

Novas técnicas para eliminação de vazamentos em equipamentos isolados a gás SF₆

Tema: Gestão Ativos e Manutenção

Autores: Helena Maria Wilhelm

Co-Autores: Paulo de Oliveira Fernandes; Yorrannys Mannes

Empresa: SF6 SERVIÇOS

Resumo

O gás hexafluoreto de enxofre (SF₆) é um composto químico biologicamente inerte, com grande estabilidade química, capacidade de isolamento elétrico e de extinção de arco. Essa estabilidade, que torna o SF₆ um composto extraordinário para utilização em isolamento elétrico, também faz com que seja um composto com características ambientais indesejáveis em função de sua persistência ambiental e capacidade de retenção de calor. É, por isso, um composto de utilização restrita no âmbito do acordo de Paris sobre o aquecimento global. Os vazamentos em equipamentos isolados a gás provocam também problemas operacionais como, por exemplo, a queda na pressão de operação. É, portanto, de fundamental importância o controle e remediação imediata de vazamentos em equipamentos elétricos isolados a gás SF₆. A eliminação de vazamentos pela simples substituição de elementos vedantes é custosa e demorada por exigir longos períodos de desligamento e substituição de componentes de custo elevado. A eliminação de vazamentos pelo uso de materiais compostos desenvolvidos para esse fim específico, traz as vantagens de diminuição do tempo de desligamento e redução dos custos de peças de reposição. Esse trabalho apresenta estudos de casos em que essa nova técnica foi aplicada com sucesso tanto do ponto de vista da eficácia do processo quanto do ponto de vista da redução de custos.

1. Introdução

O gás hexafluoreto de enxofre (SF₆) é um composto sintético, química e biologicamente inerte, com grande capacidade de isolamento elétrico, cerca de seis vezes maior que o ar atmosférico (à pressão atmosférica), e grande capacidade de extinção de arco (Cigre, 2023). O enxofre e o flúor são elementos extremamente eletronegativos e, por isso, formam uma ligação química bastante estável. Durante o processo de extinção de arco, essa ligação se rompe pela ação da energia elétrica, para logo em seguida se recombinar, devolvendo a energia recebida sob a forma de calor, de tal maneira que mais de 99,9% do gás se recompõe. Essa estabilidade, que torna o SF₆ um composto extraordinário para utilização em isolamento elétrico de alta e extra alta tensão, também o torna um composto com características ambientais indesejáveis. Por ser inerte, uma vez lançado no ambiente, ali permanece por períodos de tempo extremamente longos, sendo a sua meia vida ambiental estimada em 3.000 anos. Além disso, sua capacidade de absorver a radiação infravermelha (calor), o torna um poderoso agente de aquecimento atmosférico. Seu potencial de aquecimento global (GWP) é estimado em cerca de 22.900 vezes o do dióxido de carbono (CO₂). Por

isso, sua emissão à atmosfera é restrita pelo tratado de Viena, no âmbito do acordo de Paris. Além disso, do ponto de vista operacional, a existência de vazamentos em equipamentos isolados a gás ocasiona perda da pressão, o que prejudica o isolamento, e aumenta a probabilidade de contaminação interna por ar atmosférico e umidade, pelo fenômeno da efusão.

Os vazamentos ocorrem, na maioria das vezes, nas juntas e conexões pela deterioração dos elementos vedantes, ou pela corrosão nas sedes das vedações, causada pelos produtos ácidos de decomposição do SF₆, tais como o ácido fluorídrico (HF) e o dióxido de enxofre (SO₂). Também se observa a incidência de vazamentos nas tubulações de gás, ou nos reservatórios, causados pela ação corrosiva do ambiente sobre esses componentes. É comum ainda, no caso dos cubículos de média tensão, a ocorrência de vazamentos nas soldas, seja por imperfeições ou corrosão nos cordões de solda.

É, portanto, de fundamental importância o controle e remediação imediata de vazamentos em equipamentos elétricos isolados a gás SF₆.

A correção dos vazamentos, tradicionalmente, consiste no desligamento da unidade, remoção do gás isolante do compartimento defeituoso, desmontagem da seção, reparo da sede da vedação se necessário, substituição do elemento vedante, remontagem, tratamento de secagem interna do compartimento, reenchimento, verificação das características do gás e religamento. Esse processo exige o desligamento da unidade por períodos de tempo que podem chegar a alguns dias, dependendo das dimensões do equipamento. Esse processo acarreta ainda no risco de contaminação do compartimento por partículas e umidade excessivas, a depender das condições do ambiente onde é executado o trabalho. O desligamento acrescenta também custos adicionais ao processo que, muitas vezes, são superiores ao próprio custo dos serviços de reparo. É também muito comum, no caso de equipamentos antigos, não haver peças de reposição em estoque, sendo a fabricação de peças sob medida a única opção, aumentando ainda mais o tempo e os custos associados ao serviço.

A engenharia de materiais, no entanto, tem apresentado progressos extraordinários na área de materiais compostos que podem apresentar características específicas conforme a aplicação pretendida. No caso da eliminação de vazamentos observados nos diversos dispositivos de engenharia destinados a conter, transportar ou armazenar gases em geral, foram desenvolvidos vários compostos que apresentam a capacidade de aderir à estrutura nanométrica dos mais diversos substratos propiciando a vedação de nano trincas e apresentando elevada resistência química, o que permite sua utilização em equipamentos instalados tanto em ambiente interno quanto externo. Suas características de elevada resistência mecânica, permitem que sejam utilizadas em vasos de pressão com grande eficácia.

Esse trabalho apresenta o estudo de casos em que foi feita a opção de realizar a eliminação de vazamentos em disjuntores de alta tensão isolados a gás SF₆, pela aplicação de produto vedante específico para gases, no lugar dos procedimentos corretivos tradicionais. A avaliação dos resultados obtidos em todos os casos, mostrou que a técnica possibilitou a correção dos vazamentos sem a necessidade de abertura dos equipamentos, com redução significativa dos custos da operação e do tempo de desligamento.

2. Desenvolvimento

1. Equipamentos e materiais utilizados

Os equipamentos e materiais utilizados no desenvolvimento dos serviços descritos neste artigo estão descritos na sequência.

1) Detector de vazamento

As medições de vazamento em todos os casos foram feitas com instrumento marca WIKA (Figura 1), baseado no princípio de medição do infravermelho, sensível apenas a SF6, com escala relativa graduada em ppm. Essa escala, apesar de não permitir a quantificação exata de cada vazamento, possibilita estimar a intensidade e fornece uma graduação comparativa entre cada caso.



Figura 1. Medidor de vazamento utilizado.

2) Analisador de qualidade do gás

O analisador utilizado para as medições das características do gás foi produzido sob encomenda por empresa estrangeira a partir das especificações da empresa SF6 Serviços (Figura 2), cujas características estão a seguir:

- **Produtos de decomposição determinados como SO2:**

Faixa de medida: 0 - 500 ppm

Precisão: $\pm 2\%$

- **Umidade do gás:**

Faixa de medição: -50 - +10 ° C (ponto de orvalho)

Precisão: $\pm 4\text{ }^{\circ}\text{C}$

- **Pureza do gás % SF6:**

Faixa de medida: 0 – 100 % vol. de SF6

Precisão: $\pm 1\%$



Figura 2. Telas do analisador utilizado.

3) Compressores

A drenagem e reposição do gás foram feitas por compressores tipo alternativo (Figura 3), sem óleo de fabricação da empresa SF6 Serviços, com as seguintes características:

- Pressão final mínima em posição de vácuo: 0,2 bar
- Pressão final máxima: 50 bar
- Vazão mássica a 40 bar: 4 kg/h



Figura 3. Compressor utilizado.

4) Produto vedante

Foi utilizado um composto formulado especificamente para vedação de compostos gasosos, à base de poliéster/poliuretana, bicomponente, de cura ao ar, em temperatura ambiente, desenvolvido e produzido exclusivamente para a empresa SF6 Serviços pela empresa norte americana “GasQuip” (www.gasquip.com).

2. Procedimentos e resultados

Neste trabalho são apresentados os resultados obtidos para reparos em 05 disjuntores sendo 04 da classe 245 kV e 01 na classe de 145 kV.

Foi utilizado, em todos os casos, a seguinte sequência de procedimentos em geral:

- 1) Determinações de pressão interna do equipamento, temperatura ambiente, pureza do gás, teor de umidade e produtos de decomposição.
- 2) Drenagem do gás isolante até a pressão de 0,8 bar absoluta.
- 3) Aplicação do produto vedante.
- 4) Espera de 2 horas para o processo de cura do material composto.
- 5) Manutenção da subpressão por 12 horas para secagem do compartimento.
- 6) Recarga com gás isolante novo até a pressão nominal do equipamento.
- 7) Espera de 2 horas para equilíbrio da umidade e pureza do gás no compartimento.
- 8) Determinação das características do gás isolante.
- 9) Liberação para religamento.

A seguir são descritos resumidamente as características e resultados de medição de cada um dos equipamentos reparados:

- **Disjuntor 01:** disjuntor AREVA, fabricação 2007, 145 kV, 7,4 bar, 12 kg de gás. Apresentou vazamento, com medição estimada de vazamento de 445 ppmv no topo do polo C (Figuras 4 e 5 e Tabela 1).



Figura 4. Determinação do ponto de vazamento do Disjuntor 01.



Figura 5. Produto vedante aplicado no Disjuntor 01.

Tabela 1. Características do gás isolante do Disjuntor 01.

- **Disjuntor 02:** Siemens, série 4555, 245 kV, 6,2 bar, 16 kg de gás. Apresentou vazamento por corrosão na solda do cárter do polo C, com medição estimada de vazamento de 825 ppmv (Figuras 6 e 7 e Tabela 2).



Figura 6. Ponto do vazamento do Disjuntor 02.



Figura 7. Produto vedante aplicado no Disjuntor 02.
Tabela 2. Características do gás isolante do Disjuntor 02.

- **Disjuntor 03:** Siemens, série 4554, 245 kV, 6,2 bar, 16 kg de gás. Apresentou vazamento no flange de conexão do pressostato, com medição estimada de vazamento de 289 ppmv (Figuras 8 e 9 e Tabela 3).



Figura 8. Ponto do vazamento do Disjuntor 03.



Figura 9. Produto vedante aplicado no Disjuntor 03.

Tabela 3. Características do gás isolante do Disjuntor 03.

- **Disjuntor 04:** Siemens, série 4556, 245 kV, 6,2 bar, 16 kg de gás. Apresentou vazamento na tubulação de conexão do pressostato, com medição estimada de vazamento de 220 ppmv (Figuras 10 e 11 e Tabela 4).



Figura 10. Ponto do vazamento do Disjuntor 04.

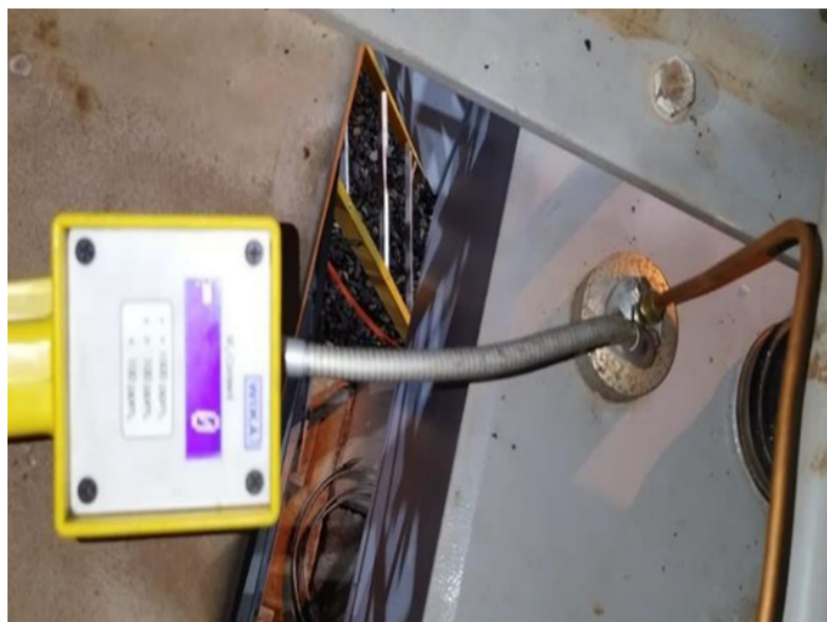


Figura 11. Produto vedante aplicado no Disjuntor 04.

Tabela 4. Características do gás isolante do Disjuntor 04.

- **Disjuntor 05:** Siemens, série 4557, 245 kV, 6,2 bar, 16 kg de gás. Apresentou vazamento na tubulação de conexão do pressostato, com medição estimada de vazamento de 380 ppmv (Figuras 12 e 13 e Tabela 5).



Figura 12. Ponto do vazamento do Disjuntor 05.



Figura 13. Produto vedante aplicado no Disjuntor 05.
Tabela 5. Características do gás isolante do Disjuntor 05.

3. Conclusão

Os resultados obtidos nas operações descritas nesse trabalho permitem concluir que a utilização de compostos vedantes para gases na eliminação de vazamentos em equipamentos isolados a SF₆ dos diversos tipos apresentados é um recurso viável e seguro para esse tipo de manutenção corretiva.

É possível também concluir que o menor tempo de desligamento e a não utilização de peças sobressalentes possibilitam economia significativa na execução das ações de manutenção em disjuntores isolados a SF₆.

4. Referências bibliográficas

CIGRE, TECHNICAL BROCHURES 914 “**Guidelines for SF₆ end-of-life treatment of T&D equipment (>1 kV) in substations**”, August 2023, 97 p.

CIGRE, TECHNICAL BROCHURES 234 “**SF₆ RECYCLING GUIDE (REVISION 2003)**”, August 2003, 60 p.