



**XXII SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GSE/08
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO – VIII

GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTOS DE ALTA TENSÃO - GSE

DIAGNÓSTICO DE SISTEMAS ISOLADOS A GÁS SF₆ PELA METODOLOGIA ACÚSTICA

**Leonardo Torres Bispo dos Santos
CEPEL**

**Helvio J. A. Martins
CEPEL**

RESUMO

Os sistemas isolados a gás SF₆ (SIG) compreendem um conjunto de instalações e equipamentos de grande importância e aplicação no setor elétrico em todo o mundo. Centros urbanos com elevada densidade de carga, onde o custo do metro quadrado é elevado e a disponibilidade por grandes áreas é escassa, utilizam este tipo de instalação por serem mais compactas e ocuparem menor área do que as subestações com isolamento a ar de mesmo porte. Apesar das diversas vantagens, as SIG apresentam alguns pontos desfavoráveis tanto em relação às questões operacionais, como as pertinentes a própria instalação, como possíveis problemas com fabricação e montagem, procedimentos inadequados de manutenção e principalmente problemas de ordem elétrica e mecânica em função do desgaste de materiais.

Na busca por ferramentas preditivas de diagnóstico mais eficientes e capazes de identificar de forma antecipada os mecanismos que levam este tipo de sistema à falha, a metodologia acústica que anteriormente era utilizada somente em setores da área industrial, também está sendo frequentemente empregada em equipamentos no sistema elétrico de potência. Desta forma, este trabalho apresenta os princípios básicos da aplicação da metodologia acústica no diagnóstico e monitoramento de sistemas isolados a gás SF₆. Inicialmente serão abordados os tipos de instalações e equipamentos com esta isolação, além dos principais tipos de defeitos. Posteriormente será apresentada a aplicação da metodologia em SIG, as características da instrumentação adotada e a identificação de padrões de defeitos na fase de diagnóstico. Encerrando o trabalho, alguns comentários serão abordados sobre a aplicação da metodologia no campo e os estudos que propõem a sua aplicação na avaliação de outros equipamentos e sistemas.

PALAVRAS-CHAVE

Emissão Acústica, Defeitos, Diagnóstico, SF₆

1.0 - INTRODUÇÃO

Sistemas isolados a gás SF₆ compreendem um conjunto de instalações e equipamentos de grande importância e aplicação no setor elétrico em todo o mundo. A excelente propriedade dielétrica do hexafluoreto de enxofre, bem como a sua aplicação como meio de interrupção do arco elétrico muito superior à do ar em equipamentos de manobra, contribuem para a sua ampla aplicação nos sistemas elétricos de potência com efetiva e comprovada confiabilidade.

Apresentando-se como uma alternativa ao sistema de monitoramento UHF (*Ultra High Frequency*), somente possível em determinadas instalações que já possuam acopladores capacitivos integrados ou através da adaptação de outros sensores, a Emissão Acústica é uma ferramenta de diagnóstico não invasiva, de fácil aplicação e com elevado potencial na identificação de padrões de defeitos, considerados típicos nestas instalações.

Neste trabalho, será apresentado a aplicação da metodologia acústica no diagnóstico e monitoramento de sistemas isolados a gás SF₆, bem como os tipos de sinais e padrões de defeitos que geralmente ocorrem nestas instalações. Nas conclusões serão apresentadas algumas aplicações da metodologia no campo além da proposta de extensão da mesma a outros equipamentos com outro tipo de isolamento.

2.0 - SISTEMAS ISOLADOS A GÁS SF₆

Determinadas regiões localizadas em grandes centros urbanos, onde o custo do metro quadrado é elevado e a disponibilidade por grandes áreas é escassa, sabe-se que as Subestações Isoladas à Gás SF₆ (SIG), por serem mais compactas e ocuparem menor área que as subestações com isolamento a ar de mesmo porte, representam uma economia significativa no projeto e instalação, além de oferecerem maior confiabilidade por apresentarem as partes energizadas protegidas do meio externo através de compartimentos pressurizados [5].

Além das SIG e todos os equipamentos a ela associados, os sistemas isolados a gás SF₆ também se estendem às GITLs (*Gas Insulated Transmission Lines*) que representam uma alternativa ao acesso à regiões com elevada densidade de carga, permitindo o fluxo de potência em sistemas elétricos em alta tensão, sendo estas últimas com um sistema isolante geralmente composto por nitrogênio e SF₆ [3].

Dentre os pontos desfavoráveis, as SIG apresentam problemas com manobras de seccionadores e disjuntores isolados a SF₆, pois produzem surtos de alta frequência denominados de VFTs (*Very Fast Transients*) que são bastante prejudiciais à isolamento convencional de outros equipamentos acoplados, tais como transformadores de potência, TP's e buchas condensivas. Além disto, apesar de representarem instalações de elevada confiabilidade e com índices de falha inferiores às subestações isoladas a ar, muitas instalações já apresentam tempos de operação superiores a 30 anos e no início deste período, nem todo o conhecimento técnico sobre este tipo de instalação, a tecnologia dos materiais envolvidos ou procedimentos de manutenção adequados eram conhecidos e praticados. Desta forma, muitas instalações já necessitaram de algum tipo de intervenção ou mesmo manutenção em função de fatores como: Problemas de fabricação e montagem, transporte inadequado de equipamentos, procedimentos de limpeza incorretos, além dos problemas de natureza mecânica e elétrica com o desgaste e imperfeições dos materiais. As Figuras 1 e 2 apresentam respectivamente, as fotos de uma subestação e de uma linha de transmissão isolada a gás SF₆.



FIGURA 1 – Foto de uma SIG com os barramentos, disjuntores e outros equipamentos associados



FIGURA 2 – Foto dos fluídutos de uma GITL.

3.0 - PRINCIPAIS TIPOS DE DEFEITOS EM SIG

Independente dos mecanismos e procedimentos que possam levar as SIG a algum tipo de falha, os principais tipos de defeitos encontrados nestas instalações podem ser classificados em quatro grandes grupos, sendo estes [1]:

- Presença de partículas livres;
- Cavidades nos espaçadores;
- Eletrodos Flutuantes;
- Protuberâncias.

3.1 Partículas Livres

A presença de partículas no interior das SIGs corresponde à maioria dos defeitos encontrados neste tipo de instalação. Sua presença reduz significativamente o nível de suportabilidade dielétrica à frequência industrial do

sistema e dependendo do seu comprimento e localização, podem colocar o sistema de alta tensão em risco, pois ao se carregarem eletricamente, provocam descargas disruptivas. Outro problema relacionado à existência de partículas ocorre quando as mesmas fixam-se em espaçadores, onde com o tempo, podem levar à deterioração dos mesmos através de descargas superficiais.

Vale ressaltar que o risco de uma partícula, não é função apenas de sua geometria e peso, mas também de sua localização e sua movimentação. Uma partícula condutora em repouso no interior de uma SIG está sujeita principalmente a ação da força eletrostática imposta pela ação do campo elétrico, assim como a força gravitacional. Uma vez que a força elétrica excede a força gravitacional que atua na partícula, esta tende a levitar na região entre o invólucro e o condutor central de alta tensão, por exemplo, nos barramentos [4]. O movimento de partículas é bastante complexo no interior de uma SIG e depende de diversos parâmetros tais como a sua massa e geometria, o campo elétrico e a pressão do gás.

3.2 Cavidades em Espaçadores

Quando os espaçadores são submetidos a campos elétricos de elevada intensidade, caso apresentem descontinuidades e não uniformidades geométricas como cavidades e outras imperfeições, podem gerar descargas parciais no interior das SIGs. Normalmente, tais cavidades são identificadas durante o controle de qualidade na fabricação destes materiais, tornando este tipo de defeito mais difícil de ocorrer. Entretanto, descargas parciais mais intensas, da ordem de algumas centenas de picocoulombs no interior de espaçadores e próximas ao condutor central podem também ser identificadas pelas metodologias de diagnóstico existentes.

3.3 Eletrodos Flutuantes

Eletrodos de blindagem são utilizados em conexões de barramentos normalmente localizados entre seções adjacentes, mudanças de direção e em terminações das SIGs. Eventualmente estes eletrodos tornam-se frouxos produzindo vibrações mecânicas. Tais vibrações, ao longo do tempo, causam mau contato elétrico entre o condutor central de alta tensão e o eletrodo de blindagem, formando então a presença de um objeto metálico flutuante. Desta forma, o eletrodo flutuante adquire potencial elétrico causando descargas de energia considerável, entre o eletrodo e o condutor, podendo assim levar a SIG à falha após uma interrupção.

3.4 Protuberâncias

Protuberâncias configuram-se como imperfeições no condutor central ou no próprio invólucro, proporcionando uma intensificação de campo elétrico que resulta na ocorrência de descargas parciais. Defeitos de fabricação e problemas durante a montagem da SIG correspondem aos principais causadores deste tipo de defeito.

4.0 - METODOLOGIA ACÚSTICA APLICADA EM SIG

A metodologia acústica aplicada como ferramenta preditiva de diagnóstico, tem sido amplamente utilizada em diversos setores da área industrial e principalmente em equipamentos no sistema elétrico de potência. Em relação aos equipamentos ou sistemas nos quais a metodologia já é bem difundida, destacam-se a aplicação em transformadores de potência, cabos, mufas de alta tensão e as SIGs. Além disto, novos estudos estão sendo desenvolvidos com o objetivo de estender sua aplicação à Transformadores para Instrumentos (TIs) como uma ferramenta preditiva de diagnóstico no campo.

Dentre os principais motivos que justificam a sua ampla aplicação, destaca-se o fato de ser uma metodologia de diagnóstico com caráter preditivo e não invasivo, sendo este um fator determinante para a sua crescente utilização nos setores de manutenção das empresas, frente aos novos padrões de confiabilidade e mais recentemente de disponibilidade dos equipamentos exigidos nas instalações do setor elétrico brasileiro.

De uma forma geral, a utilização da metodologia acústica no diagnóstico de equipamentos busca, através da medição de determinados parâmetros e gráficos, definir os chamados “mapas acústicos” de normalidade e os possíveis padrões de defeitos característicos de um determinado equipamento ou instalação durante o seu funcionamento. Desta forma, comparando os mapas obtidos através do posicionamento do sensor acústico sobre os barramentos e equipamentos instalados na SIG com os padrões de normalidade estabelecidos como “ruído de fundo”, pode-se inferir se determinado equipamento apresenta ou não algum indicativo de defeito [1]. A figura 3 apresenta o esquema básico do arranjo adotado pela metodologia de EA ao avaliar equipamentos e sistemas isolados a gás SF₆.

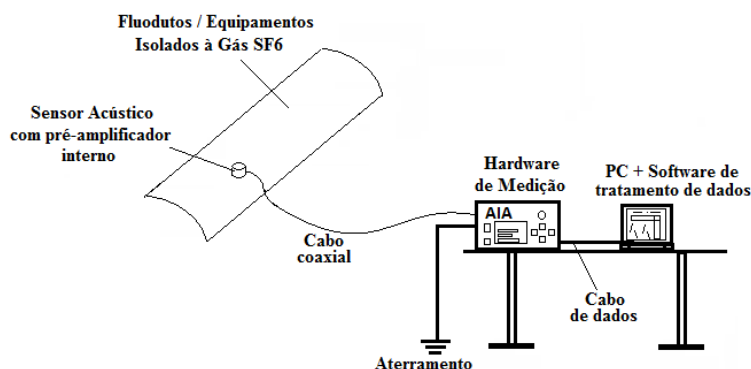


FIGURA 3 – Arranjo básico para medições pela metodologia acústica em SIG

Em determinados locais onde a medição de campo é feita em equipamentos isolados a gás SF₆, porém instalados ao tempo, em função dos elevados níveis de indução eletromagnética, utiliza-se fibra óptica no lugar de cabos coaxiais, pois a mesma oferece uma maior isolamento entre o elemento sensor e o sistema de aquisição operado pelo especialista. Apesar desta pequena variação no arranjo, o monitoramento é facilmente realizado em razão da simplicidade do sistema de medição.

4.1 Sistema Básico de Medição por EA

Utilizando sensores piezoelétricos posicionados sobre o invólucro dos equipamentos, torna-se possível de detectar sinais ultrassônicos provenientes de defeitos ou falhas internas, que podem ser de origem elétrica ou mecânica. Através deste princípio, sinais mecânicos internos são convertidos em sinais elétricos e enviados a instrumentação via cabo coaxial ou fibra óptica. Cabe destacar que os sensores utilizados nas medições são do tipo ressonante, onde a sua melhor resposta ocorre a uma dada frequência de ressonância definida pelo fabricante através de sua curva de sensibilidade no domínio da frequência.

Em relação ao hardware de aquisição de sinais, atualmente algumas empresas já desenvolveram sistemas completos para a aplicação da metodologia de EA para fins de diagnóstico, entretanto, em relação ao monitoramento de SIGs e equipamentos isolados a gás SF₆, o *Acoustic Insulation Analyser* (AIA 1), foi adotado para este tipo de monitoramento por apresentar aos usuários ferramentas e rotinas em seu software dedicadas ao diagnóstico de sistemas com este tipo de isolamento. A Figura 4 apresenta o AIA 1 sendo utilizado na avaliação de fluodutos isolados a gás SF₆.



FIGURA 4 – AIA 1 acoplado a um sensor via cabo coaxial para a avaliação de barramentos isolados a gás SF₆ numa SIG de 138 kV [4]

4.2 Análise dos Sinais de EA e o Diagnóstico por Padrões

Utilizando o Analisador Acústico de Isolamento (AIA 1) no diagnóstico de sistemas isolados a gás SF₆, inicialmente seu software apresenta três tipos de gráficos que compõem os chamados mapas acústicos. Estes gráficos são utilizados na análise comparativa com os padrões de ruído de fundo característicos de uma instalação previamente estabelecidos no início da medição [1]. A cada nova aquisição com o sensor acústico em um determinado ponto da instalação, são gerados os seguintes gráficos para análise:

4.2.1. Gráfico em Modo Contínuo

Gráfico de barras que permite ao usuário identificar sem interrupção a amplitude dos sinais captados pelo sensor no interior da SIG. Os gráficos de barras representam as amplitudes em miliVolts (mV) dos sinais obtidos no tempo continuamente, além de indicarem se os mesmos apresentam alguma modulação na frequência 1, correspondente a fundamental em 60 Hz, ou na frequência 2, relativa a 120 Hz (em casos de vibrações mecânicas ou de

componentes frouxos e flutuantes internamente). A Figura 5 apresenta o modo de medição contínuo AIA1.

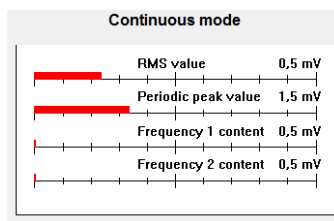


FIGURA 5 – Gráfico em modo contínuo do AIA 1 apresentando um padrão de normalidade. Baixas amplitudes em mV e sem componentes de frequência 1 (correlação com 60 Hz) e frequência 2 (correlação com 120 Hz).

4.2.2. Gráfico em Modo de Pulsos por Intervalo

Gráfico que correlaciona a amplitude do sinal acústico obtido com o intervalo de tempo entre cada pulso gerado. Em cada aquisição completa são gerados 1000 pulsos que compõem todo gráfico. Através deste “mapa”, pode-se inferir em relação ao tempo de elevação ou a “altura de vôo” no caso de partículas, além de avaliar a taxa de repetição de um dado sinal interno à SIG. Considerando especificamente os casos relacionados à suspeita da existência de partículas, um gráfico auxiliar para a análise de severidade é conhecido na literatura e auxilia como ferramenta de apoio à decisão [2]. A Figura 6 apresenta um padrão de ruído de fundo indicando a condição de normalidade após uma dada medição.

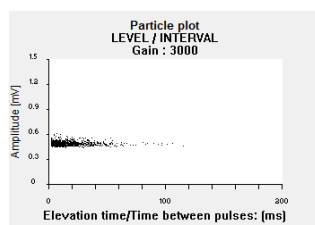


FIGURA 6 – Gráfico em modo de pulso obtido pelo AIA com indicativo de normalidade. Baixas amplitudes e com intervalos entre pulsos não concentrados no eixo de tempo em milissegundos.

4.2.2. Gráfico em Modo de fase

Gráfico que relaciona a amplitude dos sinais acústicos obtidos com a fase de ocorrência dos mesmos em relação a um sinal de sincronismo externo ou interno. Esta referência representa uma correlação entre graus elétricos (de 0° a 360°) com o período da frequência industrial de 16,67 ms em 60 Hz. Desta forma, sua avaliação é muito útil, pois apresenta padrões acústicos específicos para todos os defeitos típicos em SIGs como partículas, componentes mecânicos internos frouxos (por exemplo, um anti-corona ou o suporte de contato em barramentos) ou na existência de corona e descargas em regiões internas à SIG devido à intensificação de campo elétrico em algum ponto. A Figura 7 apresenta o gráfico de fase obtido pelo AIA 1 após a medição de ruído de fundo em uma SIG.

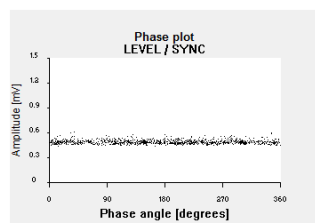


Fig. 7. Gráfico de fase obtido pelo AIA 1 indicando normalidade. Amplitude baixa e constante em 360° elétricos.

Através de ensaios laboratoriais e experiências com medições de campo em SIGs, a metodologia acústica utiliza os padrões dos mapas acústicos previamente obtidos através de simulações e casos reais para estabelecer um diagnóstico indicativo de anormalidade. Durante as medições, o padrão de defeito e sua provável localização são obtidos pela movimentação do sensor sobre a estrutura avaliada e a observação das alterações dos parâmetros de medição. A Tabela 1 a seguir apresenta as características dos principais parâmetros de análise obtidos através de simulações laboratoriais para os principais tipos de defeitos encontrados em SIGs [2].

Tabela 1 – Parâmetros de Análise para os Principais Tipos de Defeitos em SIG

Observações		Defeitos			
		Partículas saltitantes	Corona	Blindagem	Partículas fixas no espaçador
Amplitude	alta	X		X	?
	baixa		X		
Dispersão	estável		X	X	
	variável	X			X
Componentes de Frequência	60 Hz		X		X
	120 Hz		X	X	
	nenhuma	X			
Fator de Crista	alto	X		X	?
	baixo	X	X		?
Sinal de forma pulsante	Sim	X			X
	Não		X	X	

Através da Tabela 1 observa-se que apenas para o caso de partículas fixas em espaçadores ainda existem indefinições quanto ao padrão obtido pelos mapas acústicos. Tal fato ocorre devido à forte atenuação acústica oferecida pelos espaçadores de epóxi aos sinais acústicos provenientes de descargas superficiais sobre os mesmos. Entretanto, considerando que os defeitos relacionados a partículas, corona e de componentes flutuantes como blindagens e partes mecânicas com vibração são bem caracterizadas pela metodologia de EA, pode-se considerar que a mesma representa uma boa ferramenta na análise de sistemas e equipamentos isolados a gás SF₆, uma vez que consegue através dos gráficos, caracterizar a maioria dos defeitos em SIG.

5.0 - ESTUDOS DE CASO

As figuras e gráficos a seguir apresentam alguns tipos de padrões obtidos em medições laboratoriais e de campo em SIGs. Em cada caso, dependendo do tipo de defeito simulado ou registrado no campo, obteve-se convergência em todos ou na maioria dos parâmetros de análise apresentados na tabela 1. Vale lembrar que determinados fenômenos no interior da SIG apresentam natureza randômica e podem ocorrer em intensidades variadas e por isso, nem sempre todos os parâmetros de análise são convergentes mesmo nas simulações de defeito em laboratório. Somente após diversas medições laboratoriais e de campo em diversas instalações e equipamentos, torna-se possível identificar pequenas variações nos mapas acústicos para o mesmo tipo de defeito [3].

5.1 Medições no Campo

A figura 8 a seguir apresenta o padrão de ruído de fundo em uma dada SIG no campo, utilizado como referência durante as medições e a Figura 10 apresenta os indicativos de partículas e de corona que foram encontrados na mesma instalação em dois pontos após intervenções e manutenções.

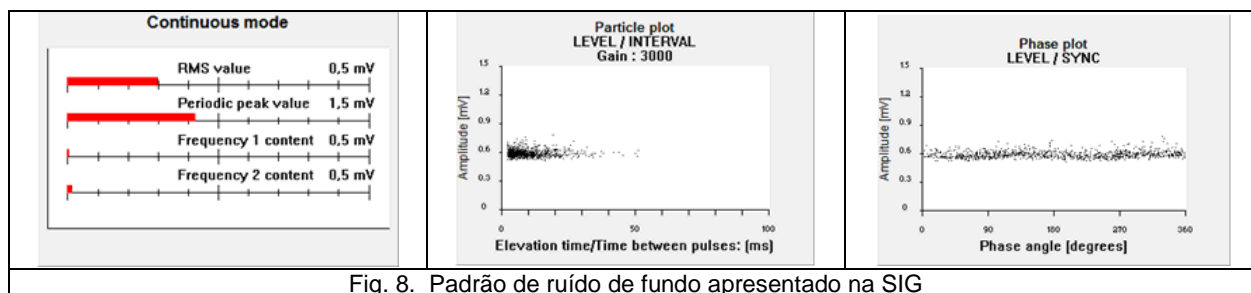


Fig. 8. Padrão de ruído de fundo apresentado na SIG

Analisando-se as Figuras 9 e 10, observa-se claramente a diferença do padrão de ruído de fundo da subestação isolada a gás (Figura 8) em relação aos pontos com indicativo de defeitos. Apesar do padrão de partículas apresentar uma amplitude bem superior ao de corona (40 mV contra 1,5 mV observado no sinal típico de corona), ambos os pontos foram avaliados e confirmados sucessivas vezes após a identificação de tais padrões.

Posteriormente, após uma intervenção com movimentação do gás no interior da SIG, notou-se que o padrão de partículas apresentou uma sucessiva queda de amplitude e, após a quarta medição em 2 meses apresentou padrão similar ao de ruído de fundo e com indicativo de normalidade. Tal fato ocorreu, pois dependendo do tamanho e peso das partículas, ao se deslocarem no interior dos compartimentos com o fluxo de gás, migraram para a junção dos flanges ou regiões onde a força de origem elétrica não consegue mais vencer o peso da partícula e com isto não se movimentam mais no interior da SIG.

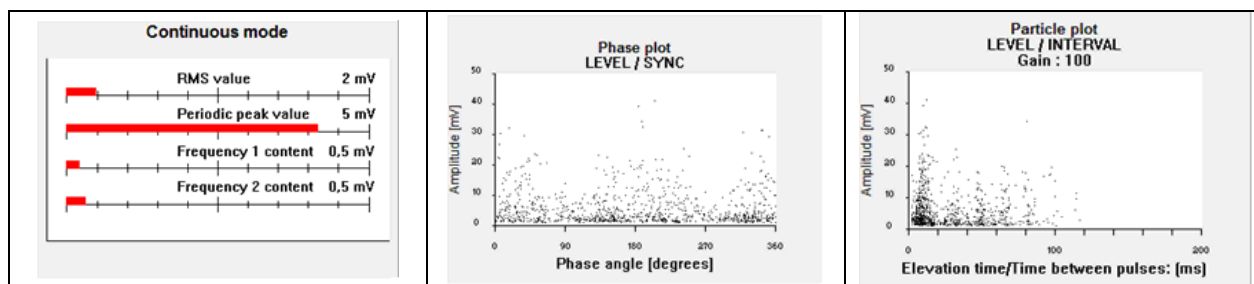


Fig. 9. Padrão de típico de partículas encontrado em uma região da SIG

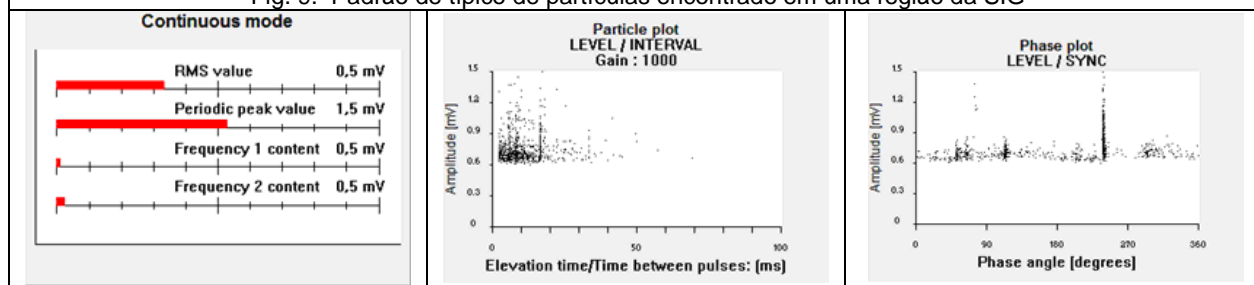


Fig. 10. Padrão de típico de corona encontrado em um trecho da SIG

Em relação ao padrão de corona identificado em outro ponto da instalação, durante todas as medições realizadas observou-se o mesmo mapa acústico característico, mesmo após a movimentação do gás, onde será monitorado periodicamente até a realização de uma próxima intervenção das equipes de manutenção na SIG.

Um dos defeitos dificilmente constatados em SIGs e que recentemente fora observado em uma instalação isolada à gás, corresponde a existência de componentes internos flutuantes ou mecanicamente frouxos. Tal defeito foi identificado após a captação de sinais acústicos tipicamente característicos de vibrações mecânicas em um seccionador isolado a gás SF₆. Após a classificação do padrão pela metodologia acústica, a empresa do setor elétrico responsável pelo ativo programou uma inspeção interna e verificou que ao abrir o seccionador, foi encontrado solto no interior do mesmo uma das molas do mecanismo de acionamento da chave, além de um pedaço de parafuso que não pertencia ao conjunto blindado. As Figuras de 11 a 13 apresentam detalhes do seccionador e de seu mecanismo interno e a Figura 15 apresenta os padrões acústicos obtidos com um indicativo de vibrações mecânicas internas constatadas após a inspeção no seccionador [7].



Fig. 11. Compartimento do seccionador a SF₆



Fig. 12. Contato fixo interno do seccionador



Fig. 13. Detalhe da mola do isolador da haste de acionamento

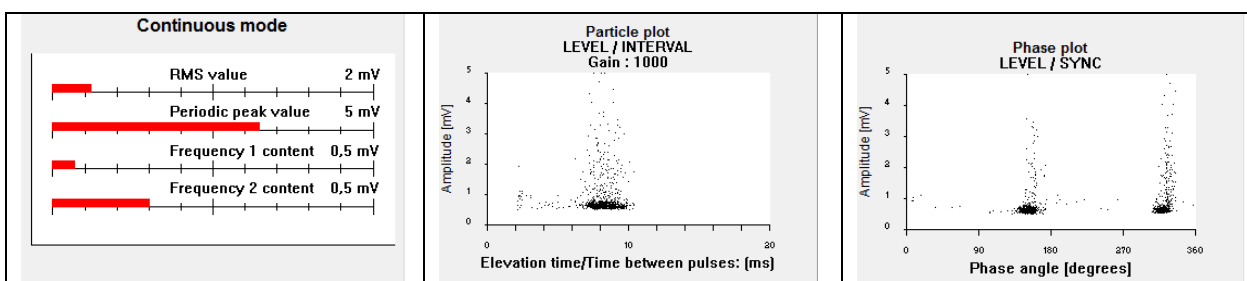


Fig. 15. Padrão vibrações mecânicas ou componentes internos frouxos no interior da SIG com registro da componente de frequência 2 no gráfico em modo contínuo, confirmado após a inspeção interna no seccionador

6.0 - CONCLUSÕES

Durante as medições de campo, pôde-se comprovar a eficácia da metodologia acústica como uma ferramenta de suporte à decisão no monitoramento e no diagnóstico de sistemas isolados a gás SF₆. Outros estudos devem ser desenvolvidos em relação às limitações dos sensores acústicos em determinados casos em que o tipo de defeito sofre grande atenuação no interior da SIG, como no caso de descargas superficiais em espaçadores. Entretanto, para a grande maioria dos defeitos tipicamente encontrados nestas instalações, principalmente em relação à existência de partículas livres e de defeitos de natureza elétrica e mecânica, as simulações laboratoriais e as medições de campo foram amplamente satisfatórias, pois cada tipo de defeito teve o seu diagnóstico comprovado com um padrão acústico distinto.

Novos estudos estão sendo desenvolvidos para a adaptação da metodologia a outros equipamentos como transformadores para instrumentos e pára-raios, uma vez que a literatura técnica já aponta uma ampla aplicação da emissão acústica como ferramenta de diagnóstico em transformadores de potência, cabos e muflas de alta tensão [6]. Considerando ainda, que a metodologia acústica de diagnóstico é não invasiva e de fácil aplicação, tais fatores por si só já justificam sua aplicação nas rotinas de manutenção nas empresas do setor elétrico brasileiro como uma ferramenta de apoio à decisão confiável e viável economicamente pela simplicidade da instrumentação utilizada.

7.0 - AGRADECIMENTOS

Para o desenvolvimento deste trabalho, os autores agradecem a colaboração de R. C. Menezes, F.M. Silva e L.E. Dias, profissionais do Labdig - Laboratório de Diagnóstico de Equipamentos do DLE - Departamento de Linhas e Estações do CEPEL, que também participaram das medições de campo. Além disto, estende-se os agradecimentos aos profissionais de Furnas Centrais Elétricas S.A. por todo apoio prestado ao CEPEL durante o monitoramento da SIG de 138 kV em Grajaú no Rio de Janeiro.

8.0 - BIBLIOGRAFIA

- (1) Santos, L.T.B., Menezes, R.C.; "Avaliação de Trecho de Barramento Blindado e Isolado a Gás SF₆ Utilizando a Metodologia Acústica". 2004, Dezembro. Relatório Técnico DIE 51765/2004, Cepel – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, Rio de Janeiro, Brasil.
- (2) Transinor As; AIA – 1 – Acoustic Insulation Analyzer – User's Guide, Version 5.0.1, May 2001.
- (3) Siemens Energy – Gas-Insulated Transmission Lines (GIL). 2010. www.siemens.com/energy.
- (4) Santos, L.T.B., Martins, H. J.A.; Neves, A.; "Identificação e Quantificação de Defeitos Incipientes em Subestações Isoladas a Gás SF₆ por Emissão Acústica. Fase Experimental – Ensaio de Campo e Laboratório". 2004, Janeiro. Relatório Técnico DIE 1218/2004, Cepel – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, Rio de Janeiro, Brasil.
- (5) Suwarno, Caesario P., Anita P. "Partial Discharge Diagnosis of Gas Insulated Station (GIS) Using Acoustic Method". 2009, 5-7 August. International Conference on Electrical Engineering and Informatics, Selangor, Malaysia.
- (6) Cigré, WG 33/23-12, Insulation Co.ordination of GIS: Return of experience, on site tests and diagnostic techniques" Paper to be published in ELECTRA.
- (7) Ferreira, D.B.; "Manutenção corretiva após detecção de atividade de descargas parciais na fase vermelha do compartimento V da célula blindada e isolada a gás SF₆ do banco TR 52 da subestação de 138 kV" – Eletrobrás Furnas, Março, 2013.

9.0 – DADOS BIOGRÁFICOS

Leonardo T. B. dos Santos – Nascido no Rio de Janeiro, em 16 de Fevereiro, 1977. Possui Mestrado em Engenharia Elétrica na Pontifícia Universidade Católica – PUC - Rio, e graduado na Universidade Federal Fluminense. Sua experiência profissional inclui a antiga Companhia de Eletricidade do Rio de Janeiro – CERJ, atual AMPLA, MPE – Montagens e Projetos Especiais e o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL, empresa do Sistema Eletrobrás no qual trabalha desde 2002. Sua principal área de interesse inclui pesquisas e trabalhos relacionados ao Diagnóstico de Equipamentos Elétricos de Potência e a Aplicação de Inteligência Artificial em Sistemas de Potência. Trabalha atualmente no CEPEL como pesquisador do Departamento de Linhas e Estações e desenvolve trabalhos relacionados ao diagnóstico de transformadores de potência através da Análise de Gases Dissolvidos, além de outras técnicas de diagnóstico em equipamentos elétricos no campo como a Metodologia Acústica na identificação de defeitos em Subestações Isoladas a Gás SF₆.

Helvio J. A. Martins - Nascido em Nova Friburgo - RJ, em 11 de Julho de 1955. Graduado em Engenharia Elétrica (sistemas de potência) pela UFRJ, 1979, onde também obteve o grau de Mestrado em Engenharia Elétrica (Alta Tensão), 1987; e Doutorado em Engenharia Elétrica em 2007, desenvolvendo tese sobre monitoramento de deslocamentos geométricos de enrolamentos de transformadores de potência utilizando a resposta em frequência associada a algoritmos de inteligência artificial. Sua experiência profissional inclui a ex-PTEL-Projetos e Estudos de Engenharia, onde participou de estudos de planejamento da interligação do sistema elétrico brasileiro e projetos de subestações. No CEPEL desde 1985, atua no desenvolvimento de técnicas de ensaios aplicados na avaliação de equipamentos elétricos de AT. Atualmente desenvolve pesquisas relacionadas a métodos e técnicas para monitoramento, avaliação e diagnóstico de equipamentos elétricos. É autor de diversos trabalhos, nacionais e internacionais, participando ativamente de alguns grupos de trabalho do Cigré.