



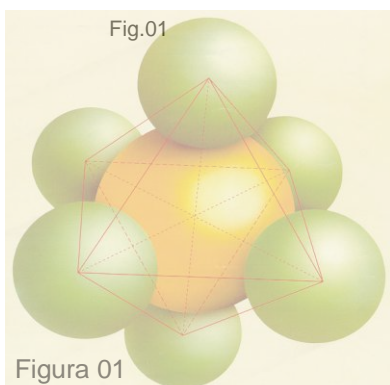
## 1- Histórico

Em 1900 Moissan e Lebeau sintetizaram o SF<sub>6</sub> pela primeira vez. Suas excepcionais qualidades químicas e dielétricas levaram a General Electric no ano de 1937 a incentivar sua utilização em equipamentos de distribuição elétrica. Uma aplicação mais difundida da utilização de SF<sub>6</sub> em aparelhos de distribuição elétrica iniciou-se por volta de 1960 nos Estados Unidos da América e na Europa. O SF<sub>6</sub> passou a ser largamente utilizado em interruptores e seccionadores de potência nos mais altos níveis de voltagem. Até hoje não há algo mais adequado para substituir o SF<sub>6</sub> para a extinção de arcos voltaicos em equipamentos elétricos de média e alta voltagem.

## 2- As Características do SF<sub>6</sub>

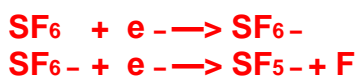
O gás hexafluoreto de enxofre, SF<sub>6</sub>, é formado por uma reação química entre enxofre fundido e fluoretos. O fluoreto é obtido pela eletrólise de ácido fluorídrico (HF).

O SF<sub>6</sub> é um gás usado há mais de 30 anos como meio isolante em equipamentos encontrados nas Companhias de Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica. É um gás incolor, inodoro, não inflamável e quimicamente estável. A estabilidade vem do arranjo simétrico de seis átomos de fluor em torno de um átomo central de enxofre (fig. 1).



O SF<sub>6</sub> é o melhor isolante elétrico que se conhece. À pressão atmosférica, o SF<sub>6</sub> tem um dielétrico de capacidade resistiva que é 2.5 vezes melhor que a do ar. À pressão de 3 a 5 bar, que é a pressão usualmente aplicada aos equipamentos elétricos das subestações, suas propriedades dielétricas são dez vezes melhores que as do ar.

O SF<sub>6</sub> pode efetivamente extinguir arcos elétricos nos equipamentos de alta e média tensão porque é fortemente dopado em elétrons negativos. Isto significa que as moléculas do gás captam os elétrons livres e constroem íons negativos, que não se movem rapidamente. Isto é importante quando se criam avalanches de elétrons que podem conduzir a flashovers.



O SF<sub>6</sub> controla eficazmente o arco voltaico na interrupção do circuito elétrico no disjuntor porque tem excelentes propriedades refrescantes a temperaturas na qual os arcos se extinguem (1500-5000 K). Isto ocorre porque o gás usa energia (= absorve calor) quando se dissocia, o que produz um efeito extintor.

Em condições iguais a capacidade de extinção do arco do SF<sub>6</sub> é 100 vezes maior que a do ar. Além disso o SF<sub>6</sub> efetivamente se regenera após a extinção do arco.



O mecanismo da contaminação e decomposição do gás SF<sub>6</sub> se dá inicialmente a partir da combinação do gás com umidade, ar e uma descarga elétrica. Um arco voltaico ou mesmo descargas parciais provocam temperaturas altas, que dissociam o SF<sub>6</sub>. Em condições ideais, uma vez interrompido o fornecimento de energia, e após o resfriamento do meio, ocorre uma recomposição do SF<sub>6</sub>.

Porém, se o sistema contiver substâncias que tem grande afinidade com o enxofre e o flúor, pode haver formação de subprodutos diversos.

É importante ressaltar que o SF<sub>6</sub> não é corrosivo para qualquer metal à temperatura ambiente. Os produtos da decomposição do SF<sub>6</sub> é que podem ser corrosivos.

Além de excelente isolante, o SF<sub>6</sub> traz uma outra grande vantagem na sua utilização, que é permitir a construção de equipamentos e subestações blindadas de menor porte, em comparação às demais mídias isolantes conhecidas. Os aparelhos com SF<sub>6</sub> são compactos e virtualmente livres de manutenção.

Os disjuntores de média e alta tensão com SF<sub>6</sub> ocupam um grande faixa do mercado. Esse gás isola subestações completas, GIS ou RMU, e é aconselhável onde o espaço for restringido ou o ambiente for severo.

O SF<sub>6</sub> puro não é venenoso, e em princípio pode-se inalar uma mistura de 80% de oxigênio e 20% de SF<sub>6</sub> sem perigo, mas havendo um acúmulo deste gás em um ambiente, ele irá expulsar o oxigênio (uma vez que ele é 6 vezes mais pesado que o ar), correndo se assim o risco de asfixia por falta de oxigênio.

Na manutenção ou desativação dos equipamentos utilizados nas subestações das companhias elétricas (disjuntores, transformadores, subestações blindadas, etc...), o gás SF<sub>6</sub> deve ser recolhido e tratado na sua totalidade, ou na maior quantidade possível. Após o tratamento, atendidos os critérios de qualidade, o gás recuperado pode ser reutilizado. É importante resumir a perda de gás SF<sub>6</sub> na atmosfera, não só do ponto de vista econômico, uma vez que o SF<sub>6</sub> é um gás caro, mas também do ponto de vista ecológico.

A reutilização sistemática do gás SF<sub>6</sub> exige um constante controle de qualidade e obediência restrita a normas conforme IEC 60376, para gases novos e IEC 60480 para gases reutilizados.

### **3- Propriedades Físicas**

Fórmula química : SF<sub>6</sub>

Peso molecular : 146,05 g/mol

Peso específico : 5,11

Constante Dielétrica : 1.0021 a 20°C e 1 bar; (apenas 6% maior a 20bar)

Rigidez Dielétrica a 3 bar : equivalente à do óleo mineral

Temperatura de sublimação : -63,9°C

Temperatura crítica : 45,5° C

Pressão de vapor (20°C) : 22,77 atm

Pressão crítica : 37,1 atm

Densidade em estado de gás (20°C, 1 atm) : 6,16 g/l

Densidade em estado líquido (ponto de saturação à -50°C) : 1,91 kg/l

Densidade em estado líquido (21°C) : 1,371 g/ml

Grau de estabilidade térmica : até 800°C

Solubilidade em água (10 °C, 1 atm) : 0,0076 m/ml H<sub>2</sub>O

Calor latente de vaporização : 38,6 cal/g

#### **4- O SF<sub>6</sub> na atmosfera – Aspectos Ambientais**

O lançamento deliberado de SF<sub>6</sub> na atmosfera pode e deve ser evitado. Sabe-se que o hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) não contribui para o buraco de ozônio, mas ele é 23.000 vezes mais potente que o CO<sub>2</sub> para o efeito estufa, levando até 3.200 anos para se decompor na atmosfera, segundo o IPCC ().

Na sua aplicação no segmento fornecedor de energia elétrica só uma fração muito pequena do SF<sub>6</sub> é contaminada a um tal ponto que não possa ser reutilizada. Neste caso, o SF<sub>6</sub> pode ser incinerado a temperaturas em torno de 1.500°C, processo este que o transforma de novo em fluoretos de substâncias naturais.

O gás SF<sub>6</sub> pode e deve ser reciclado através de equipamentos especializados na sua reciclagem, que estão disponíveis para todas as exigências.

O total impacto ambiental do uso de equipamentos com SF<sub>6</sub> foi avaliado pela análise ambiental do ciclo de vida (LCA) de acordo com ISO 14.000. O resultado mostra que o uso de SF<sub>6</sub> permite minimizar a carga ambiental integrante do equipamento. Isto é porque as poupanças de outros materiais e a carga ambiental associada quantitativamente compensam o impacto causado por perdas de SF<sub>6</sub>.

Os níveis de pureza do SF<sub>6</sub> reciclado foram propostos através de comitês internacionais. Temos o Conselho CIGRE, as normas IEC, e estudos, procedimentos e exigências, que se tornarão legislações num futuro próximo. O Parlamento Europeu já iniciou deliberações neste sentido.

## 5- Normas Europeias para Manuseio de SF<sub>6</sub>

O SF<sub>6</sub> é um dos 6 gases citados no Protocolo de Kyoto, para o qual estão estipuladas metas progressivas de redução de emissão de 2008 a 2012 e mais adiante também.

### IEC/TS 61634 (1995)

*Uso e manuseio de SF<sub>6</sub> (Gás Hexa-fluoreto de Enxofre) em equipamentos de alta tensão e equipamentos de controle*

### IEC 60480 (2004)

*Orientações para análise e tratamento do SF<sub>6</sub> (Gás Hexafluoreto de Enxofre) retirado de equipamentos elétricos e especificações para seu reuso*

Esta norma determina regras para:

- Manuseio de gás SF<sub>6</sub>
- Valores limite para reuso direto
- Precauções para os procedimentos de manutenção dos equipamentos isolados a SF<sub>6</sub>
- Valores limite para reutilização direta do gás
- Aspectos ambientais
- Procedimentos gerais para transporte e armazenagem

Valores limite para equipamentos elétricos:

- Ar: 3% do volume
- H<sub>2</sub>O (umidade): 25 ppm peso, alta tensão  
95 ppm peso, média tensão
- Óleo mineral: 10 ppm peso
- Total de produtos em decomposição gasosos: 50 µl/l para o total, ou 25 µl/l para HF, e 12 µl/l para SO<sub>2</sub> + SOF<sub>2</sub>

### Kontrolle der SF<sub>6</sub>-Qualität Grenzwerte



#### IEC 60480: Relevante Vorschrift für Wartungspersonal

##### **Mittelspannung:** - 23 °C Taupunkt

Impurity	Specification
Air and/or CF <sub>4</sub>	3% volume [note 1]
H <sub>2</sub> O	95 ppmw [notes 2 and 3]
Mineral oil	10 ppmw [note 4]
Total reactive gaseous decomposition products	50 µl/l total or 12 µl/l for (SO <sub>2</sub> +SOF <sub>2</sub> ) or 25 µl/l HF

##### **Hochspannung:** - 36 °C Taupunkt

Impurity	Specification
Air and/or CF <sub>4</sub>	3% volume [note 1]
H <sub>2</sub> O	25 ppmw [notes 2 and 3]
Mineral oil	10 ppmw [note 4]
Total reactive gaseous decomposition products	50 µl/l total or 12 µl/l for (SO <sub>2</sub> +SOF <sub>2</sub> ) or 25 µl/l HF

## **IEC 60376 (2005)**

*Especificação de grau técnico do SF<sub>6</sub> (Gás Hexafluoreto de Enxofre) para uso em equipamento elétrico.*

Esta norma determina regras para :

- Propriedades do SF<sub>6</sub>
- Qualidade do gás e valores limite
- Testes e métodos aplicáveis ao SF<sub>6</sub> fornecido para uso em equipamentos elétricos
- Aspectos ambientais
- Procedimentos gerais quanto a transporte e armazenagem

“Assim que o gás é retirado do cilindro fornecido pelo fabricante, já é considerado usado”

Os limites adotados como controle são:

- H<sub>2</sub>O (Umidade) < 15 ppm peso (0,012 % do volume a -40°C)
- Ar (80% N<sub>2</sub> 20% O<sub>2</sub>) < 500 ppm peso ( 0,25 % do volume )
- Acidez em termos de HF (Fluoreto de Hidrogênio) < 0.3 ppm peso
- Fluoridos hidrolizáveis em termos de HF < 1 ppm peso
- Óleo mineral < 10 ppm peso
- SOF<sub>2</sub>(Fluoreto de Tionila)\*/SO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>(Difluoreto de sulfurila)\*/SF<sub>4</sub>(Tetrafluoreto de enxofre)\*  
\* = (1,0 ppm peso total de fluoretos)

**Table 1 – Maximum acceptable impurity levels**

Content	Specification	Analytical methods (for indication only, not exhaustive)	Precision
Air	2 g/kg [note 1]	Infrared absorption method	35 mg/kg
		Gas-chromatographic method	3 – 10 mg/kg
		Density method	10 mg/kg
CF <sub>4</sub>	2 400 mg/kg [note 2]	Gas-chromatographic method	9 mg/kg
H <sub>2</sub> O	25 mg/kg [note 3]	Gravimetric method	0,5 mg/kg[note 5]
		Electrolytic method	2 – 15 mg/kg
		Dew point method	1 °C
Mineral oil	10 mg/kg	Photometric method	< 2 mg/kg
		Gravimetric method	0,5 mg/kg [note 5]
Total acidity expressed in HF	1 mg/kg [note 4]	Titration	0,2 mg/kg

NOTE 1 2 g/kg is equivalent to 1 % vol under ambient conditions (100 kPa and 20 °C [1]).

NOTE 2 2 400 mg/kg is equivalent to 4 000 µl/l under ambient conditions (100 kPa and 20 °C [1]).

NOTE 3 25 mg/kg (25 mg/kg) is equivalent to 200 µl/l and to a dew point of -36 °C, measured at ambient conditions (100 kPa and 20 °C [1]).

NOTE 4 1 mg/kg is equivalent to 7,3 µl/l under ambient conditions (100 kPa and 20 °C [1]).

NOTE 5 Depending on the sample size.

## **IEC 62271-303 ( 2007 )**

*Equipamentos de Alta Tensão – Uso e Manuseio de SF<sub>6</sub>  
Substitui a norma IEC 61634 e o Guia CIGRÉ 276*

Entre outros assuntos esta norma versa sobre:

- Manuseio do SF<sub>6</sub> durante a instalação, comissionamento e recomissionamento
- Manuseio do SF<sub>6</sub> durante os serviços cotidianos
- Bombeamento e reciclagem do SF<sub>6</sub> durante a manutenção
- Desmantelamento de equipamento isolado a SF<sub>6</sub> no fim da vida
- Reciclagem do SF<sub>6</sub> contido em equipamentos blindados em fim de vida
- Descrição do equipamento de manuseio de SF<sub>6</sub>
- Aparelhos portáteis de análise do gás

Segundo esta norma as especificações mínimas necessárias que um carro de serviço deve atender, quanto a critérios de funcionalidade e performance, são :

- Evacuação do ar contido em um compartimento de gás
- Enchimento de gás no compartimento
- Recuperação do gás contido no compartimento
- Armazenamento e filtragem do gás
- Enchimento do compartimento com ar, para manutenção do equipamento

O tipo e o tamanho do carro de serviço de SF<sub>6</sub> devem ser escolhidos de acordo com a quantidade de gás a ser manuseada.

## **CIGRÉ ( Conseil International des Grands Réseaux Electriques ) ( Conselho Internacional das Grandes Redes Elétricas )**

O CIGRÉ é o comitê internacional dos fornecedores de energia elétrica, e lida com os aspectos técnicos, bem como dos aspectos ambientais da produção de energia.

Este Conselho produziu um Guia Prático (Número 276) que traz recomendações técnicas detalhadas quanto ao manuseio do SF<sub>6</sub> :

- Do Comissionamento
- Enchimento (Filling)
- Qualidade do Gás, Análise do Gás, Reciclagem, e Ciclo de vida



## **Tratado Alemão de Auto-Comprometimento Voluntário**



## (Germany SF6 Voluntary Comittment)



Entre os pontos acordados pela comissão que elaborou este Comprometimento estão :

- As emissões de SF6 devem ser evitadas sempre que possível.
- Todo o pessoal que manuseia o SF6 deve ser regularmente treinado e informado.
- Todos os procedimentos de manutenção devem ser executados somente por pessoas qualificadas.
- Monitoramento: Operadores e fabricantes devem informar sobre o SF6 usado para a UBA (= Agência Ambiental Federal).
- Fabricantes de equipamento elétrico se comprometem a receber de volta equipamento que contenha SF6, reciclando o gás ou encaminhando o mesmo para uma empresa certificada em descarte ou recuperação de SF6.
- Somente equipamento moderno de manutenção deve ser usado no manuseio do SF6.

Os objetivos do controle da taxa de emissão de SF6 nos variados estágios do ciclo de vida dos equipamentos elétricos pretendem limitar o total de emissões (já levando em conta o aumento da produção e da utilização do SF6) até o ano de 2020 em 17 toneladas por ano.

Para os fabricantes de equipamentos elétricos estipulou-se que a taxa de emissão de SF6 em relação a quantidade do gás usada durante o desenvolvimento, testes e fabricação dos equipamentos elétricos deverá ser inferior a 1.5 %. E a taxa de emissão de SF6 em relação a quantidade do gás usada durante a instalação e o comissionamento dos equipamentos elétricos deverá ser inferior a 0.1 %.

Para os usuários vale a taxa máxima de 0.6 % até o ano de 2020 na relação entre as emissões de SF6 (incluindo os procedimentos de manutenção e reparos) e o total de gás empregado no sistema, para equipamentos de alta tensão. A taxa tolerável de vazamentos no sistema elétrico com relação ao total de gás empregado, é de no máximo 0.1 % para sistemas de média tensão, e de no máximo 0.5 % para sistemas de alta tensão.



**Diretiva da Comunidade Européia**  
**Para equipamentos elétricos isolados a gases fluorados 842/2006**  
**EG directive on Fluor gases 842/2006**

Os pontos defendidos por esta diretiva entraram em vigor a partir de 14 de junho de 2006 nos 25 países da Comunidade Européia, mais os países da Noruega, Suíça e Islândia, e incluem além do SF<sub>6</sub>, os gases do tipo HFC e PFC. Aplica-se esta regulamentação para os equipamentos de alta tensão acima de 1kV.

A diretiva e suas determinações tem validade em todo território da Comunidade Européia independente da Legislação ou Norma local de cada País Membro.

Orientada pela norma IEC 62271-303, esta diretiva objetivou regulamentar as conclusões técnicas expostas nesta norma. Assim todo SF<sub>6</sub> deve ser reutilizado e reciclado durante o seu manuseio, que deve ser executado apenas por pessoas treinadas, qualificadas e autorizadas para tal atividade. Todas as empresas que produzirem, importarem ou exportarem mais que 1 tonelada por ano de SF<sub>6</sub> devem apresentar um relatório para a Comissão da Comunidade Européia. Em equipamentos de alta tensão (> 1 kV), a utilização de SF<sub>6</sub> deve ser indicada em etiqueta padronizada.

A diretiva determinou como tarefas de implementação :

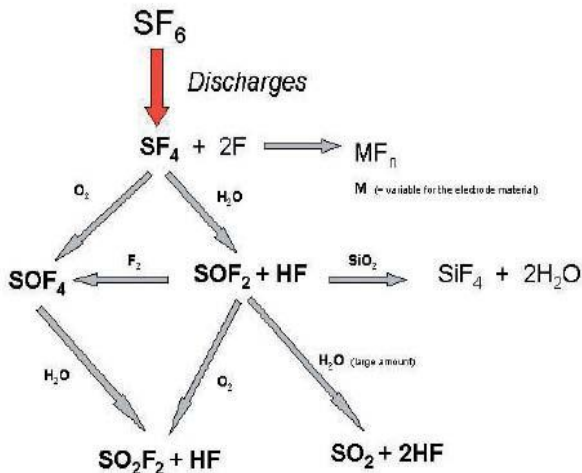
- Determinação das regras de etiquetagem, especificando quais informações devem ser fornecidas na etiqueta de qualquer equipamento, tanque ou cilindro que contenha SF<sub>6</sub>.
- Requisitos mínimos para o treinamento e certificação das companhias elétricas e seus funcionários, expondo os requisitos mínimos que deve apresentar um postulante ao Certificado que o qualifica a manusear com segurança o gás SF<sub>6</sub>. Bem como os conhecimentos mínimos que deve ter o Corpo Avaliador deste.
- Definição dos relatórios, com todos os dados necessários a seu preenchimento, a serem apresentados sobre fabricação, importação ou exportação de SF<sub>6</sub>.
- Regras e penalidades, que sejam efetivas, proporcionais e dissuasivas.

## 6- Reações de Contaminação do Gás SF<sub>6</sub>

O aumento de utilização de SF<sub>6</sub> em instalações e equipamentos de distribuição isolados a gás, levou a estudos analíticos sobre sua estabilidade e decomposição. Apesar de sua excelente estabilidade química o SF<sub>6</sub> se decompõe, em processos de descarga, como por exemplo arcos voltaicos, faíscas ou atividades de descarga parcial de peças. Entre as substâncias acha-se tipicamente SOF<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>, SOF<sub>4</sub>, S<sub>2</sub>F<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, HF, SiF<sub>4</sub> e outras.

A decomposição de SF<sub>6</sub> depende da pressão de gás, eletrodos ou materiais de superfície dos componentes internos pré-existent. Apesar da comprovada alta confiabilidade destes

componentes da rede de distribuição de energia, podem ocorrer casos de danos em virtude do envelhecimento do SF<sub>6</sub>.



Por meio da espectrometria de

Como já foi descrito acima, o gás SF<sub>6</sub> é extremamente estável, e pode se regenerar após uma descarga elétrica, mesmo que esta venha a dissociá-lo. Ocorre que uma vez cessado o arco voltaico, as moléculas se recombinam reformando o SF<sub>6</sub>. Mas se na mistura de gás contida dentro do compartimento de gás de um equipamento elétrico forem encontradas moléculas de água (H<sub>2</sub>O) ou de ar (N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>), através da elevação da temperatura durante uma falha, e mesmo com a ocorrência de descargas parciais mais comuns em equipamentos elétricos, pode haver uma combinação de moléculas que leva a formação de elementos, a que se dá o nome produtos de decomposição.

Inicialmente as descargas parciais dissociam o SF<sub>6</sub> em fragmentos de SF<sub>4</sub> e F que reagem com ar (O<sub>2</sub>) e umidade (H<sub>2</sub>O).

Como produtos dessas reações secundárias encontramos fluoretos metálicos, sulfatos metálicos e óxidos metálicos; fluoretos de enxofre como SF<sub>4</sub>; e oxi-fluoretos como SOF<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>, SOF<sub>4</sub>.

Os principais Subprodutos Gasosos são:

- HF (Fluoreto de Hidrogênio)
- SO<sub>2</sub> (Dioxido de enxofre)
- SOF<sub>2</sub> (Fluoreto de tionila)
- SO<sub>2</sub>F<sub>2</sub> (Difluoreto de sulfurila)
- SF<sub>4</sub> (Tetrafluoreto de enxofre)

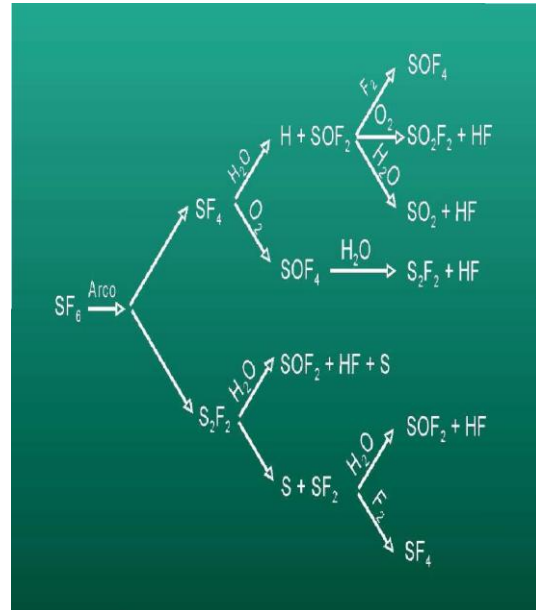
As reações podem ser descritas como :



Outras Reações :



Observe a Figura 2 ao lado que melhor ilustra a cadeia de reações :



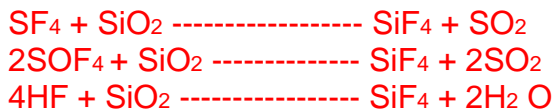
Dentro dos equipamentos elétricos encontramos em alguns componentes elementos como Alumínio, Cobre, Silício e Tungstênio, que também podem se combinar com o SF<sub>6</sub> e seus subprodutos entrando na cadeia reativa.

Alguns dos principais subprodutos sólidos são :

- AlF<sub>3</sub> (Fluoreto de alumínio)
- WO<sub>3</sub> (Óxido de tungstênio)
- CuF<sub>2</sub> (Fluoreto de cobre)

Em algumas partes do equipamento elétrico (por exemplo espaçadores) pode haver a degradação de compostos de sílica, porcelana e epóxi.

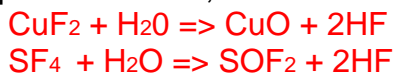
Espaçadores com sílica :

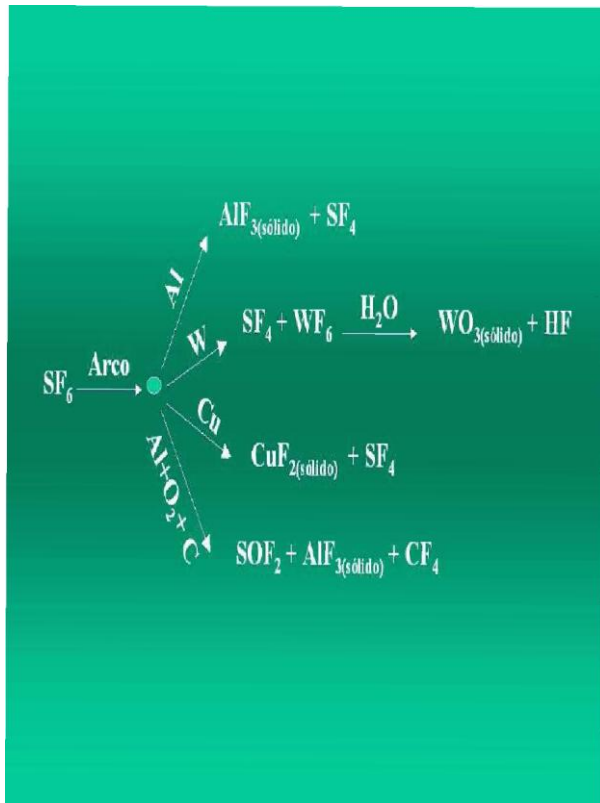


Espaçadores com alumina :



Como os produtos sólidos resultante da decomposição por arcos de alta energia são bons dielétricos, a deposição do “pó” sobre os isoladores não afeta a eficiência operacional. Mas, para que isso ocorra, a umidade da câmara deve ser muito baixa ou haverá eletrólise.





Observe na Figura 3 ao lado a cadeia reativa que envolve outros elementos que ar e água:

A presença de umidade e produtos de decomposição pode ser facilmente eliminada por adsorção através de óxido de alumínio (alumina ativada  $Al_2O_3$ ) ou peneira molecular.

A contaminação por umidade em equipamentos em operação ocorre principalmente na reposição de gás de compartimentos com vazamentos.

Os produtos de decomposição gasosos apresentam marcante odor de ovo podre e os produtos de decomposição sólidos podem causar irritação na pele, olhos e mucosa.

Como precauções normais para manuseio de produtos químicos pode se destacar :

- Remoção do gás usado com equipamento adequado;
  - Vácuo e purga com ar sintético;
  - Remoção dos produtos sólidos (pós) com aspirador e limpeza com pano e solvente.
- EPI's: luvas, óculos, máscara para pó...

Com os equipamentos DILO é possível obter uma análise confiável do estado do gás. Além disso pode se obter um tratamento profundo do gás já usado em equipamentos elétricos, de forma a poder reutilizá-lo de maneira segura.

## Análise do Gás

Para Análise do gás os equipamentos DILO usam como parâmetros o Ponto de Orvalho ( para umidade contida no gás), Medição Volumétrica (para quantidade de ar contida no gás), e Produtos em decomposição (para outras substâncias resultantes da reação do SF<sub>6</sub> com ar e umidade na presença de descargas elétricas).

Ensaio de rotina:

- Umidade: é importante sua determinação, pois as moléculas de água que aderem as superfícies sólidas no interior do sistema se difundirão no interior do gás podendo causar a formação de subprodutos indesejáveis como HF, SO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>.

- Pureza: mede-se a porcentagem de pureza do SF<sub>6</sub>, ou seja, quanto de ar e quanto de SF<sub>6</sub> existe em uma amostra. O método de medida é a velocidade de propagação do som.

- Produtos em decomposição: mede-se a quantidade de produtos derivados da decomposição do gás em outras substâncias. O método utilizado é o Espectrômetro de Mobilidade Iônica (IMS).

## Tratamento do Gás

Para o tratamento do gás, manuseia-se o gás em equipamentos especiais para este fim, fazendo o mesmo circular através de bombas e compressores, passando o SF<sub>6</sub> por filtros de umidade e filtros de partículas.

Todos os equipamentos DILO para tratamento do gás SF<sub>6</sub> estão equipados com:

Compressores absolutamente isentos de óleo, com pressão final de 24bar (para armazenamento do gás em estado gasoso) ou de 50bar (para armazenamento do gás em estado líquido).

Compressores de vácuo ou bombas de sucção: ambos também isentos de óleo. A combinação de compressores e compressores de vácuo permitem uma retirada do gás contido em um compartimento de equipamento elétrico até no mínimo uma pressão de 50mbar. Com uma bomba de sucção é possível alcançar uma pressão final de 1mbar.

Bombas de vácuo: Após a manutenção de um equipamento elétrico, e antes de reenchê-lo com gás SF<sub>6</sub>, para evacuar completamente o ar de seus compartimentos, bombas de vácuo lubrificadas a óleo são utilizadas, para atingir uma pressão final de 1mbar ou menos.

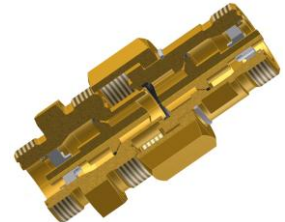
Filtros de umidade e filtros de partículas: a combinação desses dois tipos de filtro permitem a eliminação da umidade (com alumina ativada Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), dos produtos em decomposição ( com uma peneira molecular ), e de partículas sólidas de até 1.0 µm contidos no gás SF<sub>6</sub>. O intervalo de troca dos filtros depende do grau de sua utilização e não pode ser pré-determinado. Recomenda-se fazer uma análise do gás antes e depois da filtragem para determinar a condição dos filtros.

## O Caminho DILO para a Emissão Zero de SF<sub>6</sub>

O SF<sub>6</sub> tem sido utilizado como meio isolante em equipamentos de média e alta tensão por mais de 30 anos, e devido ao seu alto teor de contribuição para o efeito estufa (GWP - global warming potential), as emissões deste gás devem ser evitadas a todo custo.

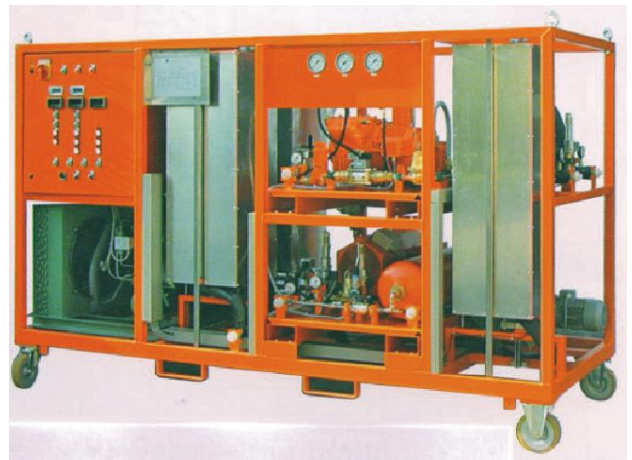
Para tanto a **DILO Armaturen und Anlagen GmbH** desenvolveu uma extensa linha de produtos de acordo com os padrões das normas mais rigorosas que existem, notadamente as IEC 60480 e IEC 60376.

Desde 2002, todos os produtos DILO são equipados com conexões auto-blocantes, que evitam qualquer emissão do gás para a atmosfera.



Os Carros de Serviço DILO para filtragem do gás são equipados com compressores e bombas livres de óleo, fabricados com tecnologia de ponta para executar procedimentos isentos de qualquer tipo de contaminação do gás. Estes compressores e bombas tem a excelência de recuperar o gás até a 1 mbar, de forma que praticamente todo o gás possa ser processado. Esses carros de serviço são oferecidos em modelos diversos, cuja aplicação depende do volume de gás a ser tratado. A sua aplicação se dá no sentido de filtrar os produtos em decomposição e a umidade contida no gás SF<sub>6</sub>.

Para retirar o ar contido no gás SF<sub>6</sub> não existem filtros, para isto a DILO desenvolveu uma planta especial que se baseia na diferença de ponto de condensação entre o SF<sub>6</sub> e o N<sub>2</sub>. Além de extrair o ar, este equipamento ainda faz a filtragem da umidade e das partículas contidas no gás.

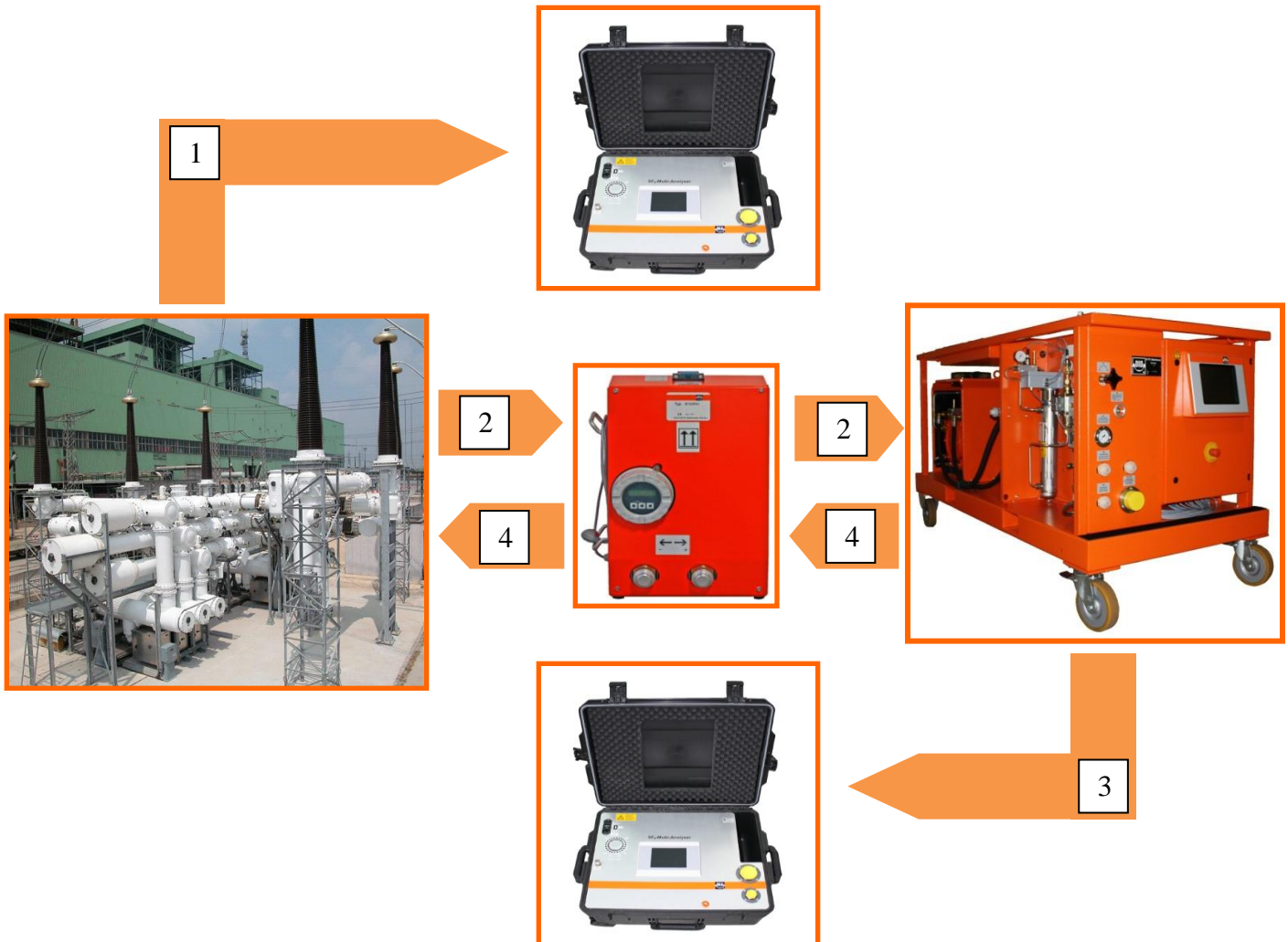


A linha completa DILO permite que o gás usado pelas companhias elétricas seja inteiramente reciclado e plenamente reutilizado.



## Conclusão

Todas as diretivas sobre redução de emissões de gás SF<sub>6</sub> tem uma influência positiva sobre os requisitos dos Equipamentos de Manuseio de SF<sub>6</sub> DILO. Uma significativa redução das emissões de SF<sub>6</sub> somente só é possível com o uso deste equipamento.



1- Medição da qualidade do gás de um compartimento

- Produtos de decomposição
- Porcentagem de volume (Ar / SF<sub>6</sub>)
- Ponto de orvalho

2- Recuperação e regeneração do gás SF<sub>6</sub>, passando por um medidor de fluxo de massa

3- Medição da qualidade do gás SF<sub>6</sub> para verificar sua condição de reuso

4- Re-enchimento do compartimento com gás SF<sub>6</sub> filtrado e adequado para reuso (este processo também deve ser controlado por um medidor de fluxo de massa).