



**GRUPO I
GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA (GGH)**

**IMAGEM DE DEFEITOS POR DESCARGA PARCIAL ESTIMULADA POR RAIOS X EM BARRAS
ESTATÓRICAS DE HIDROGERADORES**

Vitoldo Swinka Filho* Renê Robert

LAC (UFPR-COPEL)

RESUMO

Neste trabalho apresenta-se o desenvolvimento de um método de obtenção de imagens ou mapas de defeitos em sistemas de isolamento de barras estatóricas de hidrogeradores. A utilização de técnicas de análise de descargas parciais em conjunto com um sistema de varredura de um feixe colimado de raios X, sobre a superfície do sistema de isolamento, permite-nos estimular as descargas parciais em cada defeito (vazios e delaminações) de forma individual.

Descreve-se o comportamento das descargas parciais estimuladas por raios X, em defeitos gerados artificialmente em uma amostra de epoxi, em função dos parâmetros do feixe. Apresenta-se a imagem obtida com a utilização do método, em uma amostra com um vazio esférico.

PALAVRAS-CHAVE

Descarga parcial, Barras de geradores, Imagens de defeitos

1.0 - INTRODUÇÃO

Descarga parcial é um dos principais mecanismos de deterioração em materiais dielétricos aplicados em sistemas de isolamento de média e alta tensão. As descargas ocorrem em vazios ou inclusões no interior do material submetendo as superfícies das paredes internas dos vazios a um constante bombardeamento iônico. Como consequência ocorrem alterações nas propriedades das superfícies e por conseguinte a inicialização da formação de caminhos condutores ou arborescências elétricas, os quais levarão a ruptura completa do sistema de isolamento. Em materiais

compósitos com matriz de resinas poliéster e ou epoxi, a presença de vazios pode ser causada por falhas diversas no processo de fabricação. A infiltração de ar atmosférico durante a impregnação da resina, a volatilização de compostos da resina durante o processo de cura ou a falta de adesão entre a matriz e as demais fases dispersas, podem ser as principais causas da presença de vazios.

A ocorrência da descarga parcial no interior do vazio depende a princípio de duas condições: a) o campo elétrico local deve exceder um campo elétrico crítico e b) deve haver cargas livres suficientes para iniciar a avalanche de descarga. O campo elétrico local no interior do vazio é intensificado em relação ao campo elétrico médio no material dielétrico, devido a diferença da permissividade elétrica dos dois meios e da forma geométrica do vazio [1]. Os primeiros elétrons livres dentro do vazio para inicialização do processo de descarga, são gerados pela interação da radiação ionizante natural do meio, raios cósmicos ou radiação de fundo, com o gás no interior do vazio. Esta interação é um processo estatístico e é dependente das dimensões do vazio. Como consequência vazios de pequenas dimensões apresentam um maior tempo de atraso (time lag) para ocorrência da primeira descarga, podendo ser na ordem de alguns minutos ou até horas [1]. Este fato implica que pequenos vazios podem não apresentar atividade durante testes convencionais de descargas parciais, apesar de apresentarem potencial de risco para futura falha do sistema de isolamento. A ocorrência da primeira descarga gera uma quantidade adicional de cargas livres, sendo que parte desta carga ficará presa em armadilhas na superfície interna do vazio e parte formará uma carga espacial. Esta quantidade de carga livre e os elétrons liberados pelas armadilhas na superfície irão suprir os elétrons iniciais

para as descargas seguintes, mantendo a atividade das descargas enquanto houver campo elétrico aplicado.

A cada ocorrência da descarga podemos medir o ângulo de fase onde ocorreu a descarga e a amplitude do pico, a qual é proporcional a carga aparente transferida na descarga. Na Figura 1 é mostrado uma distribuição $H_n(\phi)$ típica do número de ocorrências de descargas parciais em função do ângulo de fase do campo elétrico aplicado. A medida foi realizada em uma barra de hidrogerador com sistema de isolamento epoxi/mica, utilizando um analisador de descargas parciais MS/SPAC modelo 120 Marubun.



FIGURA 1

2.0 - DESCARGA PARCIAL ESTIMULADA POR RAIOS X.

A ocorrência das descargas parciais acima da tensão de injeção é um processo estatístico, como mostra a distribuição da Figura 1. A técnica de descarga parcial estimulada por raios X consiste em manter a tensão aplicada abaixo da tensão de injeção, de forma que não ocorram descargas naturalmente, e irradiar a amostra com um feixe de raios X. As interações dos fótons de raios X com as superfícies internas e os gases no interior dos vazios proporcionam a formação de elétrons livres, dando início a avalanche de descarga. Desta forma, o tempo estatístico de ocorrência das descargas (time lag) é reduzido e a distribuição das ocorrências das descargas passam a depender da intensidade do feixe de raios X. Alguns trabalhos mostram a influência dos raios X na redução da tensão de injeção e no número de descargas por ciclo em função da dose aplicada à amostra [3,4]. Neste trabalho introduz-se a técnica onde um feixe de raios X pulsado é sincronizado com a tensão senoidal aplicada à amostra. Desta forma, podemos estimular as descargas em ângulos de fase pré determinados, onde há maior probabilidade de ocorrência das mesmas.

Com o objetivo de simular um típico defeito em sistemas de isolamento, em uma amostra de epoxi foi introduzido artificialmente um vazio esférico de

diâmetro aproximado de 1 mm. A amostra foi irradiada com o raio X pulsante e investigou-se o comportamento das distribuições das descargas em função da intensidade do feixe de raios X. O comportamento das distribuições das ocorrências das descargas em função do ângulo de fase, para diferentes intensidades de raio X pulsado, é mostrado na Figura 2.

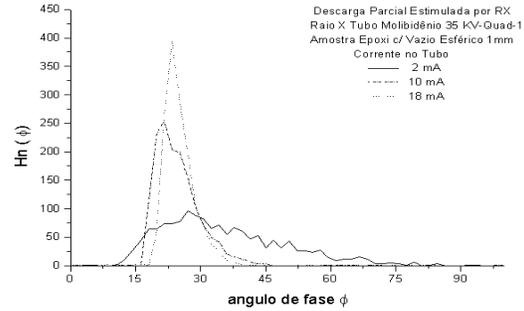


FIGURA 2

Os resultados das medidas apresentados na Figura 2 mostram que a largura das distribuições diminuem quando a intensidade do feixe aumenta. Com a maior intensidade de fótons a probabilidade de ionização e consequentemente a geração de elétrons livres iniciais aumenta, causando a redução do tempo de atraso de ocorrência das descargas. Desta forma, as ocorrências das descargas tendem a concentrar-se próximas do ponto onde o campo elétrico local, ultrapassa o campo elétrico crítico, definindo um ângulo crítico mínimo de ocorrência. Para uma intensidade de raio X relativamente elevada, a distribuição será concentrada no ângulo crítico e o número de ocorrências não dependerá mais da intensidade do raio X. Na Figura 3 são mostrados os resultados das medidas realizadas estimulando as descargas no segundo quadrante da tensão senoidal aplicada, observa-se comportamento semelhante ao descrito anteriormente.

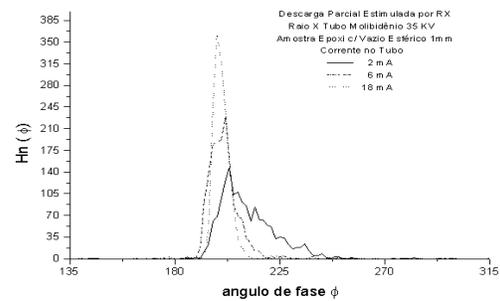


FIGURA 3

Também verificou-se o comportamento das distribuições das amplitudes das descargas para

diversas intensidades do feixe de raios X. A amplitude da descarga depende do campo elétrico no interior do vazio no instante em que a descarga acontece [1]. Assim, descargas que ocorrem com maior tempo de atraso apresentam uma maior amplitude. Na Figura 4 verifica-se que a amplitude média das distribuições é inversamente proporcional à intensidade de raios X.

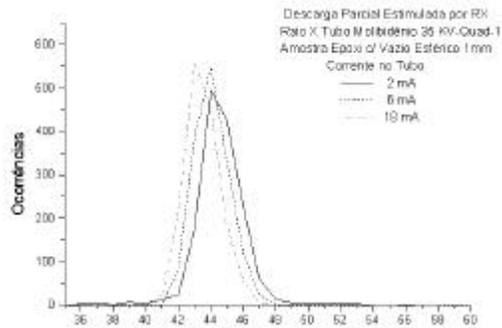


FIGURA 4

Ao irradiar a amostra com intensidade de raio X suficiente para gerar elétrons no interior do vazio e iniciar a avalanche, as descargas ocorrerão quando o campo elétrico local ultrapassar o campo elétrico crítico. Como o campo elétrico no interior do vazio depende da tensão aplicada à amostra, na Figura 5 mostra-se o deslocamento do ângulo crítico de ocorrência das descargas em função do campo elétrico aplicado à amostra.

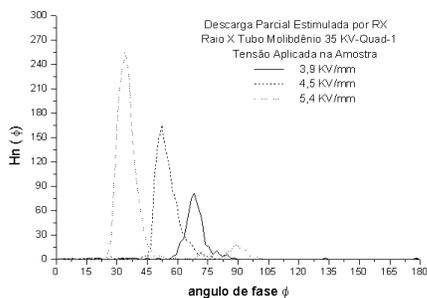


FIGURA 5

3.0 IMAGEM DE DEFEITOS

A correlação apresentada entre o número de ocorrência das descargas próximas ao ângulo crítico e a intensidade do feixe de raios X, mostra que é possível utilizar este fenômeno para desenvolver um sistema para localizar defeitos em sistemas de isolamento de barras de hidrogeradores e construir imagens que nos mostram as dimensões dos defeitos e possivelmente o

grau de risco que os mesmos apresentam para o sistema de isolamento.

Utilizando a técnica de medida de descarga parcial em conjunto com um sistema de posicionamento do feixe de raio X pulsado (posicionador XY), desenvolve-se um sistema para obtenção de imagens por descarga parcial estimulada por raios X pulsado. Na Figura 6 apresenta-se o sistema idealizado.

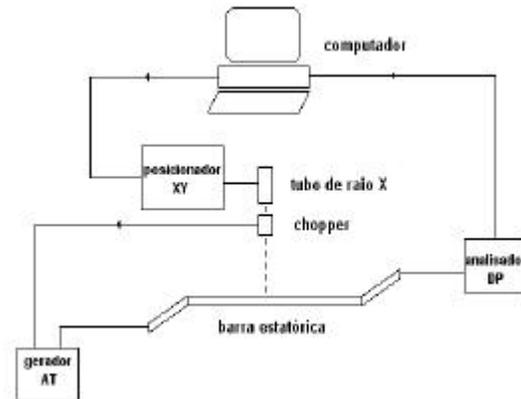


FIGURA 6

Com o deslocamento do feixe de raios X sobre a superfície da amostra, e considerando o instante em que o mesmo encontra a região do defeito, inicia-se a interseção da área irradiada pelo feixe e a área projetada do defeito sobre a superfície da amostra. A intensidade de raio X sobre o defeito depende desta área de interseção e também, como consequência, a ocorrência das descargas parciais. Na Figura 7 mostra-se o comportamento das ocorrências das descargas com o feixe de raios X nas imediações do defeito.



FIGURA 7

A resolução do sistema de obtenção de imagens depende do diâmetro do feixe de raios X e da resolução do sistema de posicionamento XY. Na Figura 8

mostra-se a primeira imagem obtida pelo processo na qual foi analisado uma amostra de epóxi com um vazio esférico de diâmetro aproximado de 1 mm.

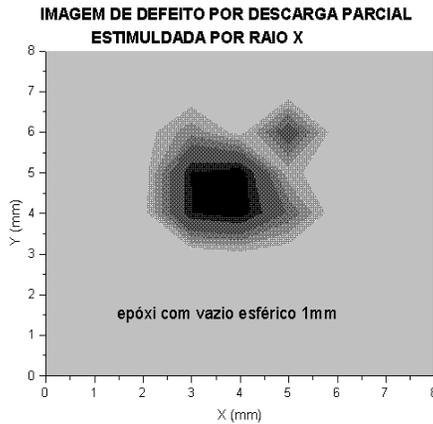


FIGURA 8

O feixe de raios X foi gerado por um tubo com alvo de Tungstênio com tensão de 20 KV e corrente de 2 mA com um colimador de 1 mm. A espessura da amostra de aproximadamente 2 mm com tensão aplicada de 10 kV rms. O avanço do deslocamento do feixe foi a cada 1 mm, varrendo uma área quadrada de 9 mm da superfície da amostra. A imagem foi gerada a partir de uma matriz de dados com dimensão 9x9.

Os dados também geram mapas tridimensionais onde podemos avaliar além da localização dos defeitos o número de ocorrência de descargas, a carga aparente ou a energia transferida nas descargas. Na Figura 9 mostra-se um mapa de defeitos construído com a contagem das descargas parciais no defeito investigado.

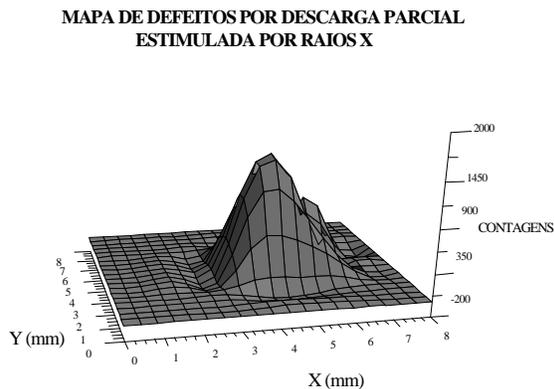


FIGURA 9

As informações contidas nos mapas de defeitos podem ser utilizadas para avaliar a evolução dos defeitos (vazios e delaminações) ao longo da vida do sistema de isolamento e também podem inferir informações sobre

a potencialidade que cada defeito possui para levar o sistema de isolamento à ruptura dielétrica (break down).

4.0 - DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

A primeira imagem gerada pelo método desenvolvido mostrou eficiência em determinar a localização, forma e dimensões dos defeitos geradores de descarga parcial em sistema de isolamento de barras estatóricas.

O trabalho com o objetivo de aumentar a resolução do método de obtenção de imagens e mapas de defeitos encontra-se em andamento. O estudo para a interpretação dos mapas de defeitos para as formas de defeitos mais comuns também encontra-se em andamento.

O método permitirá avaliar barras estatóricas e identificar os principais pontos de ocorrência de defeitos, podendo ser utilizado como método para controle de qualidade em processos de fabricação, ou ainda, poderá ser utilizado para estudos de processos de envelhecimento acelerado em laboratórios de pesquisa.

5.0 - BIBLIOGRAFIA

- (1) GUTFLEISCH, F.; NIEMEYER, L. Measurement and Simulation of PD in Epoxi Voids. IEEE Transaction on Dielectrics and Electrical Insulation, v.2, No 5, p. 729-743, October 1995.
- (2) MORSHUIS, P. Assessment of Dielectric Degradation by Ultrawide-band PD Detection IEEE Transaction on Dielectrics and Electrical Insulation, v.2, No 5, p. 744-760, October 1995.
- (3) BRAUN, J. M.; RIZZETTO, S.; FUJIMOTO, N. Modulation of Partial Discharge Activity in GIS Insulators by X-ray Irradiation IEEE Transaction on Electrical Insulation, v.26, No 3, p. 460-468, June 1991.
- (4) RIZZETTO, S.; STONE G.C.; BOGGS, S.A. The influence of X-rays on Partial Discharges in Voids. Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena. IEEE Publication 89CH2773-0 p. 105-110, 1989.