes;**

As seguintes partes integrantes devem ser fornecidas com o dispositivo de controle:

- terminais de teste para verificação da tensão regulada;

a variação da tensão entre estes terminais não deve exceder  $\pm$  1% quando se conectar a eles carga de 25 VA com fator de potência 0,70, a menos que especificado diferentemente. Esta variação não está incluída na especificação da exatidão do dispositivo de controle;

- contador de operações do comutador de derivações em carga;

- chave de controle manual - automático;
- chave(s) manual(is) para comando Elevar - Diminuir;
- indicador de posição neutra independente do indicador de posições do comutador;
- proteção do dispositivo de controle e do acionamento motorizado do comutador;
- chave manual para alimentação interna ou externa;
- sinalização correspondente à situação da tensão real (fora ou dentro da largura de faixa);
- terminais para alimentação externa do dispositivo de controle;
- meios para retornar a indicação das posições máxima e mínima para a posição neutra.

#### 8.7.2 Acionamento Motorizado do Comutador

Composto de um motor elétrico e respectivas engrenagens ou sistema de correntes alojados internamente ao tanque, acionados pelo dispositivo de controle, que movimentam o comutador de derivações em carga.

#### 8.7.3 Meios para Alimentação do Controle e/ou Acionamento Motorizado por Fonte Externa

Constituído de recurso para impedir a energização do transformador de potencial interno, quando da alimentação do controle por fonte externa.

**Nota:**

*Deve ser provido dispositivo acessível para efetuar a desconexão do secundário do transformador de potencial interno, acionamento motorizado e transformador de corrente (permitindo inclusive curto-circuitar seus terminais), a fim de possibilitar a realização de testes individuais nestes componentes.*

#### 8.7.4 Indicador de Posição do Comutador

Dispositivo eletromecânico ou eletrônico para indicação, externa, da posição do comutador. O indicador de posição deve ser provido de meios para reter a indicação da máxima e mínima posição alcançada durante um período de operação.

#### 8.7.5 Controle de Limitação de Faixa de Regulação

Dispositivo que permite a utilização das correntes suplementares definidas em 6.3.4.1. Deve ser provido de meios para reter a indicação de máxima e mínima posição alcançada durante um período de operação.

### 8.8 Descrição dos Acessórios

#### 8.8.1 Placa de Identificação

Para cada regulador de tensão deve(m) ser fornecida(s) placa(s) de identificação em aço inox ou alumínio anodizado com espessuras mínimas de 0,5 mm e 0,8 mm respectivamente, com caracteres em baixo relevo e cor preta e fundo na cor do material, ou de outra forma que assegure perfeita visualização e caracteres indelévels, afixada(s) em local visível.

Esta(s) placa(s) de identificação deve(m) conter, no mínimo, as seguintes informações de forma indelével :

- a) a expressão "REGULADOR DE TENSÃO MONOFÁSICO";
- b) nome do fabricante e local de fabricação;
- c) número de série de fabricação;
- d) ano de fabricação;
- e) designação e data da norma brasileira;
- f) tipo (segundo a classificação do fabricante);
- g) potência(s) nominal(is), em kVA;
- h) corrente(s) nominal(is), em A, e corrente(s) nominal(is) suplementar(es) com sua(s) faixa(s) de regulação limitada(s);
- i) tensão(ões) nominal(is), em kV;
- j) faixa de regulação nominal em %;
- k) número de degraus;
- l) frequência nominal, em Hz;
- m) nível(is) de isolamento;
- n) designação(ões) do(s) método(s) de resfriamento;
- o) diagramas como especificado em 8.4;
- p) limite de elevação de temperatura dos enrolamentos, em °C;
- q) impedâncias de curto-circuito nas posições nominal e extremas, em %;
- r) tipo de óleo e volume necessário, em litros;
- s) massa total e da parte ativa, em kg;
- t) número do livro de instruções fornecido pelo fabricante.

Nos reguladores de tensão com massa total superior a 1500 kg, a placa de identificação deve conter também o seguinte:

- a) massa do tanque e acessório, em kg;
- b) massa da parte ativa, em kg;
- c) massa do óleo, em kg.

Os níveis de isolamento dos enrolamentos e do terminal do neutro devem ser indicados, preferencialmente, conforme modelo apresentado na Tabela 16.

#### 8.8.2 Placa de Identificação de Cadastro de 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) Devera ser fixada próximo à placa de identificação principal do regulador, na mesma lateral.
- f) Deverá estar fixada ao equipamento quando este for apresentado para realização dos ensaios de recebimento em fábrica.

### 8.8.3 Indicador de Nível de Óleo

Dispositivo do tipo visor, com marcação dos níveis de óleo a 25°C e mínimo.

### 8.8.4 Meio para Suspensão do Regulador Completamente Montado, da Tampa da Parte Ativa e Radiadores

São dispositivos (alças, olhais, ganchos, etc) adequados para levantamento do regulador completamente montado, inclusive com óleo; devem também dispor de meios para levantamento da sua parte ativa e dos radiadores. Toda tampa cuja massa for superior a 15 kg deve dispor de meio para seu levantamento.

### 8.8.5 Meios de Aterramento do Tanque

Conector de material não ferroso ou inoxidável, instalado externamente ao tanque, o mais próximo possível da base do regulador, que permita fácil ligação à terra, adequados para cabos de 10 a 35 mm<sup>2</sup> com condutividade elétrica mínima de 25% IACS a 20°C.

### 8.8.6 Conectores Terminais das Buchas

Devem ser adequados para condutores de cobre ou alumínio, de seções de 35 a 120 mm<sup>2</sup>, confeccionados em liga de cobre com condutividade elétrica mínima de 25% IACS a 20°C.

### 8.8.7 Meios de Aterramento do Núcleo

O núcleo deve ser aterrado em um único ponto, o qual é levado através de um condutor a um ponto acessível, de modo que com mínimo levantamento da tampa, seja possível desconectá-lo para verificações, sem necessidade de drenagem do óleo.

**Nota:**

*É suficiente que o ponto de desconexão seja na parte superior do tanque.*

### 8.8.8 Detector de Fluxo Inverso de Potência

Dispositivo automático que detecta a inversão do fluxo de potência e realiza a mudança da alimentação do sensor de tensão do lado da carga para o lado da fonte do regulador.

### 8.8.9 Meios para Teste do Dispositivo de Controle

Devem ser providos meios destinados a variar a tensão de alimentação do dispositivo de controle em caso de teste.

## 9. INSPEÇÃO E ENSAIOS

### 9.1 Generalidades

Os ensaios devem ser executados de acordo com o item 10.

- a) Os reguladores deverão ser submetidos a inspeção e ensaios na fábrica, na presença de inspetores credenciados pela CELG D.
- b) A CELG D se reserva o direito de inspecionar e testar os reguladores e o material utilizado durante o período de sua fabricação, antes do embarque ou a qualquer tempo em que julgar necessário. O fabricante deverá proporcionar livre acesso do inspetor aos laboratórios e às instalações onde o equipamento em questão estiver sendo fabricado, fornecendo as informações desejadas 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) Antes de serem fornecidos os reguladores, um protótipo de cada tipo deve ser aprovado, através da realização dos ensaios de tipo previstos no item 9.3.
- d) Os ensaios para aprovação do protótipo podem ser dispensados parcial ou totalmente, a critério da CELG D, se já existir um protótipo idêntico aprovado. Se os ensaios de tipo forem dispensados, o fabricante deve submeter um relatório completo dos ensaios indicados no item 9.3, com todas as informações necessárias, tais como métodos, instrumentos e constantes usadas. A eventual dispensa destes ensaios pela CELG D 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 da CELG D).
- f) O fabricante deve assegurar ao inspetor da CELG D o direito de se familiarizar, em detalhe, 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 e válidos por um período de, no máximo, 1 ano e, por ocasião da inspeção, ainda dentro do período de validade, podendo acarretar desqualificação do laboratório o não cumprimento desta exigência.
- h) A aceitação do lote e/ou a dispensa de execução de qualquer ensaio:
  - não eximem o fabricante da responsabilidade de fornecer o material de acordo com os requisitos desta norma;
  - não invalidam 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, o lote pode ser inspecionado e submetido a ensaios, com prévia notificação ao fabricante e, eventualmente, em sua presença. Em caso de qualquer discrepância em relação às exigências desta norma, o lote pode ser rejeitado e sua reposição será por conta do fabricante.

- i) Após a inspeção dos reguladores o fabricante deverá encaminhar à CELG D, por lote ensaiado, um relatório completo dos testes efetuados, em uma via,

devidamente assinado por ele e pelo inspetor credenciado pela CELG D. Este relatório deverá conter todas as informações necessárias para o seu completo entendimento, tais como: métodos, instrumentos, constantes e valores utilizados nos testes 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 regulador 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) A CELG D poderá, a seu critério, em qualquer ocasião, solicitar a execução dos ensaios de tipo para verificar se os reguladores estão mantendo as características de projeto preestabelecidas por ocasião da aprovação dos protótipos.
- m) Para efeito de inspeção os reguladores deverão ser divididos em lotes, por potência, devendo os ensaios serem feitos na presença do inspetor credenciado pela CELG D.
- n) O custo dos ensaios deve ser por conta do fabricante.
- o) A CELG D se reserva o direito de repetir os ensaios em lotes já aprovados. Nesse 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.
- p) Os custos da visita do inspetor da CELG D (locomoção, hospedagem, alimentação, homem-hora e administrativos) correrão por conta do fabricante nos seguintes casos:
  - se na data indicada na solicitação de inspeção o material não estiver pronto;
  - se o laboratório de ensaio não atender às exigências de 9.1.e até 9.1.g.;
  - se o material fornecido necessitar de acompanhamento de fabricação ou inspeção final em sub-fornecedor, contratado pelo fornecedor, em localidade diferente da sua sede;
  - se o material necessitar de reinspeção por motivo de recusa.

## 9.2 Ensaios de Recebimento

Os ensaios de recebimento são os seguintes e devem ser executados em todas as unidades, exceto no caso do ensaio do óleo isolante, não necessariamente na ordem abaixo indicada:

- a) inspeção visual;
- b) resistência elétrica dos enrolamentos;
- c) relação de tensões;
- d) polaridade;
- e) perdas em vazio;
- f) corrente de excitação;
- g) impedância de curto-circuito e perdas em carga;
- h) tensão suportável nominal à frequência industrial;
- i) tensão induzida;
- j) resistência do isolamento;
- k) estanqueidade e resistência à pressão;
- l) verificação do funcionamento dos acessórios e componentes;

- m) tensão suportável à frequência industrial no dispositivo de controle, acessórios e componentes;
- n) verificação do esquema de pintura;
- o) ensaios do óleo isolante:
  - rigidez dielétrica;
  - teor de água;
  - fator de perdas dielétricas ou fator de dissipação;
  - tensão interfacial;
  - índice de neutralização;
  - densidade a 20/40°C;
  - ponto de fulgor;
  - ponto de anilina.

**Notas:**

- 1) *Quando aplicável, em decorrência do tipo construtivo do regulador, o ensaio de estanqueidade e resistência à pressão pode ser executado durante a fabricação.*
- 2) *No caso da aderência e espessura da pintura deve ser adotado o critério de amostragem constante da Tabela 20.*

### **9.3 Ensaios de Tipo**

A CELG D deve especificar, na ordem de compra, os ensaios desejados e o número de unidades da encomenda sobre as quais devem ser aplicados. Os ensaios de tipo são os especificados em 9.2 e mais os seguintes:

- a) tensão suportável nominal de impulso atmosférico;
- b) fator de potência do isolamento;
- c) elevação de temperatura;
- d) exatidão do dispositivo de controle;
- e) curto-circuito;
- f) nível de ruído;
- g) tensão de radiointerferência;
- h) ensaios aplicáveis ao comutador de derivações em carga conforme ABNT NBR 8667-1;
- i) estanqueidade da caixa de controle conforme ABNT NBR IEC 60529;
- j) análise cromatográfica dos gases dissolvidos no óleo isolante;
- k) descargas parciais;
- l) ensaios aplicáveis ao relé regulador de tensão.

### **9.4 Ensaios Dielétricos**

#### **9.4.1 Disposições Gerais**

Os ensaios realizados em baixa frequência são os de tensão suportável nominal à frequência industrial e de tensão induzida.

Os ensaios de impulso quando exigidos devem ser executados somente nos enrolamentos especificados pela CELG D.

O ensaio de impulso atmosférico no neutro de um regulador deve ser executado somente quando especificado. Se o nível de isolamento da bucha do neutro for diferente do nível do enrolamento, o ensaio de impulso deve ser executado utilizando-se o menor valor.

#### 9.4.2 Ensaio de Tensão Suportável Nominal à Frequência Industrial

Os enrolamentos comum e série do regulador devem ser ensaiados simultaneamente somente para terra e atender ao especificado na Tabela 6.

Para reguladores com isolamento reduzido no neutro, o ensaio de tensão suportável nominal à frequência industrial deve ser executado de acordo com a Tabela 6, dependendo do nível de isolamento do neutro.

#### 9.4.3 Ensaio de Tensão Induzida

O ensaio de tensão induzida em reguladores submetidos ao ensaio de tensão suportável nominal a frequência industrial deve ser feito por aplicação, entre os terminais de um enrolamento, do dobro da tensão normalmente desenvolvida no mesmo; salvo se isto produzir uma tensão, entre os terminais de qualquer outro enrolamento, superior à tensão suportável nominal à frequência industrial especificada na Tabela 6. Neste caso, a tensão induzida desenvolvida entre os terminais de qualquer enrolamento deve ser limitada à tensão suportável nominal à frequência industrial desse enrolamento.

#### 9.4.4 Ensaio de Tensão Suportável Nominal de Impulso Atmosférico

Quando especificado, o ensaio de tensão suportável nominal de impulso atmosférico, nos terminais de linha, deve incluir, nesta sequência, um impulso pleno normalizado com valor reduzido, um impulso pleno normalizado com valor especificado, um ou mais impulsos cortados com valor reduzido, dois impulsos cortados com valor especificado e dois impulsos plenos normalizados com valor especificado.

### 9.5 Ensaio do Óleo Isolante

O óleo mineral isolante deve ser ensaiado de acordo com os métodos indicados no Anexo C, além disso deve ser verificada sua compatibilidade com os demais materiais.

## 10. PROCEDIMENTOS DE ENSAIOS

### 10.1 Resistência Elétrica dos Enrolamentos

A resistência elétrica dos enrolamentos deve ser medida conforme um dos métodos citados na ABNT NBR 5356-1 e corrigida para a temperatura de referência.

A CELG D deve indicar as derivações para as quais o fabricante deve medir a resistência dos enrolamentos.

#### 10.1.1 Determinação da Temperatura a Frio

Ao medir-se a resistência a frio, a temperatura do óleo deve ser determinada tão exatamente quanto possível.

As medições da resistência a frio não devem ser efetuadas no regulador quando ele estiver exposto a correntes de ar, nem quando ele estiver localizado num recinto onde a temperatura varia rapidamente.

A temperatura dos enrolamentos deve ser admitida como sendo igual à temperatura do óleo, desde que:

- a) os enrolamentos tenham permanecido em óleo, desenergizados, de 5 a 8h, dependendo do tamanho do regulador, antes da medição da resistência a frio;
- b) a temperatura do óleo tenha se estabilizado e a diferença entre as temperaturas do topo e do fundo não exceda 5°C.

#### 10.1.2 Conversão dos Valores Medidos de Resistência

Os valores de resistência, medidos a uma temperatura conhecida, são convertidos para a temperatura de referência aplicável ou para outra temperatura, como, por exemplo, a do ensaio de perdas em carga, através da fórmula:

$$R_2 = R_1 \left( \frac{\theta_2 + \theta_k}{\theta_1 + \theta_k} \right)$$

Onde:

$R_1$  = resistência medida na temperatura  $\theta_1$ , em  $\Omega$ ;

$R_2$  = resistência calculada na temperatura  $\theta_2$ , em  $\Omega$  ;

$\theta_1$  = temperatura na qual a resistência foi medida, em °C;

$\theta_2$  = temperatura de referência, em ° C;

$\theta_k$  = 234,5 (cobre), em °C

225,0 (alumínio), em °C.

#### Nota:

*O valor de  $\theta_k$  pode atingir até 230°C para liga de alumínio.*

### 10.2 Relação de Tensões

#### 10.2.1 Generalidades

A relação de tensões do regulador é a relação entre o número de espiras do enrolamento comum e o número de espiras do enrolamento série.

A relação de tensões deve ser determinada para todas as derivações, bem como para o enrolamento total.

O ensaio de relação de tensões deve ser feito à tensão nominal ou inferior a frequência nominal ou superior .

As tensões obtidas no ensaio podem apresentar uma tolerância de  $\pm 0,5\%$  ou  $1/10$  da tensão de curto-circuito, expressa em porcentagem, aquela que for menor, em relação à tensão nominal.

## 10.2.2 Métodos de Ensaio da Relação de Tensões

### 10.2.2.1 Método do Voltímetro

Dois voltímetros devem ser usados (com transformador de potencial se necessário) um para medir a tensão do enrolamento comum e outro para medir a tensão do enrolamento série. Os dois voltímetros devem ser lidos simultaneamente.

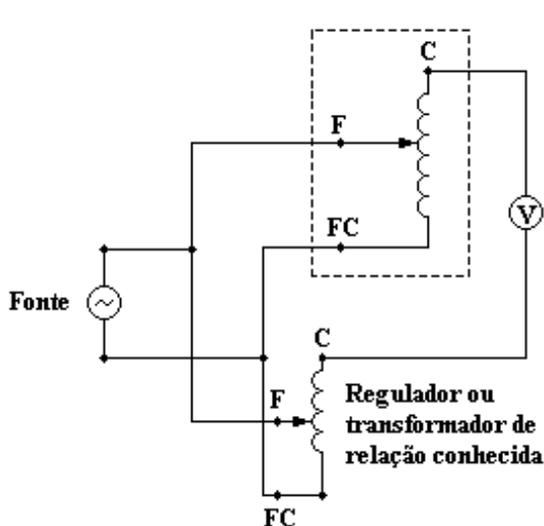
Um segundo conjunto de leituras deve ser feito com os instrumentos permutados e ser anotada a média dos dois conjuntos de leituras para compensar erros dos instrumentos.

As relações dos transformadores de potencial devem ser tais que se obtenham aproximadamente as mesmas leituras nos dois voltímetros. A compensação dos erros de instrumentos através de permutação dos mesmos não é, por outro, lado satisfatória, sendo necessário aplicar correções apropriadas às leituras dos voltímetros. Ensaios devem ser feitos, no mínimo, para quatro tensões, com variações entre si de aproximadamente 10%. O erro entre os diversos valores de relação de tensões assim obtidos não deve ser superior a 1%, caso contrário os ensaios devem ser repetidos com outros voltímetros. Adota-se como valor verdadeiro de relação de tensões a média entre os diversos valores obtidos. Caso sejam aplicadas apropriadas correções às leituras dos voltímetros, os ensaios podem ser feitos em uma só tensão. Quando vários reguladores de idênticas características devem ser ensaiadas, pode-se reduzir o trabalho aplicando-se os ensaios já mencionados a apenas uma unidade, e então comparando-se as demais unidades com esta como padrão, de acordo com o método comparativo descrito em 10.2.2.2.

### 10.2.2.2 Método de Comparação

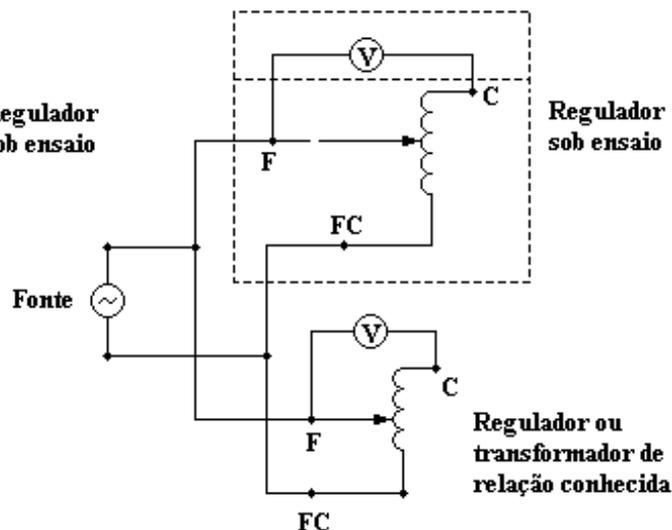
Um método conveniente de medição de relação de um regulador é o da comparação com um regulador ou transformador de relação conhecida. O regulador a ser ensaiado é excitado em paralelo com um regulador ou transformador de mesma relação nominal, e os dois secundários ligados em paralelo, mas com o voltímetro ou detetor conectado entre dois terminais de mesma polaridade (ver figura 4). Este é o método mais preciso, pois o voltímetro ou detetor indica a diferença de tensões. Em um método alternativo, o regulador a ser ensaiado é excitado em paralelo com um regulador ou transformador de relação conhecida, e os voltímetros ligados de modo a medir as duas tensões secundárias (ver Figura 5).

Os voltímetros devem ser permutados e o ensaio repetido. As médias dos resultados são consideradas as tensões corretas.



**Figura 4**

Disposição de voltímetro para leitura da diferença entre tensões de dois secundários



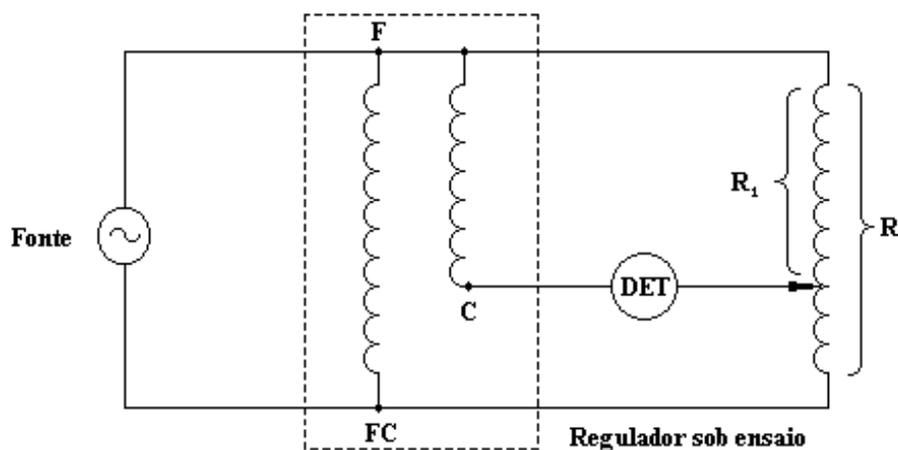
**Figura 5**

Disposição de voltímetros para leitura das duas tensões secundárias

#### 10.2.2.3 Método Potenciométrico

Uma resistência variável (potenciômetro) de valor adequado, preferencialmente graduada em termos do percentual do seu valor total, pode ser usada para determinar a relação de tensões do regulador quando adotado o arranjo da Figura 6. Desloca-se o contato móvel ao longo do resistor até que o indicador de tensão (DET) registre deflexão nula.

Neste ponto, medem-se as resistências  $R$  e  $R_1$  cuja relação exprime a relação de tensões do regulador.



**Figura 6 - Método Potenciométrico**

### 10.3 Resistência de Isolamento

Mede-se a resistência do isolamento entre cada enrolamento e terra e entre enrolamentos individuais. Precede os demais ensaios dielétricos e não pode ser feito com o regulador sob vácuo.

- a) a resistência do isolamento é comumente medida em  $M\Omega$ ;
- b) a utilidade deste ensaio é a verificação do estado do isolamento ao longo da vida do equipamento; recomenda-se que seja feito sempre com a mesma tensão e temperatura tão próxima da anterior quanto possível, para tornar efetiva a comparação entre os valores obtidos;
- c) este ensaio não constitui critério para aprovação ou rejeição do equipamento.

#### 10.3.1 Preparação para os Ensaios

O regulador deve estar com todas as buchas montadas e com todos os enrolamentos curto-circuitados.

**Nota:**

*A medição deve ser feita com megohmetro de 1000 V, no mínimo.*

#### 10.3.2 Procedimento

- a) O ensaio de resistência de isolamento deve ser feito com todos os circuitos de igual tensão ligados entre si; circuitos ou grupos de circuitos de tensões diferentes devem ser testados separadamente;
- b) Fazem-se as medições com as mesmas ligações indicadas na Tabela 16 para o ensaio de fator de potência do isolamento;
- c) Liga-se o megohmetro mantendo-se a tensão constante durante, no mínimo, 1 minuto e faz-se a leitura. Anota-se nesta leitura a tensão do megohmetro utilizado e a temperatura do enrolamento sob ensaio. Para esta última leitura, o regulador deve estar em equilíbrio térmico com o ambiente;
- d) Terminado o ensaio, os terminais devem ser aterrados por tempo suficiente para que cargas armazenadas escoem.

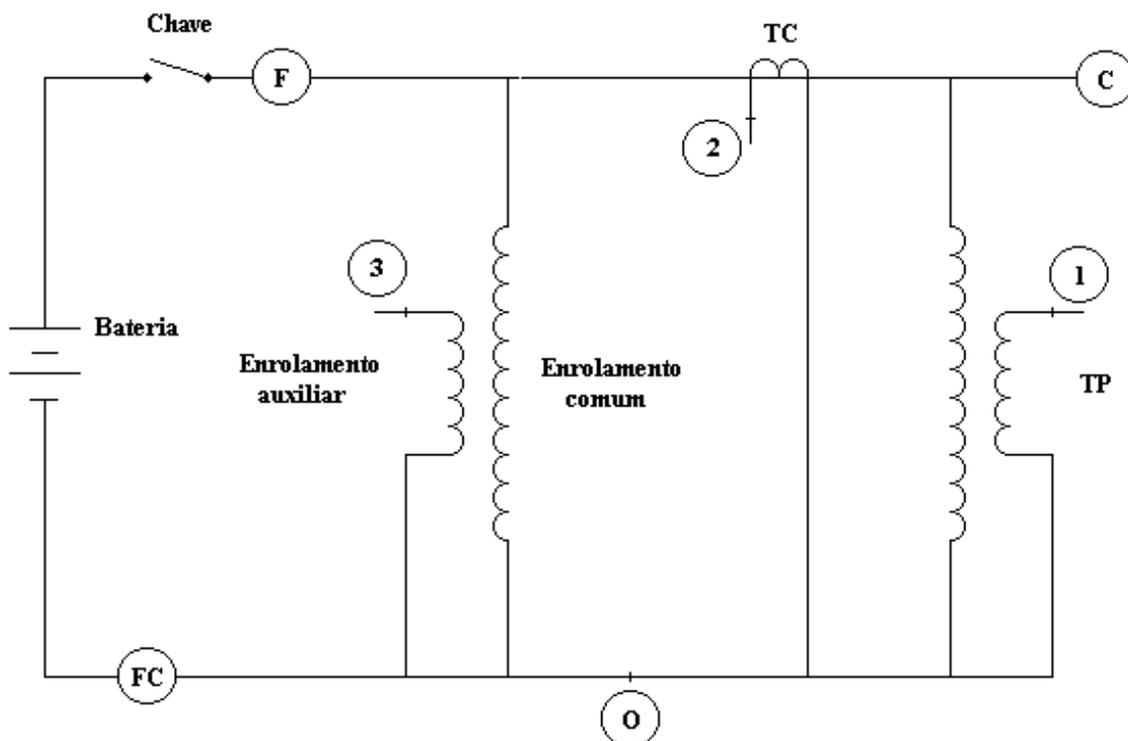
### 10.4 Polaridade

O ensaio de polaridade de um regulador é efetuado para assegurar a correta polaridade dos transformadores para instrumentos, se fornecidos, que podem ser usados em conjunto com o circuito de compensação de queda de tensão. A técnica mais apropriada para este ensaio é o método de golpes indutivos com corrente contínua.

#### 10.4.1 Método do Golpe Indutivo

A seguir é mostrado um procedimento usado para verificar a polaridade pelo método de golpe indutivo com corrente contínua. Algumas variações desta técnica são também usadas. O ensaio é realizado na sequência abaixo, de modo a assegurar que os transformadores para instrumentos tenham a polaridade indicada na placa de identificação.

- a) ligar o regulador como indicado na Figura 7. O exemplo mostrado é de regulador tipo A com transformador de potencial, transformador de corrente e um enrolamento auxiliar (por exemplo para alimentação de certos dispositivos auxiliares) no núcleo principal;
- b) aplicar uma tensão contínua de polaridade conhecida entre F e FC, positiva em F, e esperar algum tempo até que a corrente diminua;
- c) ligar um voltímetro de corrente contínua de zero central ao enrolamento secundário do transformador de potencial: pontos 1 e 0 na Figura 7;



**Figura 7 - Esquema de ligação de regulador de tensão por degraus, Tipo A, na posição neutra, para ensaio de polaridade.**

- d) abrir a chave; uma deflexão negativa do voltímetro indica que a polaridade está correta;
- e) repetir o ensaio para o transformador de corrente (ponto 2) e o enrolamento auxiliar (ponto 3), se fornecido.

**Nota:**

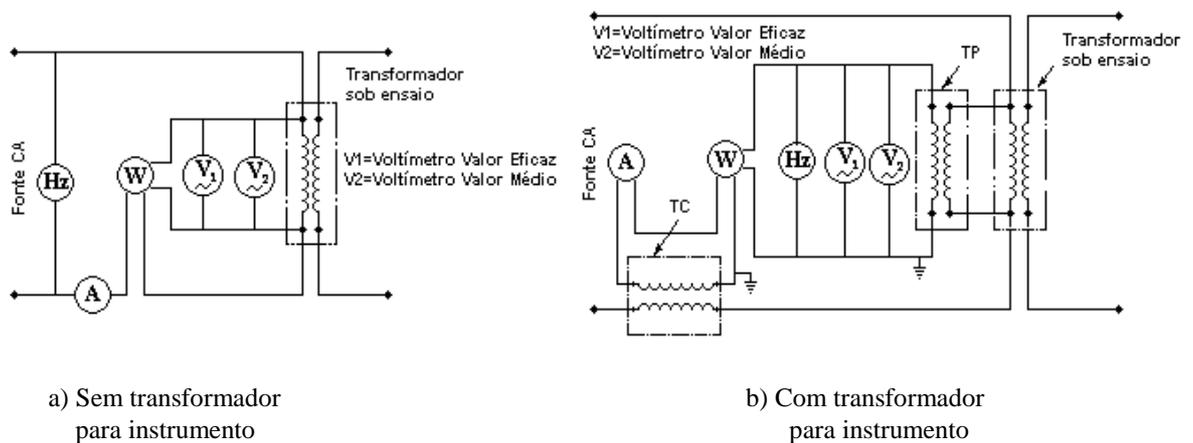
*Pode ser necessário colocar um "shunt" entre C e FC ao ensaiar a polaridade do transformador de corrente.*

## 10.5

### Perdas em Vazio

A temperatura de referência para a qual as perdas devem ser corrigidas é igual ao limite de elevação de temperatura do enrolamento mais 20°C.

As Figuras 8a e 8b mostram as ligações para uso ou não de transformadores para instrumentos.



**Figura 8**

Multiplicadores de escala resistivos podem ser usados em série com a bobina de tensão dos instrumentos, em vez de transformadores de potencial, tomando-se precauções adequadas para o seu uso seguro. Tais multiplicadores devem ser calibrados junto com os instrumentos.

Devem ser usados wattímetros de baixo fator de potência para obter-se resultados precisos.

Tanto o enrolamento comum quanto o série do regulador sob ensaio podem ser usados, porém em geral, é mais conveniente usar o enrolamento comum. A tensão a ser mantida durante o ensaio deve resultar em tensão nominal aplicada ou induzida no enrolamento comum. Em qualquer caso, se possível, o enrolamento total (não apenas uma parte dele) deve ser usado. Se, por alguma razão não usual, somente uma parte do enrolamento é excitada, esta não deve ser menor que 25% do enrolamento total.

A frequência e a tensão devem ser ajustadas com o uso de um freqüencímetro e um voltímetro, respectivamente.

Devem ser registrados, simultaneamente, os valores de frequência, tensão eficaz, perdas, leitura do voltímetro de valor médio e corrente.

O regulador sob ensaio deve então ser desconectado, efetuando-se a leitura no wattímetro.

Estas perdas são dos instrumentos conectados e do transformador de potencial, se usado, e devem ser subtraídas da leitura anterior do wattímetro para obter-se as perdas em vazio do regulador.

As perdas do regulador são determinadas por meio da seguinte equação:

$$P = \frac{P_m}{P_1 + kP_2}$$

Onde:

$P$  = perdas em vazio, em Watt, na tensão  $V_m$  corrigidas para a base de onda senoidal;

$P_m$  = perdas em vazio medidas no ensaio, em watt;

$P_1$  = perdas por histerese, em pu., referidas a  $P_m$ ;

$P_2$  = perdas por correntes parasitas em pu, referidas a  $P_m$ .

$$k = \left( \frac{V_{ef}}{V_m} \right)^2$$

Onde :

$V_{ef}$  = tensão medida no ensaio por voltímetro de valor eficaz em Volt;

$V_m$  = tensão medida no ensaio por voltímetro de valor médio, em Volt.

Os valores percentuais reais das perdas por histerese e correntes parasitas devem ser utilizados, se disponíveis.

**Nota:**

*Se não estão disponíveis valores reais, estes dois componentes devem ter valores assumidos e iguais, cada um de 0,5 p.u. As perdas por correntes parasitas no núcleo variam com o quadrado do valor eficaz da tensão de excitação, e são substancialmente independentes da forma de onda desta tensão. Quando a tensão de ensaio é mantida no valor nominal, com auxílio do voltímetro de valor médio, o valor eficaz real da tensão de ensaio pode não ser o nominal. Neste caso, as perdas por correntes parasitas são corrigidas através das equações anteriores.*

## 10.6 Corrente de Excitação

O circuito de medição da corrente de excitação deve ser o mesmo daquele utilizado para a medição de perdas em vazio. Os diferentes métodos de medição, baseados nos instrumentos utilizados, devem ser como descritos nos itens a seguir.

### 10.6.1 Método do Wattímetro e Amperímetro de Valor Eficaz

Medições de corrente de excitação são normalmente feitas com amperímetros e voltímetros de valor eficaz. Este método de medição é razoavelmente preciso quando a tensão aplicada é praticamente de forma senoidal. Em casos onde a forma de onda de tensão difere apreciavelmente da forma de onda senoidal, como ocorre quando a potência do regulador é grande comparada com a do gerador usado para o ensaio, a corrente de excitação é menor em valor do que aquela obtida à tensão senoidal. O valor assim obtido deve ser corrigido para uma base senoidal.

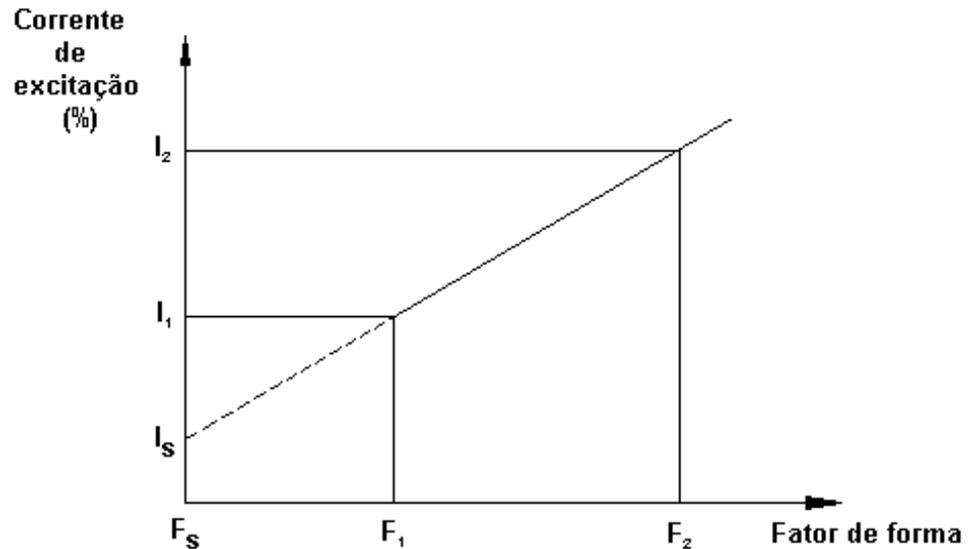
### 10.6.2 Método do Voltímetro de Valor Médio e Amperímetro de Valor Eficaz

Neste método o valor eficaz da corrente de excitação geralmente é maior do que o obtido com tensão senoidal, quando a forma de onda de tensão difere consideravelmente da forma senoidal. Quando o valor obtido por este método está dentro dos limites garantidos, nenhuma correção é necessária. O valor medido da corrente de excitação, deve, quando necessário, ser corrigido para uma base senoidal por um dos métodos a seguir:

a) método do fator de forma:

este método é baseado no fato de que existe uma relação substancialmente linear, entre o valor eficaz da corrente de excitação, e o fator de forma da onda de tensão aplicada, numa faixa mais ampla de fatores de forma. Este método de medição é o

mais preciso, quando se dispõe de ondas com fator de forma suficientemente diferentes para permitir uma extrapolação efetiva (ver Figura 9).



Onde:

$I_1, I_2$  = correntes de excitação para fatores de forma  $F_1, F_2$ ;

$I_s, F_s$  = corrente de excitação e fator de forma na base senoidal.

### Figura 9 - Curva de correção da corrente de excitação para a base senoidal

- a corrente de excitação é medida com um amperímetro de valor eficaz com duas ou mais tensões aplicadas que possuam diferentes fatores de forma, mas ajustadas no mesmo valor por meio de um voltímetro de valor médio, isto é, do mesmo modo usado para ajustar a tensão na medição de perda em vazio;
- o fator de forma pode ser variado, convenientemente, variando-se a excitação do campo do gerador ou inserindo-se impedâncias no circuito de ensaio. Os fatores de forma são as relações entre as leituras simultâneas do voltímetro de valor eficaz e do voltímetro de valor médio;
- a corrente de excitação  $I_s$  correspondente à onda de tensão senoidal pode ser determinada pela seguinte equação:

$$I_s = I_2 - \left( \frac{I_2 - I_1}{F_2 - F_1} \right) x (F_2 - 1,11)$$

Onde:

$I_1$  e  $I_2$  = corrente eficazes correspondentes aos fatores de forma  $F_1$  e  $F_2$  respectivamente.

b) método da média:

este método pode ser usado quando a forma de onda de tensão não é muito distorcida. É baseado no fato de que o valor da corrente de excitação obtida é menor quando utilizada um voltímetro de valor eficaz e maior quando utilizado um voltímetro de valor médio. O procedimento é o seguinte :

- determina-se a corrente de excitação como em 10.6.1;
- determina-se a corrente de excitação como em 10.6.2 e lê-se o valor eficaz de tensão;
- se a leitura do valor eficaz de tensão e a leitura do voltímetro de valor médio no ensaio realizado conforme 10.6.2 não diferirem em mais que 10%, a corrente de excitação na base senoidal deve ser tomada como a média dos valores através dos ensaios descritos em 10.6.1 e 10.6.2;

## **10.7 Perdas em Carga e Impedância de Curto-Circuito**

### 10.7.1 Disposições Gerais

A impedância de curto-circuito consiste de uma componente resistiva correspondente às perdas em carga e uma componente reativa correspondente ao fluxo de dispersão dos enrolamentos, mas após as medições de perdas em carga e impedância de curto-circuito, podem ser separadas por cálculo.

A tensão de curto-circuito de um regulador de tensão por degraus geralmente é menor que 0,5% da tensão nominal, na base de potência do circuito sob ensaio. A impedância de curto-circuito varia com a derivação, podendo ser maior para reguladores com dois núcleos.

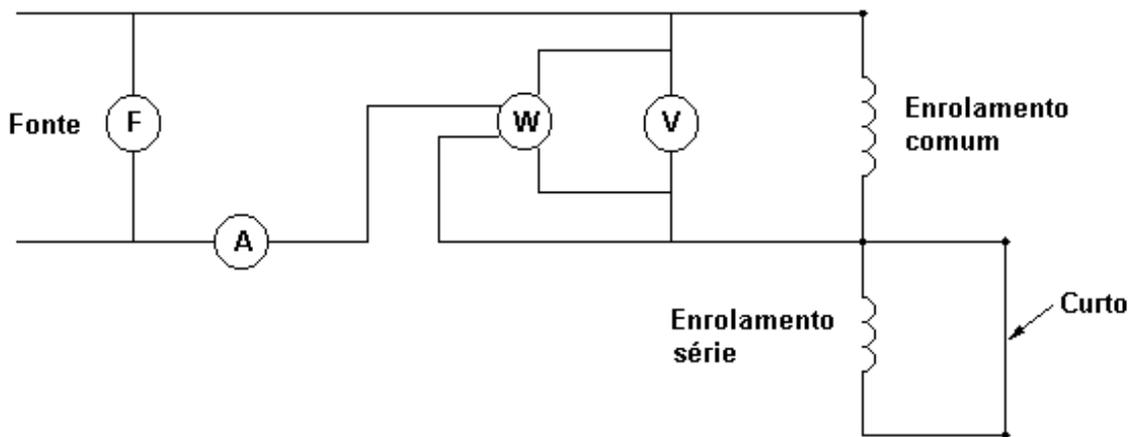
### 10.7.2 Métodos de Ensaio para Impedância de Curto-Circuito e Perdas em Carga

#### 10.7.2.1 Preparação

- a) as temperaturas dos enrolamentos devem ser medidas antes e depois das medições de impedância de forma semelhante à descrita em 10.1.1. A diferença entre estas temperaturas não deve exceder 5°C. A média deve ser tomada como a temperatura real;
- b) os condutores usados para curto-circuitar os enrolamentos devem possuir seção igual ou superior à dos condutores que ligam os enrolamentos às buchas. Devem ser tão curtos quanto possível e mantidos afastados de partes magnéticas. Os contatos devem estar limpos e firmemente apertados.

#### 10.7.2.2 Método de Ensaio

O regulador pode ser ensaiado sem alterações de suas conexões internas e ajustado nas posições indicadas em 6.4.1. O ensaio pode ser feito curto-circuitando os terminais do enrolamento série, e aplicando tensão aos outros terminais, no valor que faça circular sua corrente nominal, conforme Figura 10.



**Figura 10 - Esquema de ligação para ensaio de impedância de curto-circuito e perdas em carga, para reguladores monofásicos.**

Com corrente e frequência ajustadas o mais próximo possível dos valores nominais, leituras simultâneas devem ser tomadas no amperímetro, voltímetro, wattímetro e frequencímetro. O regulador sob ensaio deve então ser desconectado, lendo-se novamente o wattímetro para conhecer as perdas do equipamento de medição, como no ensaio de perdas em vazio. É suficiente medir e ajustar a corrente no enrolamento sob ensaio porque a corrente no enrolamento curto-circuitado, assim, é a correta (a menos do erro desprezível devido à corrente de excitação). A introdução de equipamento de medição em série com o enrolamento curto-circuitado, para medir sua corrente, pode introduzir erro considerável no valor da impedância, devido às perdas e queda de tensão destes equipamentos.

**Notas:**

- 1) Os valores "por unidade" da resistência, da reatância e da impedância de curto-circuito são numericamente iguais aos obtidos dividindo-se seus valores ( $E_r$ ,  $E_x$  e  $E_z$ ) pela tensão nominal. Obtém-se os valores percentuais multiplicando-se os valores "por unidade" por 100.
- 2) As perdas  $I^2R$  dos dois enrolamentos são calculadas com os valores medidos das resistências (corrigidas para a temperatura na qual o ensaio de impedância de curto-circuito foi feito) e com as correntes usadas no mesmo ensaio.
- 3) Obtém-se as perdas adicionais, na temperatura em que o ensaio de perdas em carga foi feito, subtraindo-se as perdas  $I^2R$  das perdas em carga.
- 4) A componente  $I^2R$  das perdas em carga aumenta com a temperatura, e as perdas adicionais diminuem. Portanto, quando se quer corrigir as perdas em carga, de uma temperatura para outra, as duas componentes são corrigidas separadamente, e então:

$$P_r = P_{rc} \times \frac{\theta_k + \theta}{\theta_k + \theta_m}$$

$$P_a = P_{ac} \times \frac{\theta_k + \theta_m}{\theta_k + \theta}$$

Onde:

$P_r$  = perdas resistivas na temperatura  $\theta$ , em watt ;

$P_a$  = perdas adicionais na temperatura  $\theta$ , em watt;

$P_{rc}$  = perdas resistivas calculadas a temperatura  $\theta_m$ , em watt;

$P_{ac}$  = perdas adicionais calculadas na temperatura  $\theta_m$ , em watt,

$\theta$  = temperatura em que foram medidas as perdas  $P_r$  e  $P_a$  ;

$\theta_m$  = temperatura na qual foram calculadas as perdas  $P_{rc}$  e  $P_{ac}$  ;

$\theta_k = 234,5$  (cobre) em °C;

$\theta_k = 225$  (alumínio), em °C.

**Nota:**

*Aplica-se  $\theta_k = 225^\circ\text{C}$  para o alumínio puro. Pode-se usar  $\theta_k$  até  $230^\circ\text{C}$  para ligas de alumínio.*

## 10.8 Ensaios Dielétricos

### 10.8.1 Disposições Gerais

A finalidade desses ensaios é provar que o regulador foi projetado e construído para suportar as solicitações dielétricas especificadas.

#### 10.8.1.1 Medição das Tensões de Ensaio

As tensões dos ensaios dielétricos devem ser aplicadas e medidas de acordo com a ABNT NBR IEC 60060-1. e ABNT NBR 6937.

#### 10.8.1.2 Ensaio nas Buchas

Quando se especificam ensaios separados para as buchas, estes devem ser feitos de acordo com a norma ABNT NBR 5034.

#### 10.8.1.3 Procedimento para os Ensaios em Fábrica

- a) sequência de ensaios: o ensaio de impulso deve preceder os ensaios de baixa frequência;
- b) temperatura: os ensaios dielétricos devem ser feitos preferivelmente na temperatura consequente das condições dos ensaios de rotina;
- c) montagem: devem ser montados todos os acessórios cujo desempenho afete ou seja afetado pelo regulador durante os ensaios; as buchas devem ser as do regulador.

**Nota:**

*A montagem de itens como radiadores, cubículos, etc, que não afetam o desempenho do regulador nos ensaios dielétricos, não é necessária. A palavra "fase" refere-se ao terminal de linha do enrolamento e não ao enrolamento como um todo, devido à existência de enrolamento com isolamento progressivo.*

## 10.8.2 Ensaios de Baixa Frequência

Estes ensaios devem ser executados de acordo com os requisitos do item 6.3.6.

### **Nota:**

*Os ensaios dielétricos de baixa frequência são feitos com tensões de acordo com os itens 10.8.3 e 10.8.4 ou com combinações deles.*

### 10.8.2.1 Detecção de Falhas

Durante os ensaios de baixa frequência deve-se atentar para as evidências de possíveis falhas. Exemplos dessas evidências são: fumaça, bolhas, ruídos audíveis provocados por descargas elétricas, súbito aumento da corrente do circuito de ensaio, aumento apreciável das descargas parciais, etc. Quaisquer destas evidências devem ser cuidadosamente investigadas por observação, pela repetição do ensaio, ou por outros ensaios, para determinar se ocorreu realmente uma falha.

## 10.8.3 Ensaio de Tensão Suportável Nominal a Frequência Industrial

### 10.8.3.1 Duração, Frequência e Conexões

O ensaio deve ser efetuado à frequência de 60 Hz com duração de 1 minuto. Os enrolamentos comum e série devem ser ensaiados simultaneamente somente para a terra. As conexões de aterramento entre o regulador sob ensaio e a fonte de tensão devem ter a mínima impedância possível. As conexões não devem ter irregularidades, tais como pontas e/ou arestas aguçadas.

### 10.8.3.2 Resistência

Nenhuma resistência de valor apreciável deve ser introduzida entre a fonte de tensão e o regulador sob ensaio. É permissível, contudo, o uso de reator próximo aos terminais da fonte de tensão.

### **Nota:**

*Quando for utilizado um resistor para limitar a corrente da fonte de tensão, em caso de falha, a tensão do ensaio deve ser medida diretamente nos terminais do regulador sob ensaio, através do divisor de tensão ou outro dispositivo de medição.*

### 10.8.3.3 Centelhador

Um centelhador ajustado para uma tensão 10% acima da tensão de ensaio especificada pode ser conectado durante o ensaio.

### 10.8.3.4 Aplicação da Tensão de Ensaio

A tensão deve ser aplicada inicialmente com um valor não superior a 25% da tensão de ensaio, e ser aumentada gradualmente em não mais de 15 segundos. Depois de mantida pelo tempo especificado, a tensão deve ser reduzida, gradualmente, (em não mais de 5 segundos) para 25% ou menos da tensão de ensaio, e o circuito ser desligado.

#### 10.8.4 Ensaio de Tensão Induzida

O ensaio de tensão induzida deve ser aplicado durante 7200 ciclos com frequência de ensaio não inferior a 120 Hz e não superior a 480 Hz.

Para aplicação da tensão de ensaio, adotam-se as disposições de 10.8.3.4, a menos que se façam medidas simultâneas de descargas parciais, situação em que os tempos para elevar e abaixar a tensão de ensaio, podem ser maiores.

Devem-se tomar precauções para que em nenhum enrolamento seja induzida tensão superior àquela especificada para o ensaio de tensão suportável de frequência industrial do mesmo enrolamento.

#### 10.8.5 Ensaio de Tensão Suportável de Impulso Atmosférico

##### 10.8.5.1 Disposições Gerais

Quando especificados, os ensaios de impulso nos terminais de linha devem ser aplicados na seguinte ordem: um impulso pleno normalizado com valor reduzido, um impulso pleno normalizado com o valor especificado, um ou mais impulsos cortados com valor reduzido, dois impulsos cortados com o valor especificado e dois impulsos plenos normalizados com o valor especificado, sendo:

- a) impulso pleno normalizado com valor reduzido  
este impulso deve ter valor de crista entre 50% e 70% do valor do impulso pleno especificado, conforme Tabela 6;
- b) impulso pleno normalizado com valor especificado  
este impulso deve ter valor de crista conforme Tabela 6; neste ensaio nenhuma descarga disruptiva deve ocorrer na bucha ou no centelhador;
- c) impulso cortado com valor reduzido  
este impulso deve ter valor de crista entre 50% e 70% do valor de impulso cortado especificado conforme Tabela 6;
- d) impulso cortado com valor especificado  
este impulso deve ser cortado por centelhador adequado ou outro dispositivo de corte equivalente; deve ter valor de crista conforme Tabela 6 e tempo para corte de 2  $\mu$ s a 6  $\mu$ s conforme ABNT NBR IEC 60060-1. O centelhador ou dispositivo de corte deve estar conectado tão próximo quanto possível do terminal sob ensaio, e a impedância entre eles deve ser limitada à do condutor necessário à conexão do dispositivo de corte ou centelhador.

**Nota:**

*Consultar ABNT NBR 5356-4 sobre técnicas de impulso, interpretação de oscilogramas e critérios de detecção de falhas.*

##### 10.8.5.2 Impulso Atmosférico Padronizado

É padronizado o impulso atmosférico pleno 1,2 x 50 $\mu$ s.

Aplicam-se as seguintes tolerâncias:

- valor de crista  $\pm 3\%$ ;
- valor de frente  $\pm 30\%$ ;
- tempo até o meio valor  $\pm 20\%$ ;
- oscilações na frente do impulso até o ponto correspondente a 50% do valor de crista de, no máximo, 25% do valor de crista;
- oscilações de amplitude nas vizinhanças da crista de, no máximo, 5% do valor de crista.

Podem ser usadas ondas positivas ou negativas, com exceção de reguladores imersos em líquido isolante, nos quais devem ser aplicadas ondas de polaridade negativa.

Em reguladores imersos em líquido isolante, quando as condições atmosféricas forem tais que uma ou mais buchas não suportarem as ondas com a polaridade especificada, pode-se usar uma onda de polaridade oposta, somente nestes terminais.

#### **Notas:**

- 1) *O tempo de frente não deve exceder 2,5  $\mu$ s exceto para enrolamento com alta capacitância (enrolamentos de baixa tensão e alta potência e alguns de alta tensão e alta potência). Para verificar que a alta capacitância do enrolamento causa longos tempos de frente, pode-se reduzir a resistência série do gerador de impulso, o que causará oscilações superpostas. No circuito de ensaio só devem estar as indutâncias inerentes dos condutores e do gerador de impulso. Para facilitar a apreciação da forma de onda obtida, o tempo de frente pode ser considerado 1,67 vezes o tempo entre as ocorrências de 30% e 90% do valor de crista.*
- 2) *A origem virtual (zero virtual) de tempo pode ser determinada marcando-se pontos correspondentes a 30% e 90% do valor de crista, sobre a frente de onda, e unindo-se tais pontos por linha reta; a interseção desta linha com o eixo de tempos é a origem virtual.*
- 3) *O tempo sobre a cauda correspondente ao valor de crista não deverá ser inferior a 40  $\mu$ s contados da origem virtual, com exceção para enrolamento de baixa indutância (ver 10.8.5.3).*
- 4) *Quando há oscilações de alta frequência em torno da crista da onda, o valor de crista deve ser tomado como o de uma onda sem oscilações, esboçada através das oscilações. Se o período dessas oscilações é de 2  $\mu$ s ou maior, usar o valor de crista real:
  - quando há oscilações na frente de onda, os pontos até 50% do valor de crista devem ser tomados como os de uma média sem oscilações, esboçadas através das oscilações, as quais não devem ter amplitude superior a 25% do valor de crista;
  - todas as aplicações de impulso mencionadas em 10.8.5.1 devem ser registradas. As correntes das aplicações de impulsos plenos e impulsos plenos reduzidos devem também ser registradas.*

#### 10.8.5.3 Ligações para Ensaio de Impulso

Os enrolamentos série e comum de um regulador são considerados como um único enrolamento quando do ensaio de impulso. Os terminais da fonte e carga são curto-circuitados e considerados como ponto único para aplicação do ensaio de impulso.

- a) Um terminal do enrolamento sob ensaio deve ser aterrado diretamente ou através de um resistor de valor baixo para medição de corrente; os terminais dos enrolamentos que não estão sob ensaio devem ser aterrados diretamente ou através de um resistor para limitar tensões induzidas nestes enrolamentos; é desejável que as tensões nos terminais, que não estão sob ensaio, não excedam 75% do valor da tensão de impulso pleno de seu nível de isolamento.
- b) Os enrolamentos para ligação série ou múltipla devem ser ensaiados em todas as ligações, se qualquer delas tiver tensão máxima do equipamento igual a 36,2 kV, com tensão de ensaio correspondente ao nível de isolamento de cada ligação. Se a tensão máxima do equipamento for 15 kV o ensaio deve ser executado somente na ligação série, salvo quando especificado para ambas as ligações.
- c) No enrolamento sob ensaio a ligação das derivações deve ser aquela de menor número efetivo de espiras. O regulador deve estar com seu comutador na posição máxima "Diminuir". A escolha das ligações das derivações dos enrolamentos que não estiverem sob ensaio deve ser feita mediante acordo entre fabricante e CELG D.
- d) Quando o regulador possuir dispositivo de proteção não linear, conectado ao enrolamento série ou a parte de qualquer enrolamento, em lugar acessível, e onde os terminais são de mesmo nível de isolamento, deve-se curto-circuitar estes terminais e aplicar a tensão de impulso.  
Se os terminais citados não são acessíveis, ou seja, o dispositivo de proteção não linear está inserido no regulador como em operação normal, tal dispositivo usualmente causa diferenças entre os enrolamentos do impulso pleno e do impulso pleno reduzido; isto pode ser demonstrado aplicando-se dois ou mais impulsos plenos reduzidos com diferentes valores de crista para evidenciar a tendência destas diferenças.  
A ABNT NBR 5356-4 contém oscilogramas típicos que mostram a influência dos dispositivos de proteção não lineares;
- e) A impedância de alguns enrolamentos pode ser tão baixa que o tempo de cauda não pode ser obtido no intervalo padrão com equipamento disponível. Nestes casos podem-se utilizar tempos menores. Para assegurar um ensaio adequado, a capacitância geradora de impulso, na conexão utilizada, deve ser superior a 11  $\mu$ F.
- f) Os terminais secundários dos transformadores de corrente devem ser curto-circuitados e aterrados.
- g) O núcleo e o tanque devem estar aterrados durante o ensaio de tensão suportável de impulso atmosférico.

#### 10.8.5.4 Detecção de Falhas Durante o Ensaio de Impulso

Devido à natureza das falhas nos ensaios de impulso um dos mais importantes assuntos é sua detecção. Algumas das indicações de ocorrência de falha na isolação de reguladores são apresentadas abaixo.

##### a) Oscilogramas de Tensão

Quaisquer diferenças entre as formas de onda, não atribuíveis aos dispositivos de proteção, são indicações de falha; os desvios, entretanto, podem ser causados por problemas no circuito de ensaio, externo ao regulador, ou por dispositivos de proteção, e devem ser cuidadosamente investigados; a influência dos dispositivos de proteção está descrita em 10.8.5.3.d.

Se houver dúvida sobre a interpretação de discrepâncias nos registros devem ser feitas, no máximo, três aplicações do tipo de impulso em dúvida no terminal em questão, com o valor especificado, ou deve ser repetido, no mesmo, o ensaio completo; persistindo dúvidas sobre a interpretação das discrepâncias, a investigação deve ser aprofundada.

b) Oscilogramas de Corrente

Aplicam-se todas as considerações descritas em 10.8.5.4.a adicionando-se que, entre as causas de discrepâncias em oscilogramas, citam-se também a saturação do núcleo e interferência do gerador de impulso no circuito de medição, que são captáveis nos dois primeiros micro-segundos das ondas de corrente e tensão; se a impedância do regulador sob ensaio é alta quando comparada à de sua capacitância série, pode ser difícil registrar correntes, devido a sua pequena amplitude; para reduzir a corrente capacitiva inicial e manter amplitude razoável no restante da onda, pode-se incluir um capacitor no circuito de detecção da corrente de neutro; este capacitor não deve ser de valor maior que o necessário para obter tal efeito. Pode-se também registrar a tensão induzida em outros enrolamentos para detectar falhas.

c) Bolhas de Fumaça

O desprendimento de bolhas de fumaça, através do óleo do regulador, constitui sinal evidente de falha; o aparecimento de bolhas claras pode constituir ou não evidência de falha, visto poderem ser causadas por ar retido no interior do regulador; neste caso, a proveniência de tais bolhas deve ser investigada e o regulador reensaiado.

d) Falha na Disrupção do Centelhador

A não ocorrência de descarga disruptiva no centelhador ou na bucha durante a aplicação de impulsos cortados, tendo o oscilograma indicado corte no impulso de tensão, é sinal evidente de descarga disruptiva, seja no interior do regulador, seja no circuito de ensaio.

e) Ruído Audível

A ocorrência de ruídos anormais dentro do regulador, durante a aplicação de qualquer dos impulsos, deve ser sinal de falha; tais ruídos devem ser investigados.

10.8.5.5 Tempos de Varredura

- a) 5 a 15  $\mu$ s para ensaios com impulsos cortados e respectivas correntes;
- b) 50 a 100  $\mu$ s para ensaios com impulsos plenos e 50 a 500  $\mu$ s para as respectivas correntes.

10.8.6 Ensaio de Fator de Potência do Isolamento

O procedimento descrito a seguir aplica-se apenas a reguladores de tensão imersos em óleo isolante.

#### 10.8.6.1 Preparação para o Ensaio

O regulador deve estar:

- a) com todas as buchas montadas;
- b) com todos os enrolamentos curto-circuitados;
- c) com a temperatura do óleo e dos enrolamentos tão próxima quanto possível de 20°C.

**Nota:**

*A medição deve ser feita com a frequência de 60 Hz, podendo-se utilizar pontes especiais ou o método Watt por Volt-Ampère.*

#### 10.8.6.2 Tensão de Ensaio

Quando utilizado o método watt por volt-ampère a tensão aplicada deve estar entre 2,5 e 10 kV.

#### 10.8.6.3 Procedimento

As medições devem ser realizadas entre enrolamentos e terra e entre enrolamentos como apresentado na Tabela 17.

**Nota:**

*Nesta tabela a expressão "cabo de blindagem" significa um ou mais elementos condutores dispostos de maneira a desviar correntes indesejadas dos instrumentos de medição.*

#### 10.8.6.4 Fatores de Correção de Temperatura

Os fatores de correção do fator de potência em função da temperatura dependem dos materiais isolantes, de sua estrutura, da umidade, etc. Os valores de fator de correção K, válidos para reguladores imersos em óleo mineral, utilizados na equação, são apresentados na Tabela 18.

$$\cos \theta_{20} = \frac{\cos \theta_t}{K}$$

Onde:

$\cos \theta_{20}$  = fator de potência corrigido para a temperatura de referência (20°C);

$\cos \theta_t$  = fator de potência medido na temperatura de ensaio (t °C).

A temperatura a ser considerada é a temperatura média do óleo. Quando o fator de potência do isolamento for medido em temperaturas relativamente altas, correspondendo a fatores de correção muito altos, deve-se aguardar o esfriamento do regulador e repetir a medição o mais próximo possível de 20°C.

## 10.9 Estanqueidade e Resistência a Pressão

O regulador de tensão completo, cheio de óleo e com todos os acessórios deve ser ensaiado para se verificar a vedação das gaxetas, conexões roscadas, etc. Neste ensaio, os reguladores devem suportar as pressões manométricas, por seus tempos correspondentes especificados na Tabela 19.

Neste ensaio a pressão é aplicada por meio de gás inerte agindo sobre a superfície do óleo, e é lida num manômetro instalado entre a válvula de admissão e o regulador. Atingida a pressão especificada para este ensaio, interrompe-se a entrada de gás, fechando-se a válvula no tubo de fornecimento. Esta pressão deve manter-se constante durante o tempo de aplicação especificado. Não devem ser verificados vazamento de óleo e/ou deformação do tanque.

## 10.10 Verificação das Características e do Funcionamento dos Acessórios e Componentes

Todos os acessórios e componentes devem ser ensaiados conforme as normas específicas. Na ausência destas normas esta verificação deve ser feita mediante acordo entre fabricante e CELG D. No caso do dispositivo de controle, sua perfeita operacionalidade e adequabilidade ao regulador devem ser verificados pelos resultados dos seus ensaios em separado e instalado no regulador.

## 10.11 Elevação de Temperatura

A determinação da temperatura pelo método da variação da resistência é feita comparando-se a resistência elétrica do enrolamento na temperatura a ser determinada com a sua resistência numa temperatura conhecida.

Salvo nos casos especiais, o ensaio de elevação de temperatura deve ser executado na derivação de maiores perdas.

Os ensaios de elevação de temperatura incluem a determinação da elevação de temperatura do topo do óleo e a obtenção de elevações de temperatura dos enrolamentos.

### Notas:

- 1) *Para fins de determinação da elevação de temperatura dos enrolamentos sobre o ar ambiente, é necessário obter-se a temperatura do óleo isolante. Como valor desta pode-se utilizar o valor da temperatura média do óleo ou, o valor da temperatura do topo do óleo, adotando-se o que se mostrar maior.*
- 2) *Quando na determinação da elevação de temperatura dos enrolamentos for necessário utilizar corrente inferior à nominal, de acordo com 10.11.4, recomenda-se utilizar o método da temperatura média do óleo.*
- 3) *Durante o ensaio podem ser medidas as potências requeridas pelos motores de bombas e ventiladores.*

### 10.11.1 Elevação de Temperatura do Topo do Óleo

Deve ser obtida subtraindo-se a temperatura do meio de resfriamento da temperatura do topo do óleo quando o regulador for alimentado com as perdas totais. A potência

absorvida deve ser mantida num valor constante. Se as perdas totais não puderem ser aplicadas, o ensaio pode ser efetuado com perdas menores, as mais próximas possíveis das totais e não inferiores a 80% das mesmas. A seguinte correção deve então, ser aplicada à elevação de temperatura do topo do óleo, assim determinada:

$$\Delta\theta_0 = \Delta\theta_r \left( \frac{W_0}{W_{0r}} \right)^{0,8}$$

Onde:

$\Delta\theta_0$  = elevação de temperatura do óleo sobre a temperatura do meio de resfriamento, com perdas totais, em °C;

$\Delta\theta_r$  = elevação de temperatura do óleo sobre a temperatura do meio de resfriamento, com perdas reduzidas, em °C;

$W_0$  = perdas totais, em watt;

$W_{0r}$  = perdas reduzidas, em watt.

#### 10.11.2 Temperatura Média do Óleo

A temperatura média do óleo é determinada como a diferença entre a temperatura do topo do óleo, e a metade da queda de temperatura nos trocadores de calor. Em tanques com tubos ou radiadores montados, a queda de temperatura deve ser tomada como a diferença entre as temperaturas no alto e no fundo de um tubo de resfriamento ou um elemento do radiador o mais próximo possível do meio de um lado do tanque.

#### 10.11.3 Elevação de Temperatura Média do Óleo

Deve ser obtida subtraindo-se a temperatura do meio do resfriamento da temperatura média do óleo, quando o regulador for alimentado com as perdas totais. A potência absorvida deve ser mantida constante.

#### 10.11.4 Elevação de Temperatura dos Enrolamentos

Este ensaio visa obter a elevação de temperatura dos enrolamentos sobre a temperatura do meio de resfriamento externo, referida à tensão, corrente e frequência nominais. Deve ser determinada para todos os enrolamentos acessíveis. Quando se utilizar o método da temperatura média do óleo e não for possível fazer circular a corrente nominal no enrolamento sob ensaio, este pode ser executado com corrente não inferior a 90% da corrente nominal. Neste caso a elevação de temperatura dos enrolamentos sobre a temperatura média do óleo é calculada por meio da seguinte fórmula:

$$\Delta\theta_N = \Delta\theta_t \left( \frac{I_N}{I_t} \right)^m$$

Onde:

$\Delta\theta_N$  = elevação de temperatura do enrolamento sobre a temperatura do óleo, com corrente nominal, em °C;

$\Delta\theta_t$  = elevação de temperatura do enrolamento sobre a temperatura do óleo, com a corrente de ensaio, em °C;

$I_N$  = corrente nominal do enrolamento, em ampères;

$I_t$  = corrente de ensaio, em ampères;

$m$  = expoente que depende do tipo da circulação do meio de resfriamento em contato com os enrolamentos, sendo igual a 1,6 para circulação natural ou forçada, não dirigida do óleo, e 2,0 para circulação forçada dirigida do óleo.

#### 10.11.5 Métodos de Carga

A critério do fabricante podem ser aplicados os métodos descritos a seguir.

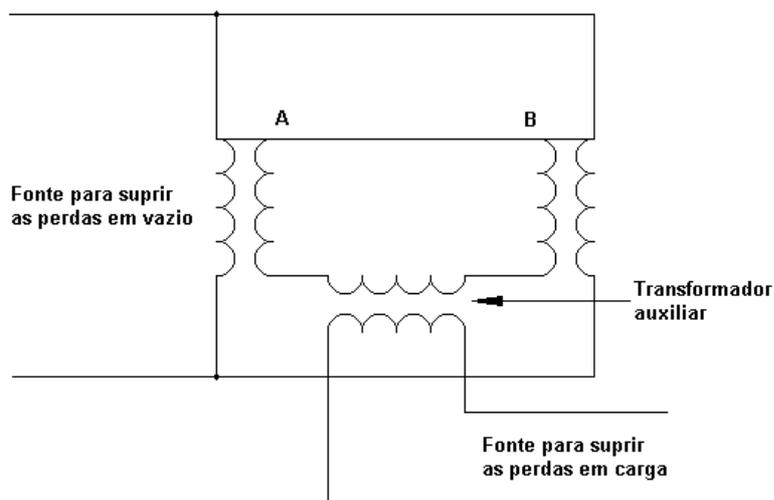
##### a) Método de Carga Efetiva

Ao regulador é aplicada sua tensão nominal sob uma carga adequada, de forma a circular a corrente nominal. Este método é o mais preciso de todos, mas seus requisitos em energia são geralmente excessivos.

##### b) Método de Oposição.

O regulador sob ensaio é ligado em paralelo com outro regulador de mesmas características. Ambos são excitados com tensão nominal.

Faz-se circular corrente nominal aplicando-se tensão entre os outros dois enrolamentos (pontos A e B da Figura 11) com um transformador auxiliar. Calcula-se, então a elevação de temperatura do topo do óleo como em 10.11.1, desliga-se e mede-se a elevação de temperatura dos enrolamentos como em 10.11.4.



**Figura 11 - Esquema de ligação para o método de oposição (monofásico)**

##### c) Método de Curto-Circuito

Curto-circuita-se os enrolamentos e faz-se circular corrente suficiente para dar, nestas condições, as perdas totais correspondentes à temperatura de referência. Mantém-se esta condição até que a elevação de temperatura do topo do óleo sobre a do meio de resfriamento externo atinja um valor constante e registram-se :

- a elevação de temperatura do topo do óleo sobre a temperatura do meio de resfriamento externo;
- a elevação de temperatura média do óleo sobre a temperatura do meio de resfriamento externo, quando este método for utilizado.

Reduz-se a corrente no enrolamento ao seu valor nominal, mantendo-a constante durante uma hora. Registra-se a temperatura da camada superior do óleo ou a temperatura média do óleo, conforme o método utilizado.

A elevação de temperatura de cada enrolamento referida à tensão, corrente e frequência nominais, obtida por este método, é a soma da elevação de temperatura do óleo sobre a do meio de resfriamento externo obtida segundo 10.11.1 ou 10.11.2 com a elevação de temperatura do enrolamento considerado sobre a do óleo, obtida segundo 10.11.4.

10.11.6 Para o Ensaio de Elevação de Temperatura, Devem ser Obedecidos os Seguintes Procedimentos:

Os reguladores devem estar completamente montados, com todos os acessórios necessários ao seu funcionamento normal e cheios de óleo até o nível marcado. O ensaio deve ser feito num lugar isento de correntes de ar. A temperatura ambiente deve ser medida por meio de vários termômetros ou pares termoeletricos, dispostos como indicado a seguir. Eles devem ser protegidos de irradiação anormal de calor, inclusive da irradiação do próprio regulador.

Para evitar erros devidos à demora entre as variações da temperatura do regulador e a do ar de resfriamento, os termômetros ou pares termoeletricos devem ser colocados em recipientes cheios de óleo, tendo uma constante de tempo de aproximadamente 2 h.

Deve ser considerada como temperatura ambiente a média das leituras feitas nestes termômetros ou pares termoeletricos, em intervalos iguais, durante o último quarto da duração do ensaio.

A temperatura do ar de resfriamento deve ser a mais constante possível durante o ensaio, especialmente, durante a última quarta parte.

Devem ser colocados pelo menos três termômetros ou pares termoeletricos em torno do regulador, e uma distância de um a dois metros e a meia altura do mesmo.

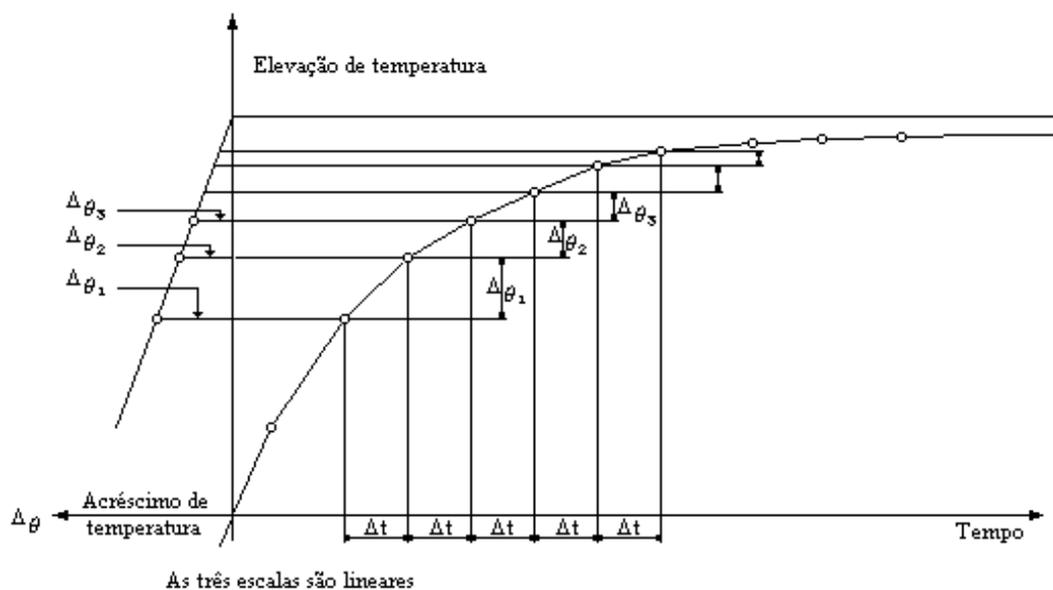
Mede-se a temperatura do topo do óleo por meio de par termoeletrico ou termometro colocado na respectiva provisão cheia de óleo. Se o tanque não estiver completamente cheio de óleo a provisão deve ser suficientemente longa, ou achar-se colocada em posição adequada para assegurar a medição correta da temperatura do topo do óleo. Quando o regulador não possuir provisão para colocação do termometro ou par termoeletrico, deve ser prevista abertura pela qual este possa ser inserido. Neste caso, o termometro ou par termoeletrico deve ser imerso no máximo 5 cm abaixo da superfície situada sob a tampa do regulador. A elevação de temperatura assim determinada não deve exceder o limite fixado na Tabela 1. Deve-se igualmente verificar a temperatura das partes metálicas sujeitas a aquecimentos anormais, adjacentes aos terminais de saída ou aos terminais portadores de corrente.

Para medições de temperatura de superfícies, é preferível a utilização de par termoeétrico. Quando utilizado com esta finalidade, o par termoeétrico, sempre que possível, deve ser fixado à superfície possibilitando um bom contato térmico.

Determina-se a elevação de temperatura dos enrolamentos de acordo com o especificado em 10.11.1. Mantém-se as condições prescritas em 10.11.5 até se atingir um valor constante de elevação de temperatura da superfície do óleo, sobre a temperatura do meio de resfriamento. O ensaio deve prosseguir até serem satisfeitos os requisitos de um dos dois métodos descritos abaixo, mediante acordo entre fabricante e CELG D.

Deve-se ter certeza de que a maior elevação de temperatura não exceda o limite fixado na Tabela 1, mesmo se o ensaio for continuando até o equilíbrio térmico. As temperaturas devem ser lidas, sempre que possível, durante o funcionamento, bem como após o desligamento da alimentação; o ensaio não deve ser considerado completo enquanto o incremento na elevação de temperatura não for inferior a 3°C em 1 h; o método indicado na Figura 12 deve ser empregado na determinação da elevação de temperatura final.

Deve ser demonstrado que a elevação de temperatura da camada superior do óleo, não varia mais de 1° C, durante três horas consecutivas; neste caso, é permitido abreviar o ensaio usando-se sobrecarga ou restringindo-se o resfriamento no início do ensaio.



**Figura 12 - Método de determinação de temperatura final do óleo**

#### 10.11.6.1 As Condições Gerais para Reguladores São as Seguintes:

- mede-se a temperatura do meio de resfriamento que é a temperatura ambiente, medida de acordo com o prescrito em 10.11.1; se esta temperatura estiver compreendida entre 10 e 40°C, não se aplica fator correção;
- em caso de necessidade, desde que se conheçam fatores de correção adequados e haja acordo entre fabricante e CELG D, o ensaio pode ser feito fora destes limites de temperatura.

A temperatura média de um enrolamento através do método de variação da resistência é determinada pela equação:

$$\theta = \frac{R_{\theta}}{R_o} (k + \theta_o) - K$$

Onde:

$R_o$  = resistência a frio, em  $\Omega$ , determinada de acordo com 10.1.1;

$R_{\theta}$  = resistência a quente, em  $\Omega$ ;

$\theta_o$  = temperatura correspondente a  $R_o$ , em  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\theta$  = temperatura correspondente a  $R_{\theta}$ , em  $^{\circ}\text{C}$ ;

$K = 234,5^{\circ}\text{C}$  (cobre);

$K = 225^{\circ}\text{C}$  (alumínio)

**Nota:**

*O valor de  $K$  pode atingir  $230^{\circ}\text{C}$  para ligas de alumínio.*

Deve ser efetuada uma série de medições de resistência entre dois terminais do enrolamento, de modo a assegurar aproximação precisa do valor real da resistência a quente, no instante do desligamento.

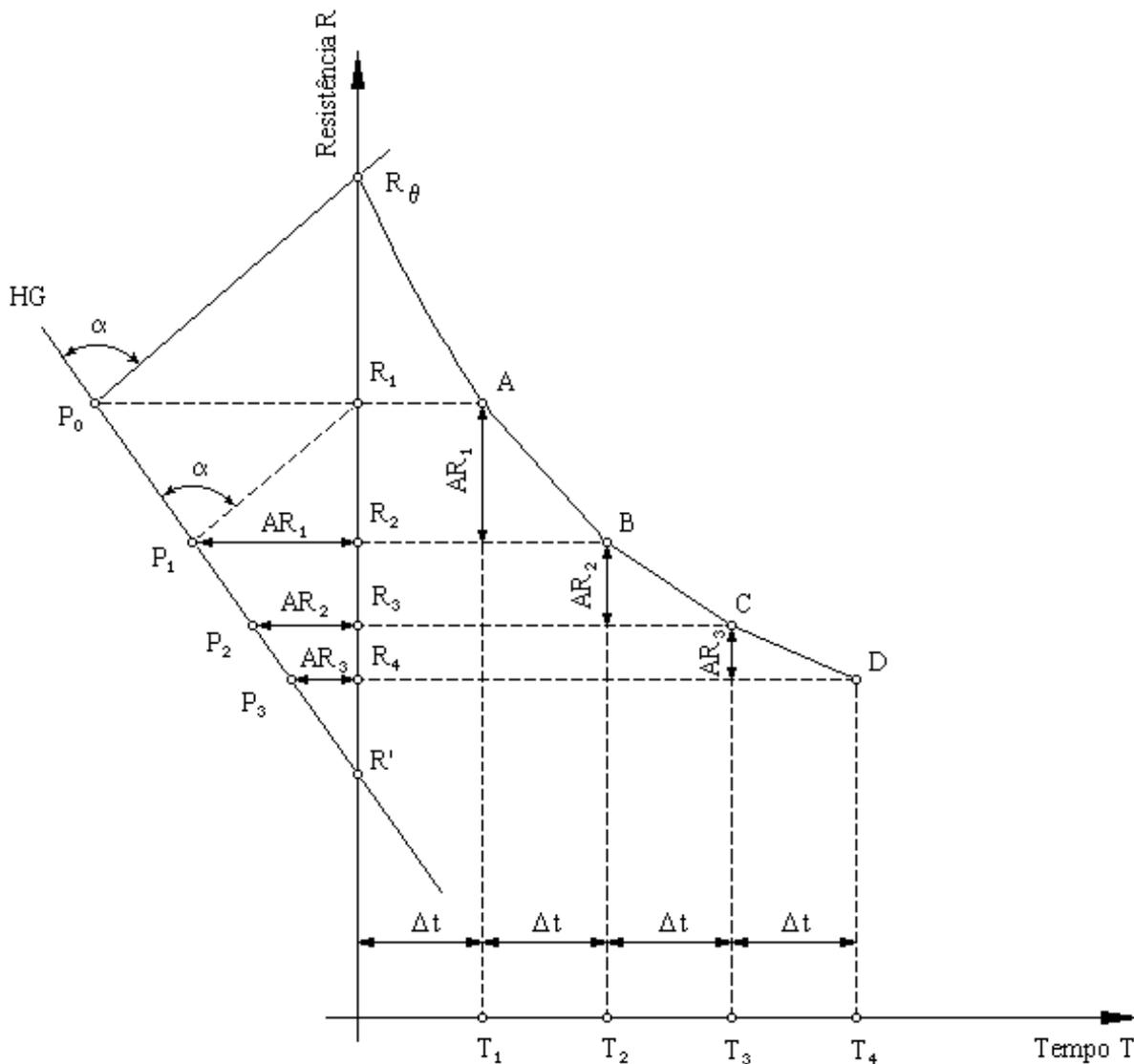
Estas medições devem ser feitas o mais rapidamente possível, após o desligamento da fonte de energia e depois de cessado o efeito indutivo.

Com os valores de resistência obtidos, traça-se a curva dessa resistência em função do tempo, a qual deve ser extrapolada para dar o valor da resistência no instante do desligamento do regulador. Devem ser obtidas pelo menos três leituras dentro dos quatro primeiros minutos no primeiro par de terminais em que é efetuada a medição. A mesma curva pode servir de orientação para obter-se a resistência no instante de desligamento dos outros enrolamentos de fase do regulador, uma vez que se tenha obtido deles um valor de resistência dentro do menor intervalo de tempo possível, de preferência dentro de 4 minutos após o desligamento da fonte de energia.

Se necessário, o ensaio de elevação de temperatura pode ser retomado, fazendo-se circular a corrente nominal durante uma hora, de forma que as primeiras leituras possam ser completadas dentro dos quatro minutos exigidos.

A determinação gráfica da resistência no instante do desligamento pode ser efetuada pelos métodos indicados a seguir :

- a) a determinação gráfica da resistência, no instante do desligamento, por meio de coordenadas retangulares, é feita de acordo com a Figura 13. O valor da resistência  $R$  deve ser determinado no gráfico em intervalos de tempo iguais a  $\Delta t$ , obtendo-se na curva, os pontos A, B e C de ordenadas  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ , respectivamente.



**Figura 13 - Método para determinação da resistência no instante do desligamento**

**Nota:**

*Em certos casos, onde é evidente a tendência da curva, pode-se extrapolar a mesma diretamente, sem a utilização da reta auxiliar HG, simplificando-se dessa forma este método.*

b) determinam-se as variações de resistência:

$$\Delta R_1 = (R_1 - R_2), \Delta R_2 = (R_2 - R_3):$$

Tomando-se o eixo das resistências R como eixo das abcissas, determinam-se os pontos P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>, cujas ordenadas são respectivamente ΔR<sub>1</sub>, ΔR<sub>2</sub>, abcissas R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> e R<sub>4</sub>. Pelos pontos P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub> traça-se a reta auxiliar HG, que representa a variação da resistência até a primeira medida R<sub>1</sub> e, portanto, permite a determinação do ponto inicial R' da curva resistência-tempo sobre o eixo das resistências.

- c) sobre a reta HG determina-se o ponto  $P_o$  de abscissa  $R_1$ , e pelo ponto  $P_o$  traça-se uma paralela ao segmento  $P_1 R_1$ , cuja interseção com o eixo das resistências é o ponto  $R_o$ , resistência no instante de desligamento da energia;
- d) para determinação gráfica da resistência no instante do desligamento, por meio de escalas semilogarítmicas, coloca-se a resistência medida na escala logarítmica e o tempo na escala linear; a resistência no instante do desligamento da fonte de energia será determinada traçando-se uma linha reta através dos pontos no gráfico e extrapolando-se até no tempo zero.

## 10.12 Curto-Circuito

As disposições abaixo definem um procedimento que permite demonstrar a capacidade do regulador de suportar esforços mecânicos de curto-circuito. Os requisitos de suportabilidade térmica deverão ser verificados por cálculo, de acordo com 6.5.3, não sendo objeto dos ensaios aqui prescritos. Este ensaio visa, principalmente, reguladores novos, para verificação de projeto.

### Notas:

- 1) *Dispensa-se a montagem de acessórios que não influem no comportamento do regulador durante o curto-circuito.*
- 2) *O regulador deve ser submetido aos ensaios de rotina antes do ensaio de curto-circuito.*

### 10.12.1 Conexões dos Ensaios e Aplicação do Curto-Circuito

Deve-se curto-circuitar os terminais do lado da carga do regulador pois isto representa mais fielmente uma condição de falta do sistema. O curto-circuito deve ser feito empregando-se conectores adequados de baixa resistência. O ensaio pode ser executado por intermédio de uma das seguintes maneiras:

- a) fechando um disjuntor que curto-circuite os terminais do regulador previamente energizado;
- b) fechando um disjuntor que conecte a fonte de tensão ao regulador previamente curto-circuitado.

Deve ser feito um ensaio com a corrente de curto-circuito assimétrica especificada com o regulador na máxima posição "elevar" e outro ensaio na máxima posição "diminuir". Com a corrente simétrica faz-se dois ensaios em cada uma destas posições.

### 10.12.2 Requisitos dos Ensaios

A corrente eficaz de curto-circuito simétrica deve ter amplitude igual a 25 vezes a corrente básica do regulador. Para reguladores de 500 kVA ou menores, se especificado, a corrente eficaz de curto-circuito simétrica deve ser 40 vezes a corrente básica ou 20 kA, a que for menor. Corrente básica é a corrente nominal associada ao estágio de resfriamento natural do regulador.

A corrente inicial deve ter um deslocamento de zero de 1,6 vezes, resultando em um valor de crista máximo igual a 2,26 vezes a corrente eficaz de curto-circuito simétrica especificada.

Deve-se submeter cada fase do regulador a seis ensaios, sendo quatro com a corrente simétrica e dois com a corrente assimétrica.

Cada ensaio deverá ter a duração equivalente a 15 ciclos de frequência nominal do regulador.

O controle de aplicação do curto-circuito, no instante do chaveamento, deve ser ajustado e feito através de uma chave de fechamento síncrono para se obter a forma de onda da corrente assimétrica descrita anteriormente

Para estabelecer os níveis especificados de corrente, instante de chaveamento, amortecimento e duração da aplicação, devem ser feitos ensaios de calibração em níveis não superiores a 50% da corrente de curto-circuito simétrica especificada.

Ensaio com nível igual ou superior a 95% da corrente de curto-circuito simétrica especificada, se ocorrerem, podem ser contados para perfazer a quantidade de ensaios prescritos.

No início dos ensaios de curto-circuito, a temperatura do topo de líquido isolante deve estar entre 0 e 40°C.

A amplitude da corrente deve ser medida através de conexões de baixa resistência entre os terminais secundários curto-circuitados. O pico do primeiro ciclo de corrente assimétrica deve ser obtido diretamente dos oscilogramas referentes aos terminais curto-circuitados.

As tolerâncias dos valores simétricos e assimétricos da corrente de ensaio não devem diferir de mais de 10% e 5% dos respectivos valores especificados.

Após completada cada aplicação de curto-circuito dos seis ensaios especificados, o comutador de derivações deve ser operado da posição de ensaio até a posição neutra e retornado para a posição de ensaio ou próxima a esta posição.

### 10.12.3 Detecção de Defeitos e Avaliação dos Resultados do Ensaio de Curto-Circuito

O regulador de tensão sob ensaio é considerado com desempenho satisfatório se os critérios de inspeção visual (ver 10.12.3.1) e os ensaios de tensão suportável nominal a frequência industrial, tensão induzida e tensão suportável nominal de impulso atmosférico (ver 10.12.3.2) forem satisfeitos. Em 10.12.3.3 a 10.12.3.7 relacionam-se as medições que devem ser feitas nos terminais, durante a realização dos ensaios de curto-circuito, não constituindo critério de aceitação ou rejeição, servindo apenas como referência de engenharia. Caso as exigências de 10.12.3.3 a 10.12.3.7 forem satisfeitas, após os ensaios de curto-circuito, é provável que o regulador não tenha sofrido qualquer dano.

#### 10.12.3.1 Inspeção Visual

A parte ativa do regulador deve ser retirada do tanque para inspeção de núcleo e enrolamentos, a fim de revelar eventuais defeitos visíveis, tais como mudanças de posição de ligações que podem por em perigo a operação segura do regulador, embora este tenha suportado os ensaios descritos em 10.12.3.2. A extensão da inspeção visual do comutador de derivações deve ser estabelecida com base na operação até o neutro realizada após cada aplicação do ensaio de curto-circuito. Caso a operação deste até o neutro, após cada ensaio, se realizar com sucesso, a inspeção do comutador de derivações montado é suficiente.

#### 10.12.3.2 Ensaios de Tensão Suportável Nominal à Frequência Industrial, Tensão Induzida e Tensão Suportável Nominal de Impulso Atmosférico.

O regulador deve suportar os ensaios de tensão suportável nominal à frequência industrial, tensão induzida e tensão suportável nominal de impulso atmosférico especificados em 10.8.3, 10.8.4 e 10.8.5 respectivamente, em todas as suas condições após a série de ensaios de curto-circuito. O ensaio de impulso entretanto deve ser realizado após a série de ensaios de curto-circuito, somente quando especificado.

#### 10.12.3.3 Forma de Onda de Tensão e Corrente nos Terminais

Nenhuma mudança substancial deve ocorrer na forma de onda da corrente de curto-circuito e tensão nos terminais, durante qualquer das aplicações dos ensaios de curto-circuito.

#### 10.12.3.4 Reatância de Curto-Circuito

A variação entre as reatâncias de curto-circuito medidas antes e após os ensaios de curto-circuito, referidas a uma mesma temperatura, não deve ser superior a 22,5%.

#### 10.12.3.5 Condições Aceitáveis

Alterações visíveis no oscilograma de amplitude ou ângulo de fase ocorridas após um dos ensaios de curto-circuito sem mudanças adicionais e/ou com o retorno a sua forma original nos ensaios subseqüentes, são consideradas aceitáveis.

#### 10.12.3.6 Condições que Exigem Investigações Adicionais

Alterações visíveis no oscilograma de amplitude ou ângulo de fase, ocorridas após o primeiro ensaio de curto-circuito com amplitude plena e com crescimento contínuo desta mudança nos ensaios subseqüentes, exigem investigações adicionais.

#### 10.12.3.7 Corrente de Excitação

A corrente de excitação medida após a série de ensaios de curto-circuito não deve aumentar acima de 5% em relação àquela medida antes dos mesmos para núcleos do tipo empilhado ou 25% no caso de núcleo enrolado. O equipamento de medição deve ser capaz de reproduzir leituras com exatidão de  $\pm 0,5\%$ .

### 10.13 Ensaios no Dispositivo de Controle

#### 10.13.1 Determinação da Exatidão

Os ensaios de exatidão são ensaios de projeto e não são realizados em todas as unidades; isto se deve a que os ensaios de controle de qualidade visam manter a exatidão dentro dos limites especificados. A tensão ou corrente utilizada nos ensaios deve ter uma forma de onda constante preferencialmente senoidal, com fator de distorção não superior a 0,03. O fator de distorção é definido conforme a ABNT NBR 5456.

#### 10.13.1.1 Ensaios para Determinação de Erro de Tensão

O dispositivo de controle deve ser ajustado para um nível de tensão de 120 V, à frequência nominal e temperatura ambiente de aproximadamente 25°C, sem corrente no primário da fonte de corrente. O dispositivo de controle deve ser mantido energizado no mínimo por uma hora antes de se realizar a primeira leitura, permanecendo o mesmo continuamente energizado ao longo dos ensaios. Se o dispositivo de controle é eletromecânico e o segmento sensor de tensão possui um suporte mecânico, este deve ser removido até o relé ser energizado, e deve ser relocado antes do relé ser desenergizado. Os erros são determinados subtraindo-se o nível de tensão de referência do nível de tensão para as condições do ensaio. Esta diferença é expressa em porcentagem com relação a 120 V.

#### 10.13.1.2 Ensaios de Erro de Tensão Devido a Variação de Temperatura

Estes ensaios são realizados à frequência nominal com o compensador de queda de tensão ajustado no zero. A frequência deve ser mantida constante com variação não superior a 0,1% do valor nominal. A faixa de temperatura no interior da cabine de controle deve ser de -10 a +65°C, correspondente à faixa de temperatura ambiente de -10 a + 40°C, mantendo a exatidão original. Não deve haver perda de controle para uma temperatura de 80°C na superfície externa da cabine de controle. As medições de exatidão devem ser feitas a temperatura não superior a 20°C, independente das especificadas na faixa de temperatura. Durante os ensaios, a temperatura do ar ao redor do dispositivo de controle deve ser mantida constante e uniforme, com uma variação máxima de  $\pm 1^\circ\text{C}$  em relação às temperaturas em que as medições são realizadas. Cada temperatura deve ser mantida constante por um período de tempo suficiente (pelo menos uma hora), para que o dispositivo de controle alcance o equilíbrio térmico antes de tomar a leitura do ensaio.

#### 10.13.1.3 Ensaios de Erro de Tensão Devido a Variação de Frequência

Estes ensaios são realizados à temperatura ambiente constante de aproximadamente 25°C, com o compensador de queda de tensão ajustado no zero. As medições de tensões devem ser feitas em uma faixa suficiente de frequências para determinar precisamente o erro sobre a faixa especificada de frequência nominal de  $\pm 0,25\%$ .

#### 10.13.1.4 Ensaios de Erro de Tensão Devido a Compensação de Queda de Tensão na Linha

##### a) Disposições gerais

Transformadores de corrente auxiliares e o compensador de queda de tensão na linha podem ser ensaiados em conjunto ou separadamente, e a exatidão combinada pode ser determinada por cálculo ou ensaios para as condições prescritas em 10.13.1.1.

A exatidão combinada pode ser determinada ensaiando-se o compensador com

transformadores de corrente que tenham os mesmos ângulos de fase e as mesmas relações utilizadas quando em operação ou que tenham desvios máximos de ângulo de fase e de relação, permitidos pelo projeto da fonte de corrente, combinados de forma a produzir o erro máximo:

- os ensaios devem ser feitos com frequência constante, a mais próxima possível da nominal, e a uma temperatura ambiente constante de aproximadamente 25°C;
- por conveniência de ensaios, deve ser utilizado um transformador de corrente com ampères-espiras equivalentes em amplitude e ângulo de fase em substituição ao transformador de corrente pertencente ao regulador de tensão;
- o ajuste e os cuidados prescritos em 10.13.1.1 para o dispositivo de controle devem ser observados ao ensaiar a fonte de corrente e o compensador de queda de tensão em conjunto;
- quando a fonte de corrente é ensaiada separadamente, as verificações da relação e ângulo de fase são realizadas de acordo com a ABNT NBR 6856;
- onde se faz referência a fatores de potência unitário e zero em 10.13.1.4.b, presume-se que estes valores sejam obtidos tão próximos quanto possível. Erros não superiores a 3 graus são permitidos, entretanto devem ser considerados no cálculo dos valores teóricos.

b) Procedimentos de Ensaio:

- ajustar o nível de tensão em 120 volts e os elementos resistivo e reativo do compensador de queda de tensão em zero volts. A tensão de alimentação necessária para manter o equilíbrio do dispositivo de controle é medida com a fonte de corrente em zero;
- ajustar o elemento resistivo do compensador em 50% de sua faixa (12 V em compensador com faixa de 24 V) e o elemento reativo em zero;
- o ensaio é feito mantendo-se a fonte de corrente (ou equivalente) fornecendo corrente nominal com fatores de potência 1,0 e zero indutivo em relação à tensão de saída medida nos terminais de teste de tensão do dispositivo de controle. Deve ser determinada a variação das tensões medidas para correntes de zero até à nominal;
- os valores teóricos de tensão, para corrente nominal, devem ser calculados como apresentado em 10.13.1.4.c;
- o elemento reativo do compensador é ajustado em 50% de sua faixa (12 volts em compensador com faixa de 24 volts) e o elemento resistivo em zero. Repetir os procedimentos indicados acima.

c) o valor teórico da tensão é calculado através da seguinte fórmula:

$$V_I = [V_o^2 + V_r^2 + V_x^2 - 2V_o \cdot (V_r^2 + V_x^2)^{0,5} \cdot \text{Cos}(180 - \alpha + \phi)]^{0,5}$$

Onde:

$V_I$  = valor teórico da tensão com corrente nominal, em volts;

$V_o$  = nível de tensão com corrente zero (120 V);

$V_r$  = valor de ajuste do elemento resistivo do compensador de queda de tensão para corrente nominal, em volt;

$V_x$  = valor de ajuste do elemento reativo do compensador de queda de tensão para corrente nominal, em volt;

$$\alpha = \arctg \frac{V_x}{V_r}$$

$\phi$  = arccosseno (fator de potência)

## 10.13.2 Ensaios Dielétricos

### 10.13.2.1 Ensaio de Tensão Suportável Nominal à Frequência Industrial

O dispositivo de controle deve suportar uma tensão de 1500 volts a 60 Hz, entre todos os terminais e terra, durante um minuto. O ensaio deve ser realizado com o dispositivo de controle totalmente desconectado do regulador de tensão. Deve ser verificado, após o ensaio, que não ocorreu nenhuma alteração em calibragem ou desempenho.

**Nota:**

*Sugere-se o uso de resistor limitador de corrente para evitar danos excessivos em caso de falha.*

### 10.13.2.2 Ensaio de Capacidade de Suportar Surtos

#### a) Disposições Gerais

Trata-se de um ensaio de tipo do dispositivo de controle, instalado em seu local de funcionamento. O dispositivo de controle deve ser capaz de suportar os surtos aplicados sem danos aos seus componentes. Após a realização deste ensaio o dispositivo de controle deve continuar operando adequadamente; a norma ANSI C37.90 define as características e as formas de onda dos surtos a serem aplicados.

#### b) Requisitos para Ensaio

Os tipos de instalação do sistema de controle variam dependendo da especificação do usuário. Os requisitos para o ensaio de capacidade de suportar surtos variam conforme aplicação.

## 10.14 **Nível de Ruído**

A medição do nível de ruído deve ser realizada de acordo com a ABNT NBR 7277.

## 10.15 **Ensaios Aplicáveis ao Comutador de Derivações sob Carga**

Devem ser realizados conforme ABNT NBR 8667-1.

## 10.16 **Verificação do Esquema de Pintura**

A verificação do esquema de pintura deve ser realizada conforme anexo A, segundo amostragem da Tabela 20, em reguladores escolhidos aleatoriamente pelo inspetor da CELG D.

#### 10.16.1 Espessura

Deve ser efetuado de acordo com a ABNT NBR 10443.

#### 10.16.2 Aderência

Deve ser executado em conformidade com o item A-4 do Anexo A.

### 10.17 Descargas Parciais

O ensaio de descargas parciais deve ser realizado utilizando-se as prescrições gerais contidas na ABNT NBR 5356-3 (Medição de descargas em transformadores), com o regulador em repouso na posição máxima elevar, exceto quanto ao seguinte:

- a) as tensões de ensaio desenvolvidas entre terminais de linha (entre fases), são expressas como abaixo:

$$V_1 = \sqrt{3} V_p$$

$$V_2 = 1,5 V_p$$

onde  $V_p$  = tensão nominal do regulador

- b) as medições devem ser em pico Coulombs (pC);  
c) o intervalo de tempo, durante o qual o valor da tensão deve ser mantido constante em  $V_2 = 1,5 V_p$ , fica reduzido para 30 minutos e as leituras da intensidade de descargas parciais devem ser realizadas a cada 5 minutos;  
d) o regulador de tensão deve ser considerado aprovado no ensaio, se a intensidade das descargas parciais não exceder a 300 pC e não apresentar tendência de crescimento, durante o intervalo de 30 minutos à tensão  $V_2$ .

### 10.18 Ensaios no Painel de Controle

O painel de controle deve ser submetido aos ensaios abaixo listados.

#### 10.18.1 Ensaios do Isolamento:

- a) medição da resistência de isolamento;  
b) tensão suportável nominal à frequência industrial nos circuitos auxiliares e de comando;  
c) impulso de tensão.

#### 10.18.2 Ensaios de Susceptibilidade:

- a) distúrbio de alta frequência, 1 MHz, conforme ABNT NBR 11770, classe 2;  
b) transientes rápidos, trem de pulsos, conforme ABNT NBR IEC 61000-4-4;  
c) distúrbio de campo eletromagnético irradiado, conforme a ABNT NBR IEC 61000-4-3, com nível de severidade 3.

10.18.3      Ensaios Climáticos

Com o controle desenergizado:

- a) ensaio de calor seco;
- b) ensaio de frio;
- c) ensaio de variação de temperatura.

Com o controle energizado:

- a) ensaio de calor seco;
- b) ensaio de calor úmido contínuo;
- c) ensaio de frio;
- d) ensaio de variação de temperatura.

10.18.4      Ensaio de Vibração

Deve ser realizado conforme a ABNT NBR 11770, classe 1.

## ANEXO A - TABELAS

### TABELA 1

#### LIMITES DE ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA (°C)

Enrolamentos		Óleo	Partes Metálicas	
Método da Variação da Resistência	Ponto mais Quente dos Enrolamentos		Em Contato com a Isolação Sólida ou Adjacente à Mesma	Não em Contato com a Isolação Sólida e não Adjacente à Mesma
55	65	50 (Nota 2)	Não devem atingir temperaturas superiores a máxima especificada para o ponto mais quente da isolação adjacente ou em contato com esta.	A temperatura não deve atingir em nenhum caso, valores que venham danificar estas partes, outras partes ou materiais adjacentes.

#### Notas:

- 1) Os materiais isolante devem ser adequados para o limite de elevação de temperatura em que o regulador é enquadrado.
- 2) Medida próxima à superfície do óleo.

### TABELA 2

#### POTÊNCIAS NOMINAIS PREFERENCIAIS PARA REGULADORES DE TENSÃO POR DEGRAUS MONOFÁSICOS, IMERSOS EM ÓLEO

Tensão Nominal do Regulador (V)	Tensão Suportável Nominal de Impulso Atmosférico Pleno (kV)	Potência Nominal Preferencial (kVA)	Corrente de Linha (A)
7967	95	76,2	100
		114,3	150
		167	219
		250	328
19920	150	200	100
		333	167
		400	201

**TABELA 3**

**EXEMPLOS DE LIMITES DE TENSÕES DE OPERAÇÃO  
INCLUINDO SUAS RESPECTIVAS TOLERÂNCIAS**

Tensão Nominal do Sistema (V)	Tensão Nominal do Regulador (V)	Relação Nominal do TP ou Terciário (Nota)	Tensão de Entrada (V)			Tensão de Saída (V)	
			Mínima	Máxima para Corrente Nominal de Carga	Máxima em Vazio	Mínima	Máxima para Corrente Nominal de Carga ou em Vazio
13800	7967	66,3	6480	8360	8760	6860	8760
34500	19920	166	16230	20920	21910	17180	21910

**Nota:**

*Quando não for obtida a relação constante desta coluna, poderá ser necessário um transformador auxiliar adicional.*

**TABELA 4**

**VALORES DE RELAÇÕES NOMINAIS DO TRANSFORMADOR  
DE POTENCIAL OU TERCIÁRIO PREFERENCIAIS**

Tensão Nominal do Regulador	Relações Nominais do Transformador de Potencial ou Terciário
7967	66,3
19920	166

**TABELA 5**

**CORRENTE NOMINAL SUPLEMENTAR EM REGIME CONTÍNUO**

Faixa de Regulação de Tensão (%)	Corrente Nominal Suplementar em Regime Contínuo (%)
10	100
8,75	110
7,5	120
6,25	135
5	160

**TABELA 6**  
**NÍVEIS DE ISOLAMENTO**

Tensão Máxima do Equipamento (Valor Eficaz) (kV)	Tensão Suportável Nominal de Impulso Atmosférico (Valor de Crista)		Tensão Suportável Nominal de Frequência Industrial Durante 1 Minuto (Valor Eficaz) (kV)
	Pleno (kV)	Cortado (kV)	
15	95	105	34
36,2	150	165	50

**TABELA 7**  
**ESPAÇAMENTOS EXTERNOS MÍNIMOS NO AR**

Tensão Máxima do Equipamento (kV)	Tensão Suportável Nominal de Impulso Atmosférico (Valor de Crista) (kV)	Espaçamentos Mínimos em Ar	
		Fase-terra (mm)	Fase-fase (mm)
15	95	130	140
36,2	150	200	230

**Nota:**

*Quando reguladores monofásicos forem ligados em estrela, o neutro do banco de reguladores deve ser aterrado adequadamente ou, se possível, ligado ao neutro do sistema. A ligação de reguladores em triângulo é comumente recomendada em sistemas onde o neutro não é acessível.*

**TABELA 8**  
**VALORES GARANTIDOS DE PERDAS E CORRENTE DE EXCITAÇÃO**

Tensão (V)	Potência Nominal (kVA)	Corrente de Excitação Máxima (% da Corrente Passante)	Perdas em Vazio Máximas (W)	Perdas Totais Máximas (W)
7967	76,2	0,5	450	2050
	114,3	0,5	600	2400
	167	0,5	900	3150
	250	0,5	1150	4600
19920	200	0,5	1000	3600
	333	0,5	1400	5350
	400	0,5	1400	6200

**TABELA 9**

**TOLERÂNCIAS DOS VALORES GARANTIDOS**

Número de Unidades do Lote	Base de Determinação	Tolerâncias			
		Perdas em Vazio (%)	Corrente de Excitação (%)	Perdas Totais (%)	Impedância de Curto-circuito (%)
1	1 unidade	10	20	6	±7,5
2 ou mais	cada unidade	10	20	6	±7,5
2 ou mais	média de todas as unidades	0	0	0	±7,5

**TABELA 10**

**VALORES MÁXIMOS ADMISSÍVEIS  $\theta_2$  DA MÁXIMA TEMPERATURA MÉDIA DO ENROLAMENTO APÓS CURTO-CIRCUITO**

Limite de Elevação de Temperatura dos Enrolamentos Método da Variação da Resistência (°C)	Valor de $\theta_2$ (°C)	
	Cobre	Alumínio
55	250	200
65		

**TABELA 11**

**VALORES DO FATOR "a"**

$(\theta_2 + \theta_0)/2$ (°C)	Função de $(\theta_2 + \theta_0)/2$	
	Enrolamento de Cobre	Enrolamento de Alumínio
140	7,41	16,5
160	7,80	17,4
180	8,20	18,3
200	8,59	19,1
220	8,99	-
240	9,38	-
260	9,78	-

**TABELA 12**

**CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DAS BUCHAS DE MT**

<b>Tensão Nominal kV (Eficaz)</b>	<b>Tensão Suportável Nominal de Impulso Atmosférico kV (Crista)</b>	<b>Tensão Suportável Nominal à Frequência Industrial a Seco e sob Chuva - 1 min. kV (Eficaz)</b>
15	95	34
36,2	150	50

**TABELA 13**

**CLASSES DE EXATIDÃO DO SISTEMA DE CONTROLE**

<b>Classes de Exatidão do Sistema de Controle</b>	<b>Erro Global (%)</b>
1	± 1
2	± 2
3	± 3

**TABELA 14**

**CLASSES DE EXATIDÃO DOS TPs**

<b>Classes de Exatidão dos TPs</b>	<b>Erro Global (%)</b>
0,3	± 0,3
0,6	± 0,6
1,2	± 1,2

**Notas:**

- 1) Salvo indicação diferente, pode-se admitir que o dispositivo de controle constitua carga igual ou inferior a 25 VA.
- 2) Quando se tratar de transformador de potencial deve ser utilizada a ABNT NBR 6855, onde aplicável.

**TABELA 15**

**CLASSES DE EXATIDÃO DOS TCs**

<b>Classes de Exatidão do TCs</b>	<b>Erro Global (%)</b>
1	± 1
2	± 2
4	± 4

**Nota:**

Salvo indicação diferente, pode-se admitir que o dispositivo de controle constitua carga igual ou inferior a 5 VA.

**TABELA 16**

**INDICAÇÃO DOS NÍVEIS DE ISOLAMENTO  
NA PLACA DE IDENTIFICAÇÃO**

<b>Níveis de Isolamento Tensão Suportável (kV)</b>	<b>F</b>	<b>C</b>	<b>FC</b>	<b>T</b>
Frequência Industrial (Eficaz)				
Impulso Atmosférico Pleno (Valor de Crista)				

Onde :

F = fonte;

C = carga;

FC = comum;

T = terciário (quando aplicável)

**TABELA 17**

**MEDIÇÕES A SEREM FEITAS NO ENSAIO DE FATOR  
DE POTÊNCIA DO ISOLAMENTO**

<b>Tipo de Regulagem</b>	<b>Método 1 Ensaio sem Cabos de Blindagem Procedimentos</b>	<b>Método 2 Ensaio com Cabo de Blindagem Procedimentos</b>
Regulador com enrolamento comum e série somente	Enrolamento comum e série para terra	-
Regulador com enrolamento terciário	Enrolamento comum e série para terciário e terra Enrolamento terciário para terra Enrolamento comum e série para terra	Enrolamento comum e série para terciário e terra Enrolamentos comum e série para terra e terciário ligado ao cabo de blindagem Enrolamento terciário para enrolamento série e comum e terra Enrolamento terciário para terra e enrolamentos comum e série ligados ao cabo de blindagem

**Nota:**

*Nesta tabela a expressão "cabo de blindagem" significa um ou mais elementos condutores dispostos de maneira a desviar correntes indesejadas dos instrumentos de medição.*

**TABELA 18**  
**FATORES DE CORREÇÃO (k)**

<b>Temperatura de Ensaio (°C)</b>	<b>Fator de Correção (K)</b>
10	0,80
15	0,90
20	1,00
25	1,12
30	1,25
35	1,40
40	1,55
45	1,75
50	1,95
55	2,18
60	2,42
65	2,70
70	3,00

**TABELA 19**  
**VALORES PARA OS ENSAIOS DE ESTANQUEIDADE E RESISTÊNCIA À PRESSÃO**

<b>Tipo de Regulador</b>	<b>Pressão Manométrica (MPa)</b>	<b>Tempo de Aplicação (h)</b>
Selado	0,07	1
Não Selado	0,03	24

**TABELA 20**  
**PLANO DE AMOSTRAGEM PARA OS ENSAIOS DE ADERÊNCIA E ESPESSURA DA PINTURA**

<b>Unidades do Lote</b>	<b>Amostra</b>		<b>Ac</b>	<b>Re</b>
	<b>Sequência</b>	<b>Tamanho</b>		
2 a 15	-	2	0	1
16 a 50	-	3	0	1
51 a 150	1 <sup>a</sup>	3	0	2
	2 <sup>a</sup>	6	1	2

**TABELA 21****PLANO DE AMOSTRAGEM PARA OS  
ENSAIOS DO ÓLEO ISOLANTE**

<b>Unidades do Lote</b>	<b>Amostra</b>	<b>Ac</b>	<b>Re</b>
2 a 15	2	0	1
16 a 25	3	0	1
26 a 90	5	0	1
91 a 150	8	0	1

**TABELA 22**

**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 40°C 100°C	mm <sup>2</sup> /s	- - -	25,0 11,0 3,0	ABNT NBR 10441
Ponto de fulgor	°C	140	-	ABNT NBR 11341	
Ponto de fluidez	°C	-	-39	ABNT NBR 11349	
Índice de neutralização	mg KOH/g	-	0,03	ABNT NBR 14248	
Tensão interfacial a 25°C	mN/m	40	-	ABNT NBR 6234	
Cor ASTM	-	-	1,0	ASTM D1500	
Teor de água	mg/kg	-	25	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	≥30	-	ABNT NBR 6869	
Rigidez dielétrica (eletrodo de calota)	kV	≥45	-	ABNT NBR 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	mgKOH/g	-	<0,03	ABNT NBR 14248	
Teor de bifenilas policloradas (PCB)	mg/kg	Não detectável		ABNT NBR 13882	

**Notas**

- 1) Antes de se 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°. 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.

ANEXO B  
DESENHO 1



NOTA:

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

	CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.			PLACA DE IDENTIFICAÇÃO DE CADASTRO DE EQUIPAMENTOS		
	DIM.: Em mm	DES.:DT-SNT	APROV.:			
	ESC.: S/Esc.	VISTO:	DATA: MAR/15	NORMA: NTC-29	REF.:	78
ELAB.:DT-SNT	SUBST.:					

## ANEXO C

### VERIFICAÇÃO DO ESQUEMA DE PINTURA

#### C.1 Névoa Salina (ASTM B117)

Com uma lâmina cortante, romper o filme até à base, de tal forma que fique traçado um "X" sobre o painel.

Deve resistir a 120 h de exposição contínua ao teste de névoa salina (solução a 5% de NaCl em água). Não deve haver empolamento e a penetração máxima sob os cortes traçados será de 4 mm; os painéis devem ser mantidos em posição vertical com a face rompida voltada para o atomizador.

#### C.2 Umidade (Ensaio Clássico, Variação da ASTM D1735)

Os painéis são colocados verticalmente numa câmara com umidade relativa a 100% e temperatura ambiente de  $40 \pm 1^\circ\text{C}$ . Após 240 h de exposição contínua não podem ocorrer empolamentos ou defeitos similares.

#### C.3 Impermeabilidade (ASTM D870)

Imergir 1/3 do painel em água destilada mantida a  $37,8 \pm 1^\circ\text{C}$ . Após 72 h não devem haver empolamentos ou defeitos similares.

#### C.4 Aderência (ABNT NBR 11003 - Método B)

Selecionar uma área plana, livre de imperfeições, limpa e seca. Executar o ensaio conforme prescrito na ABNT NBR 11003; o grau de aderência deve ser Gr0 ou Gr1.

#### C.5 Brilho (ASTM D523)

O acabamento deve ter um brilho de 73 a 77 medido no Gardner Glossmeter a  $60^\circ$  de ângulo.

#### C.6 Resistência da Pintura Interna ao Óleo Isolante

Preparar painéis somente com o esquema da pintura interna; deve resistir a 48 h imerso em óleo isolante a  $110 \pm 2^\circ\text{C}$ , sem alterações.

#### C.7 Resistência a Atmosfera Úmida Saturada na Presença de $\text{SO}_2$

Com uma lâmina cortante, deve-se romper o filme até à base, de tal forma que fique traçado um "X" sobre o painel.

Deve resistir a uma ronda de ensaios sem apresentar bolhas, enchimentos, absorção de água e carregamento; não deve apresentar manchas, e corrosão de no máximo 3 mm a partir do corte em "X" e nas extremidades.

#### **Nota:**

*Uma ronda consiste em um período igual a 8 h a  $40^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  na presença de  $\text{SO}_2$ , após o qual desliga-se o aquecimento e abre-se a tampa do aparelho, deixando-se as peças expostas ao ar, dentro do aparelho durante 16 h à temperatura ambiente.*

### **C.8 Espessura da Película**

Deve ser ensaiada de acordo com a ABNT NBR 10443.

### **C.9 Resistência da Pintura Interna ao Óleo Isolante**

Deve ser realizado conforme ASTM D3455. A área pintada do corpo de prova a ser colocado em um litro de óleo é dada por:

$$A_{cp} = 4 \times \frac{A_t}{V_t}$$

Onde:

*A<sub>cp</sub>* = área do corpo de prova a ser colocado em um litro de óleo, em m<sup>2</sup>;

*A<sub>t</sub>* = superfície interna do transformador em contato com o óleo isolante, em m<sup>2</sup>;

*V<sub>t</sub>* = volume de óleo do transformador em litros.

Após o ensaio, as propriedades do óleo no qual foram colocados os corpos de prova devem ser as seguintes:

- a) tensão interfacial a 25°C (mínimo): 0,034 N/m;
- b) índice de neutralização (máxima variação): 0,03 mg KOH/g;
- c) rigidez dielétrica (mínimo): 25,8 kV/2,54 mm;
- d) fator de potência a 100°C (máximo): 1,6%;
- e) cor (máxima variação): 0,5.

## ANEXO D

### INSPEÇÃO GERAL

Na inspeção geral dos reguladores deve ser observado, no mínimo, o seguinte:

#### **D.1 TANQUE**

##### **D.1.1 Parte Interna**

- Ausência de escorrimento, empolamento e enrugamento da pintura.
- Ausência de sujeira no fundo do tanque, tais como borra, celulose, limalha, areia, etc.
- Ausência de ferrugem no tanque e nos radiadores.
- Ausência de respingos da pintura externa.
- Inspeção visual da pintura (inclusive radiadores ou tubos).

##### **D.1.2 Parte Externa**

- Ausência de escorrimento, empolamento e enrugamento da pintura.
- Marcação dos terminais.
- Marcação do número de série na orelha de suspensão e na tampa.

#### **D.2 PARTE ATIVA**

##### **D.2.1 Núcleo**

- Ausência de oxidação e borra.
- Aterramento.
- "Gaps" e empacotamento.
- Apoio das chapas na parte inferior.

##### **D.2.2 Comutador**

- Mudança simultânea nas fases.
- Marcação das posições.

##### **D.2.3 Bobinas**

- Ausência de deformação por aperto excessivo dos tirantes, calços, etc.
- Rigidez mecânica das bobinas e dos calços.
- Canais para circulação de óleo desobstruídos.
- Flexibilidade dos cabos de interligação ao comutador e buchas de AT.
- Qualidade do enrolamento: uniformidade, ausência de remonte de espiras, impregnação.
- Orientação e fixação dos cabos de subida ao comutador.

##### **D.2.4 Tirantes, Barras de Aperto e Olhais para Suspensão**

- Inspeção visual da pintura.
- Ausência de oxidação nas partes não pintadas.

- Rigidez mecânica dos tirantes e barras de aperto.
- Qualidade e localização dos olhais para suspensão da parte ativa.
- Ausência de isolamento nas áreas de contato de fixação da parte ativa ao tanque.
- Marcação do número de série.

**ANEXO E**

**QUADRO DE DADOS TÉCNICOS E CARACTERÍSTICAS GARANTIDAS**

**Regulador Automático de Tensão**

Nome do fabricante \_\_\_\_\_

Nº da licitação \_\_\_\_\_

Nº da proposta \_\_\_\_\_

<b>Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>Características Unidades</b>
<b>1</b>	<b>Protótipo aprovado na CELG? (1)</b>	Sim ( ) Não ( )
<b>2</b>	<b>Tipo ou modelo</b>	
<b>3</b>	<b>Classe de tensão</b>	kV
<b>4</b>	<b>Tensão nominal</b>	kV
<b>5</b>	<b>Potência nominal</b>	kVA
<b>6</b>	<b>Nível de isolamento</b>	
6.1	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico onda plena (valor de crista)	kV
6.2	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico onda plena reduzida (valor de crista)	kV
6.3	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico onda cortada (valor de crista)	kV
6.4	Tensão suportável nominal à frequência industrial durante 1 minuto (valor eficaz)	kV
<b>7</b>	<b>Tensão de curto-circuito a 75°C</b>	
	na base _____ kV	
	na derivação _____ kV	%
<b>8</b>	<b>Perdas máximas referidas a 75°C</b>	
8.1	em carga	W
8.2	em vazio	W
8.3	totais	W
<b>9</b>	<b>Corrente de excitação máxima (% da corrente passante)</b>	%
<b>10</b>	<b>Elevação de temperatura</b>	
10.1	nos contatos	°C
10.2	no enrolamento	°C
10.3	no óleo próximo à superfície	°C
<b>11</b>	<b>Faixa de regulação nominal</b>	
<b>12</b>	<b>Contatos</b>	
12.1	tipo	
12.2	material	
<b>13</b>	<b>Terminais</b>	
13.1	tipo	
13.2	material	
<b>14</b>	<b>Óleo</b>	
14.1	tipo	
14.2	volume	l
<b>15</b>	<b>Material das juntas de vedação</b>	

Item	Descrição	Características Unidades
<b>16</b>	<b>Material dos enrolamentos</b>	
<b>17</b>	<b>Massas</b>	
17.1	da parte ativa	kg
17.2	do óleo	kg
17.3	do regulador completo	kg
<b>18</b>	<b>Informar o método de preparo da chapa, tratamento anti-corrosivo, pintura interna e externa a serem utilizados</b>	
<b>19</b>	<b>Apresentação dos seguintes documentos:</b>	
19.1	relatórios dos seguintes ensaios, em uma unidade de cada tipo ofertado: - tensão suportável nominal de impulso atmosférico, com oscilogramas; - elevação de temperatura; - tensão de radiointerferência; - elevação de temperatura; - exatidão do dispositivo de controle; - curto-circuito; - nível de ruído;	
19.2	os relatórios devem ser preenchidos em papel timbrado pelo órgão responsável e conter, no mínimo, as seguintes informações: - condições de ensaios; - normas utilizadas; - características técnicas dos instrumentos e padrões utilizados; - descrição da metodologia empregada na realização dos ensaios; - diagramas elétricos; - resultados dos ensaios.	

**Notas:**

- 1) *O fabricante deve fornecer em sua proposta todas as informações requeridas no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas.*
- 2) *Erro de preenchimento no quadro será motivo para desclassificação.*
- 3) *Todas as informações requeridas no quadro devem ser compatíveis com as informações descritas em outras partes da proposta de fornecimento. Em caso de dúvidas, as informações prestadas no quadro prevalecerão sobre as descritas em outras partes da proposta.*
- 4) *O fabricante deve garantir que a performance e as características dos equipamentos a serem fornecidos estejam em conformidade com as informações aqui prestadas.*
- 5) *Todos os ensaios referidos no item 19 devem ser realizados por um dos seguintes órgãos:*
  - laboratórios governamentais;
  - laboratórios credenciados pelo governo do país de origem;
  - laboratórios de entidades reconhecidas internacionalmente;
  - laboratório do fornecedor na presença do inspetor da CELG.

**ANEXO F****COTAÇÃO DE ENSAIOS DE TIPO**

Tipo do regulador \_\_\_\_\_  
Nome do fabricante \_\_\_\_\_  
Nº da licitação \_\_\_\_\_  
Nº da proposta \_\_\_\_\_

<b>Item</b>	<b>Ensaio</b>	<b>Preço</b>
1	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico	
2	Fator de potência do isolamento	
3	Elevação de temperatura	
4	Exatidão do dispositivo de controle	
5	Curto-circuito	
6	Nível de ruído	
7	Tensão de radiointerferência	
8	Ensaio aplicáveis ao comutador de derivações em carga conforme ABNT NBR 8667-1	
9	Estanqueidade da caixa de controle conforme ABNT NBR IEC 60529	
10	Análise cromatográfica dos gases dissolvidos no óleo isolante	
11	Ensaio aplicáveis ao relé	

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

Tipo do regulador \_\_\_\_\_

Nome do fabricante \_\_\_\_\_

Nº da licitação \_\_\_\_\_

Nº da proposta \_\_\_\_\_

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

Referência	Descrição sucinta dos desvios e exceções

**ANEXO H****PEÇAS SOBRESSALENTES RECOMENDADAS**

Tipo do regulador \_\_\_\_\_

Nome do fabricante \_\_\_\_\_

Nº da licitação \_\_\_\_\_

Nº da proposta \_\_\_\_\_

<b>Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço</b>

ALTERAÇÕES NA NTC-29

Item	Data	Item da norma	Revisão	Título
01	MAR/15	1	2	Objetivo
02		2		Atualização das normas e documentos complementares
03		4		Inserido o item Apresentação de Propostas, Aprovação de Documentos e Protótipos
04		4.2.4		Inserido o item Manual de Instruções
05		4.2.5		Inserido o item Aprovação de Protótipos
06		4.4		Foi alterado o período de garantia
07		4.4.1		Inserido o item Direito de Operar com Equipamento Insatisfatório
08		TABELA 22		Foi atualizada a tabela com a especificação do óleo isolante
09		ANEXO B		Foi inserido o desenho da placa de identificação de cadastro de equipamento.