



10 a 13 de novembro de 2019

Grupo de Estudo de Geração Térmica - GGT

Medição e Avaliação do Barramento de Alta Tensão (BAA) da Usina Nuclear de Angra 2

**HÉLIO DE PAIVA AMORIM JUNIOR(*1); ANDRÉ TOMAZ DE CARVALHO(1); THIAGO BAPTISTA RODRIGUES(1);
ANDRÉ RICARDO VALDIERO(2)
CEPEL(1);ELETRONUCLEAR(2)**

RESUMO

A Usina Nuclear de Angra 2 possui o maior gerador elétrico do país com capacidade nominal de 1350kVA, gerando numa tensão de 25kV. Toda essa potência é escoada através de três transformadores monofásicos que transformam a tensão gerada para a tensão de transmissão de 550kV. Esses importantes e valiosos equipamentos são interconectados através de um barramento de alta tensão, denominado BAA. Esse barramento é acondicionado em um duto devidamente isolado, sob uma pressão controlada, sendo fixado através de isoladores de porcelana capazes de manter a barra rigidamente dentro do envólucro de metal dando sustentação ao barramento. Cada fase possui o seu próprio barramento, sendo, portanto, três barramentos. Externamente o envólucro se assemelha a uma Subestação isolada a Gás. O objetivo deste trabalho foi avaliar a condição dielétrica dos Barramentos de Alta Tensão, em especial dos isoladores que sustentam o condutor de energia, que interliga o gerador elétrico principal da Usina Nuclear de Angra 2 aos transformadores de potência BAT (25kV/550kV) e BBT (25kV/13,8kV). A avaliação foi realizada por meio da medição de descargas parciais utilizando os métodos acústicos e UHF (ultra alta frequência) com sensores externos e móveis, acoplados em pontos estratégicos do barramento. É importante informar que esse procedimento jamais havia sido realizado na Usina, sendo, portanto, algo inédito na manutenção da usina.

PALAVRAS-CHAVE

Barramento de Alta Tensão, Monitoramento, Descargas Parciais.

1.0 - INTRODUÇÃO

A necessidade dos ensaios de Descargas Parciais vem do fato que estas descargas são uma fonte contínua de deterioração do material isolante, ou seja, modificam suas propriedades dielétricas, além de poderem, dependendo de sua intensidade, gerar interferências. Dependendo da intensidade das Descargas Parciais, a vida útil do material poderá ser reduzida drasticamente. Inclusive, um dos itens a que se propõe o ensaio de Descargas Parciais é o de contribuir na determinação da relação existente entre as grandezas que regem as Descargas Parciais e a expectativa da vida útil do dielétrico.

O objetivo desta atividade foi avaliar a condição dielétrica do equipamento elétrico de alta tensão da UTN Angra 2, no caso específico o Barramento de Alta Tensão (BAA) que interliga o gerador elétrico principal aos transformadores de potência (BAT) e (BBT) através da medição de descargas parciais pelos métodos acústico e em Ultra-alta frequência (UHF). Este barramento de alta tensão nunca havia sido avaliado, desde o início da operação da Usina.

A principal função deste barramento é interligar, eletricamente, o gerador elétrico aos transformadores monofásicos de alta tensão (BAT) de (25kV/550kV) e aos transformadores trifásicos de baixa tensão (BBT) de (25kV/13,8kV).

(*) CEPEL - Av. Horácio Macedo 354, CEP 21941-911, Cidade Universitária – RJ – Brasil

10 a 13 de novembro de 2019

2.0 - DESCRIÇÃO DO OBJETO SOB ENSAIO - BARRAMENTO DE ALTA TENSÃO (BAA)

Os barramentos blindados do gerador fazem a conexão elétrica entre o gerador, os transformadores monofásicos do gerador “BAT01”, “BAT02” e “BAT03” e os transformadores auxiliares da unidade “BBT01” e “BBT02”. A integração dos transformadores auxiliares da unidade e o disjuntor do gerador permitem o suprimento do sistema elétrico auxiliar pelo gerador, ou se o turbogerador estiver fora de operação, pela rede de 550kV através dos transformadores monofásicos do gerador.

Os barramentos blindados do gerador são resfriados a água entre o gerador e as seções que os conectam aos transformadores monofásicos do gerador, as partes restantes são auto resfriadas. As seções resfriadas a água dos barramentos blindados do gerador são supridas por uma ramificação de água de resfriamento, monitorada separadamente, diretamente do circuito de água primária do turbogerador.

Para evitar o ingresso de sujeira e umidade, os barramentos blindados do gerador se conectam ao sistema de ar comprimido do disjuntor do gerador por meio de um cubículo de controle de ar comprimido e os mesmos são mantidos a uma leve pressão positiva de 20 mbar. O encapsulamento de cada fase na saída principal, nas proximidades do edifício da turbina, possui uma válvula de alívio de pressão para dissipar pressões que excedem 60 mbar.

A sua principal função é interligar, eletricamente, o gerador elétrico aos transformadores monofásicos de alta tensão (BAT) de (25kV/550kV) e aos transformadores trifásicos de baixa tensão (BBT) de (25kV/13,8kV). O barramento (BAA) é composto por três dutos isolados. Um desenho do arranjo pode ser visto nas figuras 1 e 2 a seguir, contendo a área interna e externa do Barramento de Alta Tensão, o BAA.

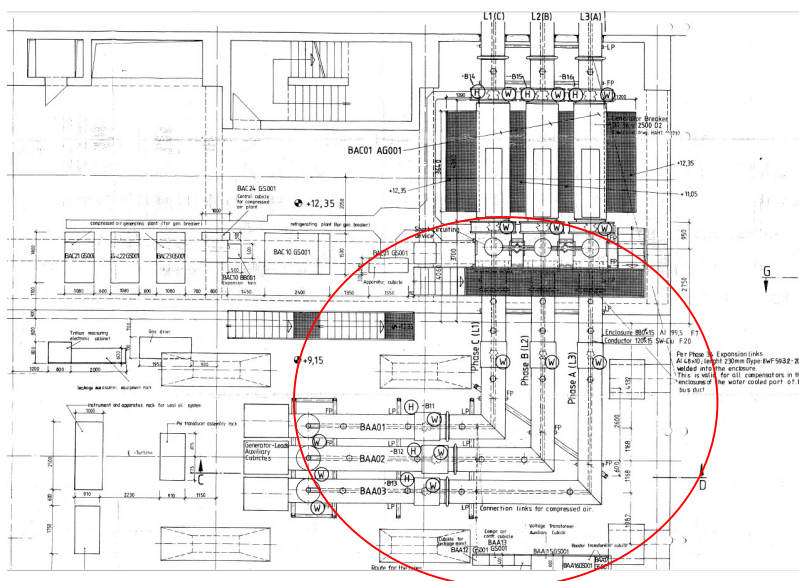


Figura 1 - Parte Interna do BAA

10 a 13 de novembro de 2019

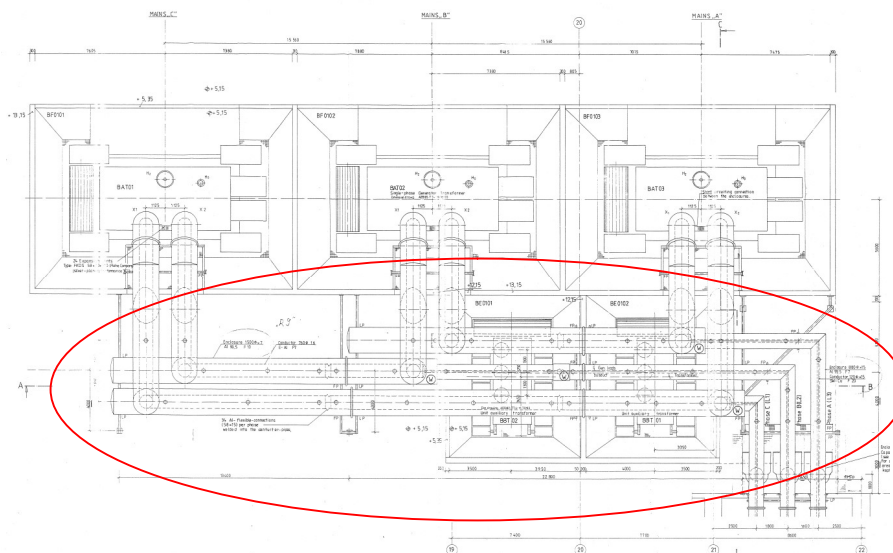


Figura 2 - Parte Interna do BAA

3.0 - METODOLOGIA

Para o monitoramento foram definidos diversos pontos trifásicos, a partir de duas premissas que são:

- Existência de janela de inspeção, na qual poderia ser instalado o sensor UHF;
- Facilidade de acesso a partir de andaimes já previamente instalados.

Além da medição em UHF, em alguns casos específicos, no qual houve o aparecimento de sinais suspeitos, foi utilizado também o método acústico. Neste caso, os sensores acústicos foram instalados próximos a fixação dos isoladores, conforme pode ser observado nas fotos a seguir (figura 3).

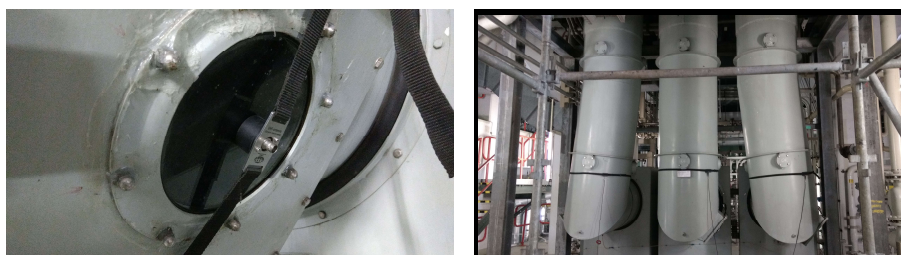


Figura 3 - Sensor UHF instalado na janela de inspeção e os sensores acústicos

10 a 13 de novembro de 2019

Desta forma, foram realizados os seguintes ensaios:

- 10 pontos trifásicos pelo UHF nas respectivas janelas de inspeção;
- 4 pontos trifásicos pelo acústico.
- Um dos pontos apresentou sinais distintos das demais fases, bem como característicos de sinais internos (Fase C da entrada do TP)

Ponto	Metodologia	Fase A	Fase B	Fase C
01 - TC	UHF	Ruído	Ruído	DP
02 - Isolador 15	Acústico	Ruído	Ruído	DP
03 - Isolador 15 ao redor	Acústico	DP	DP	DP
04 - Barramento	UHF	Ruído	Ruído	Ruído
05 - Barramento	UHF	Ruído	Ruído	Ruído
06 - Disjuntor	UHF	Ruído	Ruído	Ruído
07 - Barramento após TP	UHF	Ruído	Ruído	Ruído
08 - BAT 03	UHF	Ruído	Ruído	Ruído
09 - BAT 02	UHF	Ruído	Ruído	Ruído
10 - BAT 01	UHF	Ruído	Ruído	Ruído
11 - BAT 01	Acústico	Ruído	Ruído	Ruído
12 - Disjuntor Externo	UHF	Ruído	Ruído	Ruído
13 - BBT 02	UHF	Ruído	Ruído	Ruído
14 - Saída do Gerador	Acústico	Ruído	Ruído	Ruído

De todos esses pontos monitorados, alguns deles apresentaram sinais com características distintas, quando comparado com as outras fases. Sendo assim, esse foi o primeiro e principal mecanismo de avaliação: comparação entre as fases. Destaca-se o ponto localizado perto do isolador 15, em especial a fase C. A figura 4 apresenta os sinais das três fases de maneira simultânea. É possível notar que a Fase C apresenta um sinal com um pico bastante acentuado, quando comparado com os outros canais (Figura 5). Este comportamento foi observado em várias ocasiões, inclusive com as duas metodologias (acústica e UHF).

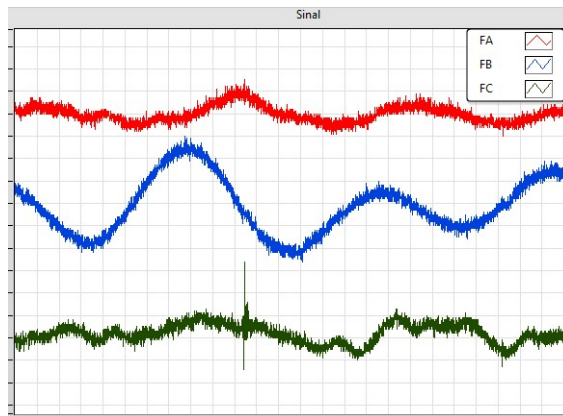


Figura 4 - As três fases do Isolador 15 pelo método UHF - destaque para a Fase C (verde)

10 a 13 de novembro de 2019

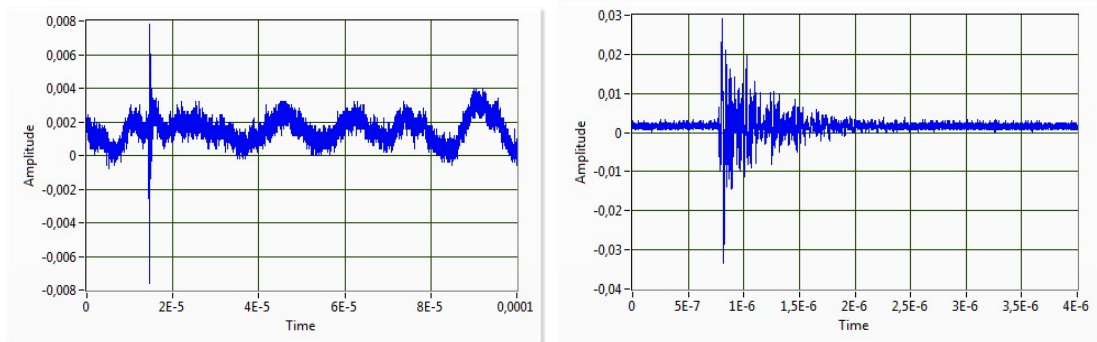


Figura 5 - Fase C do Isolador 15 - UHF (esquerda) e Acústico (direita)

Neste ponto específico, também foi utilizado o sistema de aquisição de sinais desenvolvido pelo Cepel, denominado como IMA-DP. O sistema é capaz de correlacionar os sinais de alta frequência capturados pelos sensores com o sinal de sincronismo de tensão na frequência de 60Hz. Ilustração na figura 6. Nesse mapa característico de Descargas Parciais, denominado PRPD (Phase Resolved Partial Discharge), é importante observar alguns aspectos peculiares. Os sinais registrados, pontos em azul, estão concentrados em locais específicos da senóide de 60Hz, denominada referência. Esse sincronismo é um dos principais mecanismos para o auxílio na distinção entre ruído e DP. Quando há o sincronismo e, mais ainda, quando ele ocorre na região de maior variação de tensão, ou seja, na subida ou descida da tensão, pode-se afirmar que são DP. Outro importante fato a destacar refere-se a amplitude dos sinais, que, como esperado, devido ao método de medição, são relativamente baixas, em torno de 20mV de pico. Enfim, de maneira resumida esse PRPD tem todas as características que nos permitem afirmar que ele representa as DP internas confirmando a avaliação inicial obtida através dos sinais no tempo (Figuras 4 e 5).

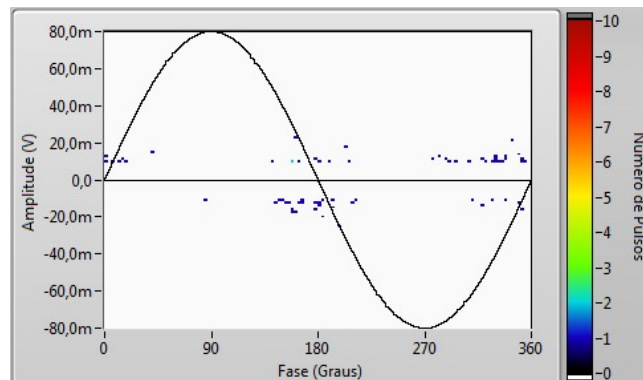


Figura 6 - PRPD dos sinais da Fase C do Isolador 15

4.0 - INSPEÇÃO INTERNA

Durante a parada da Usina Nuclear de Angra 2, ocorrida meses depois aos ensaios descritos acima, a engenharia de manutenção da empresa resolveu realizar uma inspeção interna no BAA, em especial no ponto apontado como suspeito, o isolador 15, fase C. As fotos da figura 9 a seguir mostram os isoladores afixados, sustentando o barramento e outra mostrando o detalhe do isolador retirado de operação, com aletas quebradas e uma marca de carbonização (um ponto) em sua estrutura. Foi justamente no ponto onde se localizava esse isolador (No 15, fase C) que foram detectados sinais pelos métodos acústicos e UHF.

10 a 13 de novembro de 2019

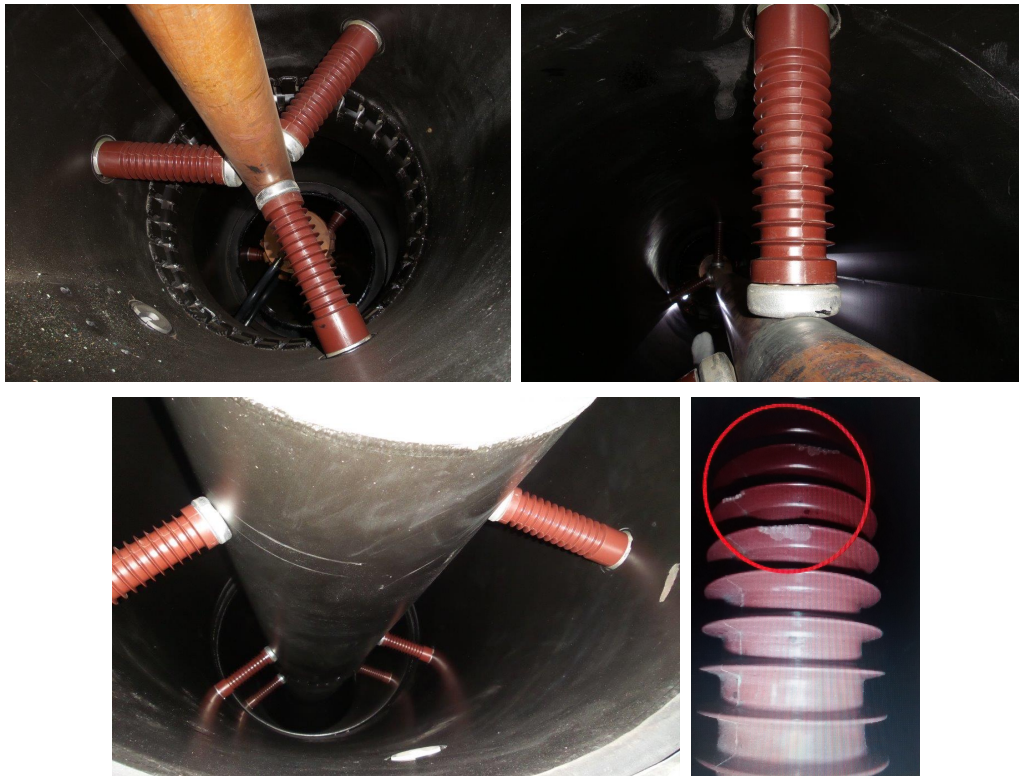


Figura 9 - Detalhes internos do BAA e o Isolador No15 em destaque

O isolador em questão foi retirado, substituído e enviado ao Cepel para ser ensaiado em um laboratório sob ambiente controlado e com baixo índice de ruídos. Na ocasião foi possível observar sinais de DP de baixa intensidade, quase comparado ao nível do ruído de fundo do laboratório. Entretanto, os sinais registrados no campo, sob as condições de operação sob tensão elétrica, corrente, temperatura, umidade e vibração, também foram de baixa amplitude. Na figura 10 seguir pode-se observar a curva dos valores máximos de DP em função da tensão aplicada, registrados instantaneamente e o detalhe da elipse representativa das DP, onde são observados quatro pulsos relacionados com as DP no isolador.

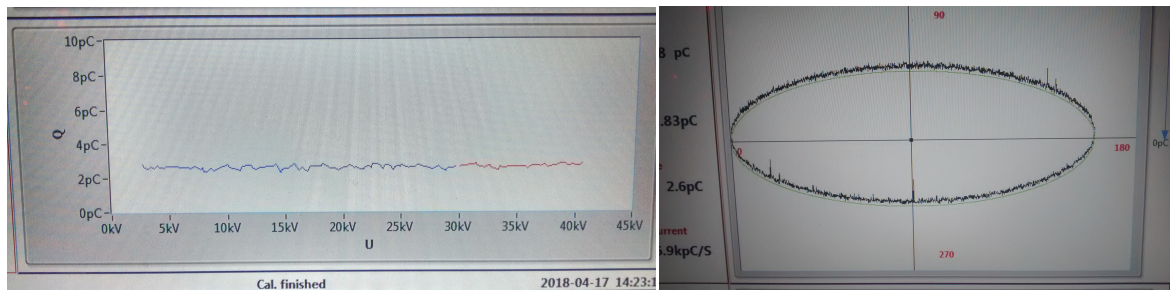


Figura 10 - Curva da DP em função da Tensão Aplicada (esquerda) e Elipse de DP (direita)



XXV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

4657
GGT/14

10 a 13 de novembro de 2019

5.0 - CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS

A atividade, inédita na Usina Nuclear de Angra 2, foi considerada totalmente satisfatória. Os dados de descargas parciais colhidos através das metodologias não-convencionais, UHF e Acústica, foram confiáveis e extremamente úteis engenharia de manutenção. a inspeção interna validou o diagnóstico, encontrando o isolador No 15, Fase C, com sinais de deterioração elétrica e com aletas quebradas. O esmo foi enviado ao laboratório do Cepel, tendo sido confirmada a existência de DP. Sendo assim, recomenda-se que seja feita uma programação de acompanhamento, com periodicidade bianual das condições apresentadas pelo BAA, de forma que um histórico seja obtido, dando suporte ao setor de engenharia de manutenção da Usina.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] IEC 60270:2000, High-voltage test techniques - Partial discharge measurements.
- [2] Assessment of Partial Discharge and Electromagnetic Interference On-Line Testing of Turbine-Driven Generator Stator Winding Insulation Systems, EPRI, Technical Report, March 2003
- [3] Generator On-Line Monitoring and Condition Assessment: Partial Discharge and Electromagnetic Interference, Technical Report, April 2005

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Dr. Hélio Amorim nasceu em Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil. Obteve o Doutorado e Mestrado na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), em 2001 e 1997 respectivamente, e a Graduação em Engenharia Elétrica na Universidade de Taubaté (UNITAU) em 1994. Atua profissionalmente como Pesquisador do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) da Eletrobras há 22 anos. Possui diversos artigos publicados em periódicos científicos e seminários técnicos e uma patentes. É professor universitário já atuando na UERJ, PUC-Rio e atualmente na UniFOA. É membro do Cigré A1 e atual coordenador do A1.67 sobre o estado da arte sobre os métodos, experiências e limites do efeito corona em barras estatóricas de hidrogeradores.