



SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA

GSE 03
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO VIII

GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS – GSE

A EXPERIÊNCIA DA ELETRONORTE EM INSPEÇÕES ACÚSTICAS EM TRANSFORMADORES E REATORES

Sérgio Luis Zaghetto*
Dorival Secato

Mauro Barbosa Trindade
Ivan Jesus da Silva
João Silva dos Santos

Roberto Campos de Menezes
João Antônio Ferreira Leite

CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE S.A. - ELETRONORTE

RESUMO

Neste trabalho foram realizados levantamentos detalhados das condições de equipamentos do Sistema Eletronorte, através de inspeções de campo e da avaliação de resultados históricos da análise de gases dissolvidos em óleo e de outras inspeções realizadas, desde o comissionamento.

Alguns equipamentos apresentaram indicações de descargas parciais, o que exigiu o aprofundamento das investigações para definir o grau de risco que estas descargas representavam e a necessidade de intervenções corretivas. Em parceria com o CEPEL, decidiu-se pela realização de ensaios de emissão acústica como forma de avaliar a integridade destes equipamentos e identificar a localização dos defeitos.

O presente artigo apresenta os resultados obtidos, bem como a evolução, desta parceria que já possibilitou a realização de intervenções antes que outros equipamentos falhassem.

PALAVRAS-CHAVE

Transformadores, Reatores, Emissão Acústica, Monitoramento

1.0 - INTRODUÇÃO

A Eletronorte está dividida em nove regionais sendo a CMT, Regional de Transmissão do Mato Grosso, a responsável pela transmissão de energia em 230 kV para todo o Estado. Esta possui nove subestações de 230/138/69 e 13,8 kV que chegam a distar entre si até 1000 km.

Para as manutenções das SE's, existem quatro centros de manutenção, situados em: Rondonópolis, Cuiabá, Jaurú e Sinop, distanciados em até 250 Km destas.

A CMT acompanhou o crescimento do Estado do Mato Grosso, possuindo em suas instalações equipamentos novos e equipamentos com mais de 20 anos.

Buscando aumentar a confiabilidade do Sistema, foi desenvolvido um trabalho de avaliação dos equipamentos, pelas Engenharias de Manutenção da Sede, Regional e Equipe de Manutenção, que se baseou na análise das reais condições de todos os transformadores e reatores com mais de 20 anos visando identificar suas reais condições e a necessidade de adoção de medidas preventivas / corretivas.

2.0 - ETAPAS PARA DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Para o desenvolvimento do trabalho foram planejadas as seguintes etapas:

- a. Avaliação dos resultados obtidos de análises de Gases Dissolvidos em Óleo e Físico-Químicas, com o uso do Sistema DianE, desenvolvido pelo CEPEL, e através dos métodos de Roger e Dornenburg e das Normas ABNT e IEC;
 - b.Registro dos defeitos e falhas identificadas;
 - c. Levantamento dos registros de serviços de manutenção realizados em autotransformadores, transformadores e reatores, contendo os resultados de medições de fator de potência e resistência de isolamento de enrolamentos e de buchas;
 - d. Análise da programação do centro de planejamento
 - e. Estabelecimento de recomendações para: inibir, ou corrigir os defeitos incipientes ou graves identificados.
- Com base nos dados obtidos, foram criadas planilhas, contendo a avaliação dos transformadores e reatores com mais de 20 anos na CMT. Nelas foram inseridos os levantamentos feitos de cada equipamento, os respectivos laudos e as recomendações aplicáveis.

3.0 - PROBLEMAS ENCONTRADOS

Após a avaliação das condições dos equipamentos verificou-se que: em três autotransformadores (230 kV / 16,6 MVA) da SE Barra do Peixe, as análises de gases dissolvidos em óleo indicavam a presença de acetileno, variando entre os níveis de 6 e 7 ppm; e em um reator de (230 kV / 30 MVAR) esta mesma análise indicava a presença de descargas parciais. Os resultados destas análises foram confirmados pelo software Diane, para diagnósticos de equipamentos elétricos, ver Figura 1.

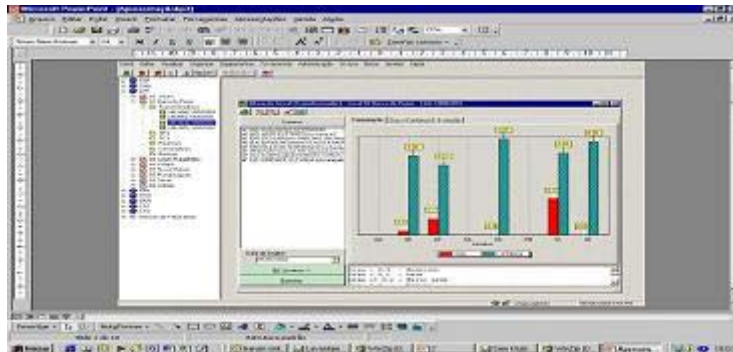


FIGURA 1 - Software Diane

4.0 - MEDIDAS ADOTADAS

Diante das dificuldades para se estabelecer o grau de risco que os defeitos identificados representavam para os equipamentos avaliados, foram assumidas as seguintes premissas:

- a. Para autotransformadores de Barra do Peixe, poderia estar havendo contaminação do óleo da parte ativa pelo óleo do comutador e não a presença de defeito interno;
- b. Para o reator de 230 kV, muito importante para o sistema, poderia estar havendo a presença de defeito interno, sendo necessária uma inspeção, que exigiria sua retirada de operação por um período de aproximadamente 20

dias. Por este motivo, o estabelecimento do grau de risco e o planejamento da intervenção se tornavam de fundamental importância.

Para contribuir na tomada de decisão, foi determinado que estes equipamentos seriam submetidos a ensaios de emissão acústica pelo CEPEL.

5.0 - MEDIÇÕES ACÚSTICAS

5.1 Conceito

Os sinais acústicos são ondas mecânicas de natureza transitória, que se propagam através do óleo isolante e da estrutura interna do equipamento, até atingir a superfície externa. Estas ondas são captadas e convertidas em sinais elétricos por meio de sensores piezoelétricos, montados sobre esta superfície. Os sinais, assim obtidos, são amplificados e transmitidos através de cabos a um sistema de emissão acústica informatizado, onde são digitalizados e processados para identificação, quantificação e análise de suas características, conforme Figura 2. Os parâmetros mais utilizados desse sinal, na avaliação da severidade de uma emissão acústica, são:

Quantidade de sinais:

Amplitude Máxima – pico de voltagem do sinal, expresso em decibéis (dB), referente a $1\mu\text{V}$;

Número de contagens – número de vezes que a amplitude do sinal excede um limite de referência adotado;

Energia – área medida sob um envelope do sinal retificado, em coordenadas de amplitude x tempo. Este parâmetro, da forma como é obtido, é adimensional;

Duração – intervalo de tempo entre a primeira e a última vez que o sinal cruza o limite de referência;

Tempo de subida – intervalo de tempo entre a primeira vez que o sinal cruza o limite de referência e o momento em que ocorre o pico de voltagem.

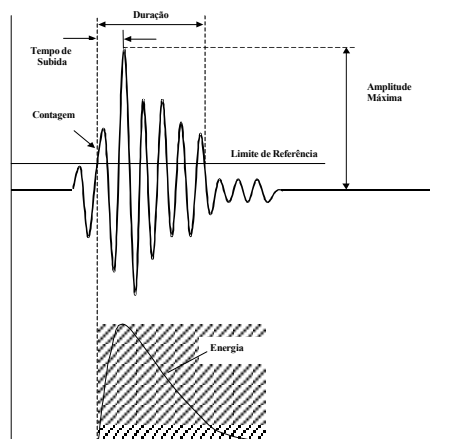


FIGURA 2 - Parâmetros de um sinal de emissão acústica

Uma das principais vantagens da técnica de emissão acústica é a possibilidade de localização de defeitos. Entretanto, para que esta seja realizada, é necessário que no mínimo 05 (cinco) sensores, posicionados na parede externa do equipamento, conforme Figura 3, detectem o mesmo evento, conforme Figura 4.

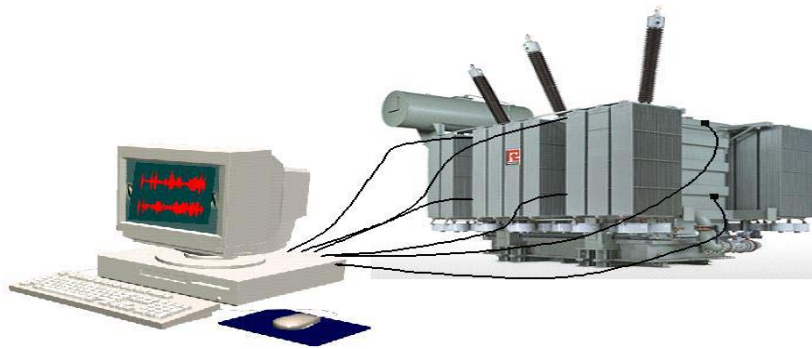


FIGURA 3 - Sistema de medição de emissão acústica

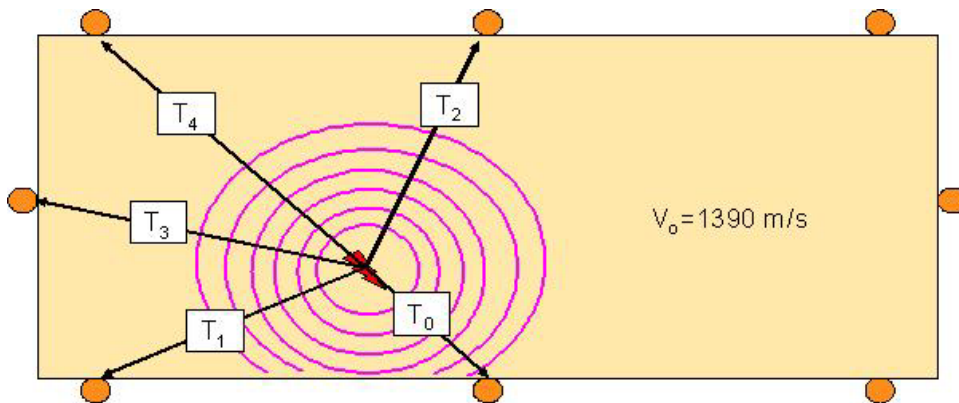


FIGURA 4 - Princípio de Localização

6.0 - RESULTADOS ENCONTRADOS

Após análise detalhada dos resultados obtidos para os autotransformadores e reatores, o CEPEL identificou as seguintes anormalidades:

6.1 Autotransformadores 230 kV Barra do Peixe

Atividade acústica nas regiões próximas ao comutador (parede que separa o comutador do tanque principal), nas cotas: largura 2200 mm, altura 2200 mm, profundidade 1600 mm. Mesmo com energia e amplitudes bem menores que a de uma comutação, esta atividade dava indicação da presença de algum tipo de anormalidade nesta região. Em uma outra região, próxima ao terminal de conexão da bucha de H1, ou terminal da chave comutadora sem carga, nas cotas de: 600 mm, altura 800 mm, e profundidade 2600 mm, também foi detectada atividade acústica, durante um determinado período do monitoramento. Foi sugerido que, numa próxima inspeção, estas regiões fossem observadas com maior atenção.

6.2 Reator 230 kV SE Rondonópolis

Foi detectada atividade acústica relevante, nas regiões próximas à bucha H3, indicativa de descargas parciais .

7.0 - INSPEÇÕES INTERNAS REALIZADAS NOS EQUIPAMENTOS

Nas inspeções internas realizadas nos equipamentos, foram comprovadas as seguintes anomalias identificadas nos ensaios de emissão acústica;

7.1 Autotransformador Monofásico SE Barra do Peixe

a. O'Ring do conector de interligação entre o CDC e o enrolamento principal do autotransformador danificado, dando passagem do óleo do comutador para o óleo do tanque principal, contaminando-o, conforme Figura 5.



FIGURA 5 - Conector de Interligação

b. Parafusos e arruelas soltas no tape fixo, o que levaria o equipamento à falha grave, conforme Figura 6.

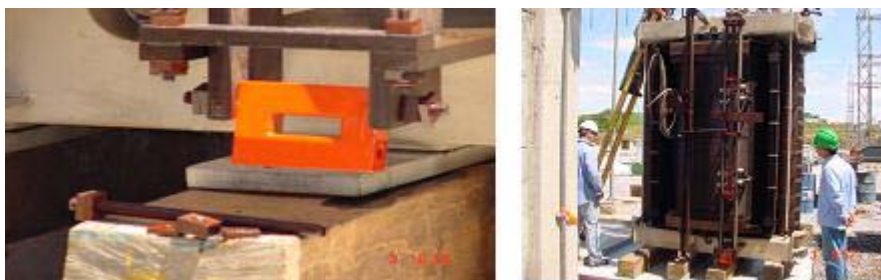


FIGURA 6 -Componentes soltos no tape

7.2 Reator Trifásico SE Rondonópolis

Verificado que a base da bucha H3 não estava dentro do anel anti-corona e que tal anormalidade estava provocando descargas internas, conforme Figuras 7.



FIGURA 7 - Inspeção no Reator

Portanto, nas inspeções internas realizadas nesses equipamentos foram comprovadas as anormalidades diagnosticadas pelo CEPEL, com base nos ensaios de emissão acústica. Desta forma foi possível evitar que esses equipamentos viessem a falhar.

8.0 - OUTROS EQUIPAMENTOS ENSAIADOS

Dando continuidade à implantação da técnica, a Eletronorte decidiu em conjunto com o CEPEL, estender as medições para os demais equipamentos da empresa, que tinham qualquer indicativo de anormalidade ou histórico de falhas, tendo sido ensaiados os equipamentos listados na Tabela 1.

TABELA 1 – Equipamentos ensaiados

Regional	Equipamento	Local
CMT (Mato Grosso)	02 Autotransformadores de 230 kV 01 Reator de 230 kV 03 Reatores de 230 kV 01 Transformador de 230 kV	SE Barra do Peixe SE Rondonópolis SE Coxipó SE Coxipó
CTO(Tocantins)	06 Reatores de 500 KV	SE Colinas
CMA(Maranhão)	01 Autotransformador de 230 kV 02 Transformador de 230 kV 03 Reatores de 500 kV	SE Porto Franco SE Porto Franco SE Presidente Dutra
CPA(Pará)	06 Reatores de 500 kV 01 Autotransformador de 500 kV	SE Marabá SE Vila do Conde

9.0 -

10.0 - RESULTADOS

Dos ensaios e análises realizados pelo CEPEL / Eletronorte constatou-se que:

- a. Os demais autotransformadores da SE Barra do Peixe apresentavam a mesma anormalidade detectada no autotransformador citado anteriormente - as inspeções internas e os reparos necessários já foram realizados;
- b. Presença de atividade acústica relevante no reator 93604, 500 kV da SE Marabá- o reator foi retirado de operação e submetido a inspeção interna, em que também comprovado o defeito. Atualmente, este se encontra em fase de reparo;
- c. Cinco equipamentos apresentaram atividades acústicas relevantes e estão sendo acompanhados através de análise de óleo a cada três meses. Novos ensaios de emissão acústica serão realizados para verificar a evolução destas atividades e a necessidade de intervenção.

11.0 - CONCLUSÕES

- a. A utilização da técnica de emissão acústica na avaliação dos equipamentos do sistema da Eletronorte proporcionou de imediato que fossem evitadas falhas em 03 autotransformadores e 02 reatores;
- b. Ficou comprovado que esta técnica é uma ferramenta importante na avaliação das condições operacionais dos equipamentos elétricos e que contribui de forma decisiva nas tomadas de decisões relativas à programação de intervenções envolvendo inspeções internas e reparos;
- c. A localização dos defeitos obtida através da técnica de emissão acústica foi efetiva e permitiu o direcionamento das inspeções internas e das manutenções realizadas, com conseqüente redução do tempo de parada de operação do equipamento;
- d. Todos estes aspectos foram relevantes, representando redução de custos, prevenção de falhas, com prejuízos significativos, e aumento da confiabilidade do sistema;
- e. A partir desta experiência, a Eletronorte decidiu implantar a técnica emissão acústica nos seus programas de inspeções, em transformadores e reatores. Para tal, está adquirindo os equipamentos necessários e providenciando, junto ao CEPEL, o treinamento de seus técnicos, de forma a capacitá-los na execução e análise dos ensaios.

12.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] “Acoustic Emission Testing”, Nondestructive Testing Handbook, Vol. 5, 2ª Ed., American Society for Nondestructive Testing.
 [2]
 [3] Pollock, A. A., “Acoustic Emission Inspection”, Metals Handbook, 9ª Ed., Vol. 17, American Society for Metals.
 [4]
 [5] Trindade, M.B., Martins, H.J.A., Neves, A., Menezes, R.C., “Power Transformer Diagnostics Experience by Acoustic Emission Technique in Brazilian Electrical System”, XIVth International Symposium on High Voltage Engineering – ISH/2005, Tsinghua University, Beijing, China, August 25-29, 2005.

13.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Sérgio Luiz Zagheto

Nascido em Juiz de Fora, MG, em 25 de janeiro de 1955.

Graduação (1980) em Engenharia Elétrica: UFJF- Juiz de Fora

MBA – Gestão Empresarial - 2000

Empresa: Centrais Elétricas do Norte do Brasil S. A. - Eletronorte

Engenheiro de Manutenção Elétrica da Divisão de Engenharia da Manutenção - COTM

Mauro Barbosa Trindade

Nascido no Rio de Janeiro, RJ, em 23 de junho de 1954.

Graduado em Engenharia Metalúrgica, em 1977, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ.

MSc. em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, em 1981, pela COPPE / UFRJ.

Empresa: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPTEL.

Pequisador do Laboratório de Diagnósticos de Equipamentos Elétricos.

Departamento de Instalações e Equipamentos - DIE

Roberto Campos de Menezes

Nascido no Rio de Janeiro, RJ, em 07 de junho de 1962.

Técnico em Eletrotécnica e Telecomunicações, em 1982, pelo Centro Federal de Educação Tecnológica,

CEFET – CSF - RJ

Empresa: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPTEL.

Técnico do Laboratório de Diagnósticos de Equipamentos Elétricos.

Departamento de Instalações e Equipamentos - DIE

João Antonio Ferreira Leite

Nascido em Guiratinga, MT em 07 de dezembro de 1951.

Curso Técnico: Centro de Ensino Técnico Elefante Branco- Brasília, 1972

Empresa: Centrais Elétricas do Norte do Brasil S. A. - Eletronorte Técnico de Manutenção Elétrica da Divisão de Transmissão de Rondonópolis – CMTRM

Ivan Jesus da Silva

Nascido em Cuiabá, MT em 19 de Setembro de 1965.

Formado (1984) em Técnico em Eletrotécnica: CEFET-MT

Formado (2000) – Técnico em Processamento de dados: CEFET-MT

Empresa: Centrais Elétricas do Norte do Brasil S. A. - Eletronorte

Técnico de Manutenção Elétrica da Divisão de Transmissão de Cuiabá – CMTCM

Dorival Secato

Nascido em Jaci, - SP - em 10 de janeiro de 1957.

Graduação (1983) em Engenharia Elétrica: EEL – Lins -SP

Empresa: Centrais Elétricas do Norte do Brasil S. A. - ELETRONORTE.

Engenheiro de Manutenção Elétrica da Divisão de Engenharia e Qualidade - CMTQ

João Silva dos Santos

Nascido em Macapá, - AP – em 28 de Dezembro d 1948.

Graduação (1974) em Engenharia Elétrica: UFPA Belém-PA

Empresa: Centrais Elétricas do Norte do Brasil S. A. - ELETRONORTE.

Gerente da Divisão de Transmissão de Roraima - CRRT