



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

FI/GSE/15
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO – VIII

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

CONVERGÊNCIA DE METODOLOGIAS NO DIAGNÓSTICO DE SUBESTAÇÕES ISOLADAS À GÁS SF₆

**Leonardo Torres Bispo dos Santos(*)
CEPEL**

**Helvio J. A. Martins
CEPEL**

**Daniel Branquinho Ferreira
FURNAS**

RESUMO

Os sistemas isolados a gás SF₆ correspondem às instalações de grande importância no setor elétrico nacional e mundial. Buscando ferramentas preditivas de diagnóstico capazes de identificar de forma antecipada os mecanismos que levam tais sistemas à falha, algumas metodologias estão sendo aplicadas de forma conjunta para que o grau de previsibilidade e confiabilidade nos diagnósticos sejam maiores.

Desta forma, o informe técnico expõe as vantagens de se adotar mais de uma metodologia no diagnóstico nestes sistemas e comenta as potencialidades de cada metodologia, apresentando a convergência na análise de defeitos quando aplicadas de forma conjunta. Concluindo o trabalho, será abordada a forma de aplicação destas ferramentas de diagnóstico no campo e a apresentação de estudos de caso que comprovam a sua eficiência.

PALAVRAS-CHAVE

Subestações isoladas à Gás, SF₆, Convergência, Metodologias de Diagnóstico, Descargas Parciais

1.0 - INTRODUÇÃO

Os sistemas isolados a Gás SF₆ constituem um conjunto de instalações e equipamentos de grande importância e aplicação no setor elétrico em todo o mundo. A excelente propriedade dielétrica do gás, bem como a sua aplicação como meio de extinção do arco elétrico muito superior à do ar em equipamentos de manobra, contribuem substancialmente para a sua ampla aplicação e comprovada confiabilidade.

No cenário global, diversas metodologias vêm sendo empregadas como alternativas de monitoramento e diagnóstico destes sistemas. Neste trabalho serão abordadas duas metodologias amplamente aplicadas como a medição de descargas parciais pelo método UHF (Ultra High Frequency), e a avaliação pela metodologia acústica de boa aceitação pelos gestores de ativos por ser não invasiva e, portanto não necessitar de desligamentos. Aliado à estas duas ferramentas de diagnóstico, será também abordado uma terceira opção de monitoramento, amplamente empregada nestes sistemas e que auxilia na confiabilidade do diagnóstico das metodologias anteriormente citadas. Trata-se do monitoramento da qualidade do gás SF₆ em relação a um de seus subprodutos, e o controle do teor de água como indicadores da ocorrência de descargas parciais. Desta forma, serão apresentados os fundamentos de cada metodologia e estudos de caso que comprovam a convergência e a complementaridade dos seus respectivos diagnósticos contribuindo para uma análise mais confiável e com maior potencial de antecipação na evolução de falhas.

2.0 - SISTEMAS ISOLADOS À GÁS SF₆

Em regiões com elevada densidade de carga e próximas de grandes centros urbanos, onde o custo do metro quadrado é elevado e a disponibilidade por grandes áreas é escassa, as Subestações Isoladas à Gás SF₆ (SIGs), por serem compactas e ocuparem menor área que as subestações com isolamento a ar de mesmo porte,

(*) Av. Horácio de Macedo, n° 354 – Cidade Universitária – CEP 21.941 – 911, Rio de Janeiro - RJ, Brasil
Tel: (+55 21) 2598-6000 – Fax: (+55 21) 2260-1340 – Email: ltorres@cepel.br

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 com o referido gás. Além das SIGs 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 de regiões urbanas, permitindo o fluxo de potência em sistemas elétricos em alta tensão, sendo estas últimas com um sistema isolante geralmente composto por nitrogênio e SF₆. As figuras 1 e 2 apresentam respectivamente, as fotos de uma subestação e de uma linha de transmissão isolada a gás SF₆.



FIGURA 1 – SIG



FIGURA 2 – GITL

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. Além disto, outros fatores potenciais de inserção de defeitos devem ser considerados tais como: Problemas de fabricação e montagem, transporte inadequado de equipamentos e compartimentos da SIG, procedimentos de limpeza inadequados durante a manutenção e problemas de natureza elétrica e mecânica devido a desgaste de materiais.

2.1 Principais tipos de Defeitos em SIGs

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

2.1.1 Presença de Partículas livres

A presença de partículas no interior das SIGs corresponde à maioria dos defeitos encontrados neste tipo de instalação e sua presença reduz significativamente o nível de suportabilidade dielétrica à frequência industrial do sistema. Dependendo do seu comprimento e localização, podem colocar o sistema de alta tensão em risco, pois ao se carregarem eletricamente, promovem a ocorrência de 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 da ocorrência 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.

2.1.2 Cavidades nos Espaçadores

Quando submetidos a campos elétricos de elevada intensidade em razão das descontinuidades e não uniformidades geométricas no dielétrico dos mesmos, cavidades e defeitos no interior de espaçadores podem gerar descargas parciais no interior e de forma superficial nos espaçadores. próximas ao condutor central, podendo ser identificadas por metodologias de diagnóstico já existentes.

2.1.3 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 que, ao longo do tempo, causam mau contato elétrico entre o condutor de alta tensão e o eletrodo de blindagem, formando 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.

2.1.4 Protuberâncias

Protuberâncias correspondem à irregularidades 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 eventos causadores deste tipo de defeito. A Figura 3 a seguir apresenta um esboço dos principais tipos de defeitos existentes em SIGs.

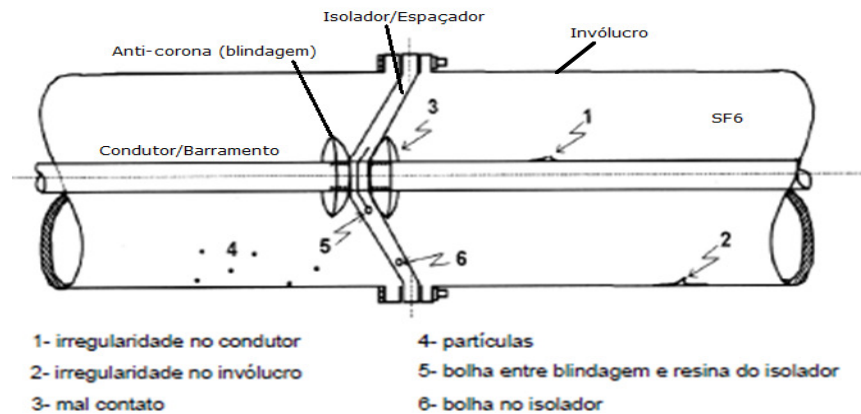


FIGURA 3 – Principais tipos de defeitos encontrados em SIGs

3.0 - DIAGNÓSTICO DE SISTEMAS ISOLADOS À GÁS SF₆

Embora a confiabilidade em SIGs seja elevada, sabe-se que qualquer disrupção interna, invariavelmente implica em uma falha de grandes proporções e em alguns casos, diversos dias para reparo em razão dos cuidados especiais necessários à limpeza e montagem para o pleno funcionamento de uma SIG. Projetos mais modernos carregam todo o conhecimento técnico adquirido em subestações mais antigas e que mesmo assim apresentavam bons níveis de confiabilidade. Seguindo esta tendência, as novas instalações estarão sendo alvo de ferramentas de monitoramento e diagnóstico capazes de fornecer parâmetros aos gestores de ativos tornando-os cada vez mais capazes de detectar com relativa brevidade, o desenvolvimento de defeitos e assim diminuir a possibilidade contingências de forma inesperada.

Ao longo dos anos, muitas ferramentas de diagnóstico têm sido aplicadas em testes de fabricação, comissionamentos no campo e fundamentalmente durante a própria vida útil das SIGs. Em diversas instalações, dispositivos de medição como acopladores capacitivos e pontos de medição da qualidade do gás SF₆ e seus subprodutos, já são especificados para diversas SIGs novas, e em outros casos, instalados gradativamente em subestações já em operação.

Dentre as principais metodologias não invasivas de diagnóstico amplamente aplicadas em SIGs e com potencial de detecção de defeitos incipientes, destacam-se a medição de descargas parciais pelo método UHF e a avaliação pela metodologia acústica. Considerando a possibilidade de ocorrência de descargas parciais nestas subestações, outras instrumentações também são capazes de identificar a formação de subprodutos oriundos da reação do gás SF₆ com as descargas e outros contaminantes. Portanto, acredita-se que uma boa convergência nas análises e uma complementariedade nos diagnósticos pode ser obtida com os métodos e instrumentações citados.

3.1 Método UHF aplicado em SIGs

Descargas parciais em SIGs são provocadas por defeitos, imperfeições ou até mesmo pela presença de contaminantes existentes nos materiais que compõem seu sistema de isolamento. Considerando a fragilidade do SF₆ em regiões de campo elétrico não uniforme e a sua reação com determinadas substâncias, alguns tipos de defeitos como a existências de protuberâncias nas partes energizadas ou aterradas, a presença de partículas livres e a presença de impurezas e imperfeições na estrutura isolante dos espaçadores, podem provocar a intensificação de campo elétrico em determinados pontos e a diminuição da resistência superficial de espaçadores. O método UHF utiliza o conceito da acptação de ondas eletromagnéticas transientes que surgem durante a ocorrência de descargas parciais em frequências que variam de dezenas de megahertz a alguns gigahertz e que se propagam ao longo da subestação.

Em função das diversas descontinuidades existentes nas subestações como flanges e derivações, aliado à condutividade finita dos condutores e as perdas em estruturas dielétricas como os espaçadores, o amortecimento destes sinais transitórios ocorre de tal forma que a atenuação depende da frequência da onda e da quantidade de descontinuidades existentes na instalação. Sendo assim, considerando as devidas limitações citadas, torna-se também possível através do método UHF, estimar a localização de um determinado tipo de defeito através dos tempos de chegada das frentes de onda em cada ponto de sensoriamento instalado na SIG.

Os sinais em UHF provenientes de atividades de descarga parcial podem ser detectados através destes pontos, denominados de acopladores capacitivos, que são similares à antenas e instalados ao longo de toda estrutura

coaxial da SIG. Para melhorar o desempenho do sistema de medição quanto à relação sinal-ruído, costuma-se utilizar amplificadores e filtros. A Figura 4 apresenta o esquema de uma instalação com acopladores instalados. Com o surgimento de novas instrumentações, outros sensores foram desenvolvidos de modo a permitir a aquisição de sinais nesta faixa de frequência sem que haja a necessidade de acopladores capacitivos previamente instalados. Portanto, outro sensor adotado para a aquisição de sinais na faixa de UHF é o sensor capacitivo externo, capaz de captar sinais transitórios provenientes de descargas parciais. A Figura 5 apresenta um modelo de sensor não invasivo instalado sobre os espaçadores de uma SIG.

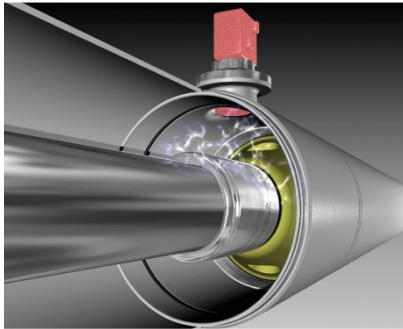


FIGURA 4 – Sensor de UHF instalado sobre o barramento monofásico de uma SIG



FIGURA 5 – Sensores com acoplamento externos e calibradores

Nesta metodologia, torna-se possível aplicar sinais de tensão em um dado sensor instalado na subestação e realizar a medição em outro sensor adjacente. Tal procedimento também permite que o usuário possa controlar o nível de sensibilidade do sistema de aquisição em função da geometria da SIG e do número de espaçadores.

3.2 Metodologia Acústica Aplicada em SIGs

A metodologia acústica aplicada como ferramenta preditiva de diagnóstico, têm sido amplamente utilizada em diversos setores da área industrial e principalmente em equipamentos no sistema elétrico de potência tais como transformadores de potência, cabos, muflas de alta tensão e SIGs. 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 o fator determinante para a sua crescente utilização nos setores de manutenção das empresas, aliado à possibilidade de localização de defeitos internos com relativa precisão.

De uma forma geral, a metodologia busca através da medição de determinados parâmetros e gráficos, definir os chamados “mapas acústicos” de normalidade (ruído de fundo) e os possíveis padrões de defeitos característicos de um determinado equipamento ou instalação durante o seu funcionamento. Desta forma, através da comparação das medições com os mapas acústicos previamente determinados em simulações laboratoriais ou pelo histórico de medições de campo seguidas de inspeções, pode-se inferir se determinado equipamento apresenta ou não alguma atividade acústica fora da normalidade e até mesmo classificá-la. A Tabela 1 apresenta os parâmetros de análise adotados nas medições pela referida metodologia e a Figura 6 apresenta o arranjo adotado pela metodologia ao avaliar equipamentos em sistemas isolados a gás SF₆.

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	

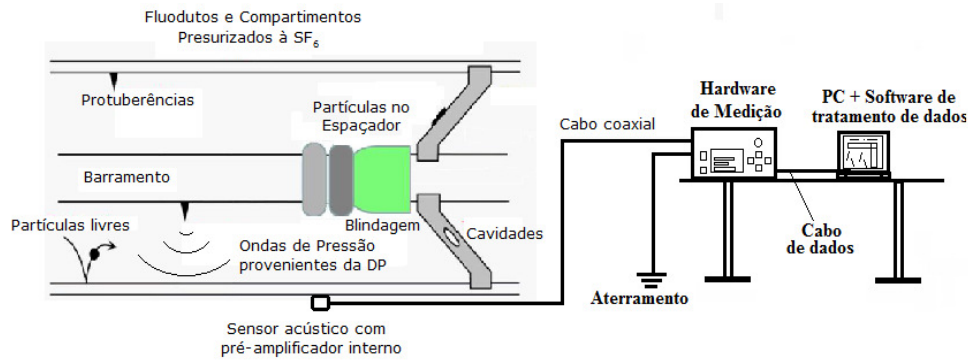


FIGURA 6 – Arranjo para medições em SIGs pela metodologia acústica

Utilizando sensores piezoelétricos do tipo ressonante 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. Defeitos internos produzem ondas de pressão que são convertidas em sinais elétricos e enviados à instrumentação via cabo coaxial ou fibra óptica. Ressalta-se que os sinais na SIG apresentam uma ampla largura de banda e trafegam da fonte de defeito ao sensor em múltiplos meios. Portanto, diferentes velocidades de propagação da onda atravessam vários materiais e barreiras, compondo uma complexa forma de onda acústica. Os analisadores acústicos de isolamento podem ser do tipo monocal ou multicanal dependendo do tipo de equipamento, do objetivo da medição a ser realizada e da quantidade de compartimentos a serem avaliados.

3.3 Análise Química dos Subprodutos do SF₆ na Ocorrência de DPs

A análise química como ferramenta preditiva de diagnóstico em SIGs se apresenta através da identificação de subprodutos associados à reação do hexafluoreto de enxofre (SF₆) com as possíveis atividades de descarga parcial existentes na subestação além do contato com outros materiais. Inicialmente, trata-se de uma ferramenta de diagnóstico atrativa pois é imune a interferências eletromagnéticas e não invasiva, permitindo a adoção de critérios de monitoramento e níveis de criticidade. Embora o SF₆ seja um gás quimicamente estável, atóxico e inerte, seus subprodutos formados através de sua decomposição térmica sob a ação de descargas ou na presença de água e impurezas, são altamente reativos e tóxicos. Durante a decomposição do gás na presença de descargas parciais ele tenta se recompor para novamente formar a molécula de SF₆, entretanto quando tal processo não se efetiva, subprodutos são formados como o tetrafluoreto de enxofre (SF₄), fluoreto de tionila (SOF₂), óxido de fluor sulfuroso (SO₂F₂) que são tóxicos e em presença de água formam também ácido fluorídrico (HF), de acordo com as reações:

- a. SF₆ + DP (Descarga Parcial) --- SF₄ + 2F
- b. SF₄ + H₂O --- SOF₂ + 2HF
- c. SF₄ + O₂ --- SO₂F₂ + 2F
- d. SF₆ + O --- SOF₄ + 2F

Durante a decomposição do SF₆ na ocorrência de DPs, tanto componentes metálicos como componentes da isolamento sólida da SIG podem ser atacados. O Flúor livre ao reagir com arco elétrico também pode formar fluoretos metálicos como o hexafluoreto de tungstênio (WF₆) e o fluoreto de alumínio (AlF₃), sendo este último identificado como um pó branco e outro indicador característico da ocorrência de descargas parciais em inspeções de manutenção. Já a umidade, entre outros fatores causa significativa diminuição da resistividade superficial em espaçadores, fato este que colabora com o início da formação de descargas superficiais nestes material isolante.

Em equipamentos nos quais os subprodutos de decomposição são formados durante a operação normal como disjuntores, elementos químicos como alumina ativada são usados para manter o gás seco e remover os subprodutos corrosivos das descargas e do arco, já em outros equipamentos, com gás seco, esta precaução não se faz necessária. Através destas reações, estabelecendo limites na formação de SO₂ e valores máximos para a formação do teor de umidade também representam uma ferramenta de diagnóstico complementar para SIGs.

4.0 - COMPLEMENTARIEDADE E CONVERGÊNCIA DE METODOLOGIAS DE DIAGNÓSTICO EM SIG

Considerando a busca dos gestores de ativos pela melhoria dos níveis de confiabilidade e disponibilidade em suas instalações, observa-se uma tendência natural de migração de outras filosofias de manutenção para a baseada na condição do estado operativo dos equipamentos. Entretanto, para que tal filosofia tenha êxito, tornam-se necessários estudos sobre o comportamento dos equipamentos elétricos de potência sob diversos tipos de condições operativas e a adoção de ferramentas de diagnóstico complementares ou convergentes. Em relação aos sistemas isolados à gás SF₆, tal conceito não é diferente e mesmo apresentando naturalmente bons níveis de confiabilidade, muitos defeitos ao evoluírem implicam em falhas catastróficas e com tempo de restabelecimento

bem extenso. Desta forma, considerando as especificidades destes sistemas e os principais tipos de defeitos já descritos neste trabalho, acredita-se que a adoção de forma conjunta de medições pelo método UHF e pela metodologia acústica, além da adoção de instrumentação dedicada para avaliação da qualidade do gás, contribuem de forma significativa para a elevação dos níveis de confiabilidade em SIGs, um maior controle dos potenciais indicadores de defeitos na instalação e caso eles ocorram, a possibilidade de um maior acerto no diagnóstico.

4.1 Estudo de Caso 1

Os gráficos a seguir apresentam os valores identificados pela metodologia acústica em um seccionador de uma SIG no setor de 138 kV. Neste caso, a análise de qualidade do gás SF₆ foi realizada na qual não se obteve indicação da formação de SO₂ ou evolução do teor de umidade. As Figuras 7 e 8 apresentam detalhes do seccionador que foi inspecionado e objeto das análises com ferramentas de diagnóstico citadas.



FIGURA 7– Compartimento do seccionador a SF₆



FIGURA 8– Detalhe da mola do isolador da haste de acionamento

Na existência de componentes flutuantes por defeitos mecânicos internos, quando a suportabilidade entre o eletrodo de alta tensão e o elemento flutuante é excedida, DPs internas podem ocorrer na SIG. Entretanto, vibrações mecânicas decorrentes de partes internas frouxas também representam o mesmo padrão de sinais acústicos sem necessariamente causar DPs. Durante as medições constatou-se que os níveis de ruído de fundo da SIG conforme a Figura 9 foram totalmente distintos ao padrão acústico obtido na Figura 10. Nesta situação, pôde-se caracterizar a complementaridade das ferramentas de diagnóstico empregadas, onde a inexistência de subprodutos como o SO₂ e a permanência do nível de teor de água, permitiram inferir com maior segurança e posteriormente constatar através da inspeção interna, que a natureza do evento era estritamente mecânica.

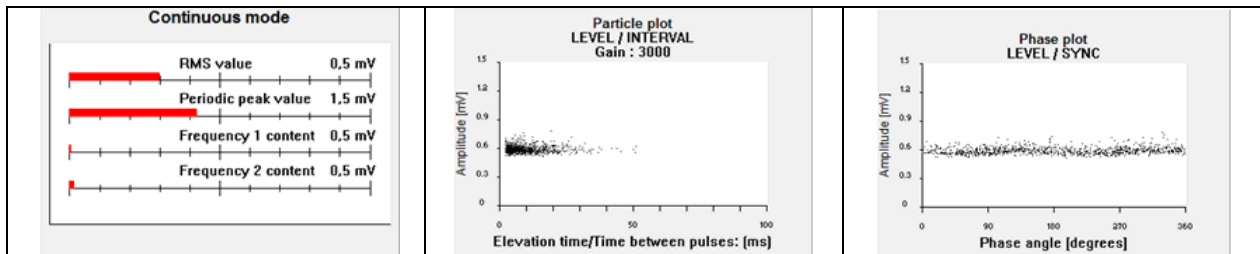


FIGURA 9 – Padrão de ruído de fundo obtido na SIG

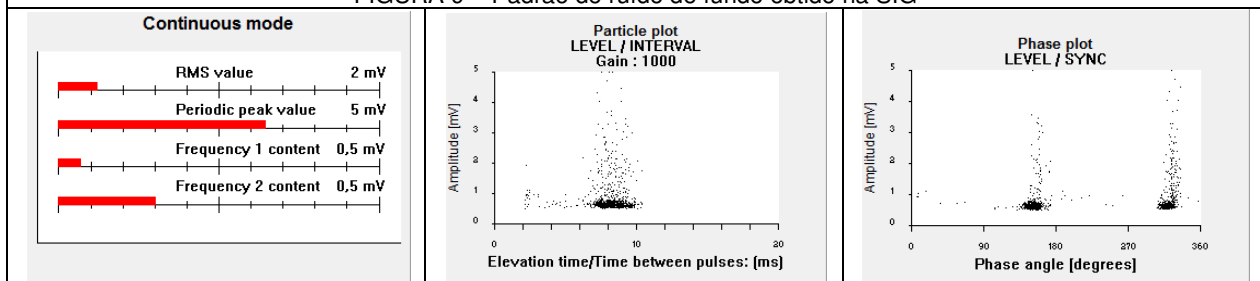


FIGURA 10 – Padrão de componentes internos frouxos confirmado após a inspeção interna no seccionador

O isolador do sistema de acionamento, além da função de isolamento, transmite o movimento rotacional da haste para o contato móvel do seccionador que possui duas molas, sendo uma anterior e outra posterior, para absorver seus eventuais movimentos axiais. Com a mola ausente, o conjunto da haste provocou uma vibração intermitente no conjunto, que pôde ser identificada como padrão de componentes frouxos pelas medições acústicas. Como a mola foi encontrada sobre o seccionador de aterramento, tratando-se de uma região de baixo campo elétrico, pode-

se afirmar que a ela tenha permanecido em repouso, o que também explica detecção de um padrão diferente de partículas sem que haja a ocorrência de descargas parciais neste compartimento. Para o corpo de manutenção da empresa, acredita-se que a mola possa ter caído dentro do compartimento durante algum serviço de manutenção para correção de vazamentos de gás na haste de acionamento.

4.2 Estudo de Caso 2

O outro estudo a ser apresentado apresenta a convergência de três metodologias de diagnóstico empregadas sobre um seccionador de isolamento de um TP na barra de uma SIG de 138 kV. Nesta ocorrência, tanto as medições pelo método UHF como a metodologia acústica e a medição dos níveis de SO_2 apresentaram variações e valores fora dos níveis de normalidade anteriormente identificados na instalação.

Durante as medições, com a alteração dos níveis de ruído eletromagnético pelo método UHF e ruído de fundo pela metodologia acústica, acoplou-se imediatamente o analisador da qualidade de gases onde os níveis de SO_2 variaram de 0 à 13 ppm em um intervalo de tempo inferior à duas horas, considerado bastante curto para a formação do subproduto. As Figuras 11 e 12 apresentam respectivamente o nível de ruído de fundo acústico da SIG antes e após a identificação do defeito e a Figura 13 apresenta a alteração no espectro UHF obtida com o posicionamento do sensor capacitivo próximo ao seccionador de isolamento do TP.

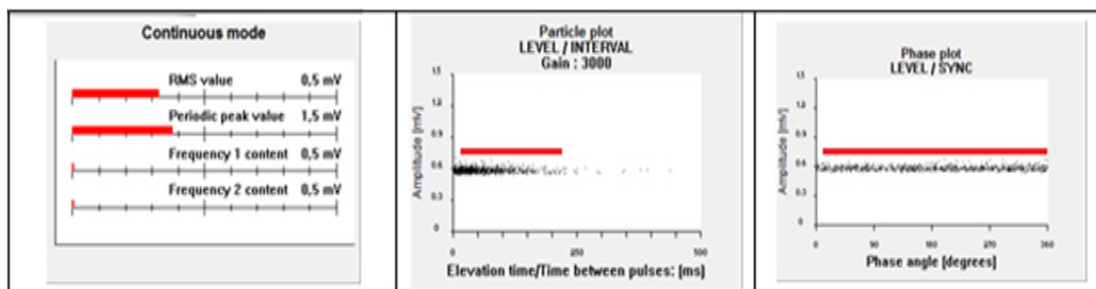


Figura 11 – Padrão de ruído de fundo acústico da SIG

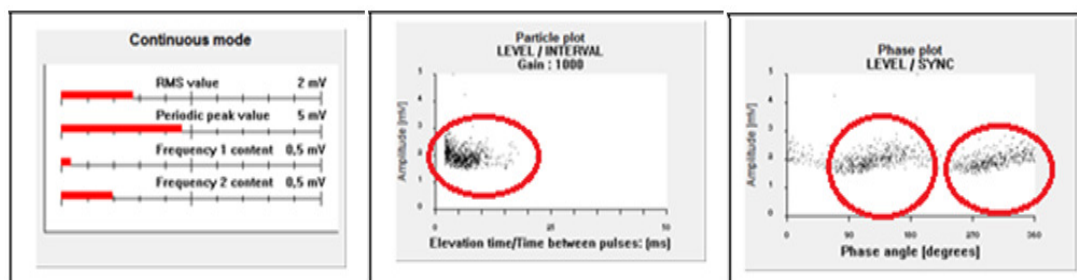


Figura 12– Alteração dos sinais acústicos com o sensor posicionado sobre o seccionador

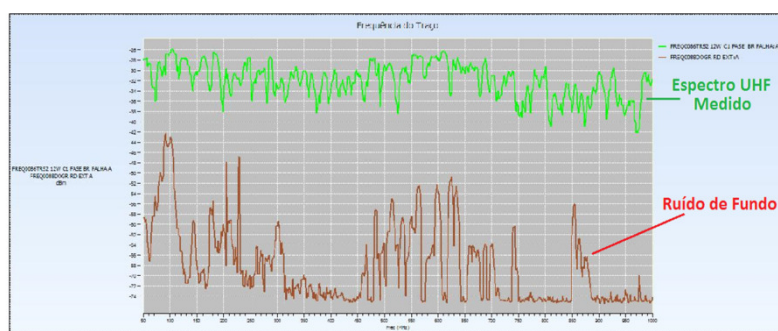


Figura 13 – Analisador UHF apresentando o nível de ruído de fundo e o espectro medido no seccionador

5.0 - CONCLUSÕES

De acordo com as medições de campo apresentadas nos estudos de caso 1 e 2, pôde-se observar que tanto o aspecto complementar quanto a convergência das metodologias de diagnóstico apresentadas pelos métodos UHF e de emissão acústica, aliados à utilização de uma instrumentação dedicada à avaliação dos principais parâmetros da qualidade do gás SF_6 .

Com a utilização das metodologias de forma conjunta, o diagnóstico em SIGs torna-se mais confiável e fornece ao gestor de manutenção maiores subsídios na tomada de decisão. Um outro aspecto a ser observado, corresponde ao maior potencial de diferenciação de fenômenos com implicações puramente mecânicas de outros que promovam a formação de descargas parciais internas, sendo nestes casos, o analisador de gases fundamental na caracterização dos fenômenos.

Em outros casos a convergência de metodologias poderá ser constatada ou não dependendo das características do tipo de defeito, da sua intensidade e as características físicas da própria SIG. Em termos de sensibilidade, a metodologia acústica apresenta um maior potencial na qualificação de defeitos como partículas e os relacionados a eventos mecânicos. Já o método UHF apresenta em conjunto com o monitoramento de SO₂, boa sensibilidade em relação a fenômenos elétricos incipientes.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Risk Assessments on Defects in GIS Based on PD Diagnostics, WG D1.03, Cigré, 2012;

(2) 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 – Ensaios de Campo e Laboratório". 2004, Janeiro. *Relatório Técnico DIE 1218/2004, Cepel – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, Rio de Janeiro, Brasil.*

(3) COPEL–LAC GIS Couse Notes, Part 1: Breakdown Mechanisms in SF₆. Centre for Electrical Power Engineering University of Strathclyde, George Street, Glasgow, U.K, April 1994.

(4) 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.

7.0 - 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.

Daniel B. Ferreira – Nascido no Rio de Janeiro – RJ, em 06 de Dezembro de 1984. Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ em 2010 e Pós Graduado em Engenharia Econômica também pela UERJ em 2012. Funcionário de Furnas desde Dezembro de 2004, atualmente trabalha no setor de engenharia de manutenção de Furnas, mais especificamente na divisão de equipamentos de manobra de alta tensão, com participação e experiência em grupos de trabalho relacionados a Subestações Isoladas à Gás SF₆.