



**XX SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
XXX.YY
22 a 25 Novembro de 2009
Recife - PE

GRUPO - VIII

**GRUPO DE ESTUDO DE TRANSFORMADORES, REATORES, MATERIAIS E
TECNOLOGIAS EMERGENTES – GSE**

**ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE TRANSFORMADORES DE CORRENTE
DE EXTRA-ALTA TENSÃO - A INFLUÊNCIA DAS PERDAS DIELÉTRICAS NA ELEVAÇÃO DE
TEMPERATURA.**

Flavio Eduardo Spressola (*)
AREVA T&D Brasil

Manuel Luís Barreira Martinez
UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá

RESUMO

O comportamento térmico de um TC de extra-alta tensão é função das perdas ôhmicas, magnéticas e dielétricas. As perdas ôhmicas dependem das resistências dos enrolamentos e aumentam com o quadrado da corrente circulante. As perdas magnéticas são pouco representativas sob condições normais de operação. As perdas dielétricas são resultantes da circulação de corrente através do isolamento e dependem da qualidade e tensão aplicada ao mesmo, sendo, portanto não avaliadas pelos ensaios tradicionais de elevação de temperatura.

Este trabalho discute os métodos de ensaio aplicáveis além de apresentar resultados práticos que demonstram a influência das perdas dielétricas na elevação de temperatura.

PALAVRAS-CHAVE

Ensaio, Transformador de corrente, desempenho térmico, perdas dielétricas

1.0 - INTRODUÇÃO

O comportamento térmico de um TC de alta ou extra alta tensão é função das trocas de calor entre componentes de um sistema térmico complexo cujas fontes de calor são oriundas das perdas ôhmicas, magnéticas e dielétricas.

A circulação de corrente através dos enrolamentos do TC provoca dissipação de calor devida à resistência ôhmica desses enrolamentos. Quando trata-se de elevados valores de corrente, as resistências de contato resultantes da conexão entre os terminais primários do TC e o sistema elétrico de potência podem resultar em elevados valores de perdas ôhmicas causando, muitas vezes, danos irreparáveis ao equipamento.

As perdas magnéticas ocorrem em função do tipo de material magnético e do nível de indução ao qual cada núcleo opera. Estas perdas são, em geral, pouco representativas uma vez que os núcleos de um TC são projetados para operar distantes da indução de saturação.

As perdas dielétricas são função da qualidade do isolamento e aumentam com o quadrado da tensão aplicada ao mesmo. Para sistemas de média tensão, estas perdas são pouco representativas, porém, para tensões elevadas, tornam-se componentes relevantes na determinação da elevação de temperatura total.

Os ensaios tradicionais de elevação de temperatura consistem basicamente na aplicação da corrente nominal estendida a um dos enrolamentos do TC (normalmente o primário), mantendo-se os demais enrolamentos curto-

circuitados ou conectados às suas respectivas cargas nominais. Este procedimento reproduz adequadamente as perdas ôhmicas e magnéticas. Todavia, com a ausência de tensão aplicada ao isolamento principal do TC, as perdas dielétricas deixam de ser reproduzidas no ensaio.

O objetivo deste trabalho é discutir os métodos de ensaio existentes para avaliação do comportamento térmico dos transformadores de corrente de extra-alta tensão, avaliando sua eficácia e aplicabilidade, bem como apresentar métodos alternativos, tais como, o ensaio de estabilidade térmica e a avaliação do fator de perdas dielétricas do isolamento para diferentes temperaturas.

2.0 - AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE UM TC BASEADO NAS NORMAS ABNT, IEC E IEEE

As normas mais utilizadas no Brasil para transformadores de corrente – NBR-6820/1992, NBR-6855/1992, IEC 60044-1/Ed. 1.2, 2003-2 e IEEE C57.13/1993 – consideram para verificação do comportamento térmico o ensaio de elevação de temperatura.

Este ensaio consiste basicamente na aplicação da corrente nominal estendida (corrente nominal multiplicada pelo fator térmico) ao enrolamento primário, estando os enrolamentos secundários conectados às suas respectivas cargas nominais (porém, normalmente com fator de potência unitário). A temperatura dos enrolamentos secundários é normalmente monitorada através do método da variação da resistência. As temperaturas do primário, tanque e conexões são em geral medidas através de termopares. A temperatura ambiente é usualmente monitorada através de 3 termômetros ou termopares colocados ao redor do TC sob teste.

A elevação de temperatura dos enrolamentos e das partes externas é então obtida pela diferença entre a temperatura medida (ou calculada a partir da medição da resistência para o caso dos secundários) e a temperatura ambiente média.

O ensaio deve prosseguir até que os critérios de estabilização apresentados na Tabela 1 sejam atingidos.

Tabela 1 – Critérios de Estabilização para Ensaio de Elevação de Temperatura

Norma	Critério de Estabilização
NBR-6821/1992	Varição da Elevação de Temperatura deve ser inferior a 2,5% ou 1K/hora, o que for maior, durante 3 horas consecutivas
IEC 60044-1/Ed. 1.2 2003-02	Varição da Elevação de Temperatura não exceder a 1K/hora
IEEE C57.13/1993	As temperaturas medidas em intervalos não inferiores a 30 minutos devem variar menos de 1°C durante 3 leituras consecutivas

2.1 Considerações sobre os ensaios de elevação de temperatura para TC's de alta e extra-alta tensão

Os TC's de extra-alta tensão possuem duas diferenças fundamentais em relação aos TC's de média e alta tensão quando pretende-se avaliá-los termicamente. Devido às elevadas tensões de operação, a massa de isolante utilizada é muito superior, o que faz com que estes TC's tenham valores de constante de tempo térmica muito mais elevados. Além disso, a aplicação de tensões mais elevadas faz com que as perdas dielétricas tornem-se mais significativas na composição da elevação de temperatura destes TC's.

O procedimento descrito anteriormente aplica-se de forma satisfatória para TC's de média e alta tensão. Porém, quando deseja-se verificar a performance de equipamentos de extra-alta tensão, este procedimento mostra-se inadequado pelas razões apresentadas a seguir.

- a. A consideração da temperatura ambiente através de termopares ou termômetros ao redor do TC sob teste não é satisfatória para avaliação da elevação de temperatura de um transformador com elevada constante de tempo térmica, uma vez que sua elevada inércia térmica faz com que o ambiente interno ao isolamento responda de forma muito mais lenta às alterações da temperatura ambiente externa ao TC.
- b. Os critérios de estabilização apresentados pelas normas não são eficazes para verificação da estabilização de TC's com elevados valores de constante de tempo térmica. A partir do critério de variação da elevação de

temperatura de 1K/hora, por exemplo, poder-se-ia, com apenas 12 horas de ensaio, considerar estabilizado um TC com constante de tempo térmica da ordem 35 horas e elevação de temperatura final de 40K, com apenas 11,6K de elevação. ver Figura 1.

- c. Este procedimento não considera as perdas dielétricas, uma vez que durante o ensaio o isolamento do TC não é submetido a qualquer tensão. As perdas dielétricas são diretamente proporcionais ao fator de perdas dielétricas (tangente de delta) e ao quadrado da tensão aplicada ao isolamento. Para tensões de até $138/\sqrt{3}$ kV, as perdas dielétricas são pouco representativas na elevação de temperatura total. Porém, à medida em que se eleva a tensão estas perdas podem atingir valores muito representativos quando comparados às perdas ôhmicas nos enrolamentos.

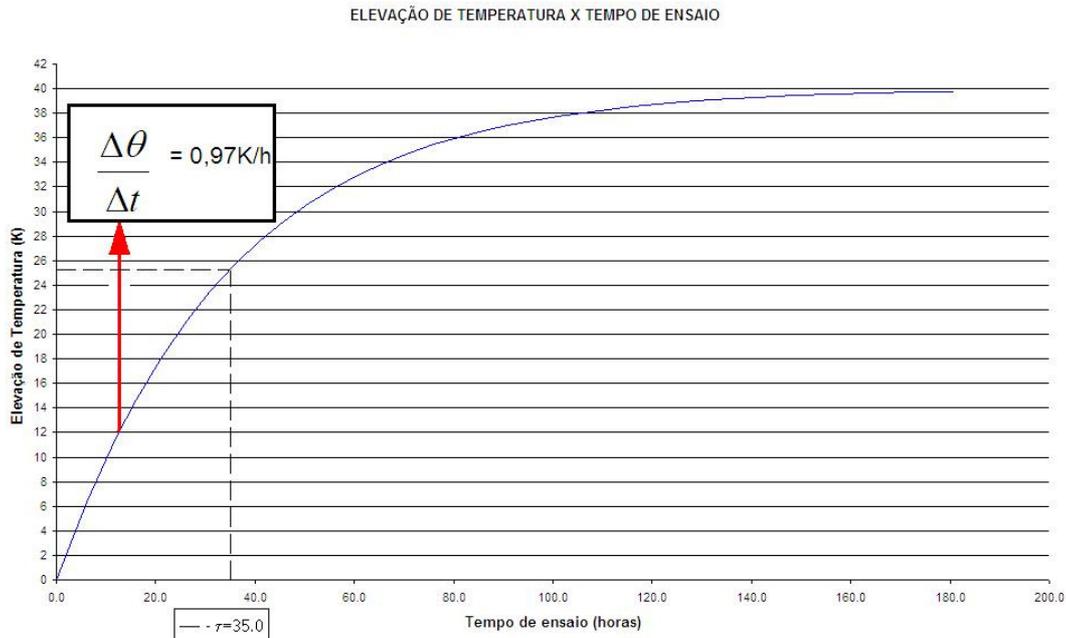


FIGURA 1 – Exemplo de Ensaio em um TC com Constante de Tempo Térmica de 35 horas e Elevação de Temperatura Final de 40K.

Para melhor visualização das diferenças entre os TC's de alta e extra-alta tensão, a Tabela 2 apresenta um quadro comparativo com características típicas de alguns TC's de fabricação AREVA com isolamento papel-óleo de diferentes classes de tensão. Os valores de perdas apresentados foram obtidos a partir de resultados de ensaios realizados.

Tabela 2 – Características de TC's AREVA de Diferentes Classes de Tensão Obtidas a Partir de Ensaios.

Classe de Tensão [kV]	Perdas nos Enrol. Secundários [W]	Tg δ [%]	Perdas Dielétricas [W]	Constante de Tempo Térmica τ [horas]
145	59,4	0,220	6	8
245	57,6	0,220	17	12
550	59,0	0,165	63	22
800	29,2	0,174	140	47

Como pode-se perceber, as constantes de tempo térmica, bem como as perdas dielétricas atingem valores muito mais elevados para os TC's de 550 kV e 800 kV. Dessa forma, evidencia-se a necessidade de adotar-se procedimentos de ensaio que sejam mais relevantes para a correta avaliação do desempenho térmicos destes transformadores.

Dentro deste contexto, apresentar-se-ão alternativas para um correto tratamento dos pontos apresentados em 2.1 a, b e c.

3.0 - PROCEDIMENTOS PROPOSTOS PARA VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UM TC DE EXTRA-ALTA TENSÃO

Visando contribuir para aperfeiçoamento dos métodos de ensaio para a correta verificação do desempenho térmico de TC's de extra-alta tensão, algumas alternativas serão apresentadas.

As questões relacionadas à inércia térmica dos TC's de extra-alta tensão podem ser resolvidas com soluções simples, soluções estas já previstas ou em discussão por comitês internacionais.

A questão da reprodução das perdas dielétricas durante o ensaio é muitas vezes de difícil realização e custo elevado, merecendo, portanto, um tratamento cuidadoso inclusive em relação à viabilidade dos procedimentos possíveis, sem prejuízo para a correta avaliação técnica.

3.1 Método para a correta consideração da temperatura ambiente para ensaios em TC's com elevada constante de tempo térmica

Como já comentado, TC's de extra-alta tensão são equipamentos de elevada inércia térmica devido ao volume de papel impregnado à óleo utilizado no isolamento principal dos mesmos.

Dessa forma, os enrolamentos secundários, os quais encontram-se envolvidos por este isolamento, terão resposta muito lenta a variações na temperatura ambiente externa. Isto significa que variações na temperatura ambiente externa produzirão erro nos cálculos da elevação de temperatura, a qual é obtida a partir da diferença entre a temperatura do enrolamento e a temperatura ambiente.

Para uma correta avaliação da elevação de temperatura, surge a necessidade de utilização de um sistema de medição que possua uma resposta às variações de temperatura externa semelhante à resposta do secundário do TC.

A norma IEEE C57.13 apresenta como alternativa preferencial para obtenção da temperatura ambiente de referência para o cálculo da elevação de temperatura o uso de um TC idêntico ou, pelo menos, de mesma constante de tempo térmica. A temperatura ambiente de referência é a temperatura do(s) enrolamentos secundários deste TC, o qual podemos denominar TC de referência. Esta temperatura é obtida através da medição da(s) resistência(s) do(s) enrolamento(s) secundário(s).

O TC de referência deve ser posicionado na área de ensaios, próximo ao TC sob ensaio. A colocação de ambos TC's na área de ensaios deve ser feita em momentos próximos, e ambos devem permanecer na área de ensaios com antecedência suficiente para que suas temperaturas fiquem em equilíbrio com o ambiente externo.

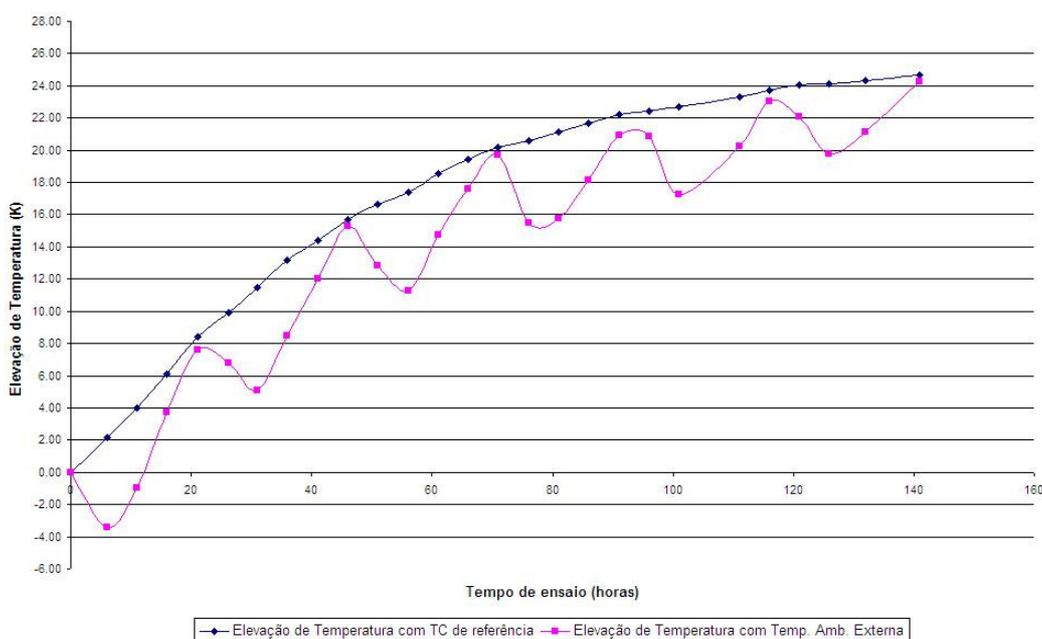


FIGURA 2 – Exemplo de Ensaio: Comparação entre Curvas de Elevação de Temperatura Calculadas, a Primeira com o Uso do TC de Referência e a Segunda com o Uso de 3 Termopares ao redor do TC.

Com o objetivo de melhor ilustrar o uso do TC de referência, apresenta-se um exemplo de resultado de ensaio com duas curvas de elevação de temperatura: a primeira considerando a temperatura do TC de referência e a segunda considerando a média de 3 termômetros ao redor do TC sob ensaio. ver Figura 2.

As normas IEC e ABNT ainda não prevêm o uso do TC de referência, e por esta razão, dá-se citação especial a este método neste trabalho.

Para o cálculo da elevação de temperatura do primário e partes externas ao isolamento, recomenda-se o uso de termômetros ou termopares os quais podem ser colocados em pequenos recipientes de óleo, ou ainda, podem ser fixados aos pontos correspondentes no TC de referência.

3.2 Critério para a correta consideração da estabilização da elevação de temperatura ambiente para ensaios em TC's com elevada constante de tempo térmica

Os critérios especificados pelas normas ABNT, IEC e IEEE para estabilização produzem resultados satisfatórios para TC's cujos valores de constante de tempo térmico são relativamente baixos.

Conforme apresentado em 2.1 b, para TC's com elevada constante de tempo térmica, a consideração do critério de variação de 1K/hora no valor da elevação de temperatura pode induzir os executantes do ensaio a encerrarem o mesmo muito tempo antes do atingimento da estabilização.

A curva de elevação de temperatura obedece a uma equação do tipo:

$$\theta(t) = \theta_F \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad (1)$$

Onde

$\theta(t)$ = Elevação de Temperatura em função do tempo de ensaio t

θ_F = Elevação de Temperatura Final ou Elevação de Temperatura Máxima

τ = Constante de tempo térmica

Da equação (1), tem-se que:

$$\theta(\tau) = 0,632 \cdot \theta_F \quad (2)$$

$$\theta(3\tau) = 0,95 \cdot \theta_F \quad (3)$$

Portanto, para um ensaio com duração de 3τ é suficiente para a correta determinação da elevação de temperatura do TC, independentemente do valor da constante de tempo térmica do mesmo.

Esta consideração foi proposta em (7) para uma revisão da norma IEC 60044-1. Este documento define a duração do ensaio em, pelo menos, 3 vezes a constante de tempo térmica do TC ou a obtenção de 3 leituras consecutivas com variação máxima de 1K/hora, o que resultar uma maior duração.

3.3 A influência das perdas dielétricas na elevação de temperatura de TC's de extra-alta tensão

Embora não sejam contribuições significativas para a elevação de temperatura de TC's de média e alta tensão, as perdas dielétricas se constituem em uma componente relevante para os casos de TC's de extra-alta tensão. Como mostrado na Tabela 1, as perdas dielétricas de TC's de extra-alta tensão assumem valores muito representativos quando comparados, por exemplo, às perdas ôhmicas secundárias.

Quando a elevação de temperatura de um TC ultrapassa os valores estabelecidos por norma, as consequências são a degeneração do meio dielétrico, ou seja, o papel isolante torna-se quebradiço e o óleo entra em processo de deterioração. Esta degeneração reduzirá sua suportabilidade dielétrica através do surgimento de descargas parciais, bem como, do aumento da própria tangente de delta, que por sua vez implicará em perdas dielétricas maiores e conseqüente aumento do aquecimento.

A realização dos ensaios de elevação de temperatura sem a reprodução das perdas dielétricas podem conduzir a resultados equivocados, uma vez que não se conhece qual será a elevação de temperatura adicional devida às perdas dielétricas.

Para conhecer-se a influência das perdas dielétricas em TC's de extra-alta tensão, dois ensaios foram realizados: em um TC de 550 kV e em um TC de 800 kV.

Cada um destes ensaios foi realizado em 2 etapas. A primeira etapa, apenas com aplicação da corrente nominal multiplicada pelo fator térmico e a segunda etapa com a aplicação da tensão correspondente a $U_m/\sqrt{3}$ (U_m = Tensão Máxima).

Para permitir a aplicação simultânea de tensão e corrente, uma fonte de corrente foi conectada aos enrolamentos de proteção ligados em série, estando o primário curto-circuitado e o enrolamento de medição conectado a um amperímetro para a medição da corrente primária. Para a segunda etapa, o primário do TC foi, então, conectado ao primário de uma fonte de alta tensão, com a base e os pontos de aterramento do TC devidamente aterrados.

A Figura 3 mostra a curva de elevação de temperatura do ensaio no TC de 800 kV e a Tabela 3 apresenta um quadro resumo dos principais resultados dos ensaios nos TC's de 550 kV e 800 kV.

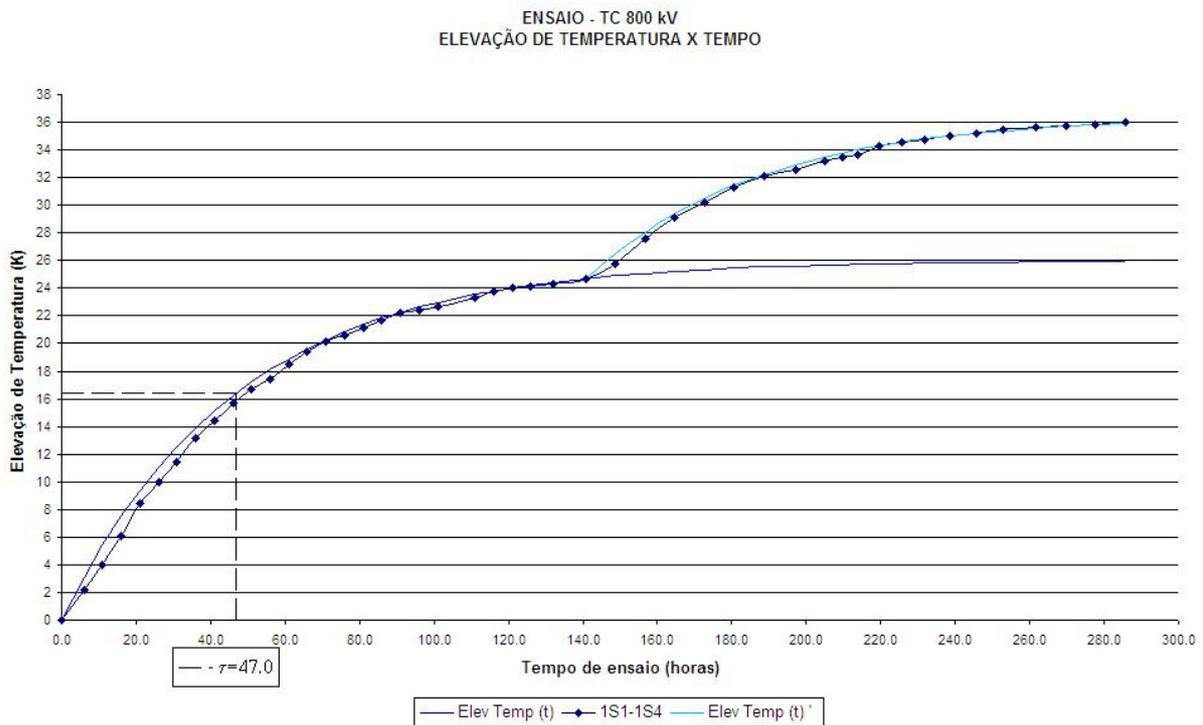


FIGURA 2 – Curva de Elevação de Temperatura de Ensaio em TC de 800 kV.
1S1-1S4: Elev. Temp. medida para o enrolamento 1S1-1S4
Elev Temp(t): $\theta(t) = \theta_{\max}.e^{-t/\tau}$ (considerando ensaio apenas com corrente)
Elev Temp(t): $\theta(t) = \theta_{\max}.e^{-t/\tau}$ (considerando ensaio com tensão e corrente)

Tabela 3 – Resultados de Ensaio para Determinação da Elevação de Temperatura Total e Elevação de Temperatura Devida às Perdas Dielétricas.

U_m [kV]	$T_g \delta$ [%]	Perdas Dielétricas [W]	τ [horas]	Elev. Temp. 1ª Etapa [K]	Elev. Temp. Final [K]	Elev. Temp. (P.Diel.) [K]
550	0,165	63	22	43,0	48,0	5,0
800	0,174	140	47	24,9	35,9	11,0

Os resultados demonstram que, para TC's de extra-alta tensão, as perdas dielétricas constituem-se em parcelas relevantes para a elevação de temperatura total.

3.4 Métodos de Ensaio que consideram a influência das perdas dielétricas

Não há dúvidas de que a situação mais realista para uma avaliação completa do desempenho térmico de um TC é submetê-lo às suas condições de operação extremas: corrente nominal multiplicada pelo fator térmico fluindo através dos enrolamentos e tensão correspondente a $1,1U_m/\sqrt{3}$ aplicada ao seu isolamento principal.

Submeter o TC a estas condições com o monitoramento das temperaturas externas através de termopares, das temperaturas secundárias através do método da variação da resistência e de suas perdas através da medição da tangente de delta constitui-se no ensaio de estabilidade térmica.

O TC permanece submetido a estas condições até que seja verificada a estabilização das temperaturas e da tangente de delta. Os limites para elevação de temperatura a serem adotados são aqueles já estabelecidos nas normas para o ensaio de elevação de temperatura. A estabilização das perdas dielétricas traduz-se por um valor praticamente constante de tangente de delta após o atingimento da estabilização da elevação de temperatura.

Para realização deste ensaio torna-se necessária a utilização de duas fontes de alimentação, uma para a alta tensão aplicada ao isolamento e outra para fornecer a corrente de ensaio.

Para o fornecimento da corrente é usual a alimentação dos secundários de proteção, deixando o secundário de medição para o monitoramento da corrente primária. O primário deve ser curto-circuitado de forma cuidadosa, buscando meios de obter-se a menor impedância primária possível através do arranjo dos condutores que promovam o curto-circuito e da garantia de bons contatos para evitar-se pontos quentes indesejáveis. A tensão que será fornecida aos secundários para obtenção da corrente de ensaio depende em grande parte desta impedância primária.

Há casos, entretanto, para os quais não é possível a execução do ensaio da forma descrita acima. Estes casos envolvem TC's com relações de transformação muito elevadas cujos secundários possuam tensão de saturação relativamente baixa. Um exemplo prático ocorrido nos laboratórios da AREVA envolvia um TC com relação de transformação de 4000-1A cujas tensões de saturação, da ordem de 500 V, eram ultrapassadas sem que a corrente de ensaio primária fosse atingida. Para a realização de um ensaio com alta tensão e alta corrente em um TC com estas características seria necessária a utilização de uma fonte de corrente com isolamento entre primário e secundário suficiente para suportar a tensão de ensaio.

A realização do ensaio com alimentação da corrente pelo secundário já não é simples e envolve altos custos na utilização de laboratórios de alta tensão. Quando os núcleos do TC não são suficientes para obter-se a corrente de ensaio, os custos tornam-se ainda maiores.

Uma alternativa possível é proposta em (1) e (2) através da realização de um ensaio de elevação de temperatura seguido da medição da tangente de delta em altas temperaturas. A avaliação da estabilidade térmica do isolamento dá-se através do cálculo do coeficiente de elevação de temperatura do isolamento, α .

$$\alpha = \left(\frac{\ln \operatorname{tg} \delta_2 - \ln \operatorname{tg} \delta_1}{T_2 - T_1} \right) \quad (4)$$

Onde

$\operatorname{tg} \delta_1$ – Valor da tangente de delta medida antes do ensaio de elevação de temperatura

$\operatorname{tg} \delta_2$ – Valor da tangente de delta medida após o ensaio de elevação de temperatura

T_1 – Temperatura do TC referente à medição do valor de $\operatorname{tg} \delta_1$

T_2 – Temperatura do TC referente à medição do valor de $\operatorname{tg} \delta_2$.

De acordo com (1) quando $\alpha < 0,01$, não há indicação de degradação no isolamento. Pode-se afirmar que há degradação no isolamento quando $\alpha > 0,02$.

Este método fornece uma avaliação adequada da estabilidade térmica do isolamento. No entanto, quando as temperaturas atingidas no ensaio de elevação de temperatura se aproximam dos valores limites, ainda que seja possível verificar a estabilidade térmica do isolamento, não é possível ainda determinar qual incremento na elevação de temperatura ocorrerá devido às perdas dielétricas.

4.0 - CONCLUSÃO

Os TC's de extra-alta tensão são caracterizados por elevadas constantes de tempo térmica e são submetidos a tensões que tornam as perdas dielétricas uma contribuição que não pode ser desprezada para a elevação de temperatura dos mesmos.

Dessa forma, a avaliação do desempenho térmico destes transformadores exigem procedimentos especiais que levem em conta tais particularidades.

O uso de um TC de mesma constante de tempo térmica para obtenção da temperatura de referência fornece resultados mais confiáveis para a correta obtenção da elevação de temperatura de TC's com elevada constante de tempo térmica.

Os critérios de estabilização vigentes nas principais normas não se mostram satisfatórios para determinação da estabilização de TC's de elevada constante de tempo térmica. A determinação da constante de tempo térmica e a

duração mínima de três vezes o valor desta constante garante resultados satisfatórios para tais TC's.

As perdas dielétricas constituem-se em parcelas significativas para a composição da elevação de temperatura total de um TC de extra-alta tensão. Os ensaios de estabilidade térmica, com aplicação simultânea de alta tensão e alta corrente permitem conhecer a elevação de temperatura total, incluindo-se as perdas dielétricas. Entretanto, seu custo elevado, e para alguns casos, as limitações técnicas para sua realização, tornam-no uma alternativa pouco viável.

O ensaio de estabilidade térmica pode ser substituído por um ensaio de elevação de temperatura, sem aplicação de alta tensão, e pela determinação do coeficiente de elevação de temperatura α , obtido através de medições da tangente de delta a frio e a quente. A limitação deste procedimento está no fato de o mesmo não permitir o conhecimento da elevação de temperatura total do transformador.

Sugere-se para trabalhos futuros, a busca por uma forma de determinar-se a elevação de temperatura devida às perdas dielétricas, a partir do conhecimento da tangente de delta a quente do transformador.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) GORLINI, G., MOSCA, W., TELLARINI, M. The Evaluation of Aging Conditions of High Voltage Current Transformers; CESI Pub. 76/11 – Itália
- (2) SIE, T.H. B., Thermal Stability of High Current Transformers; B.Boveri Rev. 3-80 - Suíça
- (3) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Transformador de Corrente – Método de Ensaio - NBR 6821/1992. Brasil.
- (4) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Transformador de Corrente – Especificação - NBR 6856/1992. Brasil.
- (5) INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. Instrument Transformers Part 1: Current Transformers – IEC 60044-1, Ed. 1.2, 2003-02. Suíça.
- (6) INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. Revision of IEC 60044-1 – Fragment 1 – 38/325/CD, Suíça.
- (7) INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. IEEE Standard Requirements for Instrument Transformers – IEEE C57.13-1993 – EUA .

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Flavio Eduardo Spressola - Nascido em Jardinópolis-SP em 1975. Em 1999 graduou-se engenheiro eletricista pela Universidade Federal de Itajubá e em 2002 concluiu um MBA pela mesma instituição. Trabalha há mais de 11 anos na área de ensaios elétricos. Desde 2000 trabalha na coordenação dos laboratórios de ensaios elétricos na AREVA T&D Brasil, em Itajubá, sendo representante da empresa no ABNT/COBEI para Transformadores de Instrumentos e no STLNA (Short-Circuit Testing Liaison of the Nations of the Americas).

Manuel Luís Barreira Martinez - Nascido em São Paulo, recebeu o título de Engenheiro Eletricista pela EFEI em 1982, de mestre em Engenharia Elétrica em 1993 pela EFEI e doutorado pelo PEA-USP em 2000. Trabalhou na 3 M do Brasil Ltda de 1982 a 1988, na THEMAG Consultora Ltda. De 1988 – 1989, na ELETRONORTE – Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A de 1989 a 1994. Desde 1994 é Professor da Universidade Federal de Itajubá e Coordenador do Laboratório de Alta Tensão. Têm como áreas de interesse Sobretensões, Coordenação de Isolamentos, Equipamentos Elétricos – Manufatura e Ensaios.