



جمهوری اسلامی ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مشاره استاندارد ایران

6374-3



گاز هگزا فلورید گوگرد (SF₆) مورد مصرف در
تجهیزات الکتریکی

قسمت سوم: مقررات و ایمنی

چاپ اول

آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب قانون، تنها مرجع رسمی کشور است که عهده دار
وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) میباشد.

تدوین استاندارد در رشته های مختلف توسط کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط با موضوع صورت میگیرد. سعی بر این است که استانداردهای ملی، در جهت مطلوبیت ها و مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فنی و فن آوری حاصل از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع شامل: تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، بازرگانان، مراکز علمی و تخصصی و نهادها و سازمانهای دولتی باشد. پیش نویس استانداردهای ملی جهت نظرخواهی برای مراجع ذینفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال میشود و پس از دریافت نظرات و پیشنهادها در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که توسط مؤسسات و سازمانهای علاقمند و ذیصلاح و با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می شود نیز پس از طرح و بررسی در کمیته ملی مربوط و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی چاپ و منتشر می گردد. بدین ترتیب استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مفاد مندرج در استاندارد ملی شماره ((۵)) تدوین و در کمیته ملی مربوط که توسط مؤسسه تشکیل میگردد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد میباشد که در تدوین استانداردهای ملی ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندیهای خاص کشور، از آخرین پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی استفاده می نماید.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون به منظور حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردها را با تصویب شورای عالی استاندارد اجباری نماید. مؤسسه می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آنرا اجباری نماید.

همچنین بمنظور اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمانها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و گواهی کنندگان سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاهها و کالیبره کنندگان وسایل سنجش، مؤسسه استاندارد اینگونه سازمانها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران مورد ارزیابی قرار داده و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آنها اعطا نموده و بر عملکرد آنها نظارت می نماید. ترویج سیستم بین المللی یکاها، کالیبراسیون وسایل سنجش تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی از دیگر وظایف این مؤسسه می باشد.

کمیسیون استاندارد " گاز هگزا فلورید گوگرد (SF₆)، مورد مصرف در تجهیزات الکتریکی - مقررات و

ایمنی"

رئیس	سمت یا نمایندگی
علی ، دربانی (لیسانس برق)	مهندسین مشاور نیرو
اعضاء	
عابدی قنبرآباد، محمدرضا (فوق لیسانس شیمی تجزیه)	دانشگاه آزاد واحد قوچان
قلی زاده، محمود(فوق لیسانس مهندسی قدرت)	دانشگاه فردوسی مشهد
خجسته، علی رضا (فوق لیسانس قدرت)نمازی، ا براهیم(فوق لیسانس مدیریت صنایع) معاونت پژوهشی نیرو	شرکت تعمیر و نگهداری تأسیسات انتقال نیرو خراسان
بهشتی، محمد حسن(لیسانس برق)	معاونت پژوهشی توانیر
محمودی، مهرداد (فوق لیسانس برق)	شرکت متن
احمدی، محمد جواد	(فوق لیسانس قدرت)
کریمی، محمد علی (فوق لیسانس قدرت)	شرکت برق منطقه ای فارس
جعفری پور، عبدالرحمن(لیسانس قدرت)	شرکت برق منطقه ای اصفهان
گرانمایه، مهدی (فوق لیسانس قدرت)	شرکت پارس سوئیچ
اسلامی، حسین (لیسانس قدرت)	شرکت برق منطقه ای یزد
زیبائی، فرزاد(لیسانس الکترونیک)	شرکت برق منطقه ای خراسان
دبیر	
محسنی، محسن(فوق لیسانس شیمی تجزیه)	شرکت تعمیر و نگهداری تأسیسات انتقال نیرو

خراسان	
اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی خراسان	بیگ بابایی، عادل (فوق لیسانس شیمی کاربردی)

فهرست مندرجات	صفحه ..
پیش گفتار	الف
مقدمه	ب
۱- هدف	۱
۲- دامنه کاربرد	۱
۳- مراجع الزامی	۱
۴- اصطلاحات و تعاریف	۲
۵- نمادها و یکاها	۳
۶ ایمنی کار کردن با گاز SF ₆	۳
۷- مقررات کار کردن با گاز SF ₆	۶

پیوست الف - محصولات حاصل از تجزیه SF₆

پیوست ب - اثرات گاز SF₆ روی محیط زیست

پیوست پ - روشهای آشکارسازی غلظت گاز SF₆ در هوا

پیش گفتار

استاندارد "گاز هگزا فلورید گوگرد (SF₆) مورد مصرف در تجهیزات الکتریکی مقررات و ایمنی" که توسط کمیسیونهای مربوط تهیه و تدوین شده و در ۲۲۳ جلسه کمیته ملی استاندارد برق و الکترونیک مورخ

۸۱/۸/۱۴ مورد تایید قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ بعنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر گونه پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابر این برای مراجعه به استانداردهای ایران باید همواره از آخرین تجدیدنظر آنها استفاده کرد. در تهیه و تدوین این استاندارد سعی شده است که ضمن توجه به شرایط موجود و نیازهای جامعه در حد امکان بین این استاندارد و استاندارد ملی کشورهای صنعتی و پیشرفته هماهنگی ایجاد شود.

منابع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد به کار رفته به شرح زیر است :

1- IEC 1634: 1995- High voltage switchgear & control gear – use & handling of sulphur hexafluoride (SF₆) in high voltage switchgear & control gear

مقدمه

گاز SF₆ برای بیش از ۳۰ سال در تجهیزات الکتریکی مورد استفاده قرار گرفته است. کاربرد آن عموماً در دستگاه‌هایی با ولتاژ اسمی بالاتر از یک کیلو ولت تا حداکثر بالاترین ولتاژ اسمی که تجهیزات الکتریکی ساخته شده‌اند، می‌باشد. در حال حاضر تخمین زده می‌شود که چندین میلیون انواع مختلف دستگاه‌های پرشده با SF₆ در سرویس قرار دارند. تجربه طولانی در مورد SF₆ نشان داده، در صورت رعایت احتیاط‌های لازم مشکل جدی در رابطه با استفاده از آن، وجود ندارد. SF₆ در یک سیستم بسته یا مهر و موم شده تحت فشار استفاده می‌شود بنابر این مقادیر کمی از SF₆ که ممکن است از طریق نشت به درون اتمسفر وارد شود، لایه ازون را تخریب نمی‌کند و تأثیر ناچیزی روی اثر گلخانه‌ای دارد.

محصولات جانبی SF_6 که در تجهیزات الکتریکی توسط اثرات حرارتی مثل گرما دادن، قوس الکتریکی، جرقه، تخلیه بار الکتریکی، ... تولید می‌شوند (رجوع شود به پیوست الف)، ممکن است خواص سمی داشته باشند. اما، سمیت اصلی به غلظت گاز در محلی که تجهیزات الکتریکی در آن قرار گرفته و زمان در معرض قرار گرفتن بستگی دارد. با در نظر گرفتن این عوامل نشان داده شده است که حضور SF_6 تحت شرایط عادی (عملکرد) یا غیرعادی (عیوب داخلی، آتش‌سوزی، ...) نسبت به مواد دیگری که در هر کدام از انواع تجهیزات الکتریکی استفاده می‌شوند (فلزات، پلاستیک‌ها، ...)، خطر بزرگتری را ایجاد نمی‌کند.

سمیت کلی و خطرات سلامتی برای اشخاص، به مقدار تیونیل فلورید (SOF_2) تولید شده ناشی از گاز SF_6 که تحت قوس الکتریکی قرار گرفته نسبت داده می‌شود. SOF_2 به مرور زمان در حضور رطوبت تجزیه می‌شود تا اینکه دی اکسید گوگرد (SO_2) و فلورید هیدروژن (HF) تولید شود. اثرات سمی این مخلوط شبیه خواص SOF_2 می‌باشد.

پ

در رابطه با کار کردن با SF_6 پنج موقعیت مختلف وجود دارد:

الف) در حین پر کردن دستگاه با SF_6 تازه

ب) نشستن گاز SF_6 تحت شرایط سرویس دهی عادی

پ) نگهداری یا توسعه تجهیزات الکتریکی حاوی گاز SF_6 استفاده شده که ممکن است شامل محصولات تجزیه شدن باشد.

ت) وضعیت غیرعادی: مثلاً عیوب داخلی یا آتش‌سوزی خارجی که باعث باز شدن محفظه می‌شوند.

ث) در هنگام بازیافت یا از بین بردن گاز SF_6 در انتهای طول عمر دستگاه

گاز هگزا فلورید گوگرد (SF_6) مورد مصرف در تجهیزات الکتریکی^۱

قسمت سوم - مقررات و ایمنی

۱ هدف

هدف از تدوین این استاندارد تعیین مقررات و ایمنی مربوط به گاز هگزا فلورید گوگرد (SF_6) مورد مصرف در تجهیزات الکتریکی فشار قوی در موقعیتهای پر کردن دستگاه، نشت گاز از دستگاه، نگهداری یا توسعه، بروز وضعیتهای غیر عادی و در هنگام به پایان رسیدن طول عمر دستگاه می باشد.

۲ دامنه کاربرد

دامنه کاربرد این استاندارد، شامل تمام تجهیزات الکتریکی که در آن گاز SF_6 به عنوان عایق الکتریکی استفاده می شود می باشد.

۳ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد محسوب می شود در مورد مراجع دارای تاریخ چاپ و/یا تجدیدنظر، اصلاحیه ها و تجدیدنظرهای بعدی این مدارک مورد نظر نیست، معهذاً بهتر است کاربران ذینفع این استاندارد امکان کاربرد آخرین اصلاحیه ها و تجدیدنظرهای مدارک الزامی

¹Switchgear and Controlgear

زیر را مورد بررسی قرار دهند. در مورد مراجع بدون تاریخ چاپ و/یا تجدیدنظر، آخرین چاپ و/یا تجدیدنظر آن مدارک الزامی ارجاع داده شده مورد نظر است.
استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

1- IEC 480 : 1974 – Guide to the checking of sulphur hexafluoride (SF_6) taken from electrical equipment

2- IEC 695-7-1 : 1993 – Fire hazard testing – part 7: guide on the minimization of toxic

hazard due to involving electrotechnical products section 1 : general

3- Mauthe, G & Pettersson, K. et al., *Handling of SF₆ and its decomposition products in gas insulated switchgear, Electra No. 136, 1991, pp 69-89.*

۱۴ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و/ یا واژه‌ها با تعاریف زیر بکار می‌رود.

۱-۱۴ ولتاژ متوسط / ولتاژ بالا

ولتاژ متوسط: ولتاژهای اسمی از یک تا حداکثر ۵۲ کیلو ولت

ولتاژ بالا: ولتاژهای اسمی بالاتر از ۵۲ کیلو ولت

این تمایز، به این دلیل انجام می‌شود که اغلب از لحاظ طراحی، ساخت و اندازه، بین این دو گروه تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد.

۲-۱۴ سیستم‌هایی که توسط گاز عایق‌بندی شده‌اند (GIS)^۱

دستگاه‌هایی که عموماً به عنوان محیط عایق‌بندی اصلی از گاز SF₆ استفاده می‌کنند. اجزاء داخل یک مجموعه عایق‌بندی شده توسط گاز، که حاوی مدول‌های عملکردی متفاوت هستند (کلیدهای قدرت، سوئیچ‌ها و باس بارها) می‌توانند به طور فیزیکی از یکدیگر جدا شوند، به طوری که هر

قسمت را می‌توان به عنوان یک محفظه گازی مجزا در نظر گرفت.

۳-۱۴ SF₆ تازه

SF₆ تازه گازی است که شرایط خلوص ذکر شده در استاندارد " گاز هگزا فلورید مورد مصرف در تجهیزات الکتریکی - ویژگی‌ها " ^۲ را برآورده می‌سازد.

¹ Gas Insulated System
³ part per million volume

۴-۴ SF₆ استفاده شده

گاز SF₆ که توسط ناخالصی‌ها آلوده شده باشد، یا گازی که بعد از انرژی‌دار کردن تجهیزات الکتریکی تحت شرایط عملکردی قرار گرفته است به عنوان SF₆ استفاده شده در نظر گرفته می‌شود.

۵-۴ نشت

نشت به صورت انتشار گاز از یک سیستم مهر و موم شده یا بسته در نظر گرفته می‌شود این عمل از محل مهر و موم و اتصالات از طریق نفوذ ملکولی رخ می‌دهد. نشت، آزاد شدن گاز به خاطر عیوب یا موارد دیگر را در بر نمی‌گیرد.

۵ نمادها و یکاها

ppmv³: قسمت در میلیون حجمی

ppbv⁴: قسمت در بیلیون حجمی

۶ پیشنهادات کلی در هنگام کار کردن با گاز SF₆

به دلایل زیر، راهنمایی برای کار کردن ایمن با SF₆ مورد نیاز است:

الف) گاز SF₆ در حدود ۵ برابر سنگین‌تر از هوا است و اگر به مقدار کافی به اتمسفر رها شود، تمایل دارد تا در مناطق پائین‌تر تجمع کند. این موضوع، به دلیل کمبود اکسیژن، خطر خفگی را در بردارد. مثلاً اگر پرسنل در زیر زمین و در مجاری یا گودال‌ها کار می‌کنند، خطر خفگی وجود دارد.

ب) SF₆ در دماهای بالا (حدوداً بالاتر از ۵۰۰ درجه سلسیوس و در غیاب مواد کاتالیزوری تجزیه می‌شود. برای مثال، اگر گاز توسط یک شعله حرارت داده شود و یا اگر در معرض قوس الکتریکی، جرقه یا تخلیه بارهای الکتریکی قرار گیرد ممکن است تجزیه شود. بعضی از محصولات تجزیه شدن ممکن است اثرات

سمّی داشته باشند، اما تحت شرایط سرویس‌دهی عادی در تجهیزات الکتریکی، این مواد درون یک محیط محصور و کنترل شده واقع هستند.

پ) وقتی که گاز SF₆ به داخل اتمسفر رها شود، طول عمری نسبتاً طولانی دارد. بنابراین، مطلوب است که مقدار این گاز به حداقل رسانیده شود (رجوع شود به پیوست ب).

۱-۶ پیشنهادات کلی ایمنی

در تمام موقعیتهای کار کردن با گاز SF₆ باید به پیشنهادات ارائه شده در این بخش توجه نمود. پیشنهادات ویژه در ارتباط با هر کدام از موقعیت‌ها در بخش مقررات مربوطه توضیح داده شده است. هنگامی که پرسنل به هر دلیلی در مجاورت گاز SF₆ استفاده شده و یا محصولات حاصل از تجزیه شدن آن قرار گیرند، باید موارد زیر را در نظر بگیرند:

- اگر پرسنل در معرض غلظت خیلی زیادی از SF₆ تجزیه شده در هوا قرار گیرند، آثار خاصی نمایان می‌شوند. این گازها بوئی زننده یا نامطلوب داشته و روی مجاری تنفسی و چشم اثر خارش‌آوری دارند. این علائم در عرض چند ثانیه، و درست قبل از اینکه هر واکنش سمّی قابل ملاحظه‌ای بتواند انجام شود، رخ می‌دهند. تحت این شرایط، پرسنل باید فوراً به طرف

هوای تازه حرکت کنند و منتظر بمانند تا اینکه گازها با هوا رقیق شوند.

هنگام کار کردن با محصولات جامد حاصل از تجزیه شدن، مواد جاذب سطحی یا کیسه‌های جاروبرقی حاوی این مواد، کارگران باید آگاه باشند محصولات گازی حاصل از تجزیه که جذب سطحی شده‌اند ممکن است آزاد شوند، بنابراین باید احتیاطهای لازم را انجام دهند.

- به منظور اجتناب از تماس با پودرهای ریز فلوریدهای فلزی، لباسهای محافظ مناسب بپوشند و در محافظت از چشم‌ها و مجاری تنفسی توجه خاصی به عمل آورند.

- چیزی نخورند، نیاشامند و سیگار نکشند.

- لباسهای محافظ را خارج کنند و فوراً بعد از ترک کردن محل کار خودشان را بصورت کامل بشویند.
- لباسها، ابزار و اجزائی که با محصولات تجزیه شدن SF_6 در تماس بوده‌اند، بطور مناسبی در جعبه مهر و موم‌دار نگهداری شده تا بعد برای از بین بردن هر نوع باقیمانده زیان آور بر روی آنها تحت عمل خنثی سازی قرار گیرند (رجوع شود به بند ۷-۵-۴).

۲-۶ تجهیزات برای محافظت پرسنل

- ۱-۲-۶ لباس کارهای بدون جیب، کلاه‌دار، نفوذ ناپذیر (پلی پروپیلن پیونددار) که مچ‌بند داشته باشند و روی کفشها و دستکش‌ها را بگیرند.
- ۲-۲-۶ کفش‌های محافظ
- ۳-۲-۶ دستکش‌های لاستیکی صنعتی (ترجیحاً از جنس نیتریل یا نیوپرن).
- ۴-۲-۶ عینکهای صنعتی از نوع شیمیائی^۱.
- ۵-۲-۶ آشکار ساز SF_6 که قادر باشد ۲۰ تا ۱۰۰۰ ppmv از گاز SF_6 را در هوا اندازه گیری کند. ماکزیمم غلظت پیشنهادی SF_6 برای وضعیت‌های مختلف در بند ۷ آورده شده است.
- ۶-۲-۶ جعبه کمکهای اولیه.
- ۷-۲-۶ دستگاه مناسب برای حفاظت مجاری تنفسی بسته به موقعیتهای زیر:
- ۱-۷-۲-۶ ماسک تنفسی تمام صورت با مخزن هوا^۱ برای کار در یک محفظه بسته که حاوی SF_6 تجزیه شده می‌باشد و یا داخل یک محفظه حاوی گاز SF_6 .
- ۲-۷-۲-۶ برای بررسی کوتاه مدت سیستم و کارکردن در محلی که تهویه هوا می‌تواند در آن صورت گیرد اما غلظت SF_6 استفاده شده از سطح ماکزیمم افزایش یافته باشد، یک ماسک صورت با فیلتر قابل جاسازی پیشنهاد می‌شود^۷.

^۱ به استاندارد BS 2092 مراجعه شود.

۳-۷-۲-۶ دستگاهی برای تهویه فضاهای بسته و مناطق غیرقابل دسترسی، برای مثال مجاری

کابل‌ها، مخازن SF₆، ... بسته به اندازه دستگاه نصب شده چنین وسیله‌ای می‌تواند قابل حمل بوده و یا به صورت دائم نصب شده باشد. ظرفیت دستگاه تهویه باید به گونه‌ای باشد تا شرایط کاری رضایت بخش فراهم شود.

۴-۷-۲-۶ یک جاروبرقی مخصوص، دارای یک نازل (سرلوله) غیرفلزی و مجهز به یک فیلتر

که بتواند ذرات در بازه میکرون را به دام اندازد^۶.

۳-۶ تجهیزات و کمک‌های اولی

^۶ به استاندارد EN136مراجعه شود.

^۷ به استانداردهای EN195 - EN141 - EN143مراجعه شود.

^۸ به استاندارد BS5415مراجعه شود.

۱-۳-۶ کمک‌های اولیه

بکار بردن احتیاط‌های ایمنی شرح داده شده در بند ۶ - ۱ احتمال حوادث را حداقل می‌کند. اگر یک حادثه اتفاق بیفتد، کمک‌های اولیه باید به صورت زیر بکار برده شوند:

۱-۱-۳-۶ فارش پوست

اگر علامت خارش پوست رخ داد، شخص باید از منطقه خارج شده، لباسهای آلوده را از تن خارج کند و قسمتهای تحت تأثیر قرار گرفته با آب روان سرد شسته شوند. اگر پس از انجام اعمال فوق خارش ادامه پیدا کرد باید به پزشک مراجعه کرد.

۲-۱-۳-۶ فارش چشم‌ها

اگر علامت خارش چشم رخ داد، شخص باید از منطقه خارج شده، شستشوی چشم‌ها با محلول نرمال سالین (آب نمک طبی) تحت نظارت پزشک انجام پذیرد.

۳-۱-۳-۶ مشکلات تنفسی

شخصی که دچار مشکل تنفسی شده باید به سرعت در معرض هوای تازه قرار گیرد. سپس لباسهای آلوده را از تن خارج کرده با یک پتو پوشانیده شده و بی حرکت باقی بماند. فوریت‌های پزشکی باید بدون تأخیر مطلع شوند. اگر تنفس قطع شده، باید تنفس مصنوعی داده شود.

۷ مقررات کار کردن با گاز SF₆

۱-۷ مقررات و ایمنی در هنگام پر کردن تجهیزات با گاز تازه (موقعیت الف)

این بخش راهنمایی‌هایی را برای کار کردن با SF₆ تازه ارائه می‌دهد؛ یعنی وقتی که محفظه گازی در کارخانه پر شده و یا بعد از اینکه دستگاه در محل نصب شده پر شده باشد.

۷

۱-۱۷ فرید

گاز SF₆ خریداری شده باید مشخصات مندرج در استاندارد ملی ایران با عنوان " گاز هگزا فلورید گوگرد مورد مصرف در تجهیزات الکتریکی - ویژگی‌ها" را برآورده سازد و محموله فرستاده شده باید گواهی اطمینان از کیفیت^۹ را همراه داشته باشد. لازم است بر روی کیسول‌های حاوی گاز SF₆ نام گاز به صورت مشخصی ثبت شده باشد.

۲-۱-۷ انبار کردن و کار کردن با سیلندرها

سیلندرها باید به دقت حمل و نقل شوند و در یک محل خنک با تهویه مناسب دور از مواد اشتعال‌زا یا منفجره نگهداری شوند. آنها باید از نور مستقیم خورشید حفاظت شده، از زمین مرطوب فاصله داشته باشند و در محلی که از افتادن آنها ممانعت می‌شود و در حالی که شیرهای خروجی آنها به سمت بالاست، نگهداری شوند. سیلندرها باید با دقت برچسب زده شوند تا محتویات آنها مشخص شود؛ سیلندرها را حاوی گاز تازه باید به طور فیزیکی از سیلندرها حاوی گاز مصرف شده جدا شوند. شبیه گازهای تحت فشار دیگر، اگر خیلی زیاد حرارت داده شوند، خطر انفجار سیلندرها وجود دارد. انبار کردن در فضای آزاد با حفاظت مناسب از آب، هوا و تابش شدید خورشید پیشنهاد می‌شود.

۳-۱-۷ تجهیزات برای کار کردن با SF₆ تازه

گاز SF₆ تازه باید از یک سیلندر دارای فشار بالا به درون محفظه گازی تجهیزات الکتریکی منتقل شود. لوله‌ها باید به طور مناسب در برابر صدمات مکانیکی محافظت شده باشند. شیرها و رگولاتورها باید در صورت نیاز تعمیر و یا تعویض شده و سنج‌ها (گیج‌ها)ی فشار باید به طور منظم کالیبره شوند.

۴-۱-۷ کار کردن با گاز SF₆ تازه

شبه هر کدام از گازهای تحت فشار، خروج ناگهانی گاز SF₆ باعث کاهش موضعی دما می‌شود و ممکن است به منجمد شدن بیانجامد. استفاده از دستکش‌های مناسب هنگام کار کردن با لوله‌ها در فشار بالا، شیرها یا اتصالاتی که خطر رها شدن ناگهانی در مورد آنها وجود دارد توصیه می‌شود.

۱۴-۱-۷ کار کردن در فضای بسته

هنگام کار کردن با SF₆ تازه در فضای بسته، ممکن است مقداری گاز در هوا تجمع کند، بنابراین تهویه کافی باید انجام شود. آتش روشن کردن، سیگار کشیدن، حرارت بیش از ۲۰۰ درجه سلسیوس و جوشکاری نباید بدون احتیاط‌های مخصوص انجام شوند. ماکزیمم غلظت مجاز SF₆ در اتاق کار ۱۰۰۰ppmv است. اگر غلظت از این مقدار بیشتر شود، منطقه باید طوری تهویه شود که غلظت دوباره به کمتر از مقدار فوق برگردد. آشکارسازهای تجارتمی مختلفی برای اندازه‌گیری گاز SF₆ محیط در دسترس می‌باشد.

۲-۱۴-۱-۷ کار کردن در فضای باز

جائی که SF₆ تازه باید در فضای باز کار شود، تهویه طبیعی عموماً از تجمع گاز جلوگیری می‌کند. احتیاط‌های ویژه که در بخش ۱-۴-۱-۷ آورده شده‌اند تنها باید وقتی رعایت شوند که کار کردن در نزدیکی دستگاه صورت می‌گیرد.

۵-۱-۷ پر کردن تجهیزات الکتریکی با گاز SF₆ تازه

عمومی‌ترین روش پر کردن یک محفظه توسط تخلیه کردن هوا با استفاده از پمپ خلاء و پر کردن آن تا یک فشار خاص می‌باشد. این روش تحت عنوان روش تخلیه شناخته می‌شود. راهنمائی‌های سازنده برای پر

کردن باید حداقل میزان خلاء، زمان تحت خلاء قرار گرفتن و فشار پر کردن دستگاه در دمای خاص را بیان کند. نحوه پر کردن دستگاه باید به گونه‌ای صورت پذیرد که آزاد سازی گاز

⁹
Certificate

SF6

به محیط به حداقل برسد. بعد از پر کردن محفظه، بایستی از گازبندی بودن دستگاه مطمئن شده و برای اطمینان از عدم آلودگی گاز پر شده در حین عملیات پر کردن، کیفیت گاز باید مطابق با استاندارد " گاز هگزا فلورید گوگرد مورد مصرف در تجهیزات الکتریکی - روش‌های آزمون "مورد آزمون قرار گیرد.

۲-۷ مقررات و ایمنی (کارکردن در هنگام سرویس دهی عادی دستگاه (موقعیت ب: نشت

(SF₆)

با توجه به بررسی‌های به عمل آمده^۱، پرسنل در هنگام سرویس‌دهی عادی دستگاه در معرض خطر ناچیزی قرار دارند، حتی اگر سرعت نشت خیلی بیشتر از سرعت ماکزیمم مشخص شده توسط سازنده باشد.

۱-۲-۷ انواع محفظه‌های پر شده با گاز

سه نوع محفظه پر شده با گاز عبارتند از:

۱-۱-۲-۷ سیستم با فشار کنترل شده: مجموعه‌ای که به طور خودکار از یک منبع گازی داخلی یا

خارجی دوباره پر می‌شود.

۲-۱-۲-۷ سیستم فشاری بسته: مجموعه‌ای که فقط به طور دوره‌ای توسط اتصال دستی به یک منبع

گاز خارجی دوباره پر می‌شود.

۳-۱-۲-۷ سیستم فشاری مهر و موم شده: مجموعه‌ای که در طول عمر کار کرد آن نیاز به عملیات

خاصی بر روی گاز ندارد. این سیستم‌ها در کارخانه کاملاً مونتاژ، پر و تست می‌شوند. اکثریت تجهیزات الکتریکی ولتاژ بالا از سیستم‌های فشاری بسته استفاده می‌کنند.

۲-۲-۷ میزان نشت

ماکزیمم سرعت نشت مجاز برای سیستم‌های فشاری بسته، یک درصد جرم اولیه گاز SF₆ در هر سال تشخیص داده شده است^۲. نشت گاز SF₆ از تجهیزات الکتریکی باید به دلایل جلوگیری از آسیب دیدگی تجهیز، ایمنی پرسنل و اثرات زیست محیطی مینیمم شود.

۳-۷ مقررات و ایمنی در هنگام کار کردن با SF₆ استفاده شده (موقعیت پ)

این بخش مربوط است به اعمالی شامل خارج کردن گاز، جبران فشار کاهش یافته، نمونه برداری و تعویض SF₆ در طول نگهداری و توسعه.

۱-۳-۷ دستگاه‌های مورد نیاز هنگام کار کردن با SF₆ استفاده شده

۱-۱-۳-۷ دستگاه بازیافت: این دستگاه دارای تسهیلات فرآوری مجدد برای خارج سازی محصولات تجزیه‌ای جامد و گاز می‌باشد. این نوع دستگاه بویژه برای خارج سازی SF₆ خیلی زیاد آلوده شده ترجیح داده می‌شود. چنین دستگاهی بطور معمول حداقل یک پمپ خلاء، کمپرسور، فیلترهای مناسب، ابزار مناسب برای کنترل کردن جریان گاز و یک یا چند ظرف ذخیره‌سازی دارد.

۱-۱-۳-۷ تجهیزات ایمنی

شامل موارد ذکر شده در بند ۶-۲ این استاندارد می‌باشد.

۲-۳-۷ کار کردن با SF₆ استفاده شده

۱-۲-۳-۷ کار کردن در فضای آزاد

۱-۱-۲-۳-۷ پیشنهادات ایمنی کلی در بند ۶-۲ رعایت شوند.

۲-۱-۲-۳-۷ کارگرانی که با SF₆ استفاده شده کار می‌کنند باید با خواص محصولات تجزیه SF₆ آشنا

باشند و در این زمینه آموزش دیده باشند.

^۱ رجوع شود به سومین مرجع الزامی این استاندارد.

^۲ به استانداردهای IEC ۵۶، IEC ۲۹۸ و IEC ۵۱۷ مراجعه شود.

۳-۱-۲-۳-۷ قبل از شروع به کار، تسهیلات شستشو برای کارگران در دسترس قرار گیرد.

۴-۱-۲-۳-۷ هنگامی که باد می‌وزد، به منظور جلوگیری از پراکندگی محصولات جامد حاصل از تجزیه

SF_6 محیط اطراف دستگاه را مسدود کرده و توسط جاروبرقی، این مواد جمع آوری شوند.

۵-۱-۲-۳-۷ باران یا رطوبت محیطی بالا، هیدرولیز محصولات حاصل از تجزیه شدن را تسریع

می‌بخشد و به تولید اسید هیدروفلوریک (HF) منجر می‌شود. به این دلیل، گاز باقیمانده و محصولات جامد

حاصل از تجزیه گاز باید بعد از باز شدن محفظه، به سرعت خارج شوند. برای اجتناب از ورود باران،

پوشش موقت مورد نیاز می‌باشد.

۲-۲-۳-۷ کار کردن در فضای بسته

علاوه بر رعایت موارد مندرج در بخش ۱-۲-۳-۷، فضای محل کار باید به تهویه کافی مجهز شده باشد، تا

اینکه شرایط به طور ایمن رعایت شوند. در این محیط باید تابلوئی نصب شود که بیان کند آتش آزاد، سیگار

کشیدن، حرارت دادن بالاتر از $20^{\circ}C$ و جوشکاری بدون احتیاط‌های خاص ممنوع است. در هنگام کار

کردن در داخل محفظه‌ها بایستی قبل از ورود به داخل محفظه غلظت گاز SF_6 را به حداقل رسانید.

۳-۳-۷ ماکزیمم غلظت SF_6 استفاده شده در محل کار

وقتی که SF_6 استفاده شده باید از دستگاه نصب شده در فضای بسته خارج شود، نیاز است مطمئن شد تا

غلظت محصولات تجزیه‌ای سمی در محل کار در سطوح ایمنی باقی بمانند. این موضوع به طور ایده‌آل

توسط اندازه‌گیری مستقیم غلظت مهمترین جزء سمی، یعنی تیونیل فلورید

(SOF_2) و محصولات فرعی هیدرولیز آن یعنی دی اکسید گوگرد (SO_2) و فلورید هیدروژن (HF) حاصل

می‌شود. یک روش عملی دیگر، اندازه‌گیری غلظت SF_6 در هوا می‌باشد. در این حالت ماکزیمم غلظت SF_6 ،

۲۰۰ ppmv و در مورد SOF_2 ، ۱/۶ ppmv می‌باشد.

۴-۳-۷ استفاده مجدد از گاز SF_6

برای استفاده از SF_6 بدون فرآوری مجدد، مقدار رطوبت، اکسیژن و اسیدپته گاز را مطابق با استانداردهای

”روش‌های آزمون و ویژگی‌های گاز SF₆ مورد مصرف در تجهیزات الکتریکی“^۱ تست و کنترل کرده، در صورت مجاز بودن حدود غلظتی از آن استفاده گردد. در صورت غیرمجاز بودن موارد فوق گاز را با دستگاه بازیافت تصفیه نموده و یا برای فرآوری مجدد به تولید کننده برگردانید.

۷-۴ مقررات و ایمنی در هنگام آزاد شدن غیرعادی گاز SF₆ (موقعیت ت)

به دلایل نشت غیر عادی، عیب داخلی و آتش سوزی خارجی ممکن است آزادسازی غیرعادی SF₆ اتفاق بیافتد.

۷-۴-۱ نشت غیرعادی

این حالت ممکن است بخاطر از کار افتادن مکانیکی ناشی از شوک غیرعادی یا استهلاک مهر و موم تجهیز باشد و از طریق راه‌های زیر تشخیص داده می‌شود:

- با نصب آژیر SF₆ بر روی تجهیزات، آزاد شدن گاز SF₆ باعث شود که این آژیر عمل کند؛

- پائین افتادن فشار SF₆ که توسط گیج دستگاه مشخص می‌شود؛

- بوی زننده محصولات حاصل از تجزیه شدن گاز SF₆.

اندازه‌گیری مستقیم گاز SF₆ و یا تیونیل فلورید توسط آشکارسازهای تجارتي صورت می‌گیرد. در این مورد، مقدار مجاز برای گاز SF₆ موجود در محیط ۲۰۰ppmv و برای SOF₂، ۱/۶ppmv می‌باشد. اگر غلظت SF₆ از ۲۰۰ppmv بیشتر شود، تهویه باید انجام شود (ترجیحاً توسط استفاده از حرکت هوای فشرده) تا گاز تجمع یافته پراکنده شود. در این شرایط باید از یک ماسک هوا استفاده شود.

۷-۴-۲ عیب داخلی

افزایش فشار داخلی تولید شده توسط قوس الکتریکی ممکن است باعث عملکرد رله تخلیه گاز شود یا اینکه باعث باز شدن یکی از اجزاء محفظه شود، و یا اینکه اصابت قوس الکتریکی به دیواره محفظه باعث ایجاد سوراخ شده، که در تمامی موارد گاز SF₆ از محفظه خارج شود. عیب داخلی می‌تواند به عنوان

^۱ این دو استاندارد در دست تدوین است.

نتیجه‌ای از موارد زیر رخ دهد:

- نقص در سیستم عایق؛

- نقص مکانیکی که به توزیع میدان الکتریکی داخل دستگاه بیانجامد؛

- عملکرد ناقص یک قسمت از ابزار سویچ کردن به دلیل مونتاژ ناقص، عملکرد ناقص یا استفاده ناصحیح از محدود کننده‌ها¹.

یک عیب داخلی باعث افزایش فشار داخل محفظه می‌شود و اثرات این افزایش فشار به نوع حادثه بستگی دارد. افزایش فشار توسط انتقال انرژی الکتریکی از قوس الکتریکی به درون گاز اتفاق می‌افتد. افزایش فشار به مقدار جریان، ولتاژ و طول مدت قوس الکتریکی و همچنین حجم محفظه‌ای که قوس الکتریکی در آن اتفاق افتاده بستگی دارد. به دنبال یک عیب داخلی که به آزاد شدن فشار یا سوختن داخلی محفظه منجر می‌شود، گاز SF₆ و بیشتر محصولات جامد تجزیه آن (پودرها) از محفظه SF₆ خارج می‌شوند.

هر شخصی که در زمان وقوع یک عیب داخلی حضور دارد، صرفنظر از اینکه آیا مشخص است SF₆ آزاد شده یا حدس زده می‌شود که SF₆ آزاد شده است، باید فوراً محل را ترک کند.

غلظت محصولات حاصل از تجزیه شدن (موجود در SF₆ خارج شده در طی یک عیب داخلی) می‌تواند طبق حوادث مختلف، بطور گسترده‌ای متفاوت باشد. اما حتی در شدیدترین مورد در معرض قرار گرفتن فوری در برابر محصولات تجزیه SF₆ خطر قابل ملاحظه‌ای را برای سلامتی ایجاد نمی‌کند. اما منابع دیگری از بخارات سمی (مواد آلی و بخارات فلزی) وجود دارند که می‌توانند خطر بزرگتری را نسبت به محصولات فرعی SF₆ تولید کنند.

در مورد دستگاه‌های نصب شده در فضای آزاد، گاز آلوده شده به سرعت پراکنده خواهد شد و غلظت SF₆ در هوا قابل صرفنظر خواهد بود. محصولات جامد حاصل از تجزیه ممکن است داخل دستگاه و اطراف آن باقی بمانند و بایستی پرسنل هنگام تمیز کردن مناطق تحت تأثیر قرار گرفته، لباس‌های محافظ پوشیده باشند.

¹Interlock

تمیز کردن باید با استفاده از یک جاروبرقی ویژه، یا توسط اسپری کردن مقادیر زیادی آب تمیز یا ترجیحاً با یک محلول قلیائی ضعیف انجام شود. کفش‌های محافظ مخصوص باید بطور مداوم به پا باشد، مگر اینکه ثابت شده باشد که زمین اسیدی نیست.

به دنبال یک عیب داخلی که به آزاد شدن فشار یا سوختن داخلی محفظه در یک دستگاه نصب شده در فضای بسته منجر می‌شود، نیاز است که قبل از وارد شدن به منطقه، آن را کاملاً تهویه کرد و یا تا هنگام تهویه مناسب از ماسک استفاده کرد. قبل از انجام هر کاری باید اجازه داده شود که گرد و غبار ته‌نشین شوند و سپس آنها را توسط یک جاروبرقی خارج کرد. مهم است که در هنگام تمیز کردن مناطق تحت تأثیر قرار گرفته، پرسنل لباس‌های محافظ پوشیده باشند. در این مورد، مقدار مجاز برای گاز SF_6 موجود در محیط 20ppmv و برای SOF_2 ، $1/6\text{ppmv}$ می‌باشد. قبل از اینکه پرسنل بدون ماسک وارد محیط شوند، مقادیر حدی بالا باید مورد توجه قرار گیرند. به مناطقی پائین‌تر از محل آزاد شدن گاز باید توجه شود؛ این مناطق باید تخلیه شده و کاملاً تهویه شوند.

۳-۴-۷ آتش‌سوزی خارجی

گرمای اعمال شده به یک محفظه باعث ایجاد فشار اضافی در محفظه می‌شود. در این حالت ممکن است مهر و موم‌ها صدمه ببینند یا اینکه ابزار آزادسازی عمل کند. این حالت غیر محتمل است، چرا که به یک آتش‌سوزی وسیع نیاز دارد. گاز SF_6 در تجهیزات الکتریکی، تنها در محفظه‌های بسته یا مهر و موم شده استفاده می‌شود؛ اگر یک آتش‌سوزی به محفظه SF_6 برسد، گاز داخل آن نسبتاً آهسته گرم می‌شود. سرعت این گرم شدن به دمای خارجی بستگی دارد. گاز حرارت داده شده، فشاری را درون ظرف ایجاد می‌کند. قبل از رسیدن به فشاری که به ترکیدن محفظه منجر می‌شود، ابزار آزادسازی فشار که بطور عادی به محفظه SF_6 جفت و جور شده است، عمل خواهد کرد. مواردی که از محفظه‌های رزینی قالب‌ریزی شده یا بوشینگ‌ها استفاده می‌شود (دستگاه با ولتاژ متوسط)، قبل از اینکه فشار داخلی به اندازه کافی بالا رود تا باعث عملکرد ابزار آزادسازی شود، مواد محفظه نرم می‌شود. در هر دو مورد، SF_6 می‌تواند به داخل منطقه اطراف محفظه

آزاد شود. چون SF_6 گازی غیرقابل اشتعال است، نمی‌تواند در آتش به عنوان سوخت عمل کند و در واقع می‌تواند یک اثر خاموش‌کنندگی داشته باشد. به علاوه، دمای SF_6 مورد نیاز برای افزایش فشار داخلی به سطحی که در آن سطح، ابزار آزادسازی فشار عمل خواهد کرد، کمتر از $500^{\circ}C$ خواهد بود. گاز SF_6 ، زیر این دما پایدار است، و قبل از آزاد شدن آن، بطور قابل ملاحظه‌ای تحت تجزیه قرار نمی‌گیرد. بعد از آزاد شدن، SF_6 به سرعت توسط همرفت (کنوکسیون) پراکنده می‌شود و بنابر این آنقدر در معرض حرارت مستقیم قرار نمی‌گیرد تا بطور قابل ملاحظه‌ای تجزیه شود. در مورد پست‌های موجود در فضای آزاد، فاصله بین دستگاه نصب شده و نزدیک‌ترین محل مورد استفاده عموم باید طوری باشد تا اینکه مطمئن شد SF_6 استفاده شده که به چنین مناطقی می‌رسد، در سطوح غلظتی خیلی پائینی باشد.

در دستگاه‌های نصب شده در فضای بسته، برای مینیمم کردن خطر آتش‌سوزی جنبه‌های طراحی خاصی رعایت می‌شود؛ شناسایی اتوماتیک آتش‌سوزی و سیستم‌های اطفاء حریق معمولاً وجود دارند. بنابراین، خطر آزادسازی SF_6 خیلی کم است. در حین آتش‌سوزی اگر نیاز است که افراد آتش‌نشان، به دستگاه نزدیک شوند، عموماً رعایت احتیاط‌هایی که برای محافظت از بخارات حاصل از پلاستیک‌های در حال سوختن پذیرفته شده‌اند، کافی است. سمیت SF_6 تجزیه شده احتمالاً خیلی کمتر از بخارات مواد مورد استفاده در سیم‌کشی‌ها، عایق و رنگ‌ها می‌باشد. منوکسیدکربن مهم‌ترین عامل خطرناک است. عوامل دیگری که مهم‌تر هستند سیانید هیدروژن، دی‌اکسید کربن، حرارت و مواد خارش‌زا هستند.

۷-۵ مقررات و ایمنی در انتهای طول عمر دستگاه‌های پر شده با SF_6 (موقعیت ث)

استفاده مجدد مواد قابل بازیافت هم از نقطه نظر اقتصادی و هم از نقطه نظر محیطی مطلوب می‌باشد. تجهیزات الکتریکی ولتاژ بالا و ولتاژ متوسط که حاوی مقدار ماده قابل ملاحظه‌ای هستند (برای مثال مس و فلزات دیگر)، موارد جالبی برای استفاده مجدد هستند. گاز SF_6 نیز می‌تواند تحت استفاده مجدد قرار گیرد. قبل از بازیافت و یا از بین بردن مواد، باید SF_6 را از اجزاء دستگاه خارج کرد. محفظه‌های گازی ممکن

است شامل محصولات تجزیه‌ای جامد باشند که باید خنثی شوند.

۷-۵-۱ مقدار مواد به کار رفته در تجهیزات الکتریکی

یک دستگاه نوعی، از مقادیر نسبی مواد زیر ساخته شده است:

فلزات، آهن و غیر آهن ۷۵٪ تا ۹۰٪

مواد دی الکتریک ۱۰٪ تا ۲۵٪

گاز SF₆ فقط کسر خیلی کوچکی از وزن کل را تشکیل می‌دهد و حضور آن مشکل کمی را برای آماده‌سازی دستگاه جهت بازیافت یا از بین بردن، اضافه می‌کند. بیشتر وزن مواد دی الکتریک توسط عایق جامد (رزین ریخته‌گری شده، پلاستیک‌ها و سرامیک‌ها) تولید می‌شود. قسمت اصلی مواد قابل احیا شدن را فلزات تشکیل می‌دهند.

۷-۵-۲ مقدار محصولات حاصل از تجزیه شدن گاز SF₆

مقدار محصولات حاصل از تجزیه شدن SF₆ درون یک دستگاه، به انرژی قوس الکتریکی تولید شده داخل آن بستگی دارد. مقدار این انرژی به عملکرد و سابقه سرویس‌دهی دستگاه تحت بررسی بستگی دارد. سویچ قطع بار نسبت به بریکرها احتمالاً مقادیر کمتری از محصولات تجزیه شدن را در بر دارد. در اکثر موارد، درجه تجزیه شدن (حتی در بریکرها) پائین است. مشخص شده که بریکرهای حاوی SF₆ بعد از ۱۰ سال کار کردن در یک سیستم توزیع با ولتاژ متوسط، شامل موارد زیر می‌باشد:

هوا: چند ppmv ،

CF₄ : ۴۰ ppmv تا ۶۰۰ ppmv ،

SOF₂ : ناچیز ،

SO₂F₂ : ناچیز

دلایل ارائه شده برای این یافته‌ها عبارتند از:

- بطور متوسط، در سرویس‌های معمولی قطع شدن جریان‌های بالا خیلی کم انجام می‌شود.
 - در محفظه‌های گازی بریکرها، جاذب‌های سطحی وجود دارد.
- درجه تجزیه شدن مورد انتظار برای انواع مختلف دستگاه‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- درجه تجزیه شدن مورد انتظار برای SF₆

کاربرد	درجه تجزیه شدن مورد انتظار برای SF ₆
باس‌بارهای (GIS) (عایق‌بندی شده توسط گاز) جعبه تقسیم سویچ اتصال به زمین GIS قطع‌کننده GIS سویچ قطع بارگذاری با ولتاژ متوسط و واحد حلقوی اصلی	پائین: از صفر تا چند دهم درصد، هیچ رسوب پودری شکل مشاهده نمی‌شود.
بریکرهای با ولتاژ متوسط و ولتاژ بالا	متوسط: تا چند درصد رسوبات پودری سبک
هر محفظه‌ای که در آن قوس الکتریکی غیر عادی اتفاق افتاده باشد	زیاد: می‌تواند از ۰.۵٪ بیشتر باشد. رسوبات پودری متوسط تا سنگین

۷-۵-۳ اعمالی که در انتهای طول عمر دستگاه پر شده با SF₆ باید انجام شوند

۷-۵-۳-۱ خارج کردن SF₆ و اعمال روی آن

گاز SF₆ باید از سیستم توسط دستگاه بازیافت مندرج در بند ۷-۳-۱-۱ تخلیه گردد. گازی که درون دستگاه بازیافت فرآوری مجدد نشده باشد را می‌توان به تهیه کننده برگردانید تا فرآوری شود. گاز بازیافت شده قبل از اینکه دوباره مصرف شود باید برای ناخالصی‌ها و با استفاده از روش‌های ارائه شده تست شود^۱. نیاز است که سرعت جریان گاز خروجی جهت اجتناب از ورود مقدار اضافی پودر به داخل دستگاه بازیافت کنترل

^۱ استاندارد روشهای آزمون گاز SF₆ در دست تدوین است.

شود.

۲-۳-۵-۷ اعمال مورد نیاز روی محافظه گاز

اعمال مورد نیاز روی محافظه‌های گازی باید بر حسب درجه تجزیه شدن مورد انتظار (جدول یک) صورت گیرند. در طی این اعمال باید دقت شود تا از تماس پودرها و سیالات تمیزکننده با پوست یا چشم اجتناب شود. به این دلیل، برای خارج کردن پودرها نباید از گاز فشرده شده استفاده شود. لباس و تجهیزات مناسب باید استفاده شوند (رجوع شود به بند ۶).

۱-۲-۳-۵-۷ درجه تجزیه شدن پائین

هیچ عمل خاصی مورد نیاز نمی‌باشد.

۲-۲-۳-۵-۷ درجه تجزیه شدن متوسط

محافظه باید با یک محلول خنثی کننده پر شود و برای مدت زمان T_1 در داخل آن باقی بماند (بند ۴-۵-۷) را ببینید). سپس محافظه باید با آب تمیز کاملاً شسته شود. راه دیگر اینکه تمام سطوح داخلی کاملاً با محلول خنثی کننده و سپس با آب تمیز شسته شوند.

۳-۲-۳-۵-۷ تجزیه شدن زیاد

محافظه‌ها باید توسط محلول خنثی کننده پر شوند و برای مدت زمان T_2 در محافظه باقی بماند (بند ۴-۵-۷) را ببینید). سپس محلول خنثی‌سازی باید خارج شود و محافظه توسط آب کاملاً شسته شود. راه دیگر اینکه برای محافظه‌های بزرگتر رسوبات پودری سفت نشده باید توسط استفاده از یک جاروبرقی ویژه خارج شوند. مواد جاذب سطحی و کیسه‌های جاروبرقی باید خارج شوند و قبل از خنثی کردن یا از بین بردن در مخازن مهر و موم شده ذخیره شوند. راهنمایی برای خنثی‌سازی و از بین بردن رسوبات پودری و جاذب‌های سطحی در بخش ۴-۵-۷ آورده شده است.

۱۴-۵-۷ مملول برای فنئی کردن محصولات جامد ماصل از تجزیه شدن SF_6

برای خنثی‌سازی این مواد سه نوع محلول وجود دارد. اینها همه محلول‌هایی از یک عامل فعال در آب

می‌باشند که توسط غلظت‌های ارائه شده در جدول ۲ بر حسب کیلوگرم عامل فعال در هر ۱۰۰ لیتر آب ساخته می‌شوند. در انتخاب یک محلول خنثی‌سازی، ملاک‌های زیر باید در نظر گرفته شوند:

- محلول انتخاب شده نباید خورنده یا خارش‌زا باشد. اگر نیاز است که آن را توسط دست به کار برد، باید دستکش بدست شود؛

- محلول باید در فرآیند خنثی‌سازی به اندازه کافی قلیائی باشد تا اینکه مطمئن سازد باقیمانده‌های اسیدی بطور مؤثری خنثی شوند؛

- محلول در انتهای فرآیند نباید خیلی قلیائی باشد.

جدول ۲- مملول‌هائی برای فنئی کردن ممصولات تجزیه شدن SF₆

عامل فعال	فرمول	غلظت kg/100L	T ₁ (ساعت)	T ₂ (ساعت)
آهک	Ca(OH) ₂	اشباع	—	۲۴
کربنات سدیم	Na ₂ CO ₃	۱/۱	—	۲۴
		۳	شستشو	—
		۱۰	—	۰/۲۵
		۱۰ - ۱۴	—	۴۸
		۳	—	—
بی‌کربنات سدیم	NaHCO ₃ ^۱	۱	—	—

۱- این محلول برای شستشوی پوست پیشنهاد می‌شود.

۷-۵-۵ اعمال مورد نیاز جهت از بین بردن رسوبات پودری و جاذب‌های سطحی

قبل از انجام اعمال روی رسوبات پودری و جاذب‌های سطحی، آنها را باید بطور مطمئن در ظرفی که بطور وضوح برجسب زده شده‌اند، ذخیره کرد. این مواد نباید در معرض دماهای بالا قرار گیرند یا اینکه توسط خاکسترسازی از بین روند چون که ممکن است بخارات سمی و خورنده آزاد شوند. این مواد باید با غوطه‌ور شدن در یک محلول تهیه شده طبق بند ۷-۵-۴ و برای مدت زمان حداقل برابر T₂ خنثی شوند. اینها

باید به محلی که خوب تهویه می‌شود و برای این منظور در نظر گرفته شده است حمل شوند؛ و احتیاط‌های مناسبی باید انجام شوند تا اینکه از آزاد شدن پودرها به داخل اتمسفر اجتناب شود. کارگرانی که در این فعالیت مشغول هستند باید لباس‌های محافظ داشته باشند.

۷-۵-۶ اعمال لازم بر روی قسمت‌های خارج شده از محفظهٔ ماوی SF₆

قسمت‌های خارج شده از محفظه‌های پر شده با گاز SF₆ با درجه تجزیه متوسط، قبل از کار کردن بایستی در محلولی که طبق ۷-۵-۴ آماده شده است و به مدت T₁ غوطه‌ور شوند. در حالتی که درجه تجزیه زیاد باشد، غوطه‌ور سازی به مدت T₂ پیشنهاد می‌شود. این قسمت‌ها باید بطور کامل توسط محلول خنثی‌سازی و سپس با آب تمیز شستشو داده شوند.

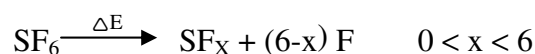
۷-۵-۷ اعمالی که باید روی ابزار و لباس‌ها انجام شوند

ابزار و لباس‌ها، از جمله کفش‌ها، باید ترجیحاً برای فرآیندهای شرح داده شده در این بخش استفاده شوند و نباید برای مقاصد دیگر بکار برده شوند. بعد از هر بار استفاده، لباس‌ها باید در محلول تهیه شده طبق ۷-۵-۴ برای مدت T₁ غوطه‌ور شوند و سپس قبل از اینکه شسته یا از بین برده شوند، با آب تمیز کاملاً شستشو داده شوند. بعد از هر بار استفاده، ابزار باید با محلول خنثی‌سازی و سپس با آب تمیز شسته شوند.

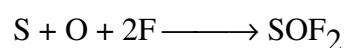
پیوست الف

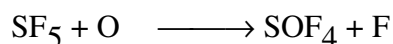
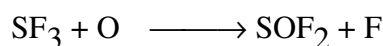
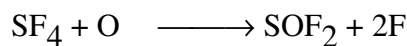
ممصولات حاصل از تجزیهٔ گاز SF₆

هنگامی که قوس الکتریکی در SF₆ بدلیل عملکرد عادی یک کلید یا به هر علت دیگر رخ می‌دهد، تجزیه شدن SF₆ در مقادیر متفاوتی شروع شده و بسته به نوع تهییج و ورود انرژی، تعدادی رادیکال، یون یا مولکول خنثی طبق معادلات زیر تولید می‌شوند:

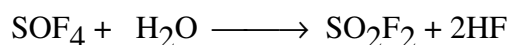
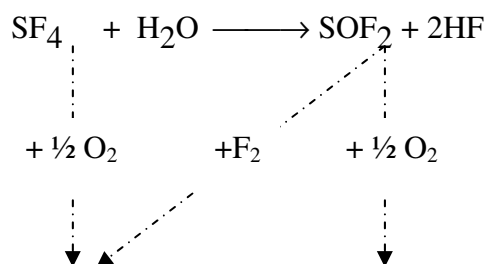
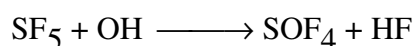
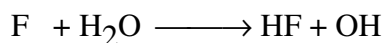


و در حضور اکسیژن:

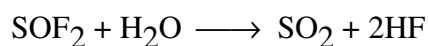




در حضور بخار آب ترکیبات حاصل از تجزیه وارد واکنش با آن می‌شوند:



اگر حضور آب ادامه داشته باشد:



وقتی که اعمال انرژی (ΔE) متوقف می‌شود، بیشتر اتمها مجدداً ترکیب شده و مولکول SF_6 تشکیل می‌گردد. اتم‌های باقیمانده با مواد دیگر داخل سیستم ترکیب می‌شوند تا اینکه تنوعی از محصولات پایدار نهایی تولید شود. چنین موادی شامل اکسیژن، آب و همچنین مواد استفاده شده در ساختار دستگاه هستند. قوس‌های الکتریکی با جریان زیاد عموماً در طی سویچ کردن بریکرها و وقوع عیب رخ می‌دهند. از دمای 500°C واکنش اول شروع شده و در 3000°C گاز به اجزاء سازنده‌اش تبدیل می‌شود. مقدار زیاد حرارت جذب شده در طی این فرآیند از منطقه قوس الکتریکی و توسط همرفت و نفوذ بدست می‌آید. زیر 1000°C ، اتم‌ها مجدداً ترکیب شده یا با مواد دیگری مثل بخارات فلز الکترودی، دیواره محفظه، پلاستیک‌ها یا ناخالصی‌ها واکنش می‌دهند و منجر به تولید محصولات جامد و گازی از جمله فلورید فلزات، و

فلوریدهای گوگرد می‌شوند که مهمترین آنها SF_4 و CF_4 ، WF_6 ، AlF_3 ، CuF_2 هستند. رسوب‌های غباری شکل که در طی عملکرد عادی روی سطوح عایق‌کننده‌ها ظاهر می‌شوند، هیچ اثر زیان‌آوری روی عملکرد دی‌الکتریک آن ندارند. بعضی از محصولات تجزیه از لحاظ شیمیایی پایدار هستند، بقیه مثل S_2F_{10} و SO_2F_2 بویژه در حضور آب خیلی ناپایدار هستند.

چنانچه گاز SF_6 از لحاظ شیمیایی خالص باشد، گازی کاملاً واکنش‌ناپذیر است. اما، محصولات حاصل از تجزیه شدن SF_6 (اولیه و ثانویه)، در تماس با رطوبت، الکترولیت‌های خورنده‌ای را تشکیل می‌دهند که می‌توانند باعث وارد آمدن صدماتی به مواد استفاده شده داخل دستگاه‌ها شوند. موادی مثل شیشه، چینی، کاغذ عایق و امثال اینها نسبت به صدمات حساستر هستند و فلزاتی مثل آلومینیوم، استیل، مس و برنج به شدت مورد حمله قرار می‌گیرند اما مواد عایق‌بندی دیگر مثل رزین‌های اپوکسی، پلی‌استر، پلی‌اتیلن، PTFE، PVC و غیره، بطور جدی تحت تاثیر قرار نمی‌گیرند. رطوبت و محصولات تجزیه SF_6 درون دستگاه در حال سرویس‌دهی می‌توانند توسط جذب سطحی به حد قابل قبولی کاهش داده شوند. موادی مثل آلومینا، آهک سوده، غربالهای ملکولی یا مخروطی از اینها برای این منظور مناسب هستند. آنها محصولات گازی اسیدی را خیلی جدی و بطور برگشت‌ناپذیری جذب سطحی می‌کنند. در بیشتر دستگاه‌های الکتریکی از فیلترهای ساکن استفاده می‌شود.

پیوست ب

اثرات گاز SF_6 روی محیط زیست

هر فعالیت انسان اثری روی محیط دارد؛ تأثیر یک فعالیت خاص به وسعت آن و مواد درگیر بستگی دارد. فعالیت‌هایی که در آنها گاز تولید یا مصرف می‌شود ممکن است باعث آلودگی اتمسفر شود. آلودگی اتمسفری ایجاد شده توسط انسان دو اثر مهم دارد:

- از بین بردن لایهٔ ازن استراتوسفر (سوراخ در لایهٔ ازن)

- افزایش میانگین دمای کره زمین (اثر گلخانه‌ای)

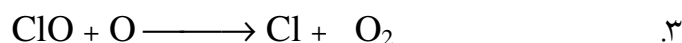
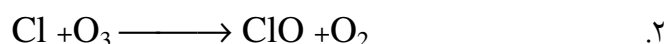
گازهایی که باعث ایجاد این اثرات می‌شوند به دو گروه تقسیم می‌شوند:

- گازهای بدون هالوژن؛ عمدتاً CO_2 ، CH_4 ، N_2O که توسط سوزاندن سوخت‌های فسیلی و توسط کشاورزی تولید می‌شوند.

- ترکیبات هالوژنه: عموماً، عوامل کف‌زا، حلال‌ها، خنک‌کننده‌ها (در یخچال‌ها) و گازهای که برای بیرون راندن آتروسلها استفاده می‌شود، هستند. عمومی‌ترین این مواد کلروفلوروکربن‌ها (CFC ها) می‌باشند.

تفریب لایه ازن:

در سال ۱۹۹۰، کلاً یک میلیون تن CFC تولید شد، در این سال میزان تولید SF_6 برابر ۸۰۰۰ تن بود. در همان سال غلظت CFCها در اتمسفر برابر ۱/۶ ppbv بود. اگر این مقدار با مقدار مربوط به SF_6 یعنی ppbv ۰/۰۰۱۵ مقایسه شود، مشخص می‌شود که غلظت SF_6 در اتمسفر ۱۰۰۰ برابر کمتر از غلظت CFCها است. از بین رفتن لایه ازن در استراتوسفر، توسط جامعه بین‌المللی به عنوان یک عامل مخرب روی محیط و روی سلامت انسان در نظر گرفته شده است. مکانیسم تخریب ازن در مورد CFCها توسط اتم‌های کلر آزاد که هنگام تابش اشعه ماوراء بنفش و شکستن پیوندها در یک ملکول CFC آزاد می‌شوند، کاتالیز می‌شود. واکنشها به قرار زیر هستند:



مسیر واکنش نشان داده شده در بالا مشخص می‌کند که اشعه ماوراء بنفش ملکولهای CFC را می‌شکند تا اینکه Cl آزاد تولید شود (معادله ۱). سپس این کلر می‌تواند ازن را تخریب کرده و ClO و O_2 تولید کند (معادله ۲). محصولات انتهایی این زنجیره واکنشها، Cl و O_2 هستند (معادله ۳). وقتی که یک اتم Cl آزاد بوجود می‌آید، این اتم می‌تواند فوراً با O_3 واکنش دهد، بنابراین یک سیکل تکراری برای هر اتم Cl مجزا

تولید می‌شود که چندین بار از طریق واکنشهای ۲ و ۳ عبور می‌کند و هر بار یک ملکول O_3 را تخریب می‌کند. این همان چرخه کاتالیزوری ذکر شده است، یک اتم Cl قبل از اینکه توسط واکنشهای دیگر خنثی شود می‌تواند ده هزار بار در این سیکل شرکت کند. در مورد SF_6 تنها جزء هالوژن، فلئور است که در مورد این اتم شمای واکنش کاتالیزوری بالا به ۲ دلیل از لحاظ عملی غیر ممکن می‌باشد:

- در ارتفاع بین ۳۲ تا ۴۴ کیلومتر که تخریب لایه ازون صورت می‌گیرد، به خاطر ساختار طیف جذبی SF_6 ، این گاز فتولیز نمی‌شود، بطوری که انتظار می‌رود اتمهای فلور خیلی کمی از SF_6 تولید شوند.
 - به دلیل تمایل شیمیائی زیاد فلور به هیدروژن که به فراوانی در استراتوسفر وجود دارد. هر فلور اتمی که بتواند از SF_6 تولید شود (با استفاده از اتمهای هیدروژن قابل دسترس از ملکولهای آب

که در غلظت‌های 10000 ppmv حاضر هستند) توسط تشکیل HF به سرعت خنثی می‌شود.

اثر گلخانه‌ای:

متوسط دمای کره زمین از موازنه‌ای بین اثرات گرمائی تابش خورشید و اثرات سرمائی تابش مادون قرمز زمین بوجود می‌آید. مقداری از تابش مادون قرمز به علت وجود گازهای گلخانه‌ای به سطح زمین بازتابش می‌شود. سهم گازهای مختلف در اثر گلخانه‌ای به قرار زیر است:

جدول ۳- سهم گازهای مختلف در اثر گلخانه‌ای

حدود درصد مشارکت	غلظت (ppbv)	گاز
۶۰	353×10^3	CO_2
۱۵	$1/7 \times 10^3$	CH_4
۵	۳۱۰	N_2O
۸	۱۰-۵۰	O_3
۴	۰/۲۸	CFC-11
۸	۰/۴۸	CFC-12
10^{-3}	۰/۰۰۲	SF_6

از این جدول مشخص است که سهم SF_6 یک قسمت در ۱۰۰۰۰۰ است و سهم آن نسبت به عوامل دیگر قابل صرف نظر می‌باشد. مقدار محصولات تجزیه شدن SF_6 در محفظه‌های گازی تجهیزات الکتریکی کوچک است و به مقدار زیاد به داخل اتمسفر آزاد نمی‌شود (حتی در مواقع خیلی غیرمحمتمل یک آزادسازی غیرعادی). در انتهای عمر هر جزء از دستگاه، آنها به سادگی به ترکیبات پایدار تبدیل می‌شوند و هیچ اثر مخربی روی محیط ندارند.

پیوست پ

روشهای آشکارسازی غلظت گاز SF_6 در هوا

آشکارسازی توسط بو

آشکارسازی گاز SF_6 تازه توسط بوی آن (به دلیل اینکه کاملاً بی‌بو است)، غیر ممکن است. SF_6 که تحت قوس الکتریکی یا تخلیه بار الکتریکی قرار گرفته احتمالاً حاوی محصولات فرعی است که آنها بوهای خیلی قوی و قابل تمایزی دارند. فراوان‌ترین محصول فرعی منتجه از قوس الکتریکی، SOF_2 است که بویی شبیه بوی تخم مرغ گندیده دارد. بطور معمول بو در غلظتهایی در حدود ۱ppmv تا ۵ppmv در هوا قابل شناسایی است. در این غلظت‌ها، در معرض قرار گرفتن کوتاه مدت هیچ خطری را برای سلامتی ایجاد نمی‌کند.

فلوریدهای قابل هیدرولیز شدن از جمله SOF_2 با رطوبت اتمسفری واکنش می‌کنند تا اینکه HF تولید شود. این ماده یک بوی اسیدی سوزش‌آور دارد که باعث سوزش چشم می‌شود. بوی این ماده در ۱ppmvهای کم نیز مشخص است. در این سطح در معرض قرار گرفتن‌های موقت هیچ اثر مضرّی ندارد. بوها می‌توانند به عنوان یک اخطار اولیه استفاده شوند و حضور محصولات تجزیه شدن SF_6 را نشان دهند اما شدت بو یک مفهوم ذهنی است و نمی‌تواند به عنوان ملاکی برای ایمنی استفاده شود. به این دلیل، اگر یک بوی غیر معمول متوجه شدید، باید از ماسک استفاده کنید تا اینکه تهویه اضافی مهیا شود. در صورت نیاز یک دتکتور SF_6 می‌تواند برای ردیابی منبع استفاده شود.

آشکارسازهای SF₆ قابل حمل

آشکارسازهای قابل حمل برای SF₆ بطور گسترده از دو نوع هستند:

الف) آشکارساز ربایش الکترون¹ که از یک منبع ذرات بتا (β) برای یونیزه کردن یک نمونه پمپ شده استفاده می‌کند. جریان یونها بین الکترودها اندازه گرفته می‌شود. معمولاً از یک گاز حامل خنثی استفاده می‌شود. این نوع آشکارساز خیلی گران بوده و بطور قابل ملاحظه‌ای از نوع ب قابلیت حمل کمتری دارد. حساسیت‌های زیر ۱ ppmv برای SF₆ در هوا می‌تواند توسط این آشکارساز شناسایی شود.

ب) سل تخلیه بار کرونا که از یک ولتاژ بالا (یک تا دو کیلو ولت) استفاده می‌کند که به یک پیکربندی الکترودی نقطه به صفحه اعمال می‌شود. جریان تخلیه بار الکتریکی اندازه گرفته می‌شود. این نوع آشکارساز در تعدادی از واحدهای قابل حمل (با منبع تغذیه باتری) نسبتاً ارزان قیمت استفاده می‌شوند. حساسیت‌های زیر ۱۰ ppmv می‌تواند توسط دستگاه شناسایی شود. آشکارسازهای نوع الف عموماً برای ردیابی نشت و اندازه‌گیری کمی بکار می‌روند. آشکارسازهای نوع ب برای ارزیابی وجود SF₆ در محیط مفید هستند.

سیستم آژیر

در سیستم‌های آژیر از دتکتورهای جذب مادون قرمز به علت پایداری طولانی مدت آنها استفاده می‌شود. حد تشخیص این دتکتورها زیر ۱۰ ppmv می‌باشد. این نوع دتکتورها گران قیمت بوده و در شکل قابل حمل در دسترس نیستند.

سیستم‌های آژیری که همراه آشکارسازهای SF₆ هستند عموماً فقط جایی استفاده می‌شوند که مقادیر زیادی از SF₆ در دستگاه‌های نصب شده در فضای بسته وجود دارند. (مثل سیستم‌های نصب شده GIS ولتاژ بالا).

آشکارسازی SOF₂ و محصولات تجزیه‌ای دیگر SF₆ در هوا

با این فرض که هیدرولیز SOF₂ بطور قابل ملاحظه‌ای رخ ندهد اندازه‌گیری غلظت SOF₂ در هوا می‌تواند اساس مناسبی را برای ارزیابی ایمن بودن کار کردن در یک محیط مفروض فراهم سازد. اگر هیدرولیز اتفاق

افتد، غلظت SO_2 و HF باید مورد توجه قرار گیرد. تجهیزات برای اندازه‌گیری غلظت محصولات حاصل از تجزیه شدن باید حد تشخیص کمتری از حدود مجاز داشته باشند. برای این منظور کروماتوگرافی گازی یا طیف سنجی IR تکنیک‌های مناسبی هستند. دتکتورهای قابل حمل که از خاصیت جذب مادون قرمز گازهای مختلف استفاده می‌کنند می‌توانند برای SO_2 ، SOF_2 و HF قابل کاربرد باشند.

کلید واژه‌ها و یا توصیف گرہا: گاز هگزا فلورید گوگرد (SF_6) مورد مصرف در تجهیزات الکتریکی -

ICS:

مقررات و ایمنی

۳۲ صفحه



ISLAMIC REPUBLIC OF IRAN

Institute of Standards and Industrial Research of Iran

ISIRI NUMBER

6374-3_



Sulphur hexafluoride used in electrical

¹ Electron Capture

equipments –
Part 3: Safety & handling rules

1st. Revision

