



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

Versão 1.0
22 a 25 Novembro de 2009
Recife - PE

GRUPO -XIII

**GRUPO DE ESTUDO DE TRANSFORMADORES, REATORES, MATERIAIS E TECNOLOGIAS
EMERGENTES - GTM**

IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS TIPOS DE FALHAS EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

**Ricardo Bechara (*)
Proseg Engenharia**

**Augusto Ferreira Brandão Júnior
Universidade de São Paulo**

RESUMO

Transformadores de potência são equipamentos essenciais no sistema elétrico de potência, alterando os níveis de tensão para interligar os sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Neste trabalho são relacionados e descritos os principais modos de falha normalmente verificados em transformadores, associados ao levantamento estatístico que compõe um banco de dados elaborado a partir de perícias realizadas entre os anos de 2.000 e 2.008 para companhias seguradoras. É apresentada e desenvolvida uma análise de falhas verificadas em cerca de uma centena de transformadores com diferentes tipos de aplicação, classes de tensão e níveis de potência. O objetivo do estudo é contribuir com um melhor entendimento de causas de falhas e os tipos de transformadores mais suscetíveis a cada uma delas

PALAVRAS-CHAVE

Palavra-Chave: Transformadores de potência, Falhas, Modos de falha, Tipos de falha, Estatística de falhas

1.0 - INTRODUÇÃO

Transformadores de potência destacam-se entre os componentes de maior porte e valor em subestações e usinas. A ocorrência de uma falha nesse tipo de equipamento resulta em transtornos operacionais e financeiros de grande monta, uma vez que:

- nem sempre se dispõe de unidade reserva;
- o custo de aquisição/reparo é elevado;
- são equipamentos produzidos especificamente para uma determinada instalação;
- os prazos envolvidos nos serviços de reparo, fabricação e transporte são ordem de meses.

Assim, no sentido de aumentar a confiabilidade dos transformadores, além de critérios rigorosos de manutenção e operação, é muito importante entender o seu funcionamento, os tipos e as causas dos principais modos de falhas que podem ocorrer.

2.0 - CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DE TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

No sistema elétrico há diferentes tipos de transformadores, que possuem características específicas quanto à classe de tensão, nível de potência e utilização (elevadores, transmissão e subtransmissão). Vistos externamente são formados por buchas de alta e baixa tensão, radiadores ou trocadores de calor, tanque principal, tanque de expansão, painéis de controle e outros dispositivos, porém, essencialmente, são equipamentos mais complexos, que dependem da interação de diversos componentes para o seu perfeito funcionamento.

Internamente são dotados de bobinas montadas em um núcleo ferromagnético (principais componentes da parte ativa), além de comutadores que podem ser do tipo a vazio, sob carga ou ambos.

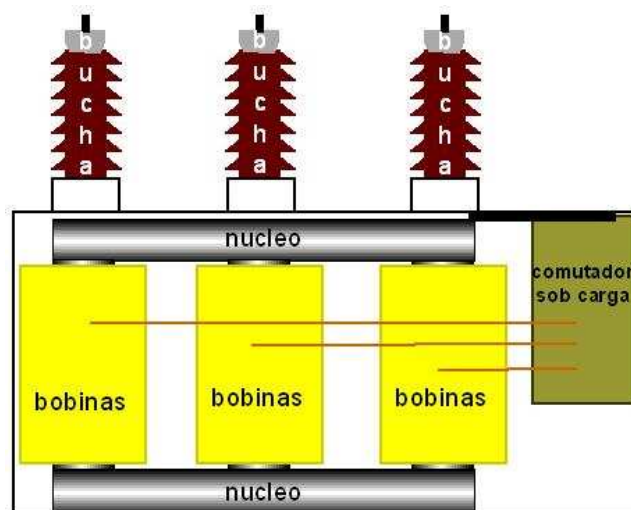


Figura I – Ilustração dos principais componentes de um transformador de potência

As partes mais significativas no que diz respeito à ocorrência de falhas, conforme ilustrado na Figura I acima, são as bobinas, os comutadores sob carga e as buchas.

A ocorrência de problemas em um ou mais destes componentes geralmente implica em intervenções que envolvem a desmontagem do equipamento para recuperação, quando viável, associada a elevados custos de reparo e longos prazos de execução.

3.0 - FALHAS EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

Ao longo dos trabalhos de perícia realizados foram identificados oito tipos de falhas mais significativos em transformadores de potência, determinados a partir da análise de informações relativas ao histórico operacional, registro das condições circunstanciais das ocorrências, bem como de inspeções realizadas em campo e durante a desmontagem dos equipamentos.

A seguir é descrito cada um deles.

3.1 Defeitos de Fabricação

Defeitos de fabricação se caracterizam pela ocorrência de erros de projeto durante a fase de concepção do equipamento em confronto com seus requisitos operacionais, materiais defeituosos, erro de fabricação e montagem em fábrica, ou em campo, nas instalações do usuário final.

A identificação de problemas dessa natureza nem sempre ocorre durante a etapa de ensaios em fábrica ou nos testes de comissionamento realizados em campo, uma vez que determinados defeitos tornam-se detectáveis somente após a utilização do equipamento em regime de operação.

Não existe padrão específico de falha que se dá a partir de defeito de fabricação, dado que são inúmeros os componentes de um transformador e os processos de manufatura envolvidos.

A caracterização de defeitos dessa natureza requer, além da coleta, análise de dados relativos a etapas do processo de fabricação, aceitação do transformador e registros de controle do processo de montagem do equipamento, a identificação de uma não conformidade com nexos causais com a ocorrência.

3.2 Curto-Circuito Externo

Durante seu funcionamento normal, os enrolamentos de transformadores são regularmente submetidos a esforços mecânicos de origem elétrica, motivo pelo qual as bobinas são montadas e prensadas na parte ativa de forma que tenham considerável resistência mecânica.

Além desses esforços, um transformador também está sujeito à ocorrência de curtos-circuitos no sistema por ele alimentado, resultando na ação de esforços eletrodinâmicos de grande intensidade.

A referência quanto à suportabilidade de um transformador a esse tipo de fenômeno, é definida pelo fabricante a partir de normas que estabelecem limites máximos de amplitude e duração de curtos-circuitos que devem ser suportados pelo equipamento.

Ocorre que na prática, quando há uma falha no sistema, esses limites podem ser excedidos em função de particularidades das proteções utilizadas, características do sistema elétrico em que o transformador está instalado e também do tipo de ocorrência.

Do ponto de vista mecânico, os esforços provocam deformações nos enrolamentos que podem ser divididas em dois tipos:

- deformações elásticas: são reversíveis e não implicam em mudança estrutural das bobinas. Esse tipo de deformação não deve trazer implicações ao funcionamento do transformador;
- deformações plásticas: são mecanicamente irreversíveis, provocando a alteração permanente da estrutura dos condutores, bem como o deslocamento e quebra de suportes isolantes e calços. Neste caso há deformação das bobinas, fragilização do sistema isolante por atrito e esforços mecânicos, podendo resultar em curto-circuito entre espiras.

3.3 Envelhecimento

O envelhecimento de transformadores é diretamente associado à deterioração de seu sistema isolante, que é composto por materiais sólidos (papel que envolve os condutores dos enrolamentos) e líquidos (óleo isolante onde a parte ativa é imersa). Levando-se em conta que o óleo pode ser tratado, regenerado ou substituído, o fator preponderante na determinação do envelhecimento de um transformador é a degradação do isolamento sólido, dado que a sua substituição somente é viável com a abertura do equipamento e troca das bobinas.

Os materiais isolantes sólidos são produzidos a partir de celulose, cujos parâmetros para avaliação de seu estado de conservação se baseiam no grau de polimerização (GP), parâmetro que define o estado das cadeias celulósicas.

A degradação da isolação e conseqüente diminuição do GP é resultado do natural aquecimento que ocorre durante o funcionamento de transformadores, conjugado com a umidade e oxigênio presente no óleo isolante. Quanto mais deteriorado estiver o papel isolante, menor será o GP.

Conseqüentemente as cadeias celulósicas estarão quebradas e o papel, mais quebradiço, terá menor capacidade de suportar esforços mecânicos, principalmente quando o transformador for submetido a um curto-circuito.

3.4 Falhas de acessórios e componentes

A ocorrência de falhas em acessórios e componentes de transformadores pode ser classificada em duas categorias.

A primeira é aquela onde ocorrem problemas funcionais restritos, sem desdobramento para uma condição acidental de vulto, como a atuação indevida de proteções, marcação incorreta de temperatura e pequenos vazamentos de óleo isolante. São problemas que causam menor impacto em relação aos custos e prazos envolvidos na recuperação do equipamento, normalmente não implicando na necessidade imediata de desligamento do transformador.

Geralmente esse tipo de falha envolve procedimentos de reparo relativamente simples, sem necessidade de remoção e desmontagem do transformador, embora deva ser efetuada com o equipamento desenergizado.

A segunda categoria é aquela em que a manifestação da falha resulta em condição acidental e desdobramento de vulto, implicando em longa indisponibilidade do transformador até a sua recuperação. São eventos geralmente associados a ocorrências envolvendo buchas ou comutadores sob carga, conforme descrito a seguir. Nesses casos o serviço envolverá longos prazos e altos custos até a sua conclusão, eventualmente tornando inviável o reparo.

3.4.1 Falhas de Comutadores

Comutadores são dispositivos eletromecânicos utilizados para alterar os níveis de tensão em transformadores, através da conexão com adição ou subtração de espiras que compõem o enrolamento de regulação.

Há dois tipos de comutadores :

a) Comutadores de derivação sem carga.

São os comutadores de características construtivas razoavelmente simples, amplamente utilizados em aplicações onde há pouca necessidade de mudança de tensão, como no caso de transformadores elevadores utilizados em sistemas de geração de energia elétrica.

Os tipos de falhas associadas a esses comutadores geralmente decorrem da perda de pressão das molas que fazem o aperto do conjunto de contatos móveis, manobra incorreta ou manobra do comutador com o transformador energizado.

Problemas com esse tipo de comutador costumam ser identificados pelas equipes de manutenção através de análises periódicas de gases combustíveis, permitindo sua correção anteriormente aos desdobramentos de sua falha.

b) Comutadores de derivação sob carga.

São comutadores cujas manobras são realizadas automaticamente, com o transformador energizado e a plena carga. Esse tipo de comutador é formado basicamente pelos seguintes componentes:

- Sistema de acionamento motorizado: montado externamente ao transformador, responsável pelas operações de troca de posição do comutador;
- Chave de carga: dotada de resistores e conjuntos de contatos fixos e móveis, opera imersa em um cilindro estanque, com volume de óleo próprio, separado do transformador. Trata-se da parte do comutador mais solicitada durante seu funcionamento, responsável pela mudança de posição de contatos, com formação de arco-elétrico limitado no chaveamento;
- Chave seletora: é composta de contatos fixos e móveis, normalmente compartilhando o mesmo óleo isolante onde é imersa a parte ativa. A mudança de posição dos contatos, dado o funcionamento da chave de carga, não gera arco-elétrico que resulte na formação de gases combustíveis no óleo do transformador.

As falhas em comutadores sob carga geralmente decorrem de problemas de natureza mecânica, desgaste de contatos, procedimentos de manutenção inadequados e deterioração do óleo isolante da chave de carga. Os efeitos desse tipo de falha podem ser catastróficos.

3.4.2 Falhas de Buchas

A conexão dos terminais das bobinas do transformador, com potenciais elétricos em meios com características geométricas que resultam em campos elétricos elevados, implicam na necessidade de dispositivos de isolamento compactos, com distâncias dielétricas críticas, características que determinam o funcionamento das buchas.

A deflagração de falhas em buchas costuma resultar em eventos catastróficos, como explosões e incêndios, que podem resultar em danos expressivos por contaminação dos enrolamentos e até mesmo danos generalizados que inviabilizam a recuperação do transformador. Além disso, em caso de explosão do corpo da bucha, há o lançamento de estilhaços cortantes em várias direções e em altíssimas velocidades, podendo provocar danos a pessoas e a equipamentos adjacentes.

Existem tipos distintos de buchas, como as de corpo não condensivo, que são formadas por um condutor envolto por uma capa de porcelana. São buchas geralmente utilizadas em terminais com classe de tensão não superior a 15kV.

As buchas que merecem maior atenção quanto à ocorrência de falhas são as do tipo a óleo com corpo condensivo, uma vez que são as mais utilizadas em transformadores de potência.

O corpo condensivo das buchas é um tipo de capacitor formado por diversas camadas de filme metálico, envolto por papel isolante impregnado e imerso em óleo isolante. É localizado entre o elemento condutor na parte central da bucha e a parede interna do corpo de porcelana, cuja finalidade é a equalização do campo elétrico distribuído ao longo da bucha.

A Bucha é um componente estanque, com tanque de expansão próprio, que permite dilatação do volume interno de óleo, sem que haja entrada de umidade ou gases presentes no ambiente.

A ocorrência de falhas em buchas geralmente está relacionada à perda de suas propriedades dielétricas, podendo ser resultado da deterioração de elementos de vedação ou mesmo pelo envelhecimento normal da isolamento celulósica e do óleo isolante.

3.5 Sobretensões

Sobretensões são fenômenos transitórios que resultam no aumento da solitação dielétrica dos materiais isolantes dos enrolamentos e ligações, podendo exceder os limites de suportabilidade previstos em projeto. Os danos típicos por sobretensão se caracterizam pela disrupção de arco elétrico interno ao transformador, sendo que os principais dos tipos de sobretensão podem ser divididos em:

3.5.1 Sobretensões de Manobra

Sobretensões de manobra são resultado de operações de chaveamento ou falhas no sistema interligado ao transformador, que se caracterizam por possuir frente de onda muito rápida, de curta duração e com espectro de frequência elevada.

A magnitude e a duração desses surtos dependem da configuração do sistema ao qual o transformador é ligado, bem como das condições do chaveamento.

As sobretensões de manobra podem ser classificadas de acordo com sua origem, a saber:

- Energização e re-energização da linha;
- Ocorrência e extinção de faltas;
- Manobra de cargas capacitivas ou banco de capacitores;
- Manobra de cargas indutivas, transformadores e reatores;

Tipicamente a frente de onda dessas sobretensões pode variar de alguns microssegundos até poucos milissegundos, sendo que a magnitude pode atingir níveis expressivos, da ordem de até 4 p.u. [1]

Há duas formas de manifestação de danos em componentes dielétricos dos enrolamentos do transformador que permitem a identificação de danos por sobretensão.

Na primeira, por conta de transitório com frente de onda muito rápida, a distribuição de tensão ao longo da bobina não é uniforme, resultando na concentração de tensão nas espiras/discos próximas à entrada da bobina, tendendo a haver a ruptura do meio dielétrico no início do enrolamento.

Na segunda, por manifestação de efeito ressonante, com a tensão transitória contendo componente na frequência de ressonância da bobina, pontos do enrolamento podem atingir níveis de tensão mais altos do que aquele aplicado no terminal do transformador. Neste caso, mesmo tensões nos limites de NBI (Nível Básico de Impulso) do transformador podem provocar ruptura do meio dielétrico entre partes da bobina, em pontos dispersos do enrolamento.

3.5.2 Sobretensões Transitórias Muito Rápidas / Very Fast Transient – VFT

As Sobretensões Transitórias Muito Rápidas (VFTs) são fenômenos cujas características principais são a ocorrência de frentes de onda muito rápidas e espectro de frequência elevada. Não há padronização das grandezas envolvidas, porém a análise da bibliografia disponível mostra que se trata de eventos com frentes de

onda de frações a poucos micro segundos, componentes com frequências de dezenas de kHz a alguns MHz e amplitude típica de 1,5 a 2,5p.u. [1]

Normalmente ocorrem em sistemas isolados com gás Hexafluoreto de Enxofre (SF₆), conhecidos como Gas Insulated Substation (GIS), bastante utilizados em sistemas de hidrogeração.

São consequência da propagação de tensões originadas com a formação e reignição de arco elétrico na zona entre os contatos de dispositivos de manobra. A forma de onda de um VFT é formada por sucessivas refrações e reflexões dessas tensões ao longo da GIS.

Os VFTs que chegam aos enrolamentos são difíceis de avaliar, dado que não dependem somente do tipo e comprimento de sua conexão à GIS, mas também das características dos enrolamentos de um transformador, com parâmetros a serem avaliados à luz da teoria de ondas viajantes.

De uma forma geral, pode-se dizer que os enrolamentos de transformadores são afetados por VFTs de forma bastante semelhante àquelas resultantes de sobretensões de manobra.

3.5.3 Sobretensões por Descargas Atmosféricas

Danos por sobretensões decorrentes de descargas atmosféricas são menos comuns em transformadores, quando comparados a eventos que envolvem sobretensões de manobra e VFTs, podendo ocorrer em função de uma descarga direta em um terminal do transformador ou mesmo em função da limitação de proteção por conta da capacidade e distância de pára-raios instalados nas linhas.

No que concerne à manifestação desse tipo de problema, os danos podem se dar a partir da ruptura da isolamento entre espiras de um mesmo enrolamento, normalmente próximo ao terminal, entre bobinas ou até mesmo contra partes aterradas como o núcleo e partes do tanque.

Além disso, é possível que esse tipo de sobretensão provoque a excitação parcial do enrolamento, resultando em danos semelhantes às sobretensões de manobra e VFTs.

3.6 Manutenção Inexistente/Inadequada

A manutenção de transformadores é tarefa importante, que depende do emprego de técnicas de monitoração e acompanhamento das condições operacionais do equipamento pelo usuário.

Assim, devem ser realizadas análises periódicas das quantidades de gases dissolvidos no óleo isolante e suas propriedades físico químicas, além da verificação do estado de conservação e funcionamento de acessórios.

Geralmente a ocorrência de falhas por falta de manutenção em transformadores são resultado de problemas que inicialmente podem ser considerados relativamente simples e pontuais, como o desgaste mecânico de componentes móveis, penetração de umidade pela falha de dispositivos de selagem da parte ativa ou buchas, bem como a perda das propriedades do óleo isolante, que, se diagnosticados a tempo, podem evitar a ocorrência de acidentes catastróficos.

3.7 Ataque por Enxofre Corrosivo

A presença de enxofre corrosivo no óleo isolante de transformadores é bastante crítica, uma vez que a extensão dos danos decorrentes da reação com o cobre é severa a ponto de provocar a falha do equipamento.

O enxofre é encontrado em muitos materiais utilizados na construção de equipamentos, incluindo o cobre, gaxetas e o próprio óleo isolante.

Nem todos os compostos de enxofre são considerados corrosivos, mas a tendência de operação de transformadores em temperaturas substancialmente mais altas (acima de 90°C) pode agravar uma condição corrosiva já atual do enxofre ou converter compostos estáveis em compostos reativos que irão causar danos.

Os compostos de enxofre corrosivo reagem em contato com partes metálicas, sendo que o cobre é aquele com menor resistência a um ataque dessa natureza.

Os efeitos de alguns compostos de enxofre são mais problemáticos porque, em função de suas propriedades, permitem a reação com o cobre mesmo sem a presença de calor.

Em ambientes com baixas quantidades de oxigênio, tais como aqueles encontrados em transformadores selados, o enxofre reage com o cobre, o alumínio, e os outros metais para formação de sulfeto de cobre e outros sulfetos inorgânicos.

O ataque por enxofre corrosivo resulta na formação de óxidos que, depositados nas camadas internas do papel isolante que envolve os condutores de cobre, provocam a redução da rigidez dielétrica, menor suportabilidade às solicitações de tensão ou mesmo a falência do sistema isolante celulósico do transformador, com consequente curto-circuito entre espiras do enrolamento.

3.8 Defeito Após Reparo

De forma semelhante a defeitos de fabricação, a ocorrência de falhas em transformadores após a execução de reparos ou manutenções nem sempre é detectada nas etapas de ensaios em fábrica ou comissionamento em campo, trazendo grandes transtornos operacionais e financeiros.

Dentre as principais causas para esse tipo de problema, destacam-se aquelas associadas à montagem incorreta de componentes, reutilização acidental de partes danificadas, defeitos de materiais empregadas no reparo e deficiências de processos de tratamento do transformador.

4.0 - LEVANTAMENTO ESTATÍSTICO

A partir dos tipos de falhas descritas neste trabalho, foi feita a classificação de ocorrências em cerca de 100 transformadores inspecionados entre os anos de 2.000 e 2.008 no sistema elétrico brasileiro.

Nas Tabelas I e II reproduzidas a seguir são relacionadas as principais características dos equipamentos e classificados os modos de falhas para cada tipo:

Tabela I: Universo de transformadores de potência inspecionados

Tipo	Classe de tensão	Potência	Número de unidades
Elevador	69, 138, 230, 345, 440 e 550kV	Até 418,5MVA	23
Transmissão	230, 345, 440, 550 e 765kV	Até 550MVA	22
Subtransmissão	69,88,138kV	Até 60MVA	47
TOTAL			92

Tabela II: Levantamento estatístico de falhas em transformadores de potência

Falha Tipos	defeito de fabricação	curto-circuito externo	Envelhecimento	Componentes		sobretensões transitórias		manutenção inexistente/ inadequada	enxofre corrosivo	defeito após reparo	não apurado
				comutador	Buchas	manobra VFT	descarga atmosférica				
elevadores	2		4		4	6	1		2	1	2
transmissão	4	6		3	4					2	3
subtransmissão	1	16	7	8	1	4	1	3		2	4
Total	7	22	11	11	9	10	2	3	2	5	9

No Gráfico 1 reproduzido abaixo é possível verificar quais os modos de falha mais significativos, em termos de quantidade, para cada tipo de transformador:

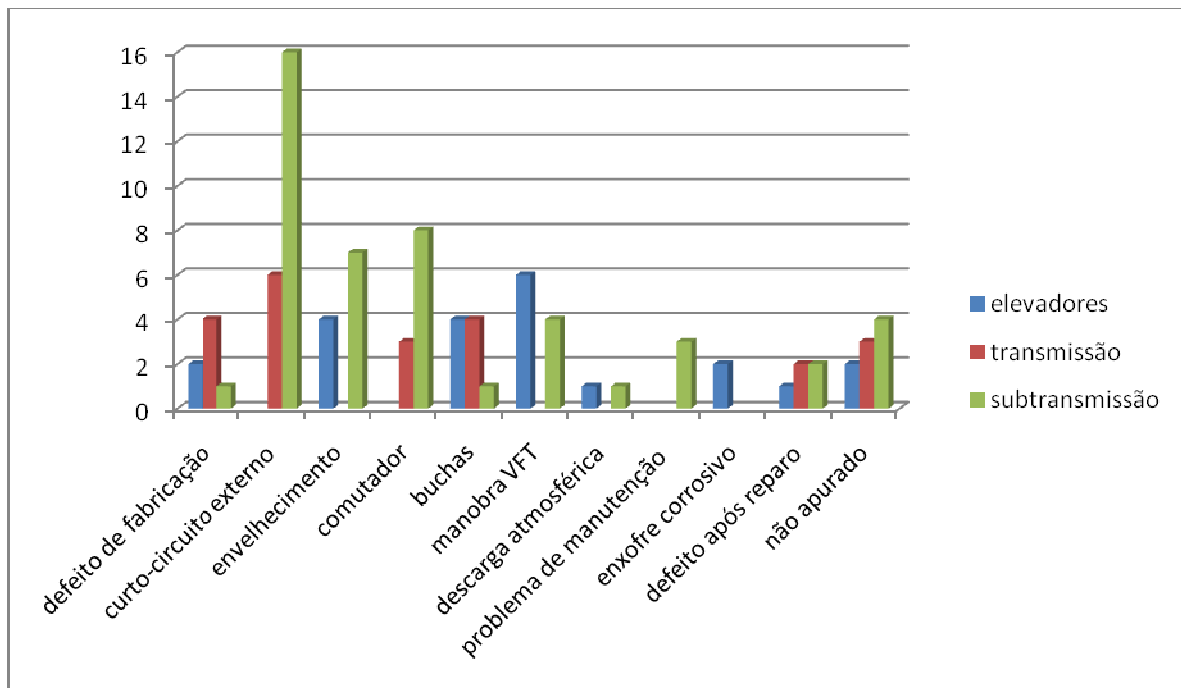


Gráfico 1. Tipos e quantidades de falhas identificadas nos transformadores

Do universo de transformadores avaliado, verifica-se que os danos que se dão por solicitações decorrentes de curto-circuito são os mais expressivos, seguidos das falhas com origem no comutador de tensão e aquelas próprias do envelhecimento do sistema isolante.

Em particular, transformadores utilizados no sistema de subtransmissão apresentam quantidade expressiva de falhas decorrentes de curto-circuito externo e envelhecimento. Esse resultado se justifica porque que são predominantemente interligados a alimentadores de rede aérea, onde a ocorrência de curtos-circuitos por agentes externos é bastante frequente. Além disso, o envelhecimento do papel isolante aumenta significativamente a suscetibilidade de falhas pela ação de esforços eletrodinâmicos que atuam sobre os enrolamentos durante um curto-circuito alimentado pelo transformador, ou seja, são causas interligadas.

Para transformadores de transmissão, possivelmente por causa das solicitações dielétricas a que estão submetidos, não foi identificada falha associável a envelhecimento.

Para transformadores elevadores predominam as falhas por sobretensões. Esse tipo de transformador é mais solicitado dielectricamente nas manobras de energização e desenergização, em função de necessidades operacionais do sistema de geração a que estão conectados.

As falhas de buchas sugerem ter relação com o nível de tensão envolvido, de forma a terem menor impacto nos transformadores de subtransmissão.

Em relação às falhas envolvendo comutadores sob carga, tanto para os transformadores instalados no sistema de transmissão e quanto no de subtransmissão, destaca-se o fato de que são bastante solicitados em termos de quantidade de operações para mudança de tap, aumentando as possibilidades de falha deste componente.

5.0 - CONCLUSÃO

Este estudo apresenta o resumo dos principais tipos de falha verificados em cerca de uma centena transformadores de potência do sistema elétrico brasileiro, utilizados em usinas, subestações transmissoras e subtransmissoras, durante a realização de perícias para companhias seguradoras.

Os trabalhos de diagnóstico foram desenvolvidos a partir da coleta e análise de dados acerca dos registros operacionais dos equipamentos, condições circunstanciais das ocorrências, análises de materiais em laboratórios especializados e inspeções realizadas em campo e em fábrica durante o processo de desmontagem de cada um deles.

Os resultados aqui obtidos visam contribuir com o aprimoramento de técnicas para diagnóstico e caracterização de falhas de equipamentos, classificando a suscetibilidade de transformadores de diferentes tipos de aplicação e suas falhas.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] X. Dong, S. Rosado, Y. Liu; N.C. Wang, T.Y. Guo "Transients at GSU Transformer Terminals Part 1: Historical Case Analysis". IEEE, 2001

[2] A.K. Lokhanin; G.Y. Shneider; V.V. Sokolov; V.M. Chornogotsky; T.I. Morozova, Internal insulation failure mechanisms of hv equipment under service conditions. CIGRE, 2000

[3] Transformer Committee of the IEEE Power Engineering Society, "Guide for failure investigation, documentation, and analysis for power transformers and shunt reactors" IEEE, nov. 1991

[4] A.J. Vandermaar, M. Wang and J.B. Neilson; K. D. Srivastava, "Review of condition assessment of power transformers in service", IEEE Electrical Insulation Magazine 2002

[5] W. H. Bartley "Analysis of Transformer Failures" International Association of Engineering Insurers 36th Annual Conference – Stockholm, 2003, The Hartford Steam Boiler Inspection & Insurance Co.

[6] Final report of Working Group 05 of study Committee 12 "An International Survey on failures in large power transformers in service" CIGRE 1.978

[7] M. C. Medina "Falhas em transformadores de potência: Uma contribuição para análise, definições, causas e soluções" – Tese de Mestrado 2.002 Universidade Federal de Itajubá

[8] R.Maina, F.Scatiggio, S. Kapila, V.Tumiatti, M.Tumiatti, M.Pompilli "Dibenzyl disulfide (DBDS) as corrosive sulfur - Contaminant in used and unused mineral insulating oils", Sea Marconi Technologies, Collegno (TO) – Italy; Terna S.p.A, Venezia – Italy; University of Missouri Rolla – USA; Università degli Studi di Roma "La Sapienza" Roma, Italy

DADOS BIOGRÁFICOS

Ricardo Bechara

Nascido em São Paulo,SP em 10 de setembro de 1.977.

Mestrando (previsto 2009) em Falhas de Transformadores de Potência na USP e Graduado (1.999) em Engenharia Elétrica, modalidade Eletrotécnica no Mackenzie.

Empresa: Proseg Engenharia, desde 2.000

Atua na área de perícias para seguradoras.

Membro do CIGRÉ – Brasil