

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه کشور

راهنمای استفاده از پیل‌های سوختی با کاربردهای ساکن

بخش اول: مشخصات فنی و اجرایی طراحی، نصب و بهره‌برداری

نشریه شماره ۸۱۰-۱

آخرین ویرایش: ۱۴۰۰-۰۱-۲۴

پژوهشگاه نیرو

گروه برنامه‌ریزی و بهره‌برداری سیستم‌های قدرت

<https://nri.ac.ir>

معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی

امور نظام فنی و اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

nezamfanni.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی

امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه کرده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست. از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

- ۱- در سامانه مدیریت دانش اسناد فنی و اجرایی (سما) ثبت‌نام فرمایید: sama.nezamfanni.ir
 - ۲- پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربردی تکمیل فرمایید.
 - ۳- به بخش نظرخواهی این نشریه مراجعه فرمایید.
 - ۴- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.
 - ۵- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.
 - ۶- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.
- کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه : تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی‌علی‌شاه، مرکز تلفن ۳۳۲۷۱، سازمان برنامه و بودجه،

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

Email: nezamfanni@mporg.ir

web: nezamfanni.ir

پیشگفتار

به استناد نظام فنی و اجرایی کشور موضوع ماده (۳۴) قانون احکام دائمی برنامه های توسعه و ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه، این سازمان وظیفه تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی طرح های توسعه ای کشور را به عهده دارد. به کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه های نگهداری و بهره برداری در قیمت تمام شده طرح ها را مورد تأکید جدی قرار دارد.

این نشریه جلد نخست از «راهنمای پیل های سوختی در کاربردهای ساکن» با عنوان «مشخصات فنی و اجرایی طراحی، نصب و بهره برداری پیل های سوختی با کاربرد ساکن» می باشد.

در فصل اول این نشریه، به الزامات مورد نیاز جهت طراحی، نصب و بهره برداری از پیل های سوختی با کاربرد ساکن پرداخته شده است. در فصل دوم الزامات مورد نیاز جهت طراحی، نصب و بهره برداری از ادوات ایمنی سیستم های پیل سوختی با کاربرد ساکن و در فصل های سوم و چهارم الزامات مربوط به سیستم های گازرسانی و الکترونیکی مورد بررسی قرار گرفته است. در فصل پنجم، الزامات مربوط به سیستم های کنترلی، ارتباط شبکه و هوشمندسازی پیل های سوختی و در فصل ششم الزامات دیگر تجهیزات سیستم های پیل سوختی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. در نهایت منابع و مراجع مورد استفاده معرفی شده است.

با وجود تلاش، دقت و وقت زیادی که برای تهیه این مجموعه صرف شد، این مجموعه مصون از وجود اشکال و ابهام در مطالب آن نیست. لذا در راستای تکمیل و پربار شدن این نشریه از کارشناسان محترم درخواست می شود موارد اصلاحی را به امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران سازمان برنامه و بودجه کشور ارسال کنند. کارشناسان سازمان پیشنهادهای دریافت شده را بررسی کرده و در صورت نیاز به اصلاح در متن نشریه، با همفکری نمایندگان جامعه فنی کشور و کارشناسان مجرب این حوزه، نسبت به تهیه متن اصلاحی، اقدام و از طریق پایگاه اطلاع رسانی نظام فنی و اجرایی کشور برای بهره برداری عموم، اعلام خواهند کرد. به همین منظور و برای تسهیل در پیدا کردن آخرین ضوابط معتبر، در بالای صفحات، تاریخ تدوین مطالب آن صفحه درج شده است که در صورت هرگونه تغییر در مطالب هر یک از صفحات، تاریخ آن نیز اصلاح خواهد شد. از این رو، همواره مطالب صفحات دارای تاریخ جدیدتر معتبر خواهد بود.

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

زمستان ۱۴۰۰

تهیه و کنترل «مشخصات فنی و اجرایی طراحی، نصب و بهره‌برداری پیل‌های سوختی با کاربرد ساکن»
[نشریه شماره ۱-۸۱۰]

مجری: پژوهشگاه نیرو

مدیر پروژه: مرتضی ترابی	پژوهشگاه نیرو	کارشناسی ارشد مهندسی مواد
-------------------------	---------------	---------------------------

اعضای گروه تهیه‌کننده:

امید شاه‌حسینی	پژوهشگاه نیرو	کارشناسی ارشد مهندسی برق- قدرت
امیر حاج‌علی رضائی	پژوهشگاه نیرو	کارشناسی ارشد مهندسی شیمی
سید محمد منتظری	پژوهشگاه نیرو	کارشناسی ارشد مهندسی مواد
محمد گل محمد	پژوهشگاه نیرو	دکترای مهندسی مواد و متالورژی
مهدی رحیمی تاکامی	پژوهشگاه نیرو	دکترای مهندسی مکانیک
نسیم اکبری کفشگری	پژوهشگاه نیرو	کارشناسی ارشد مهندسی برق- قدرت

اعضای گروه تأییدکننده: (به ترتیب حروف الفبا)

پرویز رمضانپور	پژوهشگاه نیرو	دکترای مهندسی برق- قدرت
نیکی مسلمی	پژوهشگاه نیرو	کارشناسی ارشد مهندسی برق- قدرت
زهره مدیحی بیدگلی	پژوهشگاه نیرو	کارشناسی ارشد مهندسی برق- قدرت

هدایت و راهبری (سازمان برنامه و بودجه)

علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
فرزانه آقارمضانعلی	رئیس گروه امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
محمد رضا طلاکوب	کارشناس امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
سید وحیدالدین رضوانی	کارشناس امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
علیرضا فخررحیمی	کارشناس امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

فهرست مطالب

<u>عنوان</u>	<u>صفحه</u>
مقدمه.....	۱
فصل ۱.....	۲
۱-۱- هدف و دامنه کاربرد.....	۳
۱-۲- مراجع الزامی.....	۳
۱-۳- تعاریف و اصطلاحات.....	۴
۱-۳-۱- قابل دسترسی (ناحیه دسترسی کاربر).....	۴
۱-۳-۲- تایید شده.....	۴
۱-۳-۳- مرجع رسیدگی و داوری (AHJ).....	۴
۱-۳-۴- گازهای خروجی.....	۴
۱-۳-۵- سیستم خروجی گازها.....	۵
۱-۳-۶- پیشگیری از آتش سوزی.....	۵
۱-۳-۷- حفاظت آتش.....	۵
۱-۳-۸- ارزیابی احتمال وقوع آتش سوزی.....	۵
۱-۳-۹- تهویه اجباری.....	۵
۱-۳-۱۰- نصب در فضای بسته.....	۵
۱-۳-۱۱- نصب.....	۵
۱-۳-۱۲- سیستم‌های قدرت پیل سوختی بزرگ.....	۵
۱-۳-۱۳- حد پایین اشتعال پذیری (LFL).....	۵
۱-۳-۱۴- تهویه طبیعی.....	۶
۱-۳-۱۵- غیرقابل احتراق.....	۶
۱-۳-۱۶- نصب در فضای باز.....	۶
۱-۳-۱۷- سیستم قدرت پیل سوختی قابل حمل.....	۶
۱-۳-۱۸- نصب روی سقف.....	۶
۱-۳-۱۹- تهویه اتاق.....	۶

- ۱-۳-۲۰- سیستم قدرت پیل سوختی کوچک..... ۶
- ۱-۳-۲۱- ثابت..... ۶
- ۱-۴- تدابیر و الزامات عمومی ایمنی..... ۶
- ۱-۵- ملاحظات مکان نصب..... ۸
- ۱-۵-۱- کلیات مکان..... ۸
- ۱-۵-۲- نصب در فضای باز..... ۹
- ۱-۵-۳- نصب در فضای بسته..... ۱۰
- ۱-۵-۴- نصب روی سقف..... ۱۰
- ۱-۶- تهویه و گازهای خروجی..... ۱۰
- ۱-۶-۱- کلیات..... ۱۰
- ۱-۶-۲- تهویه..... ۱۱
- ۱-۶-۳- سیستم گازهای خروجی..... ۱۱
- ۱-۶-۴- فرایند تصفیه و تخلیه..... ۱۱
- ۱-۷- حفاظت در مقابل آتش‌سوزی و نشانگر گاز..... ۱۲
- ۱-۷-۱- نشانگر و حفاظت در مقابل آتش‌سوزی..... ۱۲
- ۱-۷-۱-۱- مکان سیستم حفاظت در مقابل آتش‌سوزی..... ۱۲
- ۱-۷-۱-۲- نشانگر گاز قابل احتراق (فقط نصب در فضاهای بسته)..... ۱۲
- ۱-۷-۲- جلوگیری از آتش‌سوزی و طرح‌ریزی اضطراری..... ۱۳
- ۱-۸- اتصالات داخلی با تجهیزات میانی مستقر در محل..... ۱۳
- ۱-۸-۱- کلیات طرح..... ۱۳
- ۱-۸-۲- کلیات اتصال به منابع..... ۱۳
- ۱-۸-۳- لوله‌کشی و قطع‌کننده سوخت..... ۱۳
- ۱-۸-۴- اتصالات به منبع سوخت کمکی میانی و رهایی مواد..... ۱۴
- ۱-۸-۴-۱- گازهای کمکی قابل احتراق..... ۱۴
- ۱-۸-۴-۲- گازهای غیر قابل احتراق یا گازهای کمکی خنثی..... ۱۴
- ۱-۸-۴-۳- آب..... ۱۴
- ۱-۸-۴-۴- رهایی آب پسماند..... ۱۴
- ۱-۸-۴-۵- تخلیه لوله..... ۱۴

۱۴.....	۹-۱- الزامات زیست محیطی.....
۱۵.....	۱۰-۱- آزمون‌های تأیید.....
۱۵.....	۱-۱۰-۱- نشت گاز.....
۱۵.....	۱-۱۰-۲- مکان مخصوص وسایل خاموش کننده.....
۱۵.....	۱۱-۱- آزمون‌های نگهداری.....
۱۶.....	۱۲-۱- مستندسازی.....
۱۶.....	۱-۱۲-۱- نشانه‌ها و دستورالعمل‌ها.....
۱۶.....	۱-۱۲-۲- چک‌لیست بازرسی.....
۱۷.....	۱-۱۲-۳- دستورالعمل نصب.....
۱۷.....	۱-۱۲-۴- دستورالعمل اطلاعاتی کاربرها.....
۱۷.....	۱-۱۲-۵- دستورالعمل تعمیر و نگهداری.....
۱۸.....	فصل ۲.....
۱۹.....	۱-۲- مقدمه.....
۲۰.....	۲-۲- فناوری‌های پیل سوختی.....
۲۱.....	۳-۲- استانداردهای مورد استفاده.....
۲۴.....	۴-۲- شرایط و تعاریف.....
۲۸.....	۵-۲- الزامات ایمنی و تدابیر احتیاطی.....
۲۸.....	۱-۵-۲- استراتژی ایمنی کلی.....
۲۹.....	۲-۵-۲- محیط فیزیکی و شرایط عملیاتی.....
۲۹.....	۱-۲-۵-۲- کلیات.....
۲۹.....	۲-۲-۵-۲- ورودی توان الکتریکی.....
۲۹.....	۳-۲-۵-۲- محیط فیزیکی.....
۳۰.....	۴-۲-۵-۲- ورودی سوخت.....
۳۰.....	۵-۲-۵-۲- ورودی آب.....
۳۰.....	۶-۲-۵-۲- ارتعاشات، شوک و ضربه.....
۳۰.....	۷-۲-۵-۲- جابجایی، حمل و انبار کردن.....
۳۱.....	۸-۲-۵-۲- پاک‌سازی سیستم.....
۳۱.....	۳-۵-۲- انتخاب مواد.....

۳۲	۴-۵-۲- الزامات کلی
۳۴	۵-۵-۲- تجهیزات فشاری و لوله‌کشی
۳۴	۱-۵-۵-۲- تجهیزات فشاری
۳۵	۲-۵-۵-۲- سیستم‌های لوله‌کشی
۳۶	۳-۵-۵-۲- هواگیری گاز دودکش
۳۷	۴-۵-۵-۲- قطعات حمل گاز
۳۷	۶-۵-۲- حفاظت در برابر خطرات آتش یا انفجار
	۱-۶-۵-۲- حفاظت در برابر خطرات آتش و انفجار در سیستم‌های توان پیل سوختی مجهز به پوشش خارجی
۳۷	تجهیزات
۳۸	۲-۶-۵-۲- اجتناب از خطرات آتش و انفجار در مشعل
	۳-۶-۵-۲- اجتناب از خطرات آتش و انفجار در سیستم‌های اکسید کننده سوخت کاتالیزی (مشعل‌های
۴۱	کاتالیزور)
۴۲	۷-۵-۲- ایمنی الکتریکی
۴۲	۸-۵-۲- سازگاری الکترومغناطیسی (EMC)
۴۲	۹-۵-۲- سیستم‌های کنترل و اجزاء حفاظتی
۴۲	۱-۹-۵-۲- الزامات کلی
۴۳	۲-۹-۵-۲- سیستم‌های کنترل
۴۶	۳-۹-۵-۲- اجزاء محافظ
۴۷	۱۰-۵-۲- تجهیزات پنوماتیک و هیدرولیک
۴۷	۱۱-۵-۲- دریچه‌ها
۴۷	۱-۱۱-۵-۲- مسدود کردن دریچه‌ها
۴۷	۲-۱۱-۵-۲- دریچه‌های سوخت
۴۸	۱۲-۵-۲- تجهیزات دوار
۴۸	۱-۱۲-۵-۲- نیازهای عمومی
۴۸	۲-۱۲-۵-۲- کمپرسورها
۴۹	۳-۱۲-۵-۲- پمپ‌ها
۴۹	۱۳-۵-۲- قفسه‌ها
۴۹	۱۴-۵-۲- مواد عایق حرارتی

۵۰.....	۲-۵-۱۵- سودمندی ها.....
۵۰.....	۲-۵-۱۵-۱- نیازهای عمومی.....
۵۰.....	۲-۵-۱۵-۲- آبرسانی.....
۵۰.....	۲-۵-۱۵-۳- گازرسانی به سوخت.....
۵۱.....	۲-۵-۱۵-۴- اتصال الکتریکی.....
۵۲.....	۲-۵-۱۶- نصب و نگهداری.....
۵۲.....	۲-۵-۱۶-۱- نصب.....
۵۲.....	۲-۵-۱۶-۲- نگهداری.....
۵۲.....	۲-۶- انواع تست.....
۵۲.....	۲-۶-۱- الزامات کلی.....
۵۳.....	۲-۶-۱-۱- پارامترهای عملکردی برای آزمایش ها.....
۵۴.....	۲-۶-۲- تست سوخت.....
۵۵.....	۲-۶-۳- آزمون پایه.....
۵۵.....	۲-۶-۴- تست نشت.....
۵۵.....	۲-۶-۴-۱- کلیات.....
۵۵.....	۲-۶-۴-۲- تست نشت پنوماتیک.....
۵۷.....	۲-۶-۴-۳- تست نشت هیدرواستاتیک.....
۵۸.....	۲-۶-۴-۴- کلیات.....
۵۸.....	۲-۶-۴-۵- تست مقاومت نیوماتیک.....
۶۰.....	۲-۶-۴-۶- تست مقاومت هیدرواستاتیک.....
۶۱.....	۲-۶-۵- تست عملکرد عادی.....
۶۱.....	۲-۶-۶- تست اضافه بار الکتریکی.....
۶۱.....	۲-۶-۷- پارامترهای خاموشی.....
۶۱.....	۲-۶-۸- تست خصوصیات عملکرد مشعل.....
۶۱.....	۲-۶-۸-۱- کلیات.....
۶۲.....	۲-۶-۸-۲- تست عمومی.....
۶۲.....	۲-۶-۸-۳- محدوده تست.....
۶۲.....	۲-۶-۹- کنترل خودکار مشعل ها و راکتورهای اکسیداسیون کاتالیزوری.....

۶۲	 کلیات	۱-۹-۶-۲
۶۲	 سوزن‌های کنترل خودکار احتراق	۲-۹-۶-۲
۶۵	 کنترل خودکار راکتورهای اکسیداسیون کاتالیزی	۳-۹-۶-۲
۶۵	 تست دمای گاز خروجی هوا	۱۰-۶-۲
۶۵	 دماهای سطح و اجزاء سازنده	۱۱-۶-۲
۶۶	 تست‌های باد	۱۲-۶-۲
۶۶	 کلیات	۱-۱۲-۶-۲
۶۷	 روند درجه‌بندی منبع هوا برای هوای کنترل شده در جهت عمود به دیوار پیکربندی منبع	۲-۱۲-۶-۲
۶۸	 تایید عملیات سیستم‌های برق پیل سوختی تحت شرایط باد	۳-۱۲-۶-۲
۶۸	 تایید عملکرد سیستم‌های برق پیل سوختی داخلی که به طور افقی از یک دیوار بیرونی تهویه شده	۴-۱۲-۶-۲
۷۱	 انتشار مونوکسید کربن و گاز قابل اشتعال در واحدهای تولید باد داخلی	۵-۱۲-۶-۲
۷۱	 انتشار گاز قابل اشتعال و مونوکسید کربن در واحدهای بیرونی در مورد سیستم نصب شده در فضای بیرون	۶-۱۲-۶-۲
۷۲	 تست بارش	۱۳-۶-۲
۷۲	 انتشار گازها	۱۴-۶-۲
۷۲	 انتشار گازهای قابل اشتعال و مونوکسید کربن	۱-۱۴-۶-۲
۷۳	 شرایط عادی	۲-۱۴-۶-۲
۷۳	 آزمون خط چگالیده مسدود شده	۱۵-۶-۲
۷۴	 آزمون تخلیه چگالیده	۱۶-۶-۲
۷۴	 آزمون نشستی سیستم خروجی هوا	۱۷-۶-۲
۷۵	 آزمون‌های نشستی (تکرار)	۱۸-۶-۲
۷۵	 آزمون‌های دوره‌ای	۷-۲
۷۵	 نشانه‌گذاری، برچسب‌گذاری و بسته‌بندی	۸-۲
۷۵	 الزامات کلی	۱-۸-۲
۷۵	 نشانه‌گذاری سیستم توان پیل سوختی	۲-۸-۲
۷۶	 نشانه‌گذاری قطعات	۳-۸-۲
۷۷	 مستندنگاری فنی	۴-۸-۲

۷۷.....	۲-۸-۴-۱- کلیات.....
۷۷.....	۲-۸-۴-۲- راهنمای نصب.....
۷۸.....	۲-۸-۴-۳- دفترچه راهنمای اطلاعات کاربر.....
۸۰.....	۲-۸-۴-۴- دفترچه راهنمای کاری.....
۸۱.....	۲-۸-۴-۵- دفترچه راهنمای نگهداری.....
۸۳.....	فصل ۳.....
۸۴.....	۳-۱- هدف و دامنه کاربرد.....
۸۴.....	۳-۲- استانداردهای مورد استفاده.....
۸۵.....	۳-۳- اصلاحات و تعاریف.....
۸۵.....	۳-۳-۱- تایید شده.....
۸۵.....	۳-۳-۲- مقام ذیصلاح.....
۸۵.....	۳-۳-۳- نشانه گذاری.....
۸۵.....	۳-۳-۴- فهرست شده.....
۸۶.....	۳-۳-۵- ظرفیت.....
۸۶.....	۳-۳-۶- سیستم ذخیره مرحله ای.....
۸۶.....	۳-۳-۷- مخزن ذخیره.....
۸۶.....	۳-۳-۸- مخزن ساخته شده از مواد مرکب.....
۸۶.....	۳-۳-۹- مخزن گاز خودرو.....
۸۶.....	۳-۳-۱۰- متعلقات مخزن.....
۸۶.....	۳-۳-۱۱- شیر مخزن.....
۸۶.....	۳-۳-۱۲- نقطه شبنم (در فشار مخزن).....
۸۷.....	۳-۳-۱۳- جایگاه سوخت گیری.....
۸۷.....	۳-۳-۱۴- اتاقک.....
۸۷.....	۳-۳-۱۵- محفظه موتور (بر روی یک کشتی).....
۸۷.....	۳-۳-۱۶- لوله گاز.....
۸۷.....	۳-۳-۱۷- سیستم آشکارساز گاز.....
۸۷.....	۳-۳-۱۸- تاسیسات گاز.....
۸۷.....	۳-۳-۱۹- حد پایین اشتعال (LEL).....

۸۷	۲۰-۳-۳- مواد با احتراق پذیری محدود.....
۸۸	۲۱-۳-۳- شیلنگ فلزی.....
۸۸	۲۲-۳-۳- گاز طبیعی.....
۸۸	۲۳-۳-۳- گاز طبیعی فشرده.....
۸۸	۲۴-۳-۳- ماده اشتعال ناپذیر.....
۸۸	۲۵-۳-۳- سرپناه (در تجهیزات دریایی).....
۸۸	۲۶-۳-۳- لوله کشی.....
۸۹	۲۷-۳-۳- نقطه انتقال.....
۸۹	۲۸-۳-۳- فشار پر شدن.....
۸۹	۲۹-۳-۳- فشار کاری.....
۸۹	۳۰-۳-۳- فشار سرویس.....
۸۹	۳۱-۳-۳- فشار سکون.....
۸۹	۳۲-۳-۳- وسیله اطمینان تخلیه فشار.....
۸۹	۳۳-۳-۳- خروجی های وسیله اطمینان تخلیه فشار.....
۸۹	۳۴-۳-۳- مخزن تحت فشار.....
۹۰	۳۵-۳-۳- دستگاه سوخت گیری خانگی واقع در مناطق مسکونی.....
۹۰	۳۶-۳-۳- موتورخانه (در کشتی).....
۹۰	۳۷-۳-۳- اتاقک مخزن سوخت.....
۹۰	۳۸-۳-۳- منابع جرقه.....
۹۰	۳۹-۳-۳- محل مسکونی.....
۹۰	۴۰-۳-۳- محل تجهیزات کنترلی.....
۹۰	۴۱-۳-۳- مناطق خطر.....
۹۰	۴۲-۳-۳- مناطق ایمن.....
۹۱	۴۳-۳-۳- محل ارائه خدمات.....
۹۱	۴۴-۳-۳- محفظه تانکر.....
۹۱	۴۵-۳-۳- خودرو.....
۹۱	۴۶-۳-۳- فضای باز.....
۹۱	۴-۳- کیفیت کلی گاز طبیعی فشرده و تجهیزات مربوطه.....

۹۱.....	۳-۴-۱- ترکیب گاز.....
۹۱.....	۳-۴-۲- مخازن ذخیره.....
۹۱.....	۳-۴-۳- تایید.....
۹۲.....	۳-۴-۴- طراحی و ساخت مخازن.....
۹۲.....	۳-۴-۵- وسایل اطمینان تخلیه فشار.....
۹۴.....	۳-۴-۶- فشارسنج‌ها.....
۹۴.....	۳-۴-۷- تنظیم‌کننده فشار یا رگولاتور.....
۹۴.....	۳-۴-۸- خطوط سوخت‌رسانی (لوله‌های گاز).....
۹۵.....	۳-۴-۹- شیرها.....
۹۵.....	۳-۴-۱۰- شیلنگ و اتصالات شیلنگی.....
۹۶.....	۳-۴-۱۱- اتصال سوخت‌گیری.....
۹۶.....	۳-۵- سیستم‌های سوخت.....
۹۶.....	۳-۵-۱- دامنه کاربرد.....
۹۶.....	۳-۵-۲- تایید کیفیت اجزاء سیستم.....
۹۶.....	۳-۵-۳- نصب مخازن خودرو.....
۹۸.....	۳-۵-۴- نصب سیستم‌های تخلیه گاز.....
۹۹.....	۳-۵-۵- نصب لوله‌ها.....
۱۰۰.....	۳-۵-۶- نصب شیرها.....
۱۰۱.....	۳-۵-۷- نصب فشارسنج‌ها.....
۱۰۱.....	۳-۵-۸- نصب تنظیم‌کننده‌های فشار (رگولاتور).....
۱۰۱.....	۳-۵-۹- نصب اتصال سوخت‌گیری (پرکن).....
۱۰۱.....	۳-۵-۱۰- سیم‌کشی.....
۱۰۱.....	۳-۵-۱۱- نشانه‌گذاری.....
۱۰۲.....	۳-۵-۱۲- آزمایش سیستم گاز.....
۱۰۳.....	۳-۵-۱۳- نگهداری و تعمیرات.....
۱۰۴.....	۳-۵-۱۴- تخلیه گاز طبیعی فشرده از مخازن.....
۱۰۴.....	۳-۶- سیستم‌های فشرده‌سازی، ذخیره و توزیع گاز طبیعی فشرده.....
۱۰۴.....	۳-۶-۱- دامنه کاربرد.....

۱۰۴	۲-۶-۳- تایید کیفیت اجزاء سیستم.....
۱۰۴	۳-۶-۳- کلیات.....
۱۰۵	۴-۶-۳- محل استقرار تجهیزات.....
۱۰۵	۱-۴-۶-۳- فضای باز.....
۱۰۶	۲-۴-۶-۳- فضای بسته.....
۱۰۶	۱-۲-۴-۶-۳- محدوده حجم ذخیره در ساختمان‌ها.....
۱۰۶	۲-۲-۴-۶-۳- تخلیه انفجاری (ناشی از انفجار).....
۱۰۷	۳-۲-۴-۶-۳- اتاق‌های درون ساختمان (اتاق‌های داخلی).....
۱۰۷	۴-۲-۴-۶-۳- تهویه.....
۱۰۹	۵-۶-۳- نصب مخازن و متعلقات مخزن (غیر از وسایل اطمینان تخلیه فشار).....
۱۰۹	۶-۶-۳- نصب وسایل اطمینان تخلیه فشار.....
۱۰۹	۷-۶-۳- نصب تنظیم کننده‌های فشار.....
۱۰۹	۸-۶-۳- نصب فشارسنج‌ها.....
۱۱۰	۹-۶-۳- نصب شیلنگ و لوله کشی.....
۱۱۱	۱۰-۶-۳- آزمون.....
۱۱۱	۱۱-۶-۳- نصب تجهیزات قطع اضطراری جریان.....
۱۱۲	۱۲-۶-۳- نصب تجهیزات الکتریکی.....
۱۱۳	۱۳-۶-۳- حفاظت در برابر جریان‌های پراکنده- چسب.....
۱۱۳	۱۴-۶-۳- بهره‌برداری.....
۱۱۴	۱۵-۶-۳- حفاظت از حریق.....
۱۱۴	۱۶-۶-۳- نگهداری و تعمیرات.....
۱۱۴	۱۷-۶-۳- دستگاه‌های سوخت‌گیری خانگی واقع در مناطق غیرمسکونی.....
۱۱۵	۷-۳- دستگاه سوخت‌گیری خانگی واقع در مناطق مسکونی (RFF21).....
۱۱۵	۱-۷-۳- دامنه کاربرد.....
۱۱۵	۲-۷-۳- تایید کیفیت اجزاء سیستم.....
۱۱۵	۳-۷-۳- کلیات.....
۱۱۶	۴-۷-۳- نصب.....
۱۱۶	۱-۴-۷-۳- نصب در فضای بسته.....

۱۱۶.....	۳-۷-۲- نصب در فضای باز.....
۱۱۷.....	۳-۷-۵- نصب شیرهای اطمینان.....
۱۱۷.....	۳-۷-۶- نصب فشارسنج‌ها.....
۱۱۷.....	۳-۷-۷- شیر خودکار قطع جریان.....
۱۱۷.....	۳-۷-۸- لوله و شیلنگ.....
۱۱۷.....	۳-۷-۹- آزمون.....
۱۱۸.....	۳-۷-۱۰- نصب تجهیزات قطع اضطراری جریان.....
۱۱۸.....	۳-۷-۱۱- بهره‌برداری.....
۱۱۸.....	۳-۷-۱۲- نگهداری و بازرسی.....
۱۱۹.....	فصل ۴.....
۱۲۰.....	۴-۱- دامنه کاربرد.....
۱۲۰.....	۴-۲- تعاریف و اصطلاحات.....
۱۲۰.....	۴-۲-۱- مازول AC.....
۱۲۰.....	۴-۲-۲- مانع.....
۱۲۱.....	۴-۲-۳- مدار شاخه‌ای.....
۱۲۱.....	۴-۲-۴- منبع بای‌پس (کنارگذر).....
۱۲۱.....	۴-۲-۵- کنترلگر شارژ.....
۱۲۱.....	۴-۲-۶- مبدل کلاس ۲.....
۱۲۱.....	۴-۲-۷- مدار کنترل.....
۱۲۱.....	۴-۲-۸- مبدل.....
۱۲۱.....	۴-۲-۹- دکتور و قطع کننده اتصال به زمین و جریان DC.....
۱۲۱.....	۴-۲-۱۰- درجه حفاظت.....
۱۲۲.....	۴-۲-۱۱- دستگاه جداکننده.....
۱۲۲.....	۴-۲-۱۲- سیستم برق الکتریکی (EPS).....
۱۲۲.....	۴-۲-۱۳- محفظه.....
۱۲۲.....	۴-۲-۱۴- رابط سیم‌کشی میدان.....
۱۲۲.....	۴-۲-۱۵- ترمینال سیم میدانی.....
۱۲۲.....	۴-۲-۱۶- واحد ثابت.....

۱۲۲	۱۷-۲-۴- رسانای متصل به زمین.....
۱۲۲	۱۸-۲-۴- محافظ.....
۱۲۲	۱۹-۲-۴- تجهیزات اتصال متقابل سیستم (ISE).....
۱۲۳	۲۰-۲-۴- اینورتر.....
۱۲۳	۲۱-۲-۴- حفاظت جزیره.....
۱۲۳	۲۲-۲-۴- مدار ایزوله.....
۱۲۳	۲۳-۲-۴- ترانسفورماتور ایزولاسیون.....
۱۲۳	۲۴-۲-۴- ناک اوت.....
۱۲۳	۲۵-۲-۴- مدار انرژی (LE) محدود.....
۱۲۳	۲۶-۲-۴- قسمت حامل جریان.....
۱۲۴	۲۷-۲-۴- مداری با ولتاژ کم، انرژی محدود (LVLE).....
۱۲۴	۲۸-۲-۴- ترانسفورماتور ایزولاسیون خارجی ویژه سازنده.....
۱۲۴	۲۹-۲-۴- حداکثر ولتاژ سیستم.....
۱۲۴	۳۰-۲-۴- ولتاژ مدار باز (Voc).....
۱۲۴	۳۱-۲-۴- واحد اتصال دائم.....
۱۲۵	۳۲-۲-۴- کانکتور ترمینال فشاری.....
۱۲۵	۳۳-۲-۴- مدار اولیه.....
۱۲۵	۳۴-۲-۴- شارژر مدولاسیون عرض پالس.....
۱۲۵	۳۵-۲-۴- خطر انرژی الکتریکی - سطح بالای جریان.....
۱۲۵	۳۶-۲-۴- مدار ایمنی.....
۱۲۶	۳۷-۲-۴- قفل ایمنی.....
۱۲۶	۳۸-۲-۴- مدار فرعی.....
۱۲۶	۳۹-۲-۴- شارژ کنترل کننده سری یا تنظیم کننده سری.....
۱۲۶	۴۰-۲-۴- پرسنل خدمات.....
۱۲۶	۴۱-۲-۴- اینورتر مستقل.....
۱۲۶	۴۲-۲-۴- شرایط آزمایش استاندارد (STC).....
۱۲۶	۴۳-۲-۴- ابزار.....
۱۲۶	۴۴-۲-۴- اعوجاج هارمونیک کل (THD).....

۱۲۷	۴-۲-۴۵- اینورتر تعاملی
۱۲۷	۴-۲-۴۶- نقطه تنظیم ولتاژ (V _r)
۱۲۷	۴-۲-۴۷- نقطه اتصال مجدد تنظیم ولتاژ (V _{rr})
۱۲۷	۴-۳- کلیات
۱۲۷	۴-۳-۱- مولفه‌ها
۱۲۷	۴-۳-۲- واحد اندازه‌گیری
۱۲۸	۴-۳-۳- منابع
۱۲۸	۴-۴- ساختار
۱۲۸	۴-۵- فریم‌ها و محفظه‌ها
۱۲۸	۴-۵-۱- کلیات
۱۲۹	۴-۵-۲- سطح دسترسی
۱۲۹	۴-۵-۳- محفظه‌های فلزی
۱۳۰	۴-۵-۴- ضخامت ورق فلزی
۱۳۳	۴-۵-۵- محفظه غیرفلزی
۱۳۴	۴-۵-۶- بازشوهای شیشه‌ای
۱۳۵	۴-۵-۷- بازشوهایی برای اتصالات سیم‌کشی
۱۳۷	۴-۵-۸- بازشوهای تهویه
۱۴۲	۴-۵-۹- محفظه دارای رتبه‌بندی زیست محیطی
۱۴۵	۴-۶- محافظت در برابر خوردگی
۱۴۶	۴-۷- مونتاژ مکانیکی
۱۴۶	۴-۸- نصب
۱۴۷	۴-۹- محافظت از کاربران- دسترسی به قطعات حامل جریان غیرعایق
۱۵۰	۴-۱۰- محافظت از پرسنل خدمات
۱۵۱	۴-۱۱- برق‌گرفتگی
۱۵۱	۴-۱۱-۱- ولتاژ
۱۵۲	۴-۱۱-۲- انرژی ذخیره شده
۱۵۵	۴-۱۲- سوئیچ و کنترل
۱۵۷	۴-۱۳- دستگاه قطع اتصال

۱۵۷	۱۴-۴- اتصال خروجی AC
۱۵۷	۱-۱۴-۴- اینورتر مستقل
۱۵۸	۲-۱۴-۴- اینورترهای در تعامل با تاسیسات
۱۵۸	۱۵-۴- پریزها
۱۵۸	۱۶-۴- منبع تغذیه
۱۵۸	۱-۱۶-۴- کلیات
۱۵۹	۲-۱۶-۴- ترمینال های سیم کشی
۱۶۱	۳-۱۶-۴- رابط های سیم
۱۶۲	۴-۱۶-۴- محفظه سیم کشی
۱۶۳	۵-۱۶-۴- بازشوهای کاندوئیت یا اتصال کابل
۱۶۳	۶-۱۶-۴- بازشوهای رساناهای مدار کلاس ۲
۱۶۴	۱۷-۴- فضای خمش سیم
۱۶۹	۱۸-۴- زمین تجهیزات
۱۶۹	۱-۱۸-۴- کلیات
۱۷۲	۲-۱۸-۴- ترمینال الکتروود زمین
۱۷۲	۱۹-۴- سیم هادی زمین مدار خروجی AC
۱۷۵	۲۰-۴- همبندی داخلی برای زمین کردن
۱۷۸	۲۱-۴- سیم کشی داخلی
۱۷۸	۱-۲۱-۴- کلیات
۱۷۹	۲-۲۱-۴- حفاظت از سیم کشی
۱۷۹	۳-۲۱-۴- اتصالات برق
۱۸۰	۲۲-۴- بخش های حامل جریان
۱۸۱	۲۳-۴- جداسازی مدارها
۱۸۱	۱-۲۳-۴- سیم کشی کارخانه
۱۸۱	۲-۲۳-۴- سیم کشی میدانی
۱۸۲	۳-۲۳-۴- موانع جداسازی
۱۸۲	۲۴-۴- فاصله ها
۱۸۲	۱-۲۴-۴- کلیات

۱۸۵.....	۴-۲۴-۲- عایق‌بندی لاینرها و موانع.....
۱۸۶.....	۴-۲۵- فواصل متناوب، فواصل استاندارد و فواصل خزشی.....
۱۸۷.....	۴-۲۶- مواد عایق‌بندی.....
۱۸۷.....	۴-۲۶-۱- کلیات.....
۱۸۸.....	۴-۲۶-۲- موانع.....
۱۸۸.....	۴-۲۷- خازن.....
۱۸۹.....	۴-۲۸- مدار سیگنال قابل دسترسی ایزوله.....
۱۸۹.....	۴-۲۹- مدارهای کنترل.....
۱۹۲.....	۴-۳۰- محافظت در برابر جریان زیاد.....
۱۹۲.....	۴-۳۰-۱- کلیات.....
۱۹۴.....	۴-۳۰-۲- حفاظت مدار کنترل در برابر جریان زیاد.....
۱۹۵.....	۴-۳۰-۳- محافظ جریان زیاد مدار برق AC خروجی.....
۱۹۵.....	۴-۳۰-۴- مدارهای باتری.....
۱۹۶.....	۴-۳۱- آشکارساز/ قطع‌کننده نقص زمین DC.....
۱۹۷.....	۴-۳۲- ورود مدار چاپی.....
۱۹۸.....	۴-۳۳- ترانسفورماتور ایزولاسیون خارجی.....
۱۹۸.....	۴-۳۴- حفاظت در برابر خطرات آسیب به افراد.....
۱۹۹.....	۴-۳۵- محفظه و محافظ.....
۱۹۹.....	۴-۳۶- قسمت‌های متحرک.....
۱۹۹.....	۴-۳۷- سوئیچ‌ها و کنترل‌ها.....
۱۹۹.....	۴-۳۸- نصب.....
۲۰۰.....	۴-۳۹- ویژگی‌های توان خروجی و سازگاری تاسیسات.....
۲۰۰.....	۴-۴۰- تعامل با تاسیسات.....
۲۰۱.....	۴-۴۱- عملکرد.....
۲۰۱.....	۴-۴۲- اندازه‌گیری حداکثر ولتاژ.....
۲۰۲.....	۴-۴۳- دما.....
۲۰۷.....	۴-۴۴- تست مقاومت در برابر ولتاژ دی‌الکتریک.....
۲۰۸.....	۴-۴۵- ویژگی‌های توان خروجی.....

۲۰۸	۴-۴۵-۱- مقدارهای مجاز خروجی.....
۲۰۸	۴-۴۵-۲- محدوده ورودی.....
۲۰۹	۴-۴۵-۳- اعوجاج هارمونیک.....
۲۰۹	۴-۴۶- سازگاری تاسیسات.....
۲۰۹	۴-۴۷- تست‌های غیرعادی.....
۲۰۹	۴-۴۷-۱- کلیات.....
۲۱۱	۴-۴۷-۲- تست اضافه بار.....
۲۱۲	۴-۴۷-۳- آزمون اتصال کوتاه.....
۲۱۲	۴-۴۷-۴- تست سیم‌کشی اشتباه ورودی DC.....
۲۱۲	۴-۴۷-۵- آزمایش تهویه.....
۲۱۳	۴-۴۷-۶- آزمایش اتصال کوتاه و مدار باز قطعات.....
۲۱۳	۴-۴۷-۷- آزمایش انتقال بار.....
۲۱۴	۴-۴۷-۸- از دست دادن مدار کنترل.....
۲۱۴	۴-۴۸- تست امپدانس زمین.....
۲۱۴	۴-۴۹- تست کالیبراسیون محافظت در برابر جریان زیاد.....
۲۱۵	۴-۵۰- آزمایش تسکین کرنش.....
۲۱۵	۴-۵۱- کاهش فاصله در آزمایش برد مدار چاپی.....
۲۱۵	۴-۵۱-۱- کلیات.....
۲۱۵	۴-۵۱-۲- تست مقاومت در برابر ولتاژ دی‌الکتریک.....
۲۱۶	۴-۵۱-۳- تست رد کوتاه.....
۲۱۶	۴-۵۲- تست هادی همبندی.....
۲۱۷	۴-۵۳- آزمون نوسان ولتاژ.....
۲۱۸	۴-۵۴- تست کالیبراسیون.....
۲۱۹	۴-۵۵- تست ولتاژ زیاد.....
۲۱۹	۴-۵۶- آزمون مقاومت در برابر جریان.....
۲۲۰	۴-۵۷- تست تعیین ولتاژ خازن.....
۲۲۰	۴-۵۸- ثبات و پایداری.....
۲۲۰	۴-۵۹- بار استاتیک.....

۲۲۱.....	۴-۶۰- تست فشردگی.....
۲۲۱.....	۴-۶۱- آزمایش باران و آب پاش.....
۲۲۱.....	۴-۶۱-۱- کلیات.....
۲۲۲.....	۴-۶۱-۲- تست باران.....
۲۲۳.....	۴-۶۱-۳- تست آبپاش.....
۲۲۴.....	۴-۶۲- مقدار مجاز.....
۲۲۶.....	۴-۶۳- جزئیات نشانه گذاری.....
۲۳۲.....	۴-۶۴- علائم احتیاطی.....
۲۳۴.....	۴-۶۵- اطلاعات و دستورالعمل های مربوط به تجهیزات.....
۲۳۴.....	۴-۶۵-۱- تفکیک اطلاعات.....
۲۳۵.....	۴-۶۵-۲- دستورالعمل های عملیاتی و نصب.....
۲۳۶.....	۴-۶۶- دستورالعمل های مهم ایمنی.....
۲۴۲.....	۴-۶۷- آزمایش های ساخت و تولید.....
۲۴۲.....	۴-۶۷-۱- آزمون مقاومت در برابر ولتاژ دی الکتریک.....
۲۴۳.....	۴-۶۷-۲- تست تغییرات فرکانس و ولتاژ تاسیسات.....
۲۴۵.....	۴-۶۸- کنترل کننده های شارژ.....
۲۴۵.....	۴-۶۸-۱- کلیات.....
۲۴۵.....	۴-۶۸-۲- ساخت.....
۲۴۶.....	۴-۶۸-۳- عملکرد.....
۲۴۷.....	۴-۶۸-۴- عملکرد عادی.....
۲۴۸.....	۴-۶۸-۵- دما.....
۲۴۸.....	۴-۶۸-۶- جبران دما.....
۲۴۸.....	۴-۶۸-۷- توالی اتصال.....
۲۴۸.....	۴-۶۸-۸- تست های غیرعادی.....
۲۴۹.....	۴-۶۸-۸-۱- خرابی های ورودی و خروجی.....
۲۴۹.....	۴-۶۸-۸-۲- سیم کشی اشتباه کنترل کننده شارژر.....
۲۵۰.....	۴-۶۸-۸-۳- قطع کم ولتاژ.....
۲۵۰.....	۴-۶۹- علامت گذاری.....

۲۵۰	 ۱-۶۹-۴ - علائم احتیاطی
۲۵۰	 ۲-۶۹-۴ - جزئیات
۲۵۱	 ۳-۶۹-۴ - دستورالعمل‌های مهم ایمنی
۲۵۱	 ۷۰-۴ - مازول‌های AC
۲۵۱	 ۱-۷۰-۴ - کلیات
۲۵۲	 ۲-۷۰-۴ - عملکرد
۲۵۲	 ۳-۷۰-۴ - تست چفت اینورتر مازول AC
۲۵۳	 ۴-۷۰-۴ - مقدار مجاز
۲۵۳	 ۵-۷۰-۴ - علامت‌گذاری
۲۵۳	 ۶-۷۰-۴ - دستورالعمل‌های مهم ایمنی
۲۵۴	 فصل ۵
۲۵۵	 ۱-۵ - ضرورت‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی توسعه شبکه هوشمند برق
۲۵۶	 ۲-۵ - چشم‌انداز شبکه هوشمند برق ایران
۲۵۷	 ۳-۵ - استانداردها و الزامات
۲۵۹	 ۴-۵ - استانداردهای پیشنهادی توسط OFFIS
۲۶۱	 فصل ۶
۲۶۲	 ۱-۶ - ساختار
۲۶۳	 ۲-۶ - سیستم‌های تولید توان
۲۶۴	 ۳-۶ - محیط فیزیکی و شرایط عملکردی
۲۶۴	 ۱-۳-۶ - عمومی
۲۶۴	 ۲-۳-۶ - ورودی توان الکتریکی
۲۶۴	 ۳-۳-۶ - محیط فیزیکی
۲۶۵	 ۴-۳-۶ - ورودی سوخت
۲۶۵	 ۵-۳-۶ - ورودی آب
۲۶۵	 ۶-۳-۶ - پاک‌سازی سیستم
۲۶۵	 ۷-۳-۶ - لرزش، شوک و ضربه ناگهانی
۲۶۶	 ۸-۳-۶ - بکارگیری، انتقال و ذخیره
۲۶۶	 ۹-۳-۶ - حفاظت در مقابل خطرات ناشی از انفجار یا آتش

۴-۶- انتخاب مواد.....	۲۶۹
۵-۶- الزامات کلی.....	۲۷۱
۶-۶- قفسه‌ها.....	۲۷۳
۷-۶- وضعیت نیروگاه‌های برق.....	۲۷۴
۶-۷-۱- الزامات عمومی.....	۲۷۴
۶-۷-۲- منبع آب (زنجیره تامین آب).....	۲۷۴
۶-۷-۳- تامین گاز سوخت.....	۲۷۵
۶-۷-۴- اتصالات الکتریکی.....	۲۷۵
۶-۷-۴-۱- پریز سرویس.....	۲۷۵
۶-۷-۴-۲- قطع ارتباط از منبع برق.....	۲۷۵
۶-۷-۴-۳- خاموشی ایمن.....	۲۷۶
۶-۸- لوله‌کشی و تجهیزات فشار.....	۲۷۷
۶-۸-۱- تجهیزات فشار.....	۲۷۷
۶-۸-۲- سیستم‌های لوله‌کشی.....	۲۷۷
۶-۸-۳- سیستم تخلیه گاز دودکش.....	۲۷۹
۶-۸-۴- قطعات انتقال گاز.....	۲۸۰
۶-۹- ممانعت از خطرات انفجار یا آتش‌سوزی در مشعل‌ها.....	۲۸۰
۶-۱۰- ممانعت از خطرات انفجار و آتش‌سوزی در سیستم‌های اکسیداسیون سوخت کاتالیک (مشعل‌های کاتالیستی).....	۲۸۳
۶-۱۱- تجهیزات و کنترل سوخت.....	۲۸۴
۶-۱۱-۱- تجهیزات هیدرولیک و پنوماتیک.....	۲۸۴
۶-۱۱-۲- شیرها.....	۲۸۴
۶-۱۱-۲-۱- شیرهایی برای مسدود کردن (قطع کردن).....	۲۸۴
۶-۱۱-۲-۲- شیرهای سوخت منبع تامین.....	۲۸۵
۶-۱۱-۳- تجهیزات دوار.....	۲۸۵
۶-۱۱-۳-۱- الزامات عمومی.....	۲۸۵
۶-۱۱-۳-۲- کمپرسور.....	۲۸۶
۶-۱۱-۴- پمپ‌ها.....	۲۸۶
۶-۱۲- ایمنی الکتریکی.....	۲۸۷

۲۸۷	۶-۱۲-۱- اجزاء.....
۲۸۸	۶-۱۲-۲- حفاظت در برابر شوک الکتریکی و خطرات انرژی.....
۲۸۸	۶-۱۲-۲-۱- دسترسی به مدارهای دارای ولتاژ ایمن بسیار پایین (SELV).....
۲۸۹	۶-۱۲-۲-۲- دسترسی به مدار دارای ولتاژ فوق العاده پایین (ELV).....
۲۸۹	۶-۱۲-۲-۳- دسترسی به ولتاژهای خطرناک.....
۲۹۰	۶-۱۲-۲-۴- دسترسی به مخاطرات انرژی.....
۲۹۰	۶-۱۲-۲-۵- منابع توان محدود.....
۲۹۱	۶-۱۲-۲-۶- مدار SELV مرتبط با ELV یا ولتاژهای خطرناک.....
۲۹۱	۶-۱۲-۲-۷- تخلیه خازن ها در مدار اولیه.....
۲۹۲	۶-۱۲-۲-۸- خزش، فاصله بین دو اتصال، فاصله از طریق جداسازی.....
۲۹۲	۶-۱۲-۳- سیم کشی، اتصالات و منبع تامین.....
۲۹۲	۶-۱۲-۳-۱- اجتناب از سیم کشی ناصحیح.....
۲۹۲	۶-۱۲-۳-۲- دسته بندی جریان و حفاظت فوق جریان.....
۲۹۳	۶-۱۲-۳-۳- حفاظت در مقابل آسیب مکانیکی.....
۲۹۳	۶-۱۲-۳-۴- ایمنی سیم های داخلی.....
۲۹۳	۶-۱۲-۳-۵- پیچ هایی جهت فشار الکتریکی.....
۲۹۴	۶-۱۲-۳-۶- مواد عایق بندی در اتصالات الکتریکی.....
۲۹۴	۶-۱۲-۳-۷- انتهای رساناها (سیم ها).....
۲۹۵	۶-۱۲-۳-۸- غلاف کردن (روکش کردن) سیم کشی.....
۲۹۶	۶-۱۲-۳-۹- محل ورود لوله، کاندوئیت و کابل.....
۲۹۶	۶-۱۲-۴- همبندی و اتصال به زمین.....
۲۹۶	۶-۱۲-۴-۱- تداوم مدار همبندی محافظ.....
۲۹۷	۶-۱۲-۴-۲- ممانعت ابزارهای سوئیچ دار از مدار همبندی حفاظتی.....
۲۹۷	۶-۱۲-۴-۳- قطعات متصل به مدار همبندی حفاظتی.....
۲۹۷	۶-۱۲-۴-۴- پایانه زمین حفاظتی (اتصال به زمین) تجهیزات خارجی.....
۲۹۸	۶-۱۲-۵- حفاظت خطای زمین و جریان زیاد.....
۲۹۸	۶-۱۲-۵-۱- ابزارهای حفاظتی.....
۲۹۸	۶-۱۲-۵-۲- حفاظت مدار باطری.....

۲۹۸.....	۶-۱۲-۶- سازگاری الکترومغناطیسی.....
۲۹۸.....	۶-۱۳- الزامات ایمنی و ابزارهای حفاظتی.....
۲۹۹.....	۶-۱۴- سیستم‌های کنترل و اجزاء حفاظتی.....
۲۹۹.....	۶-۱۴-۱- الزامات کلی.....
۳۰۰.....	۶-۱۴-۲- سیستم‌های کنترل.....
۳۰۰.....	۶-۱۴-۲-۱- شروع.....
۳۰۰.....	۶-۱۴-۲-۲- خاموش کردن.....
۳۰۱.....	۶-۱۴-۲-۲-۱- خاموشی‌های اضطراری.....
۳۰۲.....	۶-۱۴-۲-۲-۲- خاموشی عادی.....
۳۰۲.....	۶-۱۴-۲-۳- نصب‌های پیچیده.....
۳۰۲.....	۶-۱۴-۲-۴- حالات عملکردی.....
۳۰۳.....	۶-۱۴-۲-۵- پایش از راه دور و سیستم‌های کنترل.....
۳۰۳.....	۶-۱۴-۳- اجزاء حفاظتی.....
۳۰۴.....	۶-۱۵- نصب و نگهداری تعمیرات.....
۳۰۴.....	۶-۱۵-۱- نصب.....
۳۰۵.....	۶-۱۵-۲- تعمیرات و نگهداری.....
۳۰۵.....	۶-۱۶- نشانه‌گذاری، برجسب‌گذاری و بسته‌بندی.....
۳۰۵.....	۶-۱۶-۱- الزامات عمومی.....
۳۰۵.....	۶-۱۶-۲- نشانه‌گذاری سیستم برق پیل سوختی.....
۳۰۶.....	۶-۱۶-۳- نشانه‌گذاری اجزاء.....
۳۰۷.....	۶-۱۶-۴- دستورالعمل‌های فنی.....
۳۰۷.....	۶-۱۶-۴-۱- عمومی.....
۳۰۷.....	۶-۱۶-۴-۲- دفترچه راهنمای نصب.....
۳۰۸.....	۶-۱۶-۴-۳- دفترچه اطلاعات مربوط به کاربر.....
۳۱۱.....	۶-۱۶-۴-۴- دفترچه عملیاتی.....
۳۱۱.....	۶-۱۶-۴-۵- دفترچه راهنمای نگهداری و تعمیرات.....
۳۱۳.....	۶-۱۷- عملکرد.....
۳۱۳.....	۶-۱۷-۱- الزامات کلی.....

۳۱۳	۱-۱-۱۷-۶- پارامترهای عملیاتی برای آزمون.....
۳۱۴	۲-۱۷-۶- سوخت‌های آزمایشی.....
۳۱۵	۱-۲-۱۷-۶- تنظیمات مربوط به آزمون پایه.....
۳۱۵	۲-۲-۱۷-۶- آزمون‌های استحکام.....
۳۱۶	۱-۲-۲-۱۷-۶- آزمون استحکام پنوماتیک.....
۳۱۶	۲-۲-۲-۱۷-۶- آزمون استحکام هیدرواستاتیک.....
۳۱۷	۳-۲-۱۷-۶- آزمون‌های نشت.....
۳۱۷	۱-۳-۲-۱۷-۶- آزمون‌های نشت پنوماتیک.....
۳۱۸	۲-۳-۲-۱۷-۶- آزمون نشت هیدرواستاتیک.....
۳۱۹	۴-۲-۱۷-۶- آزمون نوع کارکرد عادی.....
۳۱۹	۵-۲-۱۷-۶- آزمون بار اضافی الکتریکی.....
۳۲۰	۶-۲-۱۷-۶- پارامترهای مربوط به خاموش شدن.....
۳۲۰	۷-۲-۱۷-۶- انتشار مونواکسید کربن.....
۳۲۰	۱-۷-۲-۱۷-۶- شرایط عادی.....
۳۲۰	۲-۷-۲-۱۷-۶- خروجی هوای مسدود شده.....
۳۲۰	۳-۷-۲-۱۷-۶- منبع هوای مسدود شده.....
۳۲۱	۴-۷-۲-۱۷-۶- اختلاف ولتاژ.....
۳۲۱	۸-۲-۱۷-۶- آزمون‌های مربوط به مشخصات عملکرد مشعل.....
۳۲۱	۱-۸-۲-۱۷-۶- آزمون کلی.....
۳۲۲	۲-۸-۲-۱۷-۶- آزمون حد.....
۳۲۲	۹-۲-۱۷-۶- کنترل خودکار مشعل‌ها و راکتورهای اکسیداسیون کاتالیتیک.....
۳۲۲	۱-۹-۲-۱۷-۶- مشعل‌های کنترل احتراق خودکار.....
۳۲۳	۲-۹-۲-۱۷-۶- دوره زمانی.....
۳۲۳	۳-۹-۲-۱۷-۶- زمان قفل شدن خرابی شعله.....
۳۲۴	۴-۹-۲-۱۷-۶- ترمیم جرقه/سیکل مجدد.....
۳۲۴	۵-۹-۲-۱۷-۶- کاهش شعله شمعک.....
۳۲۴	۶-۹-۲-۱۷-۶- احتراق تاخیردار.....
۳۲۵	۷-۹-۲-۱۷-۶- آزمون دمای اجزاء سیستم احتراق.....

۳۲۵.....	۶-۱۷-۲-۹-۸-پیش پالایش.....
۳۲۶.....	۶-۱۷-۲-۱۰-کنترل خودکار راکتورهای اکسیداسیون کاتالیک.....
۳۲۶.....	۶-۱۷-۳-آزمون دمای خروجی هوا.....
۳۲۷.....	۶-۱۷-۴-دمای اجزاء و سطح.....
۳۲۸.....	۶-۱۷-۵-الزامات دی الکتریک.....
۳۲۸.....	۶-۱۷-۵-۱-پیوستگی زمین.....
۳۲۸.....	۶-۱۷-۵-۲-نشتی زمین.....
۳۲۸.....	۶-۱۷-۵-۳-استحکام دی الکتریک.....
۳۲۸.....	۶-۱۷-۶-تست شبیه ساز باران.....
۳۲۹.....	۶-۱۷-۷-آزمون های باد.....
۳۲۹.....	۶-۱۷-۷-۱-کالیبراسیون.....
۳۲۹.....	۶-۱۷-۷-۲-باد.....
۳۳۱.....	۶-۱۷-۷-۳-انتشار مونواکسید کربن تحت وزش باد.....
۳۳۲.....	۶-۱۷-۸-آزمون تخلیه خودمکش رسوب.....
۳۳۳.....	۶-۱۷-۹-آزمون خط رسوب مسدود شده.....
۳۳۳.....	۶-۱۷-۱۰-آزمون های سیستم خروجی هوا.....
۳۳۴.....	۶-۱۷-۱۰-۱-آزمون بار ترمینال خروجی هوا.....
۳۳۴.....	۶-۱۷-۱۰-۲-آزمون ضربه ترمینال خروجی هوا.....
۳۳۵.....	۶-۱۷-۱۰-۳-آزمون نشت سیستم خروجی هوا.....
۳۳۶.....	۶-۱۷-۱۱-دسترسی به قطعات انرژی دار (انگشت آزمون).....
۳۳۷.....	۶-۱۷-۱۲-آزمون رابط خروجی هوا پیل سوختی.....
۳۳۸.....	۶-۱۸-آزمون های متداول.....
۳۳۸.....	۶-۱۸-۱-آزمون نشت.....
۳۳۹.....	۶-۱۸-۱-۱-آزمون پیری.....
۳۳۹.....	۶-۱۸-۲-آزمون عملکرد عادی.....
۳۳۹.....	۶-۱۸-۳-آزمون استحکام دی الکتریک.....
۳۴۰.....	۶-۱۸-۴-آزمون های نمونه گیری.....
۳۴۱.....	مراجع.....

فهرست شکل‌ها

<u>عنوان</u>	<u>صفحه</u>
شکل ۱-۲: سیستم تولید توان پیل سوختی ساکن.....	۱۹
شکل ۲-۲: دیواره استاتیکی پمپ فشار و محل ترمینال خروجی آزمون.....	۶۷
شکل ۳-۲: تست تهویه دیوار.....	۶۹
شکل ۴-۲: حلقه پیرو و جزئیات ساختار معمولی.....	۷۰
شکل ۵-۲: ملاحظات ایمنی برای سیستم‌های سوخت گازی بودار.....	۷۹
شکل ۶-۲: ملاحظات ایمنی برای سیستم‌های سوخت‌رسانی شده با گازهای بدون بو.....	۷۹
شکل ۷-۲: ملاحظات ایمنی برای سیستم‌های با سوخت مایع.....	۸۰
شکل ۱-۴: صفحه‌های بافل.....	۱۳۹
شکل ۲-۴: نمونه‌ای از هم‌پوشی بافل.....	۱۴۰
شکل ۳-۴: مقطع عرضی طراحی پوشش فوقانی.....	۱۴۱
شکل ۴-۴: پروب دسترسی.....	۱۴۹
شکل ۵-۴: حداکثر ولتاژ برای حالت ۵ جدول ۱۱-۴.....	۱۵۲
شکل ۶-۴: محدودیت ولتاژ در خازن‌ها.....	۱۵۴
شکل ۷-۴: فضای خمش سیم.....	۱۶۷
شکل ۸-۴: لوله کشی سر اسپری-نمای پلان.....	۲۲۲
شکل ۹-۴: سر اسپری.....	۲۲۳
شکل ۱۰-۴: تنظیمات تست آبپاش که A برابر با ۹۱۴/۴ میلی‌متر (۳۶ اینچ) و B برابر با ۱۵۲/۴-۷۶/۲ میلی‌متر (۶-۳ اینچ) می‌باشند.....	۲۲۴
شکل ۱۱-۴: نماد منبع جریان مستقیم، انتشارات IEC نماد ۵۰۳۱.....	۲۲۷
شکل ۱۲-۴: نماد جریان متناوب، انتشارات IEC، نماد ۵۰۳۲.....	۲۲۷
شکل ۱۳-۴: نماد فاز.....	۲۲۸
شکل ۱۴-۴: نمادی برای هادی زمین تجهیزات.....	۲۲۹
شکل ۱۵-۴: نمادهای روشن و خاموش انتشارات IEC.....	۲۳۰
شکل ۱۶-۴: شماتیک تست کنترل‌کننده شارژ.....	۲۴۷

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۳۳	جدول ۱-۲: افزایش دماهای مجاز سطوح.....
۵۶	جدول ۲-۲: تست نشتی.....
۵۹	جدول ۳-۲: تست استحکام.....
۶۷	جدول ۴-۲: اطلاعات برای منبع هوا.....
۹۸	جدول ۱-۳: فاصله مخزن، محفظه و اتصالات آن از سطح جاده.....
۱۰۸	جدول ۲-۳: تاسیسات الکتریکی.....
۱۲۹	جدول ۱-۴: ضخامت محفظه‌های فلز چدن.....
۱۳۰	جدول ۲-۴: ضخامت ورق فلزی برای محفظه‌ها، فلز کربن و فلز ضدزنگ.....
۱۳۲	جدول ۳-۴: ضخامت ورق فلزی برای محفظه، آلومینیوم، مس یا برنج.....
۱۳۶	جدول ۴-۴: ناک آوت و یا اندازه سوراخ و ابعاد بوش‌ها.....
۱۳۷	جدول ۵-۴: بازشوها در محفظه‌های دارای رتبه‌بندی زیست محیطی.....
۱۴۰	جدول ۶-۴: صفحه‌های فلزی سوراخ‌دار برای بخش تحتانی محفظه.....
۱۴۲	جدول ۷-۴: حداقل ضخامت شبکه فلزی گسترده.....
۱۴۲	جدول ۸-۴: حداقل ضخامت شبکه فلزی گسترده.....
۱۴۵	جدول ۹-۴: اندازه سوراخ‌های زهکشی.....
۱۴۸	جدول ۱۰-۴: حداقل فاصله از قسمت بازشو به قسمتی با خطر برق گرفتگی، جریان الکتریکی بالا یا آسیب‌دیدگی افراد.....
۱۵۱	جدول ۱۱-۴: خطر برق گرفتگی - حداکثر ولتاژ.....
۱۵۳	جدول ۱۲-۴: خطر برق گرفتگی - جریان انرژی ذخیره شده.....
۱۵۶	جدول ۱۳-۴: درجه‌بندی توان اسب بخار در مقابل درجه‌بندی وظیفه پایلوت.....
۱۶۰	جدول ۱۴-۴: گشتاور سفت کردن برای پیچ‌های اتصال سیم.....
۱۶۳	جدول ۱۵-۴: حجم محفظه سیم‌کشی.....
۱۶۴	جدول ۱۶-۴: حداقل فضای خمش برای هادی‌ها از میان دیواری در مقابل ترمینال‌ها.....
۱۶۶	جدول ۱۷-۴: حداقل فضای خمش سیم و عرض سیم‌راهه برای هادی‌های عبوری از دیوار.....
۱۷۱	جدول ۱۸-۴: اندازه سیم الکتروود اتصال زمین یا زمین تجهیزات.....
۱۷۴	جدول ۱۹-۴: حداقل اندازه جامپر.....
۱۷۵	جدول ۲۰-۴: سطح مقطع معادل سیم و گذرگاه‌ها.....

جدول ۴-۲۱: مواد سیم‌کشی تجهیزات الکتریکی.....	۱۷۸
جدول ۴-۲۲: فاصله‌ها.....	۱۸۴
جدول ۴-۲۳: حداکثر توان مدارهای سیگنال قابل دسترسی ایزوله.....	۱۸۹
جدول ۴-۲۴: مقادیر فیوز ثانویه یا محافظ مدار.....	۱۹۰
جدول ۴-۲۵: حفاظت جریان زیاد اولیه برای ترانسفورماتورهای مدار کنترل.....	۱۹۵
جدول ۴-۲۶: مشخصات شناسایی حداکثر جریان زمین مجاز.....	۱۹۶
جدول ۴-۲۷: ولتاژهای خروجی برای آزمایش‌ها.....	۲۰۱
جدول ۴-۲۸: حداکثر دما.....	۲۰۳
جدول ۴-۲۹: حداکثر دمای سطح.....	۲۰۵
جدول ۴-۳۰: اصلاحات اندازه‌گیری دما.....	۲۰۵
جدول ۴-۳۱: تست مقاومت در برابر ولتاژ دی‌الکتریک بعد از تست‌های غیرعادی.....	۲۱۰
جدول ۴-۳۲: آزمون سیم‌کشی اشتباه ورودی DC.....	۲۱۲
جدول ۴-۳۳: حداکثر زمان باز کردن مدار.....	۲۱۴
جدول ۴-۳۴: مدت زمان تست جریان زیاد.....	۲۱۶
جدول ۴-۳۵: ظرفیت مدار برای تست اتصال کوتاه هادی همبندی.....	۲۱۷
جدول ۴-۳۶: زمان کارکرد.....	۲۱۸
جدول ۴-۳۷: ترتیب عملیاتی برای آزمایش باران و آبپاش.....	۲۲۱
جدول ۴-۳۸: مقدار مجاز واحد.....	۲۲۵
جدول ۴-۳۹: علائم اختیاری.....	۲۳۱
جدول ۴-۴۰: گشتاور سفت کننده برای اتصالات سیم فشار.....	۲۴۰
جدول ۴-۴۱: گشتاور سفت کننده برای کانکتورهای سیم فشار دارای درایو داخلی، پیچ‌های سرسوکتی.....	۲۴۱
جدول ۴-۴۲: علائم خاتمه کار.....	۲۴۱
جدول ۴-۴۳: شرایط تست خط تولید.....	۲۴۲
جدول ۴-۴۴: محدودیت ولتاژ و فرکانس برای تعامل با تاسیسات.....	۲۴۴
جدول ۴-۴۵: بارهای شبیه‌سازی شده باتری.....	۲۴۶
جدول ۴-۴۶: ترتیب اتصال و قطبیت.....	۲۴۹
جدول ۵-۱: چشم‌انداز شبکه هوشمند برق ایران.....	۲۵۷
جدول ۵-۲: استانداردهای بخش‌های مختلف شبکه هوشمند.....	۲۵۸

جدول ۶-۱: حدود ولتاژ SELV..... ۲۸۸

مقدمه

استفاده گسترده از هیدروژن به عنوان منبع انرژی می‌تواند به کاهش نگرانی در مورد امنیت انرژی، تغییرات اقلیمی جهانی و کیفیت هوا کمک کند. چنین سوختی می‌تواند جایگزینی پاک‌تر و کارآمدتر در مقایسه با سوخت‌های فسیلی مانند بنزین، گازوئیل و غیره باشد. هیدروژن می‌تواند با استفاده از فن‌آوری‌های مختلف تولید و ذخیره شده و در فصل‌های مختلف سال مورد استفاده قرار گیرد. با استفاده از این سوخت در فرآیندهای احتراق و پیل‌های سوختی، طیف گسترده‌ای از خدمات انرژی موردنیاز از قبیل روشنایی، حمل و نقل، گرمایش، سرمایش و پخت و پز را می‌توان فراهم نمود. کارکرد صحیح و ایمن پیل‌های سوختی نیازمند استانداردسازی فرایندهای نصب، راه‌اندازی و نگهداری آنهاست. برای نیل به این هدف، مقررات، مجوزها و معیارهای اطلاعاتی فرآیندهای نظارتی مورد بررسی قرار گرفته‌اند و مفاد کدهای مربوطه و استانداردهایی که بر روی طراحی، مستقر کردن، تایید، نصب، بهره‌برداری و تعمیرات تکنولوژی پیل سوختی تاثیرگذار می‌باشند، بررسی شده است. در نهایت و با عنایت به مطالب فوق و مشخصات پیل‌های سوختی با کاربرد ساکن، الزامات طراحی، نصب و بهره‌برداری از پیل‌های سوختی، ادوات ای‌منی آنها، سیستم‌های گازرسانی مربوطه، سیستم‌های الکترولیت‌یک‌موردنی‌از، سیستم‌های کنترل و ارتباط با شبکه و هوشمند سازی و سایر تجهیزات پیل سوختی در این نشریه فراهم شده است.

فصل ۱

**الزامات موردنیاز جهت طراحی، نصب
و بهره‌برداری از پیل‌های سوختی با
کاربرد ساکن**

۱-۱- هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این نشریه فراهم نمودن حداقل الزامات ایمنی برای نصب سیستم‌های پیل سوختی ساکن در فضای بسته و فضای باز مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۹۸۱۴-۳-۱ است.

استاندارد ذکر شده برای نصب سیستم‌های زیر کاربرد دارد:

- سیستم‌های در نظر گرفته شده برای اتصال الکتریکی به صورت مستقیم یا به وسیله کلید انتقال‌دهنده.
- سیستم‌های در نظر گرفته شده برای توزیع توان مستقل از شبکه.
- سیستم‌های در نظر گرفته شده برای تامین توان AC یا DC.
- سیستم‌های با/بدون قابلیت بازیافت حرارتی مفید.
- همچنین استاندارد مذکور برای موارد زیر کاربرد ندارد:
- منبع تغذیه سوخت /سیستم‌های ذخیره سوخت.
- وصل کننده برق به شبکه.
- سیستم‌های پیل سوختی قابل حمل.
- سیستم‌های پیل سوختی پیش‌ران.
- وسایل واحدهای توان کمکی (APU).

سیستم‌های پیل سوختی به دو دسته تقسیم می‌شوند :

- سیستم‌های کوچک
- سیستم‌های بزرگ

تعاریف مربوطه در بند ۳ فراهم شده‌اند. قابل ذکر است ضوابط مورد نظر برای انواع مختلف پیل سوختی یکسان می‌باشد مگر اینکه در مورد خاصی جداگانه ذکر شود.

۲-۱- مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن استاندارد شماره ۹۸۱۴-۳-۱ به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر استاندارد ملی مذکور نیست. در مورد مدرکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آنها مورد نظر است .

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد استاندارد شماره ۹۸۱۴-۳-۱ الزامی است:

- 1- IEC 60079-10, Electrical apparatus for explosive gas atmospheres- Part 10: Classification of hazardous areas.
- 2- IEC 61511-3 ,Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector – Part 3: Guidance for the determination of the required safety integrity levels.
- 3- IEC 61779-4 , Electrical apparatus for the detection and measurement of flammable gases- Part 4: Performance requirements for group II apparatus indicating up to 100% lower explosive limit.
- 4- IEC 61779-6 : Electrical apparatus for the detection and measurement of flammable gases- Part 4: Guide for the selection, installation use and maintenance of apparatus for the detection and measurement of flammable gases.

۳-۱- تعاریف و اصطلاحات

در استاندارد شماره ۱-۳-۹۸۱۴ اصطلاحات/واژه‌ها با تعاریف زیر به کار می‌روند.

۱-۳-۱- قابل دسترسی (ناحیه دسترسی کاربر)

ناحیه ای که تحت شرایط کار معمولی، یکی از ویژگی‌های زیر را دارد:

- دسترسی به آن بدون استفاده از ابزار آلات ممکن شود.
- وسایل دسترسی به طور آگاهانه برای کاربر فراهم شده باشد.
- کاربر برای ورود بدون برنامه با/بدون ابزاری که برای دسترسی نیاز دارد، آموزش دیده باشد.

یادآوری – اصطلاحات "دسترسی" و "قابل دسترسی" مربوط به ناحیه دسترسی، به شرح فوق تعریف شده‌اند، مگر غیر از این تعریف شود.

۱-۳-۲- تایید شده

قابل قبول برای مرجع دارای صلاحیت رسیدگی یا داوری.

۱-۳-۳- مرجع رسیدگی و داوری (AHJ)

سازمان، اداره یا شخص مسئول برای پیش بردن الزامات یک قانون، استاندارد یا برای تایید تجهیزات، مواد، نصب و یا یک روش اجرایی.

۱-۳-۴- گازهای خروجی

گازهای خروجی از سیستم پیل سوختی که قابل استفاده مجدد نیستند.

۱-۳-۵- سیستم خروجی گازها

سیستم حمل کننده گاز برای انتقال گازها از محل تولید به نقطه تخلیه.

۱-۳-۶- پیشگیری از آتش‌سوزی

اقدامات تعیین شده برای جلوگیری از وقوع آتش‌سوزی.

۱-۳-۷- حفاظت آتش

روش‌های فراهم شده برای کنترل آتش‌سوزی یا خاموش کردن آتش.

۱-۳-۸- ارزیابی احتمال وقوع آتش‌سوزی

بررسی فنی خصوصیات ساختاری یک واحد و فرایند کاری برای اطمینان از این که الزامات عملی پیشگیری و حفاظت در برابر آتش‌سوزی برای منابع جانی و مالی فراهم شده‌اند.

۱-۳-۹- تهویه اجباری

جریان هوا یا گاز ایجاد شده به وسیله فن، دمنده یا دیگر وسایل مکانیکی که جریان گاز را از طریق یک سیستم تهویه اجباری یا مکش خارج می‌سازد.

۱-۳-۱۰- نصب در فضای بسته

حالتی که سیستم پیل سوختی به طور کامل به وسیله دیوار، سقف و کف در بر گرفته شده باشد.

۱-۳-۱۱- نصب

- مکانی که سیستم پیل سوختی به عنوان یک واحد در آن قرار گرفته یا به صورت یک مجموعه ساخته شده است.

- عمل نصب یک سیستم پیل سوختی.

۱-۳-۱۲- سیستم‌های قدرت پیل سوختی بزرگ

سیستم‌های پیل سوختی دارای توان الکتریکی خالص خروجی بیش از ۱۰ کیلووات.

۱-۳-۱۳- حد پایین اشتعال‌پذیری (LFL)

پایین‌ترین غلظت یک گاز یا بخار قابل اشتعال در هوا که شعله را گسترش می‌دهد.

۱-۳-۱۴- تهویه طبیعی

جریان هوا یا گاز ایجاد شده به وسیله اختلاف فشار یا چگالی گاز بین بیرون و داخل منفذ، اتاق/فضا.

۱-۳-۱۵- غیرقابل احتراق

عدم قابلیت وقوع احتراق بر طبق استاندارد ISO 1182 یا روش معادل آن.

۱-۳-۱۶- نصب در فضای باز

نصب سیستم توان به طوری که در فضای بسته نباشد. چنانچه قوانین ملی یا محلی اجازه دهند، یک ساختمان در فضای باز با سقف/دیوارهای جزئی را می‌توان به عنوان نصب در فضای باز در نظر گرفت.

۱-۳-۱۷- سیستم قدرت پیل سوختی قابل حمل

سیستم قدرت پیل سوختی که به منظور حمل در حین کار در نظر گرفته شده است و یا در یک مکان خاص ثابت یا بسته نشده باشد.

۱-۳-۱۸- نصب روی سقف

سیستم نصب شده بر روی سقف یک ساختمان.

۱-۳-۱۹- تهویه اتاق

تامین هوای اتاق به منظور خنک کردن، گرمایش، جبران هوای مصرفی یا تهویه به منظور ایمنی. یادآوری - هوای مورد نیاز می‌تواند از بیرون یا داخل محیط تامین شود.

۱-۳-۲۰- سیستم قدرت پیل سوختی کوچک

سیستم پیل سوختی دارای خروجی الکتریکی خالص تا ۱۰ کیلووات.

۱-۳-۲۱- ثابت

حالتی که سیستم به طور دائم به مکانی متصل و ثابت شده باشد.

۴-۱- تدابیر و الزامات عمومی ایمنی

استاندارد شماره ۱-۳-۹۸۱۴ شرایطی را که می‌توانند باعث ایجاد خطر برای افراد یا آسیب به تجهیزات یا وسایل بیرونی سیستم پیل سوختی شوند، محدود می‌کند.

طراحی‌ها باید به گونه‌ای انجام شود تا ادوات مهم کمکی، اضطراری و کنترلی پیرامون پیل و خطوط انتقال نسبت به نشستی مواد اصلی خروجی و ورودی در برابر آسیب و خوردگی مقاوم باشند.

بر اساس مقدار سوخت و سایر منابع انرژی (مانند مواد قابل اشتعال، وسایل تحت فشار، انرژی الکتریکی، انرژی مکانیکی و غیره) در سیستم‌های پیل سوختی نیاز به حذف منابع بالقوه خطر می‌باشد. تدابیر ایمنی عمومی برای نصب سیستم‌های پیل سوختی باید مطابق موارد زیر ایجاد شوند :

- جلوگیری از امکان رها شدن گازهای قابل احتراق/سمی و گازها، مایعات و جامدات آلاینده.
- حذف خطرات بیرونی سیستم پیل سوختی و تاسیسات مرتبط، وقتی که انرژی یا گازها تقریباً به صورت آبی آزاد می‌شوند.
- فراهم نمودن علائم و نشانه‌های مربوط به احتمال خطرات موجود.
- در استفاده از تدابیر شرح داده شده فوق موارد زیر باید با دقت خاصی رعایت شوند:
- خطرات مکانیکی: سطوح تیز، خطرات نشستی، اجسام متحرک و ناپایدار، مقاومت مصالح و مایعات یا گازهای تحت فشار.
- خطرات الکتریکی: تماس افراد با قسمت‌های برقدار، اتصال کوتاه و ولتاژهای بالا.
- خطرات حرارتی: سطوح داغ، رها شدن گازها یا مایعات با دمای بالا، فرسودگی حرارتی.
- خطرات انفجار و آتش‌سوزی: مایعات یا گازهای قابل اشتعال، پتانسیل انفجار مخلوط در شرایط کار معمول یا غیر معمول و پتانسیل انفجار مخلوط در شرایط نامناسب.
- خطرات درست کار نکردن ماشین‌آلات: کار غیر ایمن مربوط به نصب تجهیزات، ناشی از مشکلات نرم‌افزاری، مدار کنترل یا حفاظت/ایمنی اجزاء یا اشتباه در ساخت یا کار نادرست.
- خطرات مواد و اجسام: خرابی مواد، خوردگی، شکنندگی، رها شدن سم، خطرات خفگی (مانند جایگزینی، تعویض اکسیژن به وسیله گازهای خالص ورودی).
- خطرات رهایی پسماند: رهایی مواد سمی، بازیافتی، مایعات یا گازهای قابل اشتعال.
- خطرات شرایط محیطی: کار غیرایمن در محیط‌های خیلی سرد/گرم، بارانی، سیلاب، باد، زلزله، آتش‌سوزی و دودی.

در فرآیند نصب سیستم‌های پیل سوختی بزرگ، باید اطمینان حاصل شود که:

- تمام خطرات قابل پیش‌بینی، وضعیت‌های خطرناک و حوادث مرتبط با نصب سیستم پیل سوختی تعیین شده باشند.

- ریسک هر کدام از این خطرات تخمین زده شده یا از ترکیب احتمال رخداد، خطر و شدت پیش‌بینی شده آن، برآورد شود. راهنماهای کاربردی یا معادل را می‌توان در استانداردهای ISO 14121، IEC 61882 و IEC 61511 پیدا کرد.

- احتمال و شدت هر ریسک در طول زمان به وقوع پیوستن آن، تا حد ممکن کاهش یافته باشد.

- اقدامات حفاظتی لازم در رابطه با خطراتی که نمی‌توان آن‌ها را حذف نمود در نظر گرفته شود (فراهم نمودن علائم هشدار و تجهیزات ایمنی).

لازم است سیستم‌های ایمنی خاموش کننده که از طریق دیگری ارزیابی نشده یا به وسیله شخص سومی تایید نشده‌اند، مورد بررسی ایمنی قرار گیرند، مانند تجهیزات کمکی سایت و تجهیزات میانی سیستم پیل سوختی تایید شده.

۱-۵- ملاحظات مکان نصب

۱-۵-۱- کلیات مکان

سیستم‌های قدرت پیل سوختی و تجهیزات مربوطه، اجزاء و کنترل کننده‌ها باید مطابق با دستورالعمل‌های سازنده در محل مناسب، نصب و قرار گیرند و الزامات زیر را برآورده نمایند:

- پیل سوختی باید طوری نصب و ثابت شود که به آسانی واژگون و یا جابجا نشود.

- در صورت نیاز، پیل سوختی باید طوری مستقر و محکم شود که سیستم و تجهیزات مرتبط تحت تاثیر باد قرار نگرفته و آسیب نبیند. سیستم باید طوری محافظت شود که تحت تاثیر باران، برف، یخ‌زدگی، آب و یا دماهای یخ‌زدگی قرار نگیرد، مگر این که سیستم و تجهیزات نصب شده برای چنین شرایطی طراحی شده باشند.

- مکان سیستم‌های بزرگ پیل سوختی باید در برابر دسترسی افراد غیر مجاز متناسب با شرایط مکان و محیط نصب محافظت شوند. دسترسی سازمان آتش‌نشانی به مکان باید به راحتی امکان‌پذیر باشد.

- برای سیستم نصب شده در بیرون باید امکان وقوع خطرات محیطی مطابق استاندارد IEC 60079-10 تعریف شده باشند، مگر این که برای یک حالت خاص امکان وقوع خطرات فهرست شده و تصویب شده باشند.

- سیستم باید طوری نصب شود که بر خروجی‌های ساختمان تاثیر نگذارد.

- سیستم باید طوری قرار گرفته باشد که سیستم‌های قدرت پیل سوختی و اجزاء آن و خروجی‌های مربوطه یا کانال گازهای احتراق از درها، پنجره‌ها، آب‌گیرهای بیرونی و دیگر ورودی‌های منتهی به ساختمان برای جلوگیری از ورود گازهای احتراق به داخل ساختمان جدا شده باشند.

- گازهای خروجی وقتی که مستقیماً به مسیرهای گردش یا دیگر مسیرهای رفت و آمد تخلیه می‌شوند، نباید برای عابرین دارای خطر باشند.
- سیستم باید طوری نصب شود که به آسانی تحت سرویس و تعمیر و نگهداری و دسترسی اضطراری قرار گیرد.
- سیستم باید دور از مواد قابل احتراق و انبارها و مکان‌های دارای احتمال وقوع آتش‌سوزی، قرار گیرد. فواصل و فضاهای خالی باید مطابق دستورالعمل نصب سازندگان تعیین شوند.
- سیستم باید طوری قرار گرفته باشد که از آسیب فیزیکی در نتیجه حرکت وسایل نقلیه یا تجهیزات محافظت شود.
- در صورتی که چند سیستم در کنار هم قرار می‌گیرند باید طوری قرار گرفته یا محافظت شوند که در صورت آتش‌سوزی یا خرابی در یکی، بقیه سیستم‌ها در مقابل خطرات ایجاد شده در سیستم‌های مجاور، ایمن باشند.
- الزامات جایگزین برای سطح معادل ایمنی مکان نصب تایید شده به وسیله بررسی مهندسی باید با مجوز مرجع مجاز رسیدگی و داوری باشند.
- مایعات تخلیه شده باید مطابق دستورات مرجع مجاز رسیدگی و داوری دور ریخته شوند.
- تا حد امکان پیل سوختی و تاسیسات مرتبط توسط دوربینهای مدار بسته تحت کنترل باشند بگونه ای که در شرایط بحرانی کمترین آسیب متوجه دوربینها شود و کلیه مسیرهای انتقال داده‌ها در خارج و بیرون از محل نصب در امنیت مطلوب بوده و بالاترین حد ایمنی را نسبت به سایر بخشها داشته باشند.
- محل نصب و مجموعه پیل سوختی از حیث مقاومت در برابر زلزله بهتر از سازه‌های اطراف باشد یا در فاصله‌ای ایمن نسبت به سازه‌هایی باشد که می‌توانند مخاطرات مرتبط با زلزله را برای مجموعه پیل سوختی به همراه داشته باشند.

۱-۵-۲- نصب در فضای باز

- خروجی‌های سیستم پیل سوختی باید طوری قرار گرفته باشند که واحد تحت تاثیر سایر گازهای خروجی، گازها، یا آلوده کننده‌ها قرار نگیرد. خروجی‌های هوای سیستم قدرت پیل سوختی باید باز نگه داشته شوند تا ظرفیت جریان هوا به وسیله تراکم و انباشتگی مواد جامد، گرد و خاک، آب، یخ و برف تحت تاثیر قرار نگیرد.
- خروجی‌های هوا و گازهای خروجی به/از پیل سوختی نباید تاثیری بر گردشگاه‌ها و یا دیگر مسیرهای عابران داشته باشند.

خروجی گازها از نواحی فرآیندها یا ناحیه‌هایی که شامل اجزاء حمل‌کننده سوخت از سیستم پیل سوختی هستند، از قبیل خروجی‌ها از شیرهای اطمینان باید طوری قرار بگیرند که بر گرمایش، تهویه، و تعویض هوا توسط هواکش‌ها، پنجره‌ها، درها و سایر ورودی‌های ساختمان، تاثیر نداشته باشند.

سطح اطراف خروجی‌ها از فرآیندهای سوخت یا قسمت‌هایی که شامل اجزاء حمل‌کننده سوخت هستند و خروجی شیرهای اطمینان باید بر طبق استاندارد IEC 60079-10 مورد ارزیابی قرار گیرند.

موانع ایمنی، دیوارها، موانع طبیعی و دیگر اتاقک‌ها نباید بر جریان هوای ورودی مورد نیاز یا گازهای خروجی از سیستم قدرت پیل سوختی و اجزاء آنها تاثیر بگذارند.

۱-۵-۳- نصب در فضای بسته

سیستم‌های قدرت پیل سوختی بزرگ: سیستم‌های پیل سوختی بزرگ و اجزاء مربوطه باید در اتاق‌هایی که الزامات قابل قبول استانداردهای ملی را برآورده می‌نمایند، نصب شوند.

سیستم‌های قدرت پیل سوختی کوچک: نیاز سیستم‌های قدرت پیل سوختی کوچک به فواصل مجاز آتش باید برطرف شود.

۱-۵-۴- نصب روی سقف

سیستم‌های قدرت پیل سوختی و اجزاء قرار گرفته بر روی سقف‌ها باید مطابق الزامات نصب در فضای باز، نصب شوند. رعایت فاصله افقی ۳۰ سانتی‌متر از سیستم قدرت پیل سوختی نصب شده بر روی سقف برای سایر تجهیزات یا عناصر الزامی است. در غیر این صورت این تجهیزات باید غیر قابل احتراق بوده و یا باید برای داشتن درجه مناسبی از حفاظت در مقابل سرایت آتش به سطح سقف آزمون و تایید شده باشند. سیستم‌های قدرت پیل سوختی مطابق بند ۱-۵-۱۳ ب استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۳-۹۸۱۴ شامل این محدودیت نمی‌شوند.

۱-۶- تهویه و گازهای خروجی

۱-۶-۱- کلیات

نصب کلیه سیستم‌های قدرت پیل سوختی در فضاهای بسته باید همراه با سیستم‌های تهویه و گازهای خروجی به صورتی که در زیر فراهم شده است، انجام گیرد.

سیستم‌های تهویه برای نصب در فضاهای بسته باید برای ایجاد یک فشار منفی یا خنثی در داخل اتاق، نسبت به ساختمانی که سیستم پیل سوختی در آن قرار گرفته است، طراحی شوند.

هواکش‌ها و خروجی‌های سیستم‌های خروج گازها و تهویه باید الزامات تعیین شده در بخش خروجی‌های هوای فضای آزاد را برآورده نمایند.

۱-۶-۲- تهویه

هوای داخل اتاقی که سیستم قدرت پیل سوختی در آن قرار گرفته است (فارغ از اینکه از مجاورت وسایل، اتاق مجاور یا اتاق‌های بیرونی تامین می‌شود) می‌تواند به عنوان هوای تهویه یا هوای مورد نیاز فرآیندها یا هر دو استفاده شود. این هوا باید به وسیله سیستم اجباری یا طبیعی مطابق با دستورالعمل‌های نصب سازنده تهویه شود. چنانچه تهویه اجباری لازم باشد، برای ایمنی در هنگام کار معمول، یک سیستم کنترل پیوسته برای هشدار/خاموش کردن سیستم قدرت پیل سوختی در هنگام افت شرایط تهویه، متناسب با بند تدابیر و الزامات عمومی ایمنی فوق‌الذکر باید فراهم شود.

۱-۶-۳- سیستم گازهای خروجی

کلیه سیستم‌های پیل سوختی باید دارای یک سیستم اختصاصی گاز خروجی باشند که مسیر خروج گازهای منتشر شده به بیرون باشد.

گازهای خروجی سیستم‌های قدرت پیل سوختی کوچک می‌توانند به طور مستقیم در داخل اتاقی که در آن نصب شده‌اند، تخلیه شوند، اگر اتفاق:

الف) جدا از ساختمان بوده یا بدون دسترسی مستقیم به نواحی سکونت به ساختمان متصل شده باشد

ب) دارای یک سیستم پیوسته تهویه باشد که جریان کافی هوا را برای اطمینان در همه شرایط داشته باشد، طوری که از حالت‌های زیر جلوگیری شود :

۱- غلظت CO در هوای بدون CO، بیشتر از 300 ppm

۲- مقدار بیشتر از ۲۵٪ حد پایین اشتعال‌پذیری مربوطه

۳- غلظت اکسیژن کمتر از ۱۸٪

۱-۶-۴- فرایند تصفیه و تخلیه

تانک‌های فشار و لوله‌کشی منظور شده برای تخلیه، رگلاتورهای فشار، شیرهای اطمینان و دیگر منابع بالقوه از گاز قابل احتراق باید مطابق بند خروج گازها در بخش نصب در فضای باز، به بیرون از ساختمان تخلیه شوند. درجه تخلیه باید طوری طراحی شود که از ورود آب یا اجسام خارجی به داخل جلوگیری شود.

۷-۱- حفاظت در مقابل آتش‌سوزی و نشانگر گاز

۷-۱-۱- نشانگر و حفاظت در مقابل آتش‌سوزی

۷-۱-۱-۱- مکان سیستم حفاظت در مقابل آتش‌سوزی

چنانچه سیستم‌های پیل سوختی بزرگ در مکان‌هایی قرار گرفته‌اند که شیر آتش‌نشانی ندارد، باید در برابر خطر آتش‌سوزی محافظت شوند. سیستم‌های پیل سوختی کوچک مشمول این الزام نمی‌باشند. سیستم‌های پیل سوختی که در داخل ساختمان‌ها قرار گرفته‌اند، باید مطابق بند ۷-۱-۲-۱- محافظت شوند.

۷-۱-۲-۱- نشانگر گاز قابل احتراق (فقط نصب در فضاهای بسته)

سیستم نشانگر گاز قابل احتراق باید در اتاقک سیستم پیل سوختی یا در سیستم تخلیه گازهای احتراق یا در اتاقی که سیستم پیل سوختی در آن نصب شده، نصب شوند. مکان سیستم‌های نشانگر گاز در اتاق باید سریع‌ترین هشدار برای وجود گازهای قابل احتراق را فراهم آورد.

مکان نشانگرهای گاز باید مطابق استاندارد IEC 61779-6 باشد.

الزامات برای حسگرهای گاز در استاندارد IEC 61779-4 تعیین شده است.

سیستم نشانگر گاز قابل احتراق برای سیستم‌های پیل سوختی با خصوصیات زیر لازم نیست:

- سوخت آنها گاز بودار شده باشد.

- سوخت آنها گاز بودار شده نباشد و در بطری‌هایی که دارای ظرفیت محدودی مطابق استانداردهای ملی مربوطه هستند و آنها را می‌توان در محیط بیرون بدون تهویه خاصی ذخیره نمود، قرار گرفته باشد.

معیارهای زیر برای سیستم‌های نشانگر گاز قابل احتراق باید رعایت شوند:

- سیستم نشانگر گاز قابل احتراق باید طوری تنظیم شود که در $\% 25$ حد پایین اشتعال‌پذیری هشدار دهد و

سیستم کنترل پیوسته‌ای برای خاموش کردن منبع سوخت در $\% 60$ حد پایین اشتعال‌پذیری مربوطه به کار افتد.

- غلظت حد پایین اشتعال‌پذیری مورد استفاده باید حد پایین قابلیت اشتعال گاز یا مخلوط گاز باشد.

نشانگر گاز قابل احتراق که الزامات فوق‌الذکر را برآورده می‌کند باید برای تمام سیستم یا به طور جداگانه برای

کمپرسورهای گاز کنار هم، فراهم شود. کمپرسورهای گاز کنار هم که دارای تهویه برای اطمینان از پایین بودن غلظت گاز از $\% 25$ حد پایین اشتعال‌پذیری می‌باشند، مشمول این الزام نمی‌باشند.

اتاق یا ناحیه‌ای که سیستم قدرت پیل سوختی در آن قرار گرفته و سوخت آن گاز بدون بو مانند هیدروژن می‌باشد که از بیرون به داخل اتاق یا محوطه لوله‌کشی شده است، باید دارای نشانگر گاز قابل احتراق مطابق بند ۱-۷-۱-۲- باشد. سیستم نشانگر گاز باید مطابق محدودیت‌های نسبی ارائه شده، هشدار دهد یا سیستم را خاموش کند.

۱-۷-۲- جلوگیری از آتش‌سوزی و طرح‌ریزی اضطراری

برای سیستم‌های بزرگ پیل سوختی نصب شده، باید یک طرح اضطراری جلوگیری از آتش‌سوزی نوشته شود و این طرح برای سیستم‌های قدرت پیل سوختی کوچک لازم نیست.

۱-۸- اتصالات داخلی با تجهیزات میانی مستقر در محل

۱-۸-۱- کلیات طرح

تمام اتصالات داخلی از قبیل لوله‌کشی، سیم‌های برق، قطع کننده و کانال‌کشی بین تجهیزات میانی سایت و سیستم پیل سوختی باید مطابق استانداردهای ملی مربوطه باشند.

۱-۸-۲- کلیات اتصال به منابع

مکان و شیوه نصب تجهیزات میانی جریان پایین دستی سیستم تغذیه سوخت و لوله‌کشی و اتصالات که به سیستم قدرت پیل سوختی متصل می‌شوند باید منطبق با این استاندارد باشند.

۱-۸-۳- لوله‌کشی و قطع کننده سوخت

یک شیر قطع کننده دستی قابل دسترس باید در فاصله ۱/۸ متری بالای جریان سیستم پیل سوختی قرار گیرد، مگر این که سیستم به وسیله اتاق احاطه شده باشد. در این حالت شیر قطع کننده جریان باید در بیرون از اتاق قرار گیرد. شیر قطع کننده جریان دومی را می‌توان در داخل اتاق برای مواقع تعمیر و نگهداری قرار داد. اگر شیر دوم را نمی‌توان در مسیر جریان قرار داد و در بیرون از اتاق قرار داده می‌شود، باید از نوع قابل قفل شدن باشد. لوله‌کشی، شیرها، رگلاتورها، یا دیگر تجهیزات باید طوری قرار گرفته باشند که به وسیله اجسام صدمه فیزیکی نبینند.

برای نصب داخلی یک سیستم که به وسیله مخلوط سوخت گازی بدون بو تغذیه می‌شود باید یک شیر قطع کننده جریان خودکار که به نشانگر گاز وصل شده باشد در بیرون از ساختمانی که سیستم پیل سوختی را در بر گرفته مطابق بند ۷ قرار داده شود. سیستم نشانگر گاز باید طوری تنظیم شود که در % ۲۵ حد پایین اشتعال‌پذیری هشدار دهد و متصل به سیستم قطع تغذیه سوخت در % ۶۰ حد پایین اشتعال‌پذیری باشد.

۱-۸-۴- اتصالات به منبع سوخت کمکی میانی و رهایی مواد

سیستم‌های قدرت پیل سوختی متفاوت نیاز به بعضی وسایل تامین سوخت کمکی و رهایی کمکی دارند. از جمله این سیستم‌ها می‌توان به سیستم‌های تصفیه یا حفاظت در برابر آسیب‌های داخلی اشاره کرد. شایان ذکر است نحوه ذخیره سوخت‌های کمکی در دامنه کاربرد این استاندارد نمی‌باشد و فقط نحوه اتصالات باید تعیین شود.

۱-۸-۴-۱- گازهای کمکی قابل احتراق

سیستم‌های ایمنی اضافی شامل، شیر قطع کننده واکنش سریع که به وسیله سیستم کنترل خودکار سیستم‌های پیل سوختی کنترل می‌شود و یک شیر دوم قطع کننده قابل دسترسی با یک عمل کننده دستی اضافی در خط تغذیه سوخت هر سیستم برای گازهای قابل احتراق لازم است.

۱-۸-۴-۲- گازهای غیر قابل احتراق یا گازهای کمکی خنثی

اتصالات مرتبط باید مطابق استانداردهای ملی مربوطه باشند.

۱-۸-۴-۳- آب

برای سیستم‌های آب ورودی و آب بازیافت شده، اتصالات بر طبق استانداردهای ملی مربوطه باشند.

۱-۸-۴-۴- رهایی آب پسماند

اتصالات مطابق استانداردهای ملی مربوطه باشند.

۱-۸-۴-۵- تخلیه لوله

اتصالات مطابق استانداردهای ملی مربوطه باشند (برای سیستم‌های پیل سوختی کوچک لازم نیست).

۱-۹- الزامات زیست محیطی

گازهای منتشر شده، آلوده‌کننده‌ها و دیگر تاثیر گذارنده‌ها روی محیط زیست در هنگام کار معمول، غیرمعمول و کار به روش نامناسب در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳-۹۸۱۴ تعیین شده‌اند.

الزامات برای نصب و کار آزمایشی عبارتند از:

انتشار موارد ذیل در هنگام نصب و کار آزمایشی باید از سطح قابل قبول تعیین شده در قوانین ملی فراتر نروند:

- سر و صدا.

- مواد آلوده کننده/سمی.

- مواد کمکی.

- ذرات خشک گازهای سوخته شده.

اگر مطابق استانداردهای ملی، الزام باشد، باید تجهیزات کافی برای کاهش انتشار موارد فوق در هنگام نصب و کار آزمایشی سیستم قدرت پیل سوختی، فراهم و راه اندازی شوند. به هنگام نصب یا جداسازی سیستم و متعلقات به منظور تعمیر یا تعویض، الزامات عدم انتشار مواد آلوده کننده رعایت گردد.

۱-۱۰-۱- آزمون‌های تأیید

۱-۱۰-۱-۱- نشت گاز

آزمون نشت گاز فقط برای مکانی که لوله‌کشی در آن نصب شده، لازم است. آزمون نشت گاز باید بر طبق استانداردهای ملی مربوطه انجام گیرد.

۱-۱۰-۲- مکان مخصوص وسایل خاموش کننده

برای وسایل قطع کننده مورد نیاز در بندهای:

- بند ۱-۶-۲- (تهویه اجباری).
 - بند ۱-۶-۳- (گازهای خروجی تحت فشار).
 - بند ۱-۷-۱- (حسگر نشان دهنده قابلیت احتراق).
 - بند ۱-۸-۳- (شیر قطع کننده جریان گاز بدون بو).
- تأیید صحت عملکرد ضروری است.

۱-۱۱- آزمون‌های نگهداری

روش‌های آزمون وسایل نصب شده در سایت که در طول دوره کاری به طور معمول نیازمند تعمیرات هستند باید در مکان نصب بر طبق دستورالعمل‌های سازندگان و قوانین ملی اجرا شوند.

۱۲-۱- مستندسازی

۱-۱۲-۱- نشانه‌ها و دستورالعمل‌ها

نشانه‌گذاری‌های رابط کاربر: جایی که رابط‌های کاربر در بالای سیستم قدرت پیل سوختی یا بر روی واحد کنترل از راه دور متصل به سیستم قدرت پیل سوختی قرار گرفته‌اند، وسایل ورودی باید به طور واضح قابل شناسایی (حداقل به زبان محلی) باشند. هر گونه وسایل اضطراری باید مطابق قوانین ملی یا بومی نشانه‌گذاری شوند. تمام لوله‌کشی‌های سوخت در دامنه کاربرد این استاندارد باید بر طبق استاندارد ملی مربوطه نشانه‌گذاری یا شناسایی شوند.

۲-۱۲-۱- چک‌لیست بازرسی

چک‌لیست بازرسی باید شامل بسته مستندسازی شده یا دستورالعمل نصب باشد. که باید به وسیله مالک یا کاربر دستگاه نگهداری شود.

چک‌لیست نصب باید حاوی اطلاعات زیر باشد:

- نام شرکت نصب کننده
- نام نصب کننده
- تاریخ نصب
- مکان نصب سیستم پیل سوختی.
- چک لیست نصب باید دارای امضاء و تایید نصاب مبنی بر رعایت الزامات زیر باشد:
 - الزامات اتصال تغذیه سوخت به صورت شرح داده شده در بند ۱-۸-۲-
 - نتایج آزمون نشت گاز به صورت شرح داده شده در بند ۱-۱۰-۱-
 - اتصالات تجهیزات کمکی به صورت شرح داده شده در بند ۱-۸-۴-
 - اتصالات تهویه، ساختار و آزمون سیستم کنترل تهویه به صورت شرح داده شده در بند ۱-۶-۲-
 - اتصالات گازهای خروجی، ساختار و آزمون سیستم کنترل گازهای خروجی به صورت شرح داده شده در بند ۱-
- ۳-۶
- اتصالات الکتریکی و اتصال به زمین باید به صورت تعیین شده در قوانین ملی باشند.
- حسگرهای ایمنی بیرونی
- اتصالات فرآیند گاززدایی که به وسیله بند ۱-۶-۴- الزام شده‌اند.

۱-۱۲-۳- دستورالعمل نصب

دستورالعمل نصب باید با استاندارد ملی ایران شماره ۹۸۱۴-۳-۱ مطابقت نماید. دستورالعمل نصب باید سیستم پیل سوختی را راه‌اندازی نموده و به زبان رایج محلی یا به چند زبان که زبان رایج محلی را نیز شامل می‌شوند، نوشته شده باشد. دستورالعمل نصب باید به وسیله مالک یا کاربر دستگاه نگهداری شود.

۱-۱۲-۴- دستورالعمل اطلاعاتی کاربرها

دستورالعمل اطلاعاتی کاربرها باید با استاندارد ملی ایران شماره ۹۸۱۴-۳-۱ مطابقت نماید. دستورالعمل اطلاعاتی کاربرها باید سیستم پیل سوختی را تامین نموده و به زبان رایج محلی یا به چند زبان که زبان رایج محلی را شامل می‌شوند، نوشته شده باشد. دستورالعمل اطلاعاتی کاربرها باید به وسیله مالک یا کاربر دستگاه نگهداری شود.

۱-۱۲-۵- دستورالعمل تعمیر و نگهداری

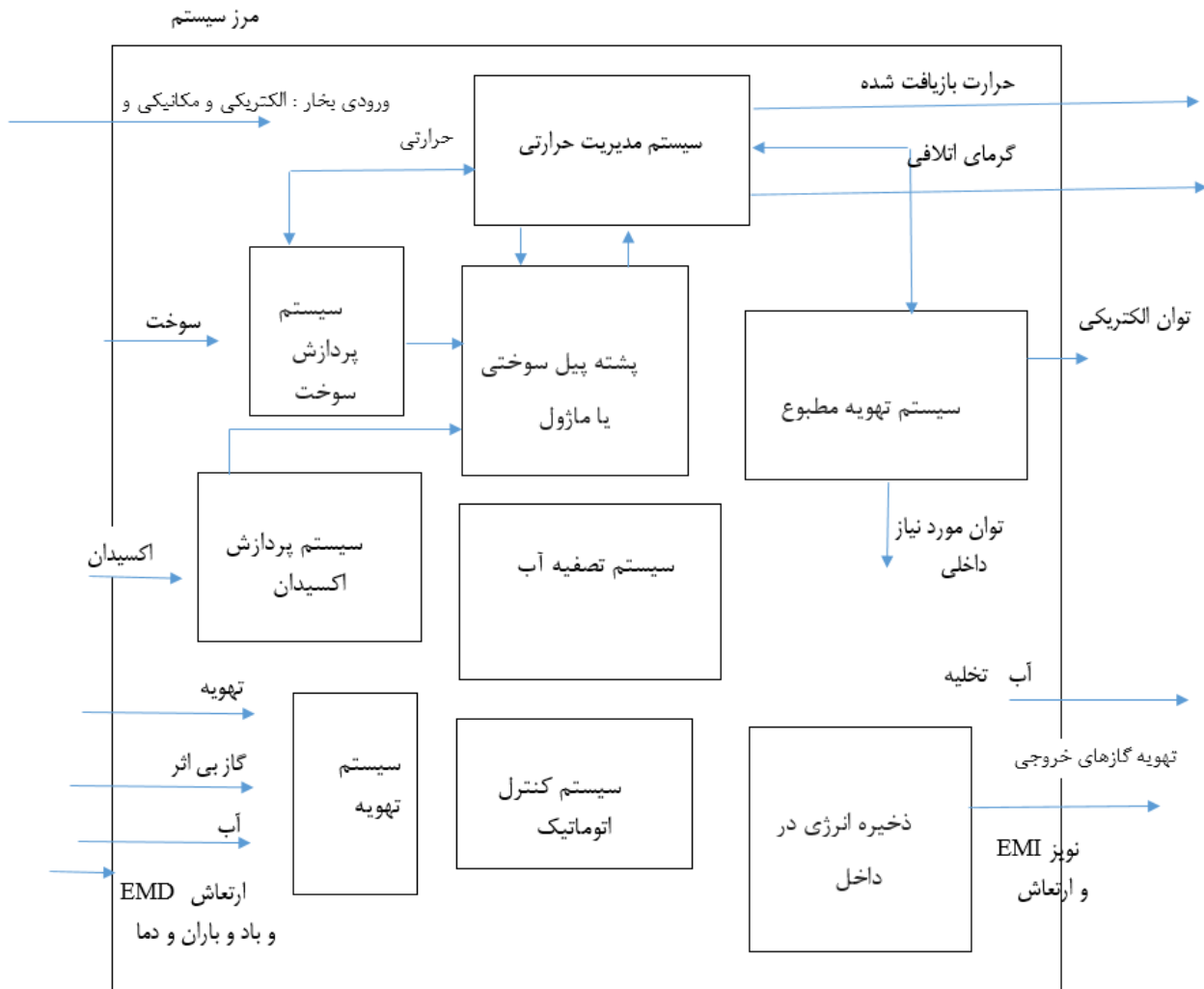
دستورالعمل تعمیر و نگهداری باید با استاندارد ملی ایران شماره ۹۸۱۴-۳-۱ مطابقت نماید. دستورالعمل تعمیر و نگهداری باید سیستم پیل سوختی را تامین نموده و به زبان رایج محلی یا به چند زبان که زبان رایج محلی را شامل می‌شوند، نوشته شده باشد. دستورالعمل تعمیر و نگهداری باید به وسیله مالک یا کاربر دستگاه نگهداری شود. دستورالعمل تعمیر و نگهداری باید با استفاده از اطلاعات تعمیر و نگهداری، بویژه تجهیزات مشخص سایت تکمیل شود.

فصل ۲

**الزامات موردنیاز جهت طراحی، نصب
و بهره‌برداری از ادوات ایمنی
سیستم‌های پیل‌های سوختی با کاربرد
ساکن**

۱-۲- مقدمه

یک سیستم تولید توان پیل سوختی ساکن در شکل ۱-۲ نشان داده شده است.



شکل ۱-۲: سیستم تولید توان پیل سوختی ساکن

طراحی کلی سیستم قدرت پیل سوختی استاندارد، مجموعه‌ای از سیستم‌های یکپارچه است که در صورت نیاز هر یک از وظایف زیر را انجام دهد.

- سیستم پردازش سوخت: سیستم‌های شیمیایی/تجهیزات پردازش فیزیکی به همراه تبادل حرارتی مرتبط و کنترل مورد نیاز برای تهیه سوخت و در صورت لزوم، تنظیم فشار سوخت برای استفاده در یک سیستم قدرت پیل سوختی.

- سیستم پردازش اکسیدان: سیستمی که، شرایط و فرایندها را اندازه‌گیری می‌کند و ممکن است ذخیره ورودی برای استفاده در سیستم قدرت پیل سوختی را تحت فشار قرار دهد.

- سیستم مدیریت حرارتی: سیستمی که گرمایش یا سرمایش را برای محافظت از سیستم قدرت پیل سوختی در یک محدوده دمای عملیاتی فراهم می‌کند و ممکن است برای بازیابی گرمای بیش از حد به کار رود و به گرمایش دستگاه قدرت در هنگام راه‌اندازی کمک می‌کند.
- سیستم تصفیه آب: سیستمی که تمام روش‌های لازم برای تصفیه آب بهبود یافته یا اضافه شده را برای استفاده در سیستم قدرت پیل سوختی فراهم می‌کند.
- سیستم تهویه مطبوع: تجهیزاتی که برای انطباق انرژی الکتریکی تولید شده توسط پشته‌های پیل سوختی با الزامات کاربردی که توسط سازنده مشخص شده است، استفاده می‌شود.
- سیستم کنترل خودکار: سیستمی که از حسگرها، محرک‌ها، سوپاپ‌ها، سوئیچ‌ها و اجزاء منطقی تشکیل شده و پارامترهای سیستم قدرت پیل سوختی را در محدوده مشخص شده سازنده حفظ می‌کند.
- سیستم تهویه: سیستمی که هوا را از طریق دستگاه‌های طبیعی یا اجباری برای محفظه سیستم قدرت پیل سوختی فراهم می‌کند.
- مازول‌های پیل سوختی: مجموعه تجهیزات یک یا چند پشته سوختی که انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی و انرژی حرارتی تبدیل می‌کنند.
- پشته پیل سوختی: مجموعه‌ای از پیل‌ها، جداساز، صفحات خنک کننده، منیفولدها و یک ساختار پشتیبانی که گاز هیدروژن غنی شده و واکنش دهنده‌های هوا را به برق DC، گرما و دو محصول واکنش دهنده تبدیل می‌کند.
- ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی: سیستم ذخیره انرژی الکتریکی داخلی برای کمک به مازول‌های پیل سوختی در تامین نیرو برای بارهای داخلی یا خارجی در نظر گرفته شده.

۲-۲- فناوری‌های پیل سوختی

این بخش برای سیستم‌های تولید توان پیل سوختی مجتمع و سیستم‌های تولید توان پیل سوختی متشکل از بسته‌بندی‌های کارخانه از سیستم‌های یکپارچه که از طریق واکنش‌های الکتروشیمیایی، الکتروسیسته تولید می‌کنند، به کار می‌رود.

نکات مطروحه در این بخش برای موارد ذیل به کار می‌رود:

- برای اتصال الکتریکی به برق مستقیم، یا به یک سوئیچ انتقال، یا به یک سیستم توزیع قدرت مستقل
- برای فراهم کردن برق AC یا DC با یا بدون توانایی بازیابی حرارت مفید
- برای عملیات روی سوخت‌های ورودی زیر

- ا) گاز طبیعی و گازهای غنی از متان مشتق شده از منابع تجدیدپذیر (زیست توده) یا سوخت‌های فسیلی، برای مثال، گاز زباله، گاز دایجستر، گاز زغال سنگ
- ب) سوخت‌های حاصل از پالایش نفت، به عنوان مثال، دیزل، گازوئیل، نفت سفید، گازهای نفتی مایع مانند پروپان و بوتان؛
- ت) الکل‌ها، استرها، اترها، آلدئیدها، کتون‌ها، مایعات فشر تروپش و سایر ترکیبات آلی غنی از هیدروژن مشتق شده از منابع قابل تجدید (زیست توده) یا سوخت‌های فسیلی، مانند متانول، اتانول، دی متیل اتر، بیودیزل
- ث) هیدروژن، مخلوط گازهای حاوی گاز هیدروژن، به عنوان مثال گاز سنتز و گاز شهر.
- مباحث مربوط به فناوری در این استاندارد موارد زیر را پوشش نمی‌دهد:

- سیستم‌های قدرت پیل سوختی میکرو
- سیستم‌های قدرت پیل سوختی قابل حمل
- سیستم‌های قدرت پیل سوختی نیرو محرکه

برای برنامه‌های خاص مانند "نیروی کمکی دریایی"، ممکن است نیازمندی‌های اضافی توسط استاندارد ثبت کشتی دریایی مطرح شده باشد.

موارد مطروحه در این نشریه برای سیستم‌های انرژی پیل سوختی به منظور استفاده‌های تجاری داخلی و خارجی، صنعتی و مسکونی در مناطق غیر خطرناک (طبقه‌بندی نشده) قابل استفاده است.

موارد مطروحه در این نشریه تمامی خطرات قابل توجه، شرایط خطرناک و رویدادها را، به استثنای موارد مرتبط با سازگاری محیطی (شرایط نصب) سیستم‌های قدرت پیل سوختی، زمانی که آنها تحت شرایط پیش‌بینی شده توسط سازنده استفاده می‌شوند، در نظر می‌گیرد.

حفاظت در برابر آسیب‌های داخلی پیل سوختی، که منجر به مخاطرات خارجی نمی‌شوند، در این نشریه مطرح نمی‌شود.

الزامات این نشریه برای محدود کردن نوآوری نیست. با در نظر گرفتن سوخت، مواد، طرح‌ها یا سازه‌هایی که به طور خاص در این نشریه مطرح نشده است، طرح‌های نوآورانه باید بر اساس توانایی آنها در ایجاد سطوح ایمنی و عملکرد معادل با آنچه که در این نشریه مطرح شده، ارزیابی شوند.

۲-۳- استانداردهای مورد استفاده

در این نشریه بطور کلی یا جزئی به اسناد زیر اشاره شده است و استفاده از آنها ضروری است. برای مراجعی که تاریخ دارند تنها به ذکر نسخه اکتفا شده و چنانچه اسناد فاقد تاریخ بوده‌اند آخرین نسخه سند ارجاع داده شده استفاده می‌شود:

- IEC60079، محیط‌های قابل انفجار - قسمت ۰: تجهیزات - مورد نیاز عمومی.

- IEC60079-2، محیط‌های قابل انفجار - قسمت ۲: حفاظت از تجهیزات توسط محفظه تحت فشار "p".
- IEC60079-10 (همه قسمت‌ها)، محیط‌های قابل انفجار - قسمت ۱۰: طبقه‌بندی مناطق.
- IEC60079-29-1، جوشکاری انفجاری - قسمت ۱-۲۹: آشکارسازهای گاز - الزامات عملکرد آشکارسازهای گازهای قابل اشتعال.
- IEC60079-30، جوشکاری انفجاری - قسمت ۱-۳۰: گرمایش الکتریکی مقاومت الکتریکی - شرایط عمومی و آزمایشگاهی.
- IEC60204-1، ایمنی ماشین‌آلات - تجهیزات الکتریکی ماشین‌آلات - قسمت ۱: الزامات عمومی.
- IEC60335-1-2010، لوازم خانگی و الکتریکی مشابه - ایمنی - قسمت ۱: الزامات عمومی.
- IEC60335-2-51، لوازم خانگی و الکتریکی مشابه - ایمنی - قسمت ۵۱-۲: الزامات خاص برای پمپ‌های مدور ثابت به منظور نصب سرویس آب و گرمایش.
- IEC60417، نمادهای گرافیکی برای استفاده در تجهیزات. موجود در:
<http://www.graphicalsymbols.info/equipment>
- IEC60529:1989، درجه حفاظت ارائه شده توسط محفظه‌ها (IP).
- IEC60730-1، کنترل‌های الکتریکی خودکار برای استفاده خانگی و مشابه - قسمت ۱: الزامات عمومی
- IEC60730-2-5، کنترل‌های الکتریکی خودکار برای استفاده خانگی و مشابه - قسمت ۵-۲: الزامات خاص برای سیستم‌های کنترل خودکار برقی کوره IEC.
- IEC60730-2-6، کنترل‌های الکتریکی خودکار برای استفاده خانگی و مشابه - قسمت ۶-۲: الزامات خاص برای کنترل‌های اندازه‌گیری فشار الکتریکی خودکار از جمله نیازهای مکانیکی.
- IEC60730-2-9، کنترل‌های الکتریکی خودکار برای استفاده خانگی و مشابه - قسمت ۹-۲: الزامات خاص برای کنترل حسگرهای دما.
- IEC60950-1، تجهیزات فناوری اطلاعات - ایمنی - قسمت ۱: الزامات عمومی.
- IEC61000-3-2، سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) قسمت ۲-۳: محدودیت‌ها - محدودیت انتشار هارمونیک جریان (جریان ورودی تجهیزات ≥ 16 آمپر در هر فاز).
- IEC61000-3-3، سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) قسمت ۳-۳: محدودیت‌ها - محدودیت تغییرات ولتاژ، نوسانات ولتاژ و سوسو زدن در سیستم‌های کم ولتاژ دولتی، برای تجهیزات با جریان نامی کمتر یا مساوی ۱۶ آمپر در هر فاز و بدون اتصال مشروط.
- IEC61000-3-4، سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) قسمت ۴-۳: محدودیت‌ها - محدودیت انتشار جریان‌های هارمونیک در سیستم‌های قدرت کم ولتاژ برای تجهیزات با جریان نامی بیش از ۱۶ آمپر.

- IEC61000-3-5، سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) قسمت ۵-۳: محدودیت - محدودیت نوسانات ولتاژ و سوسو زدن در سیستم‌های کم ولتاژ منبع تغذیه برای تجهیزات با جریان نامی بیش از ۷۵ آمپر.
- IEC61000-3-11، سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) قسمت ۱۱-۳: محدودیت‌ها - محدودیت تغییرات ولتاژ، نوسانات ولتاژ و سوسو زدن در سیستم‌های تامین عمومی کم ولتاژ - تجهیزات با جریان نامی کمتر یا مساوی ۷۵ آمپر و تحت شرایط اتصال مشروط.
- IEC61000-6-1، سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) قسمت ۶-۱: استانداردهای عمومی - ایمنی برای محیط‌های مسکونی، تجاری و نور صنعتی.
- IEC61000-6-2، سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) قسمت ۶-۲: استانداردهای عمومی - ایمنی برای محیط‌های صنعتی.
- IEC61000-6-3، سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) قسمت ۶-۳: استانداردهای عمومی - استاندارد انتشار برای محیط‌های مسکونی، تجاری و نور صنعتی.
- IEC61000-6-4، سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) قسمت ۶-۴: استانداردهای عمومی - استاندارد انتشار برای محیط‌های صنعتی.
- IEC61508، ایمنی کارایی سیستم‌های ایمنی الکترونیکی قابل برنامه‌ریزی/الکتریکی.
- IEC62040-1، سیستم‌های برق اضطراری (UPS) - قسمت ۱: الزامات عمومی و ایمنی برای UPS.
- IEC62061، ایمنی ماشین‌آلات - ایمنی عملیاتی سیستم‌های کنترل الکترونیکی برنامه‌ریزی شده و الکتریکی مربوط به ایمنی.
- IES/TS62282-1، فن‌آوری‌های پیل سوختی - قسمت ۱: واژه شناسی.
- IEC62282-3-200، فن‌آوری‌های سوخت پیل - قسمت ۲۰۰-۳: سیستم‌های قدرت پیل سوختی ثابت - روش‌های آزمون کارایی.
- ISO3864-2، نمادهای گرافیکی - رنگ‌های ایمنی و نشانه‌های ایمنی - قسمت ۲: اصول طراحی برچسب‌های ایمنی محصول.
- ISO4413، قدرت مایع هیدرولیک - قوانین عمومی و الزامات ایمنی برای سیستم‌ها و اجزاء آنها.
- ISO4414، قدرت مایع پنوماتیک - قوانین عمومی و الزامات ایمنی برای سیستم‌ها و اجزاء آنها.
- ISO5388، کمپرسورهای هوا ثابت - قوانین ایمنی و کد عمل.
- ISO7000، نمادهای گرافیکی برای استفاده در تجهیزات - فهرست و خلاصه. موجود در: <http://www.graphical-symbols.info/equipment>
- ISO10439، صنایع نفت، صنایع شیمیایی و گاز - کمپرسورهای سانتریفیوژ.

- ISO10440-1، صنایع نفت، گاز و پتروشیمی و گاز طبیعی - کمپرسورهای جابجایی مثبت چرخشی - قسمت ۱: کمپرسورهای فرآیند.
- ISO10440-2، صنایع نفت و گاز طبیعی - کمپرسورهای جابجایی مثبت چرخشی - قسمت ۲: کمپرسورهای بسته‌بندی شده هوا (بدون روغن).
- ISO10442، صنایع نفت، صنایع شیمیایی و خدمات - کمپرسورهای هوای گریز از مرکز بسته‌بندی شده.
- ISO12449، طرفداران صنعتی - ایمنی مکانیکی طرفداران - نگهداری.
- ISO13631، صنایع نفت و گاز طبیعی - کمپرسورهای گاز متقابل بسته‌بندی شده.
- ISO13707، صنایع نفت و گاز طبیعی - کمپرسورهای متقاطع.
- ISO13709، پمپ‌های سانتریفیوژ برای صنایع نفت، صنایع پتروشیمی و گاز طبیعی.
- ISO13849-1، ایمنی ماشین‌آلات - قطعات ایمنی سیستم‌های کنترل - قسمت ۱: اصول کلی طراحی.
- ISO13850، ایمنی ماشین‌آلات - توقف اضطراری - اصول طراحی.
- ISO14847، پمپ جابجایی چرخشی - الزامات فنی.
- ISO15649، صنایع نفت و گاز طبیعی - لوله‌کشی.
- ISO16111، دستگاه‌های ذخیره‌سازی گاز قابل حمل - هیدروژن جذب شده در هیدرید فلز برگشت‌پذیر.
- ISO23550، دستگاه‌های ایمنی و کنترل برای دستگاه‌های مشعل گاز و دستگاه‌های گاز سوز - الزامات عمومی.
- ISO23551-1، دستگاه‌های ایمنی و کنترل برای مشعل‌های گاز و لوازم گازسوز - نیازهای خاص - قسمت ۱: درپچه‌های خودکار.
- ISO23553-1، دستگاه‌های ایمنی و کنترل برای دستگاه‌های مشعل نفت و سوزاندن نفت - الزامات خاص - قسمت ۱: دستگاه‌های خاموش برای مشعل نفت.
- ISO26142، دستگاه تشخیص هیدروژن - کاربردهای ثابت.

۲-۴- شرایط و تعاریف

برای اهداف این نشریه، شرایط و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱- در دسترس: منطقه‌ای که در شرایط کاری عادی یکی از موارد زیر را اعمال می‌کند:

- (الف) برای دسترسی استفاده از ابزار خاصی نیاز نباشد یا
- (ب) در صورت نیاز ادوات لازم برای دسترسی کاربر تأمین شده باشد یا
- (ج) فارغ از تأمین ابزار، کاربر بتواند به منطقه مورد نظر ورود کند.

نکته: برای ورود به مناطق غیر قابل دسترسی، فقط به تکنسین‌های خدماتی، اجازه ورود داده می‌شود. همانطور که در کتابچه راهنمای تعمیر و نگهداری اشاره شد پرسنل خدماتی که به مناطق غیر قابل دسترسی، دسترسی دارند، ممکن است نیاز به تجهیزات حفاظتی شخصی مناسب داشته باشند.

۲- راکتور کاتالیزوری خروجی هوای آندی: این تجهیز، گاز غنی از هیدروژن مورد استفاده برای سیستم‌های قدرت پیل سوختی هیدروژن را اکسید می‌کند.

۳- سیستم کنترل مشعل خودکار: این سیستم عملیات سوزاندن سوخت را کنترل می‌کند. سیستم مذکور شامل یک واحد برنامه‌ریزی، یک شعاع / اکسیداسیون آشکارساز است و ممکن است شامل منبع احتراق / دستگاه احتراق نیز باشد.

۴- درگاه مشعل: سوراخی در سر مشعل است که از طریق آن مخلوط گاز یا گاز-هوا برای احتراق تخلیه می‌شود.

۵- مواد قابل احتراق/قادر به احتراق:

نکته ۱: چنین موادی باید قابل احتراق باشند حتی اگر مقاوم به شعله یا آتش‌سوزی شده یا گچ اندود شوند.

۶- طراحی فشار: بالاترین فشار که ممکن است در هر حالت عملیاتی از جمله حالت پایدار و گذرا رخ دهد باید در طراحی لحاظ شود.

۷- پساب: محصولات احتراق به علاوه هوای اضافی تخلیه شده از تجهیزات استفاده کننده از گاز.

۸- اختلال الکترومغناطیسی EMD: هر گونه پدیده الکترومغناطیسی که بتواند عملکرد دستگاه، تجهیزات و یا سیستم را کاهش دهد. یا بر زندگی یا افراد ساکن اثر نامطلوب گذارد.

۹- تداخل الکترومغناطیسی (EMI): تخریب عملکرد تجهیزات، کانال انتقال یا سیستم ناشی از اختلالات الکترومغناطیسی.

۱۰- تجهیزات الکتریکی: اصطلاحی کلی شامل مواد، اتصالات، وسایل خانگی و تجهیزات مانند آنها که به عنوان بخشی از /در ارتباط با نصب و راه‌اندازی سیستم الکتریکی را شامل می‌شود.

۱۱- قطع برق اضطراری؛ قطع برق امن: به مجموعه اقدامات سیستم کنترل، بر اساس پارامترهای فرایند انجام شده گفته می‌شود که سیستم قدرت پیل سوختی و تمام واکنش‌های آن را بلافاصله برای جلوگیری از آسیب زدن به تجهیزات /پرسنل متوقف می‌کند.

۱۲- پیل سوختی: دستگاه الکتروشیمیایی که انرژی شیمیایی یک سوخت و یک اکسیدان را به انرژی الکتریکی از نوع مستقیم، گرما و دیگر محصولات واکنش تبدیل می‌کند.

۱۳- سیستم قدرت پیل سوختی: سیستمی ژنراتور مانند که از یک مازول پیل سوختی برای تولید برق و حرارت استفاده می‌کند.

- ۱۴- **محفظه سوخت:** محفظه‌های پوشش تجهیزات با منابع داخلی گاز/ بخار قابل اشتعال.
- ۱۵- **دریچه گاز خروجی:** گذرگاهی برای انتقال گاز خروجی از تجهیزات بهره‌برداری گاز یا اتصالات خروجی آن به فضای خارجی.
- ۱۶- **مبدل حرارتی:** مخزنی که در آن گرما از یک محیط به دیگری منتقل می‌شود.
- ۱۷- **جرقه‌زن:** دستگاهی که از انرژی الکتریکی برای احتراق گاز در یک مشعل پایلوت یا مشعل اصلی استفاده می‌کند.
- ۱۸- **دستگاه احتراق:** دستگاه نصب شده در مجاورت یا در کنار یک مشعل برای احتراق سوخت می‌باشد که در آن به عنوان مثال مشعل پایلوت، الکتروود جرقه و مشتقات سطح گرم وجود دارند.
- ۱۹- **زمان‌بندی سیستم احتراق**
- ۱۹-۱- دوره شعله‌ور شدن: مدت زمان بین سیگنال برای انرژی دادن به جریان سوخت و سیگنال نشان‌دهنده حضور شعله مشعل است.
- نکته: این پارامتر برای منبع احتراق یا شعله مشعل یا هر دو قابلیت کاربرد دارد.
- ۱۹-۲- دوره فعال‌سازی احتراق: دوره زمانی بین انرژی دادن به دریچه اصلی گاز و غیرفعال‌سازی وسیله احتراق قبل از زمان قفل شدن است.
- ۱۹-۳- زمان شروع قفل شدن: زمان شروع عمل قطع جریان گاز در صورت شکست فرآیند به منظور ایجاد منبع احتراق نظارت شده یا شعله تحت نظارت اصلی. بدیهی است که شروع مجدد توالی روشنایی نیاز به عملیات دستی دارد.
- ۱۹-۴- زمان تمیز کردن: دوره زمانی در نظر گرفته شده برای از بین بردن هر نوع گاز شعله‌ور نشده یا محصولات باقی‌مانده احتراق است.
- ۱۹-۴-۱- زمان قبل از تمیز کردن: زمان خالص‌سازی که در ابتدای یک سیکل عملیاتی مشعل قبل از شروع احتراق رخ می‌دهد.
- ۱۹-۴-۲- زمان پس از خالص‌سازی: زمان خالص‌سازی که در پایان یک چرخه عملیاتی مشعل اتفاق می‌افتد.
- ۱۹-۵- زمان بازیافت: مدت زمان بین سیگنال انرژی‌زدایی از منبع گاز پس از دست دادن منبع احتراق نظارت شده یا شعله تحت نظارت و سیگنال شروع یک راه‌اندازی جدید را زمان بازیافت گویند.
- ۲۰- **اتصال دستگاه کنترل ایمنی:** اقدام ناشی از کنترل وضعیت فیزیکی و شرایط مورد نیاز و بازخورد سیگنال‌های لازم به دستگاه کنترل ایمنی که خاموش کردن ایمنی را انجام می‌دهد.
- ۲۱- **زمان قفل کردن:** مدت زمان بین سیگنال نشان‌دهنده عدم وجود شعله و اقدام برای خاموش کردن منبع سوخت است.

- ۲۲- مشعل اصلی:** دستگاه یا گروهی از دستگاه‌ها که اساساً یک واحد یکپارچه را تشکیل می‌دهند و برای انتقال نهایی گاز یا مخلوط گاز و هوا به منطقه احتراق می‌باشند و در نتیجه احتراق برای انجام کارکردی که تجهیزات برای آن طراحی شده‌اند، انجام می‌شود.
- ۲۳- منیفلد:** کانال‌هایی که مایع را تامین می‌کنند یا آن را از پیل سوختی یا پشته پیل سوختی جمع‌آوری می‌کنند.
- ۲۴- پیلوت:** شعله گاز کوچک که برای احتراق گاز در مشعل اصلی استفاده می‌شود.
- ۲۴-۱- پیلوت مداوم:** پیلوتی که بدون خاموش شدن در تمام مدت زمانی که مشعل در خدمت است کار می‌کند، چه مشعل روشن باشد چه نباشد.
- ۲۴-۲- پیلوت متناوب:** پیلوتی که به طور خودکار هر زمانی که یک سیگنال برای مقداردهی اولیه وجود دارد روشن می‌شود و در طول دوره زمانی که مشعل اصلی می‌سوزد، سوزانده می‌شود.
- ۲۴-۳- پیلوت منقطع:** پیلوتی که به صورت خودکار هر بار که سیگنالی برای راه‌اندازی وجود داشته باشد، روشن می‌شود. سوخت پیلوت به صورت خودکار در انتهای دوره مشعل ایجاد شعله اصلی قطع می‌شود.
- ۲۴-۴- پیلوت ثابت شده:** شعله پیلوت توسط یک سیستم کنترل ایمنی اصلی نظارت می‌شود.
- ۲۵- پاک‌سازی:** عملیات حفاظتی برای حذف کردن گازها / مایعات، مانند سوخت، هیدروژن، هوا یا آب، از سیستم توان پیل سوختی.
- ۲۶- اصلاح کننده:** راکتوری برای تولید مخلوط گاز غنی از هیدروژن از یک سوخت خام.
- ۲۷- وزن مخصوص:** نسبت وزن یا جرم یا حجم داده شده از یک جسم به حجم معادل جسم دیگر در شرایط یکسان اندازه‌گیری (هوا برای گازها، آب برای مایعات و جامدات) که به عنوان یک استاندارد استفاده می‌شود.
- ۲۸- وضعیت:**
- ۲۸-۱- وضعیت سرد:** وضعیت سیستم توان پیل سوختی در دمای محیط بدون ورودی یا خروجی توان.
- ۲۸-۲- وضعیت عملیاتی:** وضعیت یک سیستم توان پیل سوختی با وجود توان خروجی فعال الکتریکی قابل توجه.
- ۲۸-۳- وضعیت منفعل:** وضعیت سیستم توان پیل سوختی وقتی که سیستم‌های سوخت و اکسید کننده با بخار، هوا یا نیتروژن، توسط دستورالعمل تولید کننده پاک‌سازی شده‌اند.
- ۲۸-۴- وضعیت آماده به کار:** وضعیت سیستم توان پیل سوختی که در دمای عملیاتی کافی قرار دارد و در چنین حالت عملیاتی، با توان خروجی الکتریکی صفر قرار دارد به صورتی که سیستم توان پیل سوختی می‌تواند فوراً به وضعیت عملیاتی با توان خروجی فعال الکتریکی قابل توجه تغییر کند.
- ۲۸-۵- وضعیت ذخیره:** وضعیت سیستم توان پیل سوختی که غیر عملیاتی می‌باشد و شرایط آن پایین‌تر از شرایطی که توسط سازنده مشخص شده است، می‌باشد.

- ۲۹- شرایط تعادل حرارتی:** شرایط دمایی پایدار که توسط تغییرات دمایی کمتر از ۳ کلوین (۵ درجه فارنهایت) یا ۱ درصد از دمای عملیاتی مطلق مشخص شده است. هر کدام که بین سه با خواندن با فاصله ۱۵ دقیقه، بالاتر باشد.
- ۳۰- متصل کننده دریچه:** آن بخش از سیستم هواگیری که خروجی دودکش از تجهیزات بهره‌برداری از گاز را به دریچه گاز دودکش یا لوله فلزی تک دیواره متصل می‌کند.
- ۳۱- گازهای دریچه:** محصولات احتراق از تجهیزات بهره‌برداری از گاز به اضافه هوای اضافی، به اضافه هوای رقیق شده در سیستم هواگیری.
- ۳۲- ترمینال دریچه:** کلاهک دریچه که در انتهای لوله دریچه قرار دارد و محصولات دودکش را به اتمسفر بیرونی هدایت می‌کند.
- ۳۳- تهویه:**
- ۱-۳۳- تهویه مکانیکی: حرکت هوا و جایگزینی آن با هوای تازه توسط ابزارهای مکانیکی.
- ۲-۳۳- تهویه طبیعی: حرکت هوا و جایگزینی آن با هوای تازه به علت اثرات باد / گرادیان‌های دمایی.
- ۳۴- سیستم تهویه:** دریچه گاز دودکش و متصل کننده دریچه در صورت استفاده شدن که برای تشکیل یک گذرگاه باز مداوم از حلقه دودکش تجهیزات بهره‌برداری از گاز تا اتمسفر بیرون با هدف حذف گازهای دریچه روی هم قرار گرفته‌اند.

۲-۵- الزامات ایمنی و تدابیر احتیاطی

۲-۵-۱- استراتژی ایمنی کلی

- تولید کننده باید به صورت کتبی تحلیل خطر را انجام دهد تا مطمئن شود که:
- (الف) همه خطرات قابل پیش‌بینی منطقی، موقعیت‌ها و رویدادهای خطرناک در سرتاسر عمر پیش‌بینی شده سیستم توان پیل سوختی شناسایی شده‌اند.
- (ب) احتمال خطر برای هر یک از این خطرات از ترکیب احتمال رخ دادن خطر و شدت قابل پیش‌بینی آن تخمین زده شده است.
- (ج) دو عاملی که هر یک از خطرهای تخمین زده شده را مشخص می‌کند (احتمال و شدت) حذف شده یا تا سطحی کاهش می‌یابند که از یک سطح خطر قابل قبول فراتر نروند تا آنجا که از طریق موارد ممکن عملی ذیل:
- ۱- طراحی ایمن ساخت و ساز و روش‌های آن.
- ۲- کنترل منفعل رهاسازهای انرژی بدون به خطر انداختن محیط اطراف (برای مثال، دیسک‌های انفجار و تجهیزات قطع حرارتی) به وسیله عملکردهای کنترلی مرتبط با ایمنی.

۳- برای خطرهای باقی‌مانده که نمی‌توانند با اقدامات مرتبط با (۱) و (۲) کاهش یابند. علامت‌ها، هشدارها، یا الزامات آموزشی ویژه باید انجام شوند، با در نظر گرفتن این که چنین اقداماتی باید توسط اشخاصی که در ناحیه خطر هستند، درک شود.

برای ایمنی عملیاتی، سطح شدت مورد نیاز و سطح عملکرد یا کلاس تابع کنترل باید مشخص شوند و مطابق با موارد ذیل طراحی شوند:

IEC 62061 (به ترتیب ISO 13849-1) برای کاربردهای مطابق با IEC 60204-1؛

IEC 60730-1 برای کاربردهای مطابق با IEC 60335-1؛

IEC 61508 (همه بخش‌ها) برای سایر کاربردها.

برای حالت خرابی و تحلیل اثرات (FMEA) و روش‌های تحلیل درخت خرابی استانداردهای IEC60812، SAE J1739 و IEC61025 می‌توانند به عنوان راهنما استفاده شوند.

۲-۵-۲- محیط فیزیکی و شرایط عملیاتی

۲-۵-۲-۱- کلیات

سیستم توان پیل سوختی و سیستم‌های حفاظتی باید به صورتی طراحی و ساخته شوند که قادر به انجام عملکرد(های) مورد نیاز خود در محیط فیزیکی و شرایط عملیاتی بیان شده در ذیل باشند.

۲-۵-۲-۲- ورودی توان الکتریکی

سیستم توان پیل سوختی باید به صورتی طراحی شود که به صورت صحیح با شرایط ورودی توان الکتریکی بیان شده در استاندارد کاربرد محصول الکتریکی مربوطه یا به صورتی که توسط تولید کننده مشخص شده است، عمل کند.

۲-۵-۲-۳- محیط فیزیکی

تولید کننده باید شرایط محیط فیزیکی را که در آن سیستم توان پیل سوختی مناسب است مشخص کند. به موارد ذیل باید توجه شود.

- استفاده داخلی/خارجی.

- ارتفاع بالای سطح دریا که تا آن سیستم توان پیل سوخت می‌تواند به صورت صحیح کار کند.

- محدوده دماهای هوا و رطوبت که در آن سیستم توان پیل سوخت می‌تواند به صورت صحیح کار کند.

- ناحیه لرزه‌ای که در آن قرار خواهد گرفت.

۲-۵-۲-۴- ورودی سوخت

سیستم توان پیل سوختی باید به صورتی طراحی شود که به درستی در محدوده‌های ترکیب و مشخصات تامین سوخت‌ها که برای آن طراحی شده است، عمل کند (برای مثال، خط لوله گاز طبیعی). در دفترچه راهنمای کاربر، تولید کننده باید محدوده‌های ترکیب و مشخصات تامین سوخت‌هایی که قرار است در سیستم توان پیل سوختی استفاده شود را مشخص کند.

۲-۵-۲-۵- ورودی آب

کیفیت و مشخصات تامین آبی که قرار است در سیستم‌های توان پیل سوختی استفاده شود باید توسط تولید کننده مشخص شود.

۲-۵-۲-۶- ارتعاشات، شوک و ضربه

از اثرات نامطلوب ارتعاشات، شوک و ضربه (شامل اثرات ایجاد شده توسط ماشین و تجهیزات مربوطه آن و اثرات ایجاد شده توسط محیط فیزیکی) با انتخاب تجهیزات مناسب، با نصب آن به دور از سیستم توان پیل سوختی یا با استفاده از نصب ضد ارتعاش، باید اجتناب شود. این‌ها شامل اثرات شوک لرزه‌ای نمی‌شوند، که باید به صورت جداگانه پوشش داده شود، اگر تولید کننده فکر کند که برای محصولش مناسب است.

۲-۵-۲-۷- جابجایی، حمل و انبار کردن

سیستم توان پیل سوختی باید به صورتی طراحی شود تا بتواند اثرات تغییر دما در محدوده ۲۵- درجه سانتی‌گراد تا ۵۵+ درجه سانتی‌گراد و برای دوره‌های کوتاه کمتر از ۲۴ ساعت را تحمل کند یا اقدامات احتیاطی مناسبی انجام شود تا در برابر آن محافظت شود. محدوده‌های دمایی دیگر می‌تواند توسط تولید کننده مشخص شود.

سیستم توان پیل سوخت یا هر بخش متعلق به آن باید:

- بتواند به صورت ایمن جابجا و حمل شود و هر موقع لازم باشد، ابزارهای مناسبی برای جابجا شدن توسط جرثقیل‌ها یا تجهیزات مشابه فراهم شود.
- به صورتی بسته‌بندی یا طراحی شود که بتواند به صورت ایمن و بدون آسیب انبار شود (برای مثال، پایداری کافی، پشتیبان‌های ویژه و غیره).
- تولید کننده در صورت نیاز باید ابزارهایی را برای جابجایی، حمل و ذخیره مشخص کند.

۲-۵-۲-۸- پاک‌سازی سیستم

باید ابزارهایی در سیستم‌های پیل سوختی برای پاک‌سازی فراهم شود. در جایی که به دلایل ایمنی، همان طور که توسط تولید کننده مشخص شده باشد، یک وضعیت انفعالی بعد از خاموش شدن یا قبل از راه‌اندازی لازم باشد، یک سیستم پاک‌سازی مناسب (که توسط تولید کننده مشخص شده) مانند نیتروژن، هوا یا بخار و نه محدود به اینها در موقعیت‌های غیر خطرناک می‌تواند استفاده شود.

۲-۵-۳- انتخاب مواد

همه مواد باید برای اهداف مورد نظر مناسب باشند.

اگر مشخص شود مواد استفاده شده برای ساختن سیستم توان پیل سوختی منجر به خطراتی تحت محیط‌های مشخص می‌شوند، تولید کننده باید اقداماتی انجام بدهد و اطلاعات لازم برای حداقل کردن احتمال به خطر انداختن ایمنی یا سلامت اشخاص را فراهم کند.

آزبست‌ها یا مواد دارای آزبست نباید در ساختن سیستم توان پیل سوختی استفاده شوند. استفاده از سایر مواد خطرناک مانند سرب، کادمیوم، جیوه، کروم شش ظرفیتی، پلی برومینات بی فنیل، پلی برومینات دی فنیل اتر و پلی کلرینات بی فنیل باید مطابق با مقررات ملی و منطقه‌ای باشد.

مواد فلزی و غیر فلزی استفاده شده برای ساختن قطعات درونی و بیرونی سیستم توان پیل سوختی، مخصوصاً آن‌هایی که مستقیم یا غیرمستقیم در معرض رطوبت قرار دارند یا آن‌هایی که دارای گاز فرایند یا بخارهای مایع هستند، باید برای آب‌بندی یا متصل کردن (برای مثال کالاهای مصرفی جوشکاری یکسان) برای همه شرایط فیزیکی، شیمیایی و حرارتی که به صورت منطقی در عمر برنامه‌ریزی شده تجهیزات قابل پیش‌بینی هستند و برای تمامی شرایط تست مناسب باشند. مخصوصاً:

- مواد فلزی و غیرفلزی باید پایداری مکانیکی خود را با در نظر گرفتن استحکام (مشخصات خستگی، حد دوام، استحکام خزش) هنگام قرار گرفتن بر طیف کاملی از شرایط سرویس و عمر همان طور که توسط تولید کننده بیان شده است، حفظ کنند.
- مواد فلزی و غیرفلزی باید به صورت کافی در برابر اقدامات شیمیایی و فیزیکی سیال‌هایی که حاوی آنها هستند و در برابر تنزل محیطی مقاومت کنند.
- مشخصات شیمیایی و فیزیکی لازم برای ایمنی عملیات نباید به صورت قابل توجهی در عمر برنامه‌ریزی شده تجهیزات تاثیر بگذارد، مگر در حالتی که تعویض پیش‌بینی شده باشد.
- هنگام انتخاب مواد و روش‌های تولید، گزارش مقتضی از خوردگی مواد و مقاومت سایشی، رسانایی الکتریکی، استحکام برخورد، مقاومت کهنگی، اثرات تغییرات دمایی، اثرات به وجود آمده زمانی که مواد کنار هم قرار داده

می‌شوند (برای مثال خوردگی گالوانیکی)، اثرات تابش فرابنفش و اثرات مخرب هیدروژن روی عملکرد مکانیکی یک ماده باید گرفته شود.

نکته: اثرات مخرب هیدروژن روی عملکرد مکانیکی یک ماده را می‌توان در ISO/TR 15916، ASME B31 بدست آورد.

وقتی که احتمال فرسایش، فرسودگی، خوردگی یا سایر حملات شیمیایی وجود دارد، باید اقدامات مناسب انجام شود تا:

- آن اثر تخریبی را با طراحی مناسب، برای مثال، ضخامت اضافی، حفاظت مناسب، استفاده از روکش، استفاده از مواد پوششی یا روکش‌های سطحی، حداقل کرد.
- اجازه تعویض قطعاتی که بیشتر تحت تاثیر قرار گرفته‌اند را صادر کرد.
- به دستورالعمل‌های مرتبط به نوع، تعداد بازرسی‌ها و اقدامات تعمیراتی لازم برای استفاده ایمن مداوم توجه کرد.

۲-۵-۴- الزامات کلی

تا آنجا که ممکن است، قطعات در دسترس سیستم توان پیل سوختی نباید هیچ لبه تیز، زاویه تیز و هیچ سطح زبری که احتمالاً منجر به آسیب شود، داشته باشند.

سیستم توان پیل سوختی، یا قطعات آن باید در جایی قرار گیرند که امکان دسترسی به آنها وجود داشته باشد. سیستم توان پیل سوختی، اجزاء و اتصالات متعلق به آن باید به صورتی طراحی و ساخته شوند که، تحت شرایط عملیاتی قابل پیش‌بینی (اگر لازم باشد شرایط اقلیمی در نظر گرفته شود) برای استفاده بدون خطر واژگونی، افتادن یا حرکت غیر منتظره، به اندازه کافی پایدار باشند.

قطعات متحرک سیستم توان پیل سوختی باید برای اجتناب از خطرات طراحی، ساخته و مرتب شوند یا در مکان‌هایی که احتمال خطر مداوم وجود دارد، با حفاظ‌ها یا تجهیزات حفاظتی به صورتی که خطر تماس‌های منجر به حادثه حداقل شود، حفظ شوند.

قطعات مختلف سیستم توان پیل سوختی و اتصال‌های آنها باید به صورتی ساخته شوند که در شرایط عادی هیچ ناپایداری، اعوجاج، شکستگی یا سایشی که منجر به آسیب به ایمنی تجهیزات می‌شود، رخ ندهد.

سیستم توان پیل سوختی باید به صورتی طراحی، ساخته و تجهیز شود که از خطرهای ناشی از گازها، مایعات، غبار یا بخارهای آزاد شده در طول عملیات یا تعمیر سیستم توان پیل سوختی اجتناب شود.

باید چک شود که همه قطعات به صورت ایمن نصب شده و به صورت صلب ثابت شده‌اند. استفاده از پایه‌های شوک هنگامی که برای این کاربرد مناسب باشند مجاز است.

همان طور که در تحلیل خطر اشاره شده است همه مولفه‌های سیستم خاموشی ایمن که خرابی آنها می‌تواند منجر به اتفاق‌های خطرناک شود، باید شناسایی و گواهی شده باشد یا بصورت جداگانه برای کاربرد مورد نظر، تست شده باشند. سیستم توان پیل سوختی باید به صورتی طراحی، ساخته و تجهیز شده باشد که از خطرهای ناشی از گازها، مایعات، غبار یا بخارهای آزاد شده در طول عملیات یا تعمیر آن اجتناب شود.

تولید کننده باید هر نوع خطر آسیب ایجاد شده توسط تماس با سطوح خارجی محفظه، دسته، دستگیره یا دکمه‌ها در دمای بالای سیستم توان پیل سوختی را به حداقل برساند.

اگر سطوح خارجی محفظه، دسته‌ها، دستگیره یا قطعات مشابه سیستم توان پیل سوختی بتواند توسط کاربران بدون تجهیزات حفاظتی شخصی لمس شود، تولیدکننده باید یا دمای این سطوح را در همه زمان‌ها مطابق با جدول ۱-۲ محدود کند یا باید تجهیزات حفاظتی به صورتی که از خطر تماسی که منجر به حوادث می‌شود جلوگیری کنند، نصب نماید.

جدول ۱-۲: افزایش دماهای مجاز سطوح

افزایش دما (درجه سانتی‌گراد)	قطعه
۶۰	محفظه‌های بیرونی به جز دسته‌های گرفته شده در استفاده عادی
۳۵	سطوح دسته‌ها، دکمه‌ها، دستگیره و قطعات مشابهی که برای دوره‌های کوتاه تنها در استفاده عادی گرفته می‌شوند - از فلز
۴۵	- از چینی
۶۰	- از مواد ریخته (پلاستیک)، لاستیک یا چوب
نکته ۱ حداکثر افزایش دمای سطوح خارجی که می‌تواند در طول عملیات توسط اشخاص بدون تجهیزات حفاظتی شخصی لمس شود. مقادیر بالا از جدول ۳ استاندارد IEC 60335-1:2010 گرفته شده‌اند. نکته ۲ مقادیر این جدول بر اساس دمای محیطی می‌باشند که معمولاً از ۲۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر نمی‌شوند اما بعضی اوقات به ۳۵ درجه سانتی‌گراد می‌رسند. هرچند، مقادیر افزایش دمای مشخص شده بر اساس ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشند.	

دماها روی دیوارها، کف و سقف مجاور با یک سیستم توان پیل سوختی ساکن نباید از ۵۰ درجه سانتی‌گراد بالای دمای محیط شرایط تست فراتر رود.

لازم است طراحی و ساخت سیستم توان پیل سوختی به صورتی باشد که انتشار نوپز هوایی تا حدی کاهش یابد که برای کاربرد هدف مناسب شود یا در جایی قرار بگیرد که مطابق با کاربرد منطقه‌ای یا ملی کدها و استانداردهای هوایی باشد.

خروجی سیستم توان پیل سوختی به اتمسفر، تحت شرایط عملیاتی حالت-پایای عادی، نباید شامل غلظت‌های مونواکسید کربن بیش از ۰/۰۳ درصد حجمی در نمونه هوای-آزاد سیال خروجی باشد.

غلظت CO از محصولات احتراق هوای-آزاد، خشک با فرمول ذیل داده می‌شود:

$$CO = (CO)_{avg} \times (CO_2)_{max} / (CO_2)_{avg} \quad (۱-۲)$$

که در آن CO غلظت کربن مونواکسید محصولات احتراق هوای-آزاد بر حسب درصد، $(CO_2)_{max}$ حداکثر غلظت کربن دی اکسید محصولات احتراق هوای-آزاد خشک برای سوخت تست بر حسب درصد و $(CO_2)_{avg}$ و $(CO)_{avg}$ مقادیر متوسط غلظت‌های اندازه‌گیری شده در نمونه گرفته شده حداقل ۳ بار در طول تست می‌باشند که هر دو بر حسب درصد بیان شده‌اند. یا

$$CO = (CO)_{avg} \times (21) / (21 - (O_2)_{avg}) \quad (۲-۲)$$

که در آن $(CO)_{avg}$ و $(CO_2)_{avg}$ مقادیر متوسط غلظت‌های اندازه‌گیری شده در نمونه گرفته شده حداقل ۳ بار در طول تست می‌باشند که هر دو بر حسب درصد بیان شده است.

زمانی که سیال‌های قابل انفجار، اشتعال، یا سمی در لوله‌کشی وجود دارند. باید اقدامات احتیاطی مناسبی در طراحی و علامت زدن نقاط نمونه‌برداری انجام شود.

حداکثر دماهای اجزاء و موادی که در سیستم توان پیل سوختی نصب شده‌اند، نباید از مقدار مجاز خودشان بیشتر شوند.

تولید کننده باید به عملکرد مناسب سیستم توان پیل سوختی در جایی که آلاینده‌ها (برای مثال، غبار، نمک، دود، و گازهای خورنده) در محیط فیزیکی وجود دارند، توجه کند.

لازم است طراحی محفظه سیستم توان پیل سوختی به گونه‌ای باشد که ظرفیت نگهداری از نشتی‌های مایعات خطرناک را داشته باشد. وسایل نگهداری باید دارای ظرفیت ۱۱۰ درصد از حداکثر حجم سیال نشتی پیش‌بینی شده باشند.

تولید کننده باید اقداماتی را برای اطمینان از مقابله با انباشت میعان و اطمینان از عدم خروج گاز دریچه از طریق خطوط زهکشی میعان، انجام دهد.

۲-۵-۵- تجهیزات فشاری و لوله‌کشی

۲-۵-۵-۱- تجهیزات فشاری

مخازن تحت فشار، مانند راکتورها، مبدل‌های حرارت، گرمکن‌های لوله گازسوز و دیگ بخار، دیگ‌های بخار الکتریکی، کولرها و تجهیزات مورد استفاده جهت کاهش فشار مربوطه مانند شیرهای کاهش باید مطابق با کدها و استانداردهای قابل اجرای تجهیزات فشار منطقه‌ای یا ملی، ساخته و علامت‌گذاری شوند.

مخازن مانند تانکرها و ظروف مشابه که خارج از حیطه استانداردهای تجهیزات فشار ملی قرار می‌گیرند باید از مواد مناسب ساخته شوند و مطابق با الزامات قابل اجرا باشند. این مخازن، مفصل‌ها و اتصالات مربوطه آنها، باید با استحکام کافی برای کارکرد و مقاومت نشستی برای اجتناب از آزادسازی‌های غیرعمدی طراحی و ساخته شوند. هیدروژن ذخیره شده در مجموعه‌های فلز هیدروژن‌دار باید با ISO 16111 مطابقت داشته باشند.

۲-۵-۵-۲- سیستم‌های لوله‌کشی

لوله‌کشی، مفصل‌ها و اتصالات متناظر آن باید مطابق با بخش‌های قابل اجرای ISO 15649 باشند. سیستم‌های لوله‌کشی طراحی شده برای فشار گیج داخلی بزرگتر یا مساوی صفر و کمتر از ۱۰۵ کیلوپاسکال حاوی سیالات اشتعال ناپذیر و غیرسمی و ایمن با دمای طراحی از ۲۹- درجه سانتی‌گراد تا ۱۸۶ درجه سانتی‌گراد، در حیطه ISO 15649 نیستند. سیستم‌های لوله‌کشی تحت این شرایط باید از مواد مناسب مطابق با بند انتخاب مواد (۲-۳-۵-۲-۳-۵-۳) ساخته شوند و مطابق با الزامات قابل اجرا مطابق با بند الزامات کلی (۲-۴-۵-۲-) باشند. طراحی و ساخت لوله‌کشی‌ها، مفصل‌ها و اتصالات مربوطه آنها، باید مستحکم بوده و برای اجتناب از آزادسازی‌های غیرعمدی و نشستی‌ها مقاومت داشته باشند.

در طراحی و ساخت لوله‌های صلب و منعطف و اتصالات باید جنبه‌های ذیل را در نظر گرفت.

(الف) موادی که با الزامات مشخص شده مطابق با بند انتخاب مواد (۲-۳-۵-۲-۳-۵-۳-) هستند.

(ب) سطوح داخلی لوله‌کشی باید برای حذف ذرات سست کاملاً تمیز شوند و انتهای لوله باید برای حذف موانع و برآمدگی‌ها به دقت برقو زده شود.

(ج) تولید کننده باید اقداماتی را برای اطمینان از مقابله با انباشت رسوب در کنترل‌های سوخت مایع انجام دهد. تله‌ها یا فیلترهای رسوب باید نصب شوند یا راهنمایی‌های کافی در دفترچه فنی محصول فراهم شود.

(د) لوله‌کشی غیرفلزی استفاده شده برای حمل گازهای اشتعال‌پذیر باید در مقابل احتمال گرمایش بیش از حد و آسیب مکانیکی حفاظت شود. اقداماتی همانند اقدامات تحلیل خطر بیان شده در بند استراتژی ایمنی کلی (۲-۱-۵-۲-۱-۵-۱-) الزامی شده است و برای اجتناب از بیش از حد شدن دمای اجزایی که گازهای اشتعال‌پذیر را حمل می‌کنند باید از دماهای طراحی بند مذکور استفاده شود.

(ه) سیستم‌های توان پیل سوختی مایع باید شامل تجهیزاتی برای گرفتن، بازیافت یا دفع ایمن سوخت مایع آزاد شده باشند. قطره‌چکان‌ها، حفاظ‌های ریزش یا لوله‌های دو دیواره باید برای اجتناب از آزادسازی‌های کنترل نشده طراحی شوند.

۲-۵-۵-۳- هواگیری گاز دودکش

سیستم توان پیل سوختی باید مجهز به یک سیستم دریچه باشد. تا محصولات احتراق را با استفاده از تجهیزات سوخت به فضای بیرون حمل کند. تولید کننده باید یک سیستم لوله دریچه فراهم کند که با الزامات مطابقت دارد و یا در دفترچه فنی محصول دستورالعمل‌های کافی برای امکان‌پذیر کردن انتخاب یک سیستم لوله دریچه مطابق این الزامات، فراهم کند. (الف) سیستم هواگیری باید از مواد مقاوم به خوردگی ناشی از میعان ساخته شده باشد. مواد غیرفلزی باید بر حسب محدودیت‌های دمایی آنها، استحکام و مقاومت به اثر میعان بررسی شوند.

(ب) قطعات سیستم هواگیری یک سیستم توان پیل سوختی باید بادوام باشند. قطعات سیستم هواگیری شامل قطعات درون سیستم توان پیل سوختی، نباید شکسته، جدا شده یا آسیب ببینند تا حدی که اجازه عملکرد غیرایمن سیستم توان پیل سوختی را بدهند.

(ج) لوله دریچه باید دارای تکیه‌گاه‌های مناسبی باشد. همچنین باید دارای یک کلاهک ریلی با مشخصاتی باشد که هواگیری جریان گاز را محدود نکرده و مانع آن نشود.

(د) وسیله زهکشی باید برای جلوگیری از انباشته شدن آب، یخ و سایر باقی مانده‌ها در درون لوله دریچه یا مسدود کردن لوله دریچه فراهم شود.

(ه) سیستم هواگیری برای سیستم توان پیل سوختی باید ضد نشت باشد.

(و) اندازه حلقه خروجی تخلیه باید مطابق با متصل کننده دریچه (که بصورت تجاری موجود است) باشد یا مطابق با مجرایبی که در دستورالعمل‌های نصب تولید کننده بیان شده، باشد.

(ز) سوئیچ‌های فشار استفاده شده برای ثابت کردن جریان گاز تخلیه در صورت استفاده قبلی باید در کارخانه تنظیم شده یا با صلاحدید تولید کننده، توسط پرسنل مجاز در محل ساخت و ساز تنظیم شوند. سپس باید ابزارهای تنظیم ایمن شوند. یک سوئیچ فشار باید دارای علامتی که به وضوح نشان دهنده تجهیزات تولید کننده یا شماره قطعه توزیع کننده است یا اسناد مناسبی باشد که با تنظیمات فشار قفل شده مرتبط باشد.

(ح) قطعات سوئیچ فشار باید در مقابل میعان گاز تخلیه در دماهای عملیاتی عادی مقاوم به خوردگی باشد.

(ط) سیستم توان پیل سوختی باید قادر به راه‌اندازی باشد و سپس باید با سطح کربن مونواکسید (CO) مناسب کار کند. دریچه باید در ۱۱۶ پاسکال فشار استاتیک یا ۱۳۴۵ پاسکال فشار سرعت (از سرعت باد ۹ کیلومتر بر ساعت تا ۵۴ کیلومتر بر ساعت) عمل کند.

(ی) وقتی که سیستم توان پیل سوختی مجهز به یک سیستم هواگیری شد، دمای گازهای تخلیه حمل شده توسط سیستم هواگیری نباید از دماهای قابل قبول برای مواد استفاده شده مورد استفاده در ساخت آن بیشتر شود.

۲-۵-۴- قطعات حمل گاز

قطعات حمل کننده گاز باید مطابق با شرایط ذیل باشد.

- مسیر گاز باید گازبندی شده باشد، به طوری که تحت حمل، نصب و استفاده معمولی خراب نشود.

۲-۵-۶- حفاظت در برابر خطرات آتش یا انفجار

۲-۵-۶-۱- حفاظت در برابر خطرات آتش و انفجار در سیستم‌های توان پیل سوختی مجهز به پوشش خارجی تجهیزات

(الف) مونتاژ سیستم‌های یکپارچه از سیستم توان پیل سوختی باید به صورتی باشد که از خطرات مرتبط با انباشت اتمسفری قابل اشتعال درون سیستم توان پیل سوخت جلوگیری شود.

(ب) مرز برای رقیق شدن رهاسازی‌های داخلی عادی به زیر ۲۵ درصد (LFL) می‌تواند توسط تحلیل دینامیک سیالات محاسباتی، گاز ردیاب یا روش‌های مشابه، مانند مواردی که در IEC 60079-10 آمده است مشخص شود. حجم درون مرزهای رقیق‌سازی باید مطابق با IEC 60079-10 دسته‌بندی شود. LFL از گازهای معمولی در IEC 60079-20 فراهم شده است.

(ج) قسمت‌های پوشش خارجی تجهیزات با منابع رهاسازی گاز/بخار قابل اشتعال به صورت قسمت‌های سوخت تعریف شده‌اند. قسمت‌های سوخت باید برای موارد ذیل طراحی شوند.

- به جز در مرزهای رقیق‌سازی مخلوط گاز را زیر ۲۵ درصد (LFL) حفظ کنند.

- مقدار مرزهای رقیق‌سازی را تا درون قسمت سوخت محدود کنند.

(د) روش‌های حفظ رهاسازی‌های داخلی عادی زیر ۲۵ درصد (LFL) به جز مرزهای رقیق‌سازی، شامل:

(۱) اکسیداسیون کنترل شده رهاسازی‌های داخلی عادی

(۲) رقیق‌سازی هوایی آزادسازی‌های داخلی عادی

(ه) در حوزه‌های دسته‌بندی تحت عنوان "خطرناک"، تولید کننده باید مخاطرات ناشی از احتراق را با کمک موارد ذیل حذف کند.

- تجهیزات الکتریکی نصب شده برای حوزه دسته‌بندی مطابق با IEC 60079-0 و سایر قطعات قابل پیاده‌سازی از IEC 60079

- پیمایش گرمایی مقاومت الکتریکی نصب شده که در صورت وجود باید با IEC 60079-30-1 همخوانی داشته باشد.

- در صورت وجود گاز یا بخار اشتعال‌پذیر، دماهای سطح از ۸۰ درصد دمای اشتعال خودکار، که با درجه سانتی‌گراد بیان شده است، بیشتر نمی‌شود. برای راهنمایی درباره دماهای خود-اشتعال سیال‌های اشتعال‌پذیر مختلف، می‌توان به IEC 60079-20 مراجعه نمود.

- پتانسیل تخلیه استاتیکی توسط پیوند و متصل کردن به زمین مناسب و با انتخاب مناسب مواد حذف شده ممکن است.

و) قسمت‌هایی که شامل تجهیزات الکتریکی یا مکانیکی هستند مطابق با استاندارد IEC 60079-2 باید در فشار مثبت نسبت به قسمت‌های مجاور با منابع گاز یا بخار اشتعال‌پذیر نگه داشته شوند، مگر در حالتی که تجهیزات مطابق با الزامات بیان شده باشند.

ز) سیستم توان پیل سوختی باید به ابزارهای انفجالی و فعال، یا ترکیبی از آنها مجهز باشد. تا رهاسازی‌های داخلی غیرعادی را زیر ۲۵ درصد (LFL)، به جز در مرزهای رقیق‌سازی حفظ کند.

ح) سیستم توان پیل سوختی باید برای تهویه ایمن بخارهای خروجی از فرایند، طراحی شود. برای نصب در محیط داخلی، سیستم تهویه و خروجی فرایند باید قابلیت اتصال به یک دودکش یا سیستم هواگیری را داشته باشد.

ط) پتانسیل تخلیه استاتیک باید توسط اتصال به زمین مناسب از بین برود. برای این اتصال به زمین باید از قطعات فلزی استفاده شود که قادر به ایجاد جرقه برای مشتعل کردن مخلوط گاز/هوای قابل اشتعال نباشند. اثر تغییرات جریان در لوله‌ها که ممکن است بارهایی را ایجاد کنند نیز باید در نظر گرفته شود.

ی) یک تابع کنترلی که هدف آن جلوگیری از افزایش گاز قابل اشتعال از ۲۵ درصد LFL است باید مطابق با الزامات مشخص شده طراحی گردد. این تابع کنترلی با استفاده از روش‌هایی همچون رقیق‌سازی با هوا یا اندازه‌گیری غلظت و در صورت لزوم خاموشی، عمل می‌نماید.

نکته ۲: لوله‌گذاری غیرفلزی حامل گاز هیدروژن می‌تواند بار الکترواستاتیکی را در طول سطح خود انباشته کند. تخلیه‌ها از سطح این لوله می‌تواند برای شعله‌ور ساختن مخلوط قابل اشتعال گاز یا بخار در محیط اطراف کافی باشد. IEC 60079-10 اقداماتی را برای حذف تخلیه الکترواستاتیکی در نواحی ۱ و ۲ پوشش می‌دهد. اقداماتی نظیر مشخص کردن ماده لوله با رسانایی کافی یا محدود کردن سرعت جریان گاز به زیر مقادیری که در آن بار الکترواستاتیکی انباشته نمی‌شود نیز قابل انجام است.

نکته ۳: پوشش‌های حاشیه فلزی یا سیم‌های رسانا درون دیوار لوله‌گذاری غیرفلزی می‌توانند احتمال تخلیه الکترواستاتیکی را افزایش دهند.

۲-۵-۶-۲- اجتناب از خطرات آتش و انفجار در مشعل

الف) سیستم‌های توان پیل سوختی باید به صورتی طراحی شوند که از تقویت غیر ایمن گازهای قابل اشتعال یا منفجره درون مشعل‌ها (مشعل‌های شروع، اصلی و کمکی یک بخش اصلاح کننده، مشعل‌های پیمایش گاز) جلوگیری شود.

ب) مشعل اصلی باید به پیلوت یا ابزاری برای اشتعال مستقیم مجهز شود.

ج) دستگاه اشتعال مستقیم باید به صورت خودکار کنترل شود و نباید منجر به بدتر شدن مشعل شود. دستگاه‌های اشتعال مستقیم باید به صورت مثبت بر حسب دریچه‌های مشعل اصلی قرار داده شوند. همچنین باید ابزارهایی برای جلوگیری از مونتاژ نادرست دستگاه اشتعال مستقیم مرتبط با مشعل فراهم شود.

د) کنترل پیلوت‌ها باید بصورت خودکار باشد و امکان اشتعال مستقیم در صورت استفاده از هر نوع سوختی فراهم باشد. پیلوت‌ها باید به صورتی طراحی و جاگذاری شوند که به صورت مستقیم مطابق با مشعل‌هایی که مشعل می‌کنند قرار بگیرند.

ه) سیستم کنترل مشعل الکتریکی خودکار باید مطابق با الزامات بیان شده باشد و برای اطمینان از راه‌اندازی، عملیات و خاموشی ایمن، در صورت نیاز بخش قفل کردن، درون مشعل قرار گرفته باشد. نظارت بر شعله یا اکسید شدن وظیفه کامل این سیستم کنترل می‌باشد.

و) مشعل اصلی یا شعله پیلوت، یا هر دو، باید توسط یک شناساگر شعله یا ابزارهای مناسب دیگر نظارت شوند. اگر مشعل اصلی توسط یک پیلوت شعله‌ور می‌شود، وجود شعله در پیلوت باید قبل از آزادسازی گاز به درون مشعل اصلی، شناسایی شود. یک سیستم دارای پیلوت منقطع باید نظارت بر شعله مشعل اصلی را با پیروی از دوره برقراری شعله مشعل فراهم کند.

ز) شعله پیلوت نظارت شده باید بتواند به صورت موثری سوخت را در مشعل اصلی شعله‌ور کند.

ح) اگر ورودی حرارت یک پیلوت از 250°C / کیلووات بیشتر نشوند، هیچ الزاماتی برای دوره برقراری شعله وجود ندارد. ط) در حالت اشتعال مستقیم مشعل اصلی یا اگر ورودی حرارت یک پیلوت از 250°C / کیلووات بیشتر نشود باید زمان شروع قفل شدن توسط تولید کننده مشخص شود به طوری که مطابق با تست شعله‌ور ساختن تاخیری، هیچ خطر سلامت یا ایمنی برای کاربر یا آسیب به سیستم توان پیل سوختی ایجاد نشود.

ی) تلاش برای شعله‌ور کردن مشعل اصلی مستقیم یا هر پیلوت با باز شدن شیرهای سوخت شروع می‌شود و با بستن شیرهای سوخت تمام می‌شود. جرقه، حداقل تا زمان شعله‌ور شدن یا تا زمان انتهای دوره برقرار کردن شعله باید ادامه یابد.

ک) شعله‌ور ساختن مشعل اصلی مستقیم یا پیلوت باید حداکثر ۳ بار انجام شود. تعداد تلاش‌های بیشتر باید توسط تولید کننده بر مبنای تحلیل ایمنی مشخص شود. نبود شعله در انتهای سومین تلاش باید حداقل منجر به قفل شدن شود. ل) نبود شعله، باید حداقل منجر به اشتعال مجدد، بازیابی یا قفل شدن شود.

م) زمان قفل شدن در صورت خرابی پیلوت یا شعله مشعل اصلی نباید از ۳ ثانیه بیشتر شود. زمان قفل شدن بیشتر به صورتی که توسط تولید کننده بر مبنای تحلیل ایمنی مشخص شده باشد، قابل قبول است.

ن) تحت شرایط تست، اگر اشتعال مجدد رخ دهد، دستگاه اشتعال مستقیم باید در حداکثر زمانی معادل ۱ ثانیه بعد از ناپدید شدن سیگنال شعله، تخلیه انرژی شود. در این حالت، دوره برقراری شعله با دوره استفاده شده برای اشتعال

یکسان است و زمانی که دستگاه اشتعال انرژی‌دهی می‌شود، آغاز می‌شود. نبود شعله در انتهای دوره برقراری شعله باید منجر به حداقل یک قفل شدگی شود.

س) تحت شرایط تست، اگر بازیابی اتفاق بیفتد، لازم است مداخله تامین و پاک‌سازی گاز انجام شود. رشته اشتعال باید از ابتدا آغاز شود. در این حالت دوره برقراری شعله با دوره استفاده شده برای اشتعال یکسان است و زمانی که دستگاه اشتعال انرژی‌دهی می‌شود، شروع می‌شود. بازیابی باید حداکثر ۳ بار و پس از هر بار پاک‌سازی انجام شود. نبود شعله در انتهای سومین اقدام باید منجر به، حداقل، یک قفل شدگی شود.

ع) همان طور که در IEC 60730-2-5 تعریف شده است یک سیستم کنترل مشعل الکتریکی خودکار، باید قرار داده شود.

ف) به دلایل ایمنی، در حالت انفعالی قبل از راه‌اندازی و بعد از خاموشی، لازم است ابزارهایی برای پاک‌سازی خودکار بدنه مشعل یا محفظه از مخلوط گاز قابل اشتعال، قبل از اقدام برای اشتعال در شروع و بین اقدام‌های بازیابی فراهم شود. این پاک‌سازی باید حداقل چهار تغییر هوا را در محفظه احتراق فراهم کند. مقدار هوای پاک‌سازی شده باید توسط یک تابع کنترلی مرتبط با ایمنی نظارت شود. سطح ایمنی باید مبتنی بر تحلیل خطر باشد.

ص) اجزاء سیستم کنترل مشعل خودکار باید به صورتی نصب شوند که عملکرد این دستگاه‌ها و اشتعال مشعل اصلی تحت تاثیر ذرات افتاده یا میعان در طول عملکرد عادی نشود.

ق) وقتی که هوای اصلی تحت فشار با منبع سوخت مخلوط شد، ابزارهای موثری باید برای اجتناب از بازگشتن هوا به خط سوخت، یا سوخت به درون منبع هوا فراهم شوند.

ر) اگر برای عملکرد کنترل‌های سوخت و هوا، اتصال مکانیکی استفاده شود، بایدنسبت صحیح سوخت/هوا و مقاومت در برابر شکست تصادفی و قطع شدن مطمئن طراحی شده باشد.

ش) به محض خاموشی، گازهای خطرناک در سیستم فرایند باید به صورت ایمن احاطه، پاک‌سازی یا واکنش‌دهی شوند.

ت) تولید کننده باید سیستم توان پیل سوختی را به ابزارهای مناسب برای اجتناب از عبور هوا به درون سوخت یا خطوط گاز فرایند قابل اشتعال یا عبور سوخت یا گاز فرایند قابل اشتعال به درون خطوط هوا مجهز کند.

ث) سیستم توان پیل سوختی تحت شرایط خروجی قفل شده نباید غلظت کربن مونواکسید را بیش از ۰/۰۳ درصد در نمونه هوای-آزاد سیال خروجی، یا به صورتی که در مقررات ملی، مشخص شده است، ایجاد کند. به علاوه، سیستم توان پیل سوختی نباید غلظت کربن مونواکسید بیش از ۰/۰۳ درصد را در نمونه هوای-آزاد از سیال خروجی در هنگامی که ورودی تامین مسدود است، ایجاد کند.

خ) اگر دمای قسمت احتراق و بخش‌های قسمت احتراق که مستقیماً در تماس با مخلوط گاز یا هوا می‌باشند بالای دمای اشتعال خود به خودی باشد(که بر حسب درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شده است)، نظارت بر شعله می‌تواند توسط

نظارت دما جایگزین شود. اگر دما به زیر دمای اشتعال خود به خودی افت کند، شیرهای خاموشی ایمن باید تخلیه انرژی شوند. به علاوه آزادسازی جریان گاز باید تنها بعد از اینکه از دمای خود اشتعال اطمینان حاصل شد انجام شود. تابع کنترل باید مبتنی بر سطح ایمنی داده شده در IEC 60730-2-5 باشد.

۲-۵-۶-۳- اجتناب از خطرات آتش و انفجار در سیستم‌های اکسید کننده سوخت کاتالیزی (مشعل‌های کاتالیزور)

الف) درون اجزاء سیستم توان پیل سوختی حامل سیال که در آن حجم‌های گاز قابل اشتعال یا قابل انفجار عمدا تولید می‌شوند تا یک واکنش اکسیداسیون سوخت کاتالیزی کنترل شده انجام شود (برای مثال، اکسیداسیون بخشی کاتالیزی، احتراق کاتالیزی)، تولید کننده باید از جمع شدن گازهای قابل اشتعال یا قابل انفجار جلوگیری کند.

ب) به دلایل ایمنی، زمانی که یک حالت انفعالی قبل از شروع یا بعد از خاموشی لازم است، ابزارهایی باید برای پاک‌سازی اجزاء سیستم اکسیداسیون سوخت کاتالیزی فراهم شود. سیستم پاک‌سازی می‌تواند از یک محیط مشخص شده توسط تولید کننده مانند نیتروژن، هوا یا بخار، اما نه محدود به این‌ها استفاده کند. میزان پاک‌سازی با در نظر گرفتن مشخصات سیال، دینامیک و هندسه سیستم مشخص می‌شود. مقدار گاز پاک‌سازی شده باید توسط یک تابع کنترلی مرتبط با ایمنی نظارت شود. سطح ایمنی باید مبتنی بر تحلیل خطر مطابق با بند ۲-۵- باشد.

ج) در جایی که هوا با سوخت ترکیب می‌شود، تولید کننده باید ابزارهای مناسبی را برای اجتناب از بازگشتن هوا به درون خط سوخت یا بازگشت سوخت به درون منبع هوا فراهم کند.

۱) برای سیستم‌های غنی از هوا: سوخت و منبع هوا باید به صورت مناسبی برای فراهم کردن هوا قبل از راه‌اندازی واکنش و برای جلوگیری از ورود سوخت به راکتور قبل از موجود شدن منبع هوا، کنترل شوند.

۲) برای سیستم‌های غنی از سوخت: سوخت و منبع هوا باید به صورت مناسبی برای فراهم کردن سوخت قبل از شروع واکنش و برای اجتناب از ورود هوا به راکتور قبل از موجود شدن سوخت، کنترل شوند.

د) در صورت استفاده از اتصال مکانیکی برای عملکرد کنترل‌کننده‌های سوخت، طراحی آن باید به گونه‌ای باشد که نسبت سوخت-هوا به صورت ایمن حفظ شود و در برابر شکست تصادفی و قطع، مقاوم باشد.

ه) زمان شروع واکنش باید با در نظر گرفتن زمان واکنش تجهیزات کنترل سیستم و زمان لازم برای جمع کردن حداکثر مقدار مجاز مخلوط قابل اشتعال یا قابل انفجاری که بتواند به صورت ایمن در سیستم مبتنی بر نرخ‌های جریان، قابلیت اشتعال سوخت-هوا و دینامیک و هندسه سیستم گنجانده شود، مشخص شود.

و) اگر واکنش کاتالیزی در زمان شروع واکنش برقرار نشود، سیستم باید به صورت خودکار منبع سوخت یا منبع همه واکنش دهنده‌ها برای عملیات‌های غنی از سوخت، را قطع کند.

ز) دمای کاتالیزور باید یا به صورت مستقیم یا به صورت غیرمستقیم نظارت شود. اگر دما یا نرخ تغییر دمای کاتالیزور به خارج از محدوده قابل قبول مشخص شده توسط تولید کننده برسد، واکنش شکست می‌خورد. آنگاه سیستم باید به

صورت خودکار منبع سوخت یا برای عملیات‌های غنی از سوخت، منبع همه واکنش دهنده‌ها را قطع کند. زمان قفل شدن خرابی واکنش نباید از ۳ ثانیه بیشتر شود. زمان قفل شدن طولانی‌تر تنها در صورتی که توسط تولید کننده مبتنی بر تحلیل ایمنی مشخص شود، قابل قبول است.

(ح) به محض خاموشی، گازهای خطرناک در سیستم فرایند باید به صورت ایمن کنترل شوند.

(ط) در جایی که هوا و بخارهای سوخت در تماس نزدیک با بخشی از سیستم مدیریت دمایی قرار می‌گیرند، تولید کننده باید سیستم توان پیل سوختی را به ابزارهای کافی برای جلوگیری از خطرهای سلامت یا ایمنی ناشی از عبور هوا به درون خطوط سوخت یا عبور سوخت به خطوط هوا مجهز کند.

۲-۵-۷- ایمنی الکتریکی

طراحی و ساخت سیستم الکتریکی و استفاده از تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی، شامل موتورهای الکتریکی و محفظه‌ها، باید مطابق با الزامات مرتبط با استانداردهای کاربرد محصول الکتریکی همچون IEC 60335-1 (مسکونی/تجاری و صنایع کوچک)، IEC 60335-1 (مسکونی/تجاری و صنایع کوچک)، IEC 60204-1 (صنایع بزرگ)، IEC 60950-1 (تلفن) و IEC 62040-1 (UPS) باشد.

انتخاب کاربرد مناسب در مشخصات فنی فراهم خواهد شد. طراح پیل سوختی نیز باید مسائل مختص پیل سوختی مانند بار باقی مانده روی انباشته پیل سوختی و خطر انرژی بین پیل‌ها را در نظر بگیرد.

۲-۵-۸- سازگاری الکترومغناطیسی (EMC)

اختلال‌های الکترومغناطیسی تولید شده توسط سیستم توان پیل سوختی در محل، نباید از سطح مشخصی بیشتر باشد. بعلاوه، تجهیزات باید دارای سطح مناسبی از ایمنی در برابر اختلال‌های الکترومغناطیسی باشند، به طوری که بتوانند به صورت مناسب در محیط مورد نظر خود عمل کنند. سیستم توان پیل سوختی باید با استانداردهای IEC 61000-3-2، IEC 61000-3-3، IEC 61000-3-4، IEC 61000-3-5، IEC 61000-3-11، IEC 61000-6-1، IEC 61000-6-2، IEC 61000-6-3 و IEC 61000-6-4 همخوانی داشته باشد.

۲-۵-۹- سیستم‌های کنترل و اجزاء حفاظتی

۲-۵-۹-۱- الزامات کلی

تنظیم پارامترهای حفاظتی مدار ایمنی باید بر مبنای تحلیل خطر انجام شود. سیستم توان پیل سوختی باید به صورتی طراحی شود که یک خرابی از یک جزء به صورت آشناری منجر به شرایط خطرناک نشود. مواردی برای جلوگیری از خرابی‌های آشناری شامل ذیل می‌باشند، اما محدود به آنها نمی‌شوند.

- ابزارهای حفاظتی در سیستم توان پیل سوختی (برای مثال، حفاظ‌های به هم پیوسته، ابزارهای لغزش)،
 - به هم پیوستگی حفاظتی مدار الکتریکی.
 - استفاده از تکنیک‌ها و اجزاء آزمایش شده
 - فراهم کردن تکرار یا تنوع جزئی یا کامل.
 - فراهم کردن تست‌های اساسی.
- ارزیابی اقدامات لازم برای اجتناب یا کنترل خرابی‌ها در استانداردهای کنترل فراهم شده است.

۲-۵-۹-۲- سیستم‌های کنترل

الزامات کلی

کنترل‌های الکتریکی و الکترونیکی خودکار سیستم‌های توان پیل سوختی باید به صورتی طراحی و ساخته شوند که ایمن و قابل اطمینان باشند. سیستم‌های توان پیل سوختی مسکونی، تجاری و صنایع سبک باید با IEC 60730-1 مطابقت داشته باشند.

سیستم‌های کنترل مشعل الکتریکی خودکار باید مطابق با IEC 60730-2-5 باشند.

سیستم‌های کنترل الکتریکی خودکار برای راکتورهای اکسیداسیون کاتالیزی باید به صورتی که عملی باشد با IEC 60730-2-5 مطابقت داشته باشند.

کنترل‌های دستی باید به وضوح علامت‌گذاری شده و طراحی شوند تا از تنظیمات و فعال‌سازی‌های سهوی جلوگیری شود.

شروع

شروع یک عملیات باید تنها زمانی ممکن باشد که همه حفاظ‌های ایمنی در مکان خود بوده و عمل کنند. به هم پیوستگی‌های مناسب باید برای ایمن کردن شروع ترتیبی مناسب فراهم شوند.

برای تاسیسات عمل کننده در حالت خودکار باید این امکان وجود داشته باشد تا تنها بعد از احراز شرایط ایمنی بعد از توقف، مجدداً راه‌اندازی شوند. همچنین باید راه‌اندازی مجدد سیستم توان پیل سوختی با راه‌اندازی کنترلی فراهم شده برای این هدف ممکن باشد. در صورتی که چنین راه‌اندازی مجددی به صورت قابل تصدیق غیر خطرناک باشد. این الزامات برای شروع مجدد سیستم توان پیل سوختی ناشی از ترتیب عادی یک چرخه خودکار اعمال نمی‌شوند.

خاموشی‌ها

الزامات عملکردی سیستم توان پیل سوختی باید با خاموشی‌های ذیل فراهم شود.

- خاموشی‌های اضطراری: یک خاموشی اضطراری در نتیجه یک اقدام محدود کننده، قطع شدن یا شناسایی یک خرابی داخلی از سیستم است که در عملیات غنی از هوا، تخلیه انرژی از ابزارهای جریان سوخت اصلی،

یا در عملیات غنی از سوخت، تخلیه انرژی از ابزارهای جریان هوای فرایند و جریان سوخت اصلی را به همراه دارد.

- خاموشی عادی: یک خاموشی عادی در نتیجه باز شدن حلقه کنترل توسط یک دستگاه کنترلی مانند ترموستات می‌باشد که در عملیات غنی از هوا، تخلیه انرژی از ابزارهای جریان سوخت اصلی یا در عملیات غنی از سوخت، تخلیه انرژی از ابزارهای جریان هوای فرایند و جریان سوخت اصلی را به همراه دارد. در این حالت سیستم به موقعیت شروع باز می‌گردد.

الزامات خاموشی‌های اضطراری به صورت ذیل می‌باشد:

الف) کلی: خاموشی‌های اضطراری باید برای دفع کردن خطر واقعی یا قریب‌الوقوعی که قابل اصلاح توسط کنترل‌کننده‌ها نیست، استفاده شود. این توابع باید:

- شرایط خطرناک را بدون ایجاد خطرات اضافی متوقف کنند.
- در صورت راه‌اندازی یا اجازه راه‌اندازی، اقدامات حفاظتی به خصوص را در جایی که لازم است، فراهم کنند.
- همه توابع و عملیات‌های دیگر در همه حالت‌ها را باطل کنند.
- از راه‌اندازی مجدد یا آغاز یک شروع مجدد جلوگیری کنند.
- متناسب با قفل‌های شروع مجدد باشند به صورتی که دستور شروع جدید بتواند تنها بعد از شروع مجدد قفل‌هایی که به صورت عمدی مجدداً راه‌اندازی شده‌اند، روی عملیات عادی تأثیر داشته باشند.
- ب) توقف اضطراری: خاموشی‌های اضطراری دستی (یعنی توقف‌های اضطراری)، اگر توسط تحلیل خطر لازم باشد، باید مطابق با ISO 13850 به وضوح قابل شناسایی و قابل رویت بوده و کنترل‌کننده‌ها سریعاً قابل دسترس باشند.
- ج) توابع کنترل در صورت شکست سیستم‌های کنترل: در صورت بروز خطا در منطق سیستم کنترل یا شکست و آسیب در سخت افزار سیستم کنترل:

- سیستم قدرت پیل سوختی نباید متوقف شود زمانی که فرمان داده شده است.
- توقف خودکار یا دستی قسمت‌های متحرک باید بدون محدودیت باشد.
- دستگاه‌های حفاظتی باید کاملاً موثر باقی بمانند.
- سیستم قدرت پیل سوختی نباید غیر منتظره راه‌اندازی مجدد شود.

هنگامی که وسیله حفاظتی یا قفل داخلی باعث توقف ایمنی سیستم قدرت پیل سوختی شود، این شرایط باید سیستم کنترل اطلاع داده شود.

تنظیم مجدد عملکرد خاموش کردن نباید منجر به شروع هیچ شرایط خطرناکی شود.

خاموش شدن عادی

شرایط نگران کننده‌ای که قابل کنترل است یا اینکه خطر فوری را ایجاد نکند، این شرایط ممکن است با خاموش کردن طبیعی اصلاح شود.

مجوزها

مجوزها باید مطابق با الزامات تعیین شده به منظور جلوگیری از خطر اجرا شوند.

نصب مجموعه

هنگامی که سیستم قدرت پیل سوختی برای کار با تجهیزات دیگر طراحی شده است، عملکرد خاموش شدن سیستم قدرت پیل سوختی شامل توقف اضطراری است.

حالت‌های عملیاتی

الف) حالت‌های عملیاتی سیستم قدرت پیل سوختی شامل حالت عملیاتی (قدرت خروجی الکتریکی) و حالت آماده به کار (خروجی خالص صفر) می‌باشد.

حالت‌های غیر عملیاتی نیز حالت سرد، حالت منفعل و حالت ذخیره‌سازی می‌باشند.

ب) دو حالت اصلی باید وجود داشته باشد: راه اندازی و خاموش شدن.

راه اندازی، انتقال از حالت غیر عملکرد به حالت عملکرد آغاز شده با سیگنال خارجی است.

خاموش کردن خودکار، انتقال از حالت فعال به حالت غیر فعال است که ممکن است از طریق یک سیگنال خارجی یا سیگنال داخلی در پاسخ به بیرون شروع شود.

ج) حالت‌های عملیاتی ثانویه و انتقال ممکن است به عنوان موارد ضروری ارائه شوند و برای نرخ‌های مختلف قدرت خروجی و یا برای تنظیم، تعمیر و نگهداری و یا بازرسی فعالیت استفاده می‌شوند.

چ) حالت انتخابی: اگر سیستم قدرت پیل طراحی شده و ساخته شده، برای استفاده در چند سیستم کنترل و یا حالت‌های عملیاتی در سطوح مختلف ایمنی (برای مثال تنظیم، نگهداری، بازرسی و غیره) مجاز باشد، در این صورت باید قادر به انتخاب حالت بوده و در هر موقعیتی ایمن باشد.

هر موقعیت انتخاب کننده باید به یک حالت عملیاتی یا کنترلی وابسته باشد و با قفل کردن راه‌اندازی مجدد نصب شود. فرمان شروع جدید ممکن است پس از راه‌اندازی مجدد قفل‌ها که تنظیم مجدد شده‌اند روی عملکرد عادی تاثیر گذارد. حالت انتخاب باید با هر وسیله قابل اطمینان مجاز باشد. انتخاب کننده ممکن است برای محدود کردن دسترسی کاربر به حالت‌های عملیاتی سیستم قدرت پیل سوختی طراحی شده باشد (برای مثال، کدهای دسترسی برای برخی از توابع کنترل شده عددی و غیره).

حالت انتخاب شده باید تمام سیستم‌های کنترل دیگر به جز ایمنی را لغو کند.

سیستم‌های نظارت و کنترل از راه دور

سیستم‌های انرژی پیل‌های سوختی که می‌توانند از راه دور کنترل شوند، محلی برای تعبیه سوئیچ لازم برای قطع برق سیستم پیل سوختی دارند که با برجسب مشخص شده است. در این سیستم‌ها یک کاربر محلی بازرسی یا تعمیر و نگهداری را انجام می‌دهد. نظارت و کنترل از راه دور سیستم‌ها باید به صورت زیر باشد.

الف) کنترل از راه دور تنها در صورتی مجاز شمرده می‌شود که منجر به وضعیت ناامن نشود.

ب) کنترل‌کننده‌های ایمنی محافظت شده محلی را نادیده بگیرد.

۲-۵-۹-۳- اجزاء محافظ

کلیات

دستگاه‌های محافظ شامل دستگاه‌های ناظر مناسب هستند که از شاخص‌ها یا اخطارها به منظور ایجاد عملکرد مناسب استفاده می‌کنند. این دستگاه‌ها می‌توانند به صورت خودکار و یا دستی باشند تا سیستم قدرت پیل سوختی در محدودیت‌های مجاز کار کند.

دستگاه‌های محافظ باید:

- به صورتی طراحی و ساخته شوند که برای انجام عملکرد و نگهداری و تست‌های مورد نیاز دستگاه‌ها، مناسب و قابل اطمینان باشند.
- عملکردهای محافظتی خود را از سایر عملکردها مستقل کنند.
- اضافه بار خطرناک در تجهیزات باید در مراحل طراحی تعیین شود.
- دستگاه‌های محافظ باید با عملکرد اندازه‌گیری طراحی و ساخته شوند. بنابراین می‌توانند با شرایط عملیاتی قابل پیش‌بینی روبه‌رو شوند و برای موارد خاص استفاده شوند. در مواردی که نیاز است باید امکان بررسی دقت خواندن و سرویس دهی دستگاه‌ها وجود داشته باشد.
- این دستگاه‌ها باید یک بخش ایمنی را در اختیار داشته باشند که تضمین کند در شرایط عملیاتی نصب و مشکلات احتمالی در سیستم اندازه‌گیری، آستانه زنگ هشدار به اندازه کافی زیاد و خارج از محدوده ثبت شده است. کنترل‌کننده محافظ از اجزاء الکترونیکی تشکیل شده و باید به صورتی طراحی شود که دارای الزامات مناسب باشد.

انواع اجزاء

- الف) دستگاه‌های محدود کننده فشار، مانند سوئیچ فشار، باید با IEC 60730-2-6 مطابقت داشته باشند.
- ب) دستگاه‌های کنترل دما باید دارای یک زمان پاسخگویی کاملاً بی‌خطر باشند و مطابق با عملکرد اندازه‌گیری IEC 60730-2-9 باشند.

(ج) سیستم قدرت پیل سوختی ممکن است از یک آشکارساز گاز به عنوان عنصر محافظ برای کاهش نشت گاز احتمالی استفاده کند.

(چ) یک حلقه کنترل حسگر گاز (عنصر سنجش، مدار الکترونیکی، خاموش کردن منبع سوخت) طراحی شده و مطابق با الزامات می‌باشد.

(ح) کلیه قسمت‌های سیستم‌های سوخت پیل سوختی که در مرحله ساخت تنظیم می‌شوند نباید توسط کاربر یا نصب کننده دستکاری شوند و باید به طور مناسب حفاظت شده باشند.

(خ) اهرم‌ها و سایر دستگاه‌های کنترلی و تنظیم کننده باید طوری طراحی شوند که به وضوح علامت‌گذاری شده و دستورالعمل‌های مناسب داده شود تا از بروز هرگونه خطا در استفاده جلوگیری شود. همچنین باید از دستکاری تصادفی جلوگیری کنند.

۲-۵-۱۰- تجهیزات پنوماتیک و هیدرولیک

تجهیزات پنوماتیک و هیدرولیک سیستم‌های قدرت پیل سوختی باید مطابق با ISO 4414 و ISO 4413 طراحی شوند.

۲-۵-۱۱- دریچه‌ها

۲-۵-۱۱-۱- مسدود کردن دریچه‌ها

- (الف) مسدود کردن دریچه‌ها باید برای کلیه تجهیزات و سیستم‌هایی که نیاز به مهار و یا انسداد جریان سیال فرآیند در هنگام خاموش کردن، آزمایش، نگهداری و یا شرایط اضطراری دارند فراهم شود.
- (ب) مسدود کردن شیرها باید برای فشار، دما و مشخصات سیال رتبه‌بندی شود.
- (ج) فعال کننده‌ها باید بر روی مسدود کننده‌های دریچه‌های دارای درجه حرارت نصب شوند.
- (د) عملکرد الکتریکی، پنوماتیکی یا هیدرولیکی انسداد دریچه‌ها باید از نوعی باشد که با از دست دادن انرژی تحریک، وضعیت سیستم به حالت ناامن تغییر یابد.

۲-۵-۱۱-۲- دریچه‌های سوخت

شیرهای تامین کننده سوخت باید شرایط زیر را دارا باشند:

- (الف) کلیه سوخت‌های عرضه شده به سیستم قدرت پیل سوختی باید حداقل از دو دریچه خودکار عبور کنند. در واقع هرکدام از آنها به عنوان شیر خاموش ایمنی عمل می‌کنند و ممکن است به عنوان شیر کنترل عملکرد نیز عمل کنند.
- (ب) هر سوختی که مستقیماً به تجهیزات مربوط به سوخت وارد شود، مانند دیگ بخار راه اندازی یا اصلاح کننده مشعل شروع کننده، باید حداقل از دو دریچه خودکار عبور کند. در واقع هر کدام از آنها به عنوان یک شیر عامل و یک دریچه خاموش ایمنی عمل می‌کند. این دریچه‌ها ممکن است در یک واحد کنترل قرار نگیرند.

- (ج) درپچه‌های الکتریکی تامین سوخت باید الزامات ISO 23551-1 و یا ISO 23553-1 را برآورده کنند.
- (د) انسداد شیرآلات دستی قابل اشتعال برای کاربردهای مناسب مورد نظر باید بر اساس ISO 23550 باشند.

۲-۵-۱۲- تجهیزات دوار

۲-۵-۱۲-۱- نیازهای عمومی

(الف) تجهیزات چرخشی باید برای فشارها، دماها و سیالاتی که ممکن است در شرایط عملیاتی عادی رخ دهد طراحی شوند.

(ب) خطوط ورودی و خروجی سیال باید به اندازه کافی از آسیب ناشی از لرزش محافظت شوند.

(ج) درزگیری شافت باید با مایعات پمپ شده، دمای کاری، فشار طبیعی و غیر طبیعی و شرایط خاموش شدن طبیعی و اضطراری سازگار باشد.

(چ) درزگیری شافت باید طوری طراحی شود که از نشت مایعات خطرناک جلوگیری نماید. اگر درزگیری شافت باعث نشت مایعات خطرناک شود، تولید کننده باید روش مهار مایعات خطرناک را تامین کند و یا از رقیق کردن به همان اندازه که لازم است تا از خطرات سلامتی یا ایمنی جلوگیری شود، استفاده نماید.

(ح) موتورها، یاتاقان‌ها و درزگیرها باید برای چرخه وظیفه مورد انتظار مناسب باشند.

۲-۵-۱۲-۲- کمپرسورها

کمپرسورهای بسته‌بندی شده باید با یکی از استانداردهای ISO 5388; ISO 10439; ISO 10442; ISO 13707 و ISO 10440-2 و ISO 13631 همخوانی داشته باشند. در طراحی و انتخاب کمپرسور یا سیستم‌های کمپرسور باید به موارد ذیل توجه داشت:

(الف) دستگاه‌های کاهش فشار که فشار هر مرحله را برای سیلندر فشرده‌سازی و لوله‌کشی مرتبط با آن مرحله محدود می‌کنند متناسب با کمپرسور انتخاب شده باشند. این نیاز فقط در صورتی کاربرد دارد که تجهیزات فشرده‌سازی قادر به ایجاد فشارهایی هستند که از فشار طراحی فراتر می‌روند.

(ب) خاموشی خودکار کمپرسور برای تخلیه زیاد و فشار مکش پایین کنترل شود.

(ج) در صورت نیاز به راه‌اندازی مجدد کمپرسور پس از خاموش شدن، از دستگاه تخلیه و بازیافت گازهای منفجر شده برای استفاده مجدد و یا تهویه مناسب استفاده می‌شود.

(چ) دستگاه محدود کننده فشار برای جلوگیری از فشار بیش از حد در ورودی کمپرسور مورد استفاده قرار گیرد.

کمپرسورهایی که به دلیل ظرفیت کم یا فشار تخلیه کم از محدوده استانداردها خارج شدند، فقط نیازهای مورد نظر را رعایت می‌کنند. کمپرسورهای فشار، کم فشار (فن و دمنده) مطابق با ISO 12499 محافظت می‌شوند.

۲-۵-۱۲-۳- پمپ‌ها

پمپ‌های برقی بسته برای مایعات فرآیند باید با ISO 13709 یا ISO 14847 مطابقت داشته باشند.

پمپ‌های برقی بسته برای آب باید با IEC 60335-2-51 مطابقت داشته باشند.

پمپ‌های برقی یا سیستم‌های پمپ برقی باید موارد زیر را فراهم نمایند:

الف) دستگاه‌های کاهش فشار که فشار ورودی و خروجی را کمتر از فشار طراحی لوله‌کشی محدود می‌کنند. اگر فشار هنگام خاموش شدن پمپ الکتریکی کمتر از فشار لوله‌کشی باشد دریچه‌های کاهنده نیاز نیست.

ب) کنترل‌کننده خاموشی خودکار برای فشار زیاد تخلیه.

چنانچه پمپ‌ها به واسطه ظرفیت کم یا فشار تخلیه کم از محدوده استانداردها خارج شده باشند، باید مطابق با الزامات سازنده باشند.

۲-۵-۱۳- قفسه‌ها

قفسه‌های سیستم پیل سوختی باید از مقاومت کافی، سفتی، دوام، مقاومت در برابر خوردگی و سایر خصوصیات فیزیکی برای حمایت و محافظت از تمام توان پیل سوختی، قطعات سیستم و لوله‌کشی برخوردار باشند. علاوه بر این، از الزامات ذخیره‌سازی، حمل و نقل، نصب و شرایط مکان نهایی برخوردار باشند.

قفسه‌های سیستم سوخت پیل سوختی که برای استفاده در داخل یا تحت شرایطی خاص در نظر گرفته شده‌اند، مکان‌های روبه‌رو و در معرض هوای محیط باید به گونه‌ای طراحی و آزمایش شوند که حداقل IP20 را بر اساس IEC 60529 برآورده سازد.

طراحی و آزمایش سیستم برق پیل سوختی که برای استفاده در خارج در نظر گرفته شده است باید حداقل درجه حفاظت IP23 را داشته باشد.

دهانه‌های تهویه باید به گونه‌ای طراحی شده باشند که در طول مدت دچار انسداد نشوند و عملکرد طبیعی با گرد و غبار، برف یا پوشش گیاهی مطابق با انتظارات ادامه داشته باشد.

کلیه مصالحی که برای ساخت اتصالات، دریچه‌ها و واشر درها استفاده می‌شوند باید قادر به تحمل شرایط جسمی، شیمیایی و حرارتی موجود در تمام طول عمر سیستم انرژی سوخت قابل پیش‌بینی باشند.

پانل‌های دسترسی، روکش‌ها یا عایق‌هایی که برای سرویس‌دهی عادی باید حذف شوند، باید به گونه‌ای طراحی شوند که حذف و جایگزینی مکرر باعث ایجاد صدمه و یا کاهش ارزش عایق نشود.

در جایی که پرسنل بتواند کاملاً وارد کابین شود، مراحل دسترسی باید با اسناد فنی محصول مطابقت داشته باشد.

۲-۵-۱۴- مواد عایق حرارتی

سیستم‌های عایق به کار رفته در سیستم سوخت باید مطابق موارد زیر طراحی شوند:

- سازگاری شیمیایی با فلزات، محیط و اجزاء مختلف عایق خود سیستم که در معرض آن قرار می‌گیرند.
- محافظت در برابر سوء استفاده حرارتی و مکانیکی مورد انتظار (از جمله آسیب در شرایط جوی).
- ایمنی در برابر آتش
- امکان دسترسی در آینده به لوله‌کشی، اتصالات، و غیره برای اهداف تعمیر و نگهداری.
- به طور خاص، مواد عایق حرارتی و اتصالات داخلی آنها یا اتصالات نصب شده بر روی اجزاء سیستم قدرت سوخت باید:
- به صورت مکانیکی در جای خود محکم شوند و در برابر جابجایی یا آسیب ناشی از بارهای پیش‌بینی شده و عملکرد، محافظت شوند.
- در برابر همه سرعت‌های هوا، دما و مایعاتی که ممکن است در معرض آنها قرار گیرند مقاومت کنند و عملکرد عادی داشته باشند.
- در صورت لزوم، برای جلوگیری از خطرات سلامتی و ایمنی، سازنده باید این موارد را در دفترچه راهنمای تعمیرات سیستم عایق حرارتی و الزامات ایمنی مشخص نماید.

۲-۵-۱۵- سودمندی‌ها

۲-۵-۱۵-۱- نیازهای عمومی

سیستم برق پیل سوختی باید به گونه‌ای طراحی و ساخته شود که موجب ایجاد هر گونه خطر بهداشتی، ایمنی یا محیطی و آسیب دائمی به سیستم نشود.

۲-۵-۱۵-۲- آب‌رسانی

الف) در جایی که سیستم سوخت به آب نیاز داشته باشد، آب مورد نیاز باید از طریق اتصال به یک منبع آب در محل مطابق با مقررات محلی یا از طریق یک منبع آب خودی تامین شود. سیستم آب‌رسانی باید در طول عملیات به مقدار کافی آب تولید کند.

ب) از آلودگی منابع آب آشامیدنی موجود، مطابق مقررات محلی جلوگیری می‌شود.

ج) وسایلی برای جلوگیری از برگشت جریان بخار به داخل سیستم تصفیه آب قدرت پیل سوختی فراهم شود. یک شیر کنترلی مناسب یا معادل آن در دستگاه با این هدف مطابقت دارد.

۲-۵-۱۵-۳- گازرسانی به سوخت

در صورت گازرسانی به سوخت، وسایلی باید برای جلوگیری از گردش مجدد گازهای فرآوری شده سوخت و یا پاک‌سازی آنها فراهم شود.

۲-۵-۱۵-۴- اتصال الکتریکی

قطع اتصال از منبع تغذیه

قفل‌ها

هر وسیله قطع ارتباط برق به منظور خاموش کردن برق برای ایمنی ارائه شده است. پرسنل باید وسیله‌ای را برای قفل دستگاه به منظور جلوگیری از اتصال مجدد قبل از سرویس‌دهی مجدد فراهم کنند.

دستگاه‌های قطع ارتباط

باید دستگاه‌های قطع اتصال از نوع AC یا DC برای سرویس‌دهی توسط پرسنل واجد شرایط ارائه شوند. وسایل ایزوله را هم می‌توان در قسمت دسترسی به سرویس یا خارج از تجهیزات قرار داد. استفاده از سوئیچ‌های عملکردی به عنوان دستگاه‌های قطع اتصال مجاز است مشروط بر اینکه تمام الزامات مربوط به چنین دستگاه‌هایی رعایت شود. برای سیستم‌های پیل سوختی ثابت، دستگاه قطع اتصال باید در تجهیزات گنجانده شود مگر اینکه دستورالعمل برای نصب خارجی ارائه شود.

تجهیزات سه‌فاز

برای تجهیزات سه‌فاز، دستگاه قطع باید همزمان تمام خطوط هادی منبع تغذیه AC را قطع کند. برای این تجهیزات اتصال خنثی به سیستم توزیع نیاز است. دستگاه قطع اتصال باید یک دستگاه چهار قطبی باشد و همه خطوط قطع شود. اگر این دستگاه چهار قطبی در تجهیزات ارائه نشده باشد، دستورالعمل‌های نصب باید نیاز به تهیه تجهیزات خارجی دستگاه را مشخص کنند. اگر یک وسیله قطع، هادی خنثی را قطع کند باید همزمان همه هادی‌های خط را قطع کند.

تجهیزات DC و تک‌فاز

یک وسیله قطع اتصال، در صورت ارائه یا به عنوان بخشی از تجهیزات، باید هر دو قطب را به طور همزمان جدا کند. به جز موارد زیر:

الف) در صورت امکان شناسایی هادی زمین در شبکه‌های DC یا یک زمین خنثی در یک منبع تغذیه AC، استفاده از یک قطب مجاز است و دستگاه قطع اتصال، هادی جدا شده از زمین را قطع می‌کند.

ب) در دستورالعمل‌های نصب مشخص شده که یک وسیله قطع اتصال دو قطب خارجی برای تجهیزات ارائه شده است.

خاموش کردن ایمنی - توقف اضطراری

خاموش کردن دستی ایمنی (یا توقف اضطراری) در صورت نیاز به تجزیه و تحلیل خطر باید به وضوح قابل شناسایی باشد. کنترل‌هایی که به وضوح قابل مشاهده و به سرعت در دسترس (مانند دکمه‌ها) هستند باید مطابق با ISO 13850 باشند.

۲-۵-۱۶- نصب و نگهداری

۲-۵-۱۶-۱- نصب

تولید کننده باید دستورالعمل‌هایی را برای نصب مناسب، تنظیم، بهره‌برداری و نگهداری سیستم‌های قدرت پیل سوختی ارائه دهد.

خطاهایی که احتمالاً هنگام جاگذاری یا جابجایی قطعات خاص ایجاد می‌شوند، می‌توانند یک منبع خطر باشند و باید با طراحی مناسب چنین قطعاتی یا در صورت عدم موفقیت در این امر، از طریق اطلاعاتی که در مورد خود قطعات و یا محل آنها ارائه می‌شود، خطر را به حداقل رسانند. همین اطلاعات برای جلوگیری از خطر در مورد قطعات متحرک و یا محل نگهداری آنها که جهت حرکت را مشخص می‌کند، داده می‌شود. هر اطلاعات بیشتری که ممکن است لازم باشد در دستورالعمل‌ها ارائه می‌شود.

لازم است تا با طراحی مناسب، ضمن رفع اتصالات ناایمن، خطر به حداقل برسد. در صورت عدم موفقیت در این امر، با اطلاعاتی که در مورد لوله‌ها، کابل‌ها، و غیره یا بلوک اتصال داده شده است، می‌توان به هدف مذکور رسید.

۲-۵-۱۶-۲- نگهداری

نقاط تنظیم، روغن کاری و نگهداری باید در خارج از مناطقی واقع شود که در آن فرد در معرض خطر جراحت یا آسیب قرار دارد. همچنین دستورالعمل‌های نگهداری در دفترچه محصول باید در صورت نیاز برای جلوگیری از خطرات برای سلامتی یا ایمنی ارائه شود.

تنظیم، نگهداری، تعمیر، تمیز کردن و عملیات سرویس‌دهی، در حالتی که سیستم قدرت پیل سوختی در وضعیت آماده‌باش یا در حال کار قرار دارد، امکان‌پذیر است. طراحی سیستم قدرت پیل سوختی باید به گونه‌ای باشد که این توابع را داشته باشد بدون اینکه موجب خطر و آسیب شود. امکان حذف و جایگزینی اجزاء سیستم قدرت پیل سوختی خودکار که به طور مکرر تغییر می‌کنند باید بدون خطر آسیب‌دیدگی ممکن باشند. دسترسی به اجزاء باید با استفاده از وسایل فنی لازم (ابزارها، ابزارهای اندازه‌گیری و غیره) و مطابق با مستندات فنی محصول انجام شود.

۲-۶- انواع تست

۲-۶-۱- الزامات کلی

هر طرح جدید باید تحت آزمایش‌هایی قرار گیرد. به منظور به دست آوردن شرایط عملیاتی مورد نیاز، انواع تست‌ها باید در یک محیط تست که سیستم پیل سوختی برای آن طراحی و شبیه‌سازی شده است، انجام شوند. به طور خاص،

آزمون محیطی باید محدوده مرزی رابط‌ها را با توجه به برنامه طراحی شده برای سیستم قدرت پیل سوختی فراهم کند. توصیه می‌شود که انواع تست‌ها به ترتیب زیر انجام شود. آزمایش‌ها ممکن است در شرایط غیر عادی مخرب باشند. اندازه‌گیری تست باید در شرایط مرجع با دمای ۱۵ درجه سانتیگراد و فشار ۳۲۵/۱۰۱ کیلوپاسکال انجام شود.

۲-۶-۱-۱- پارامترهای عملکردی برای آزمایش‌ها

شرایط تست باید مطابق با مشخصات عملیاتی و پارامترهای مندرج در زیر باشد.

الف) ولتاژ تغذیه.

ب) فرکانس تغذیه.

ج) موقعیت فیزیکی تجهیزات و موقعیت قطعات متحرک.

د) حالت عملکردی.

ح) تنظیم ترموستات‌ها، دستگاه‌های تنظیم کننده یا کنترل‌کننده‌های مشابه در مناطق دسترسی کاربر نهایی، که به صورت زیر هستند.

۱) بدون استفاده از ابزار قابل تنظیم باشند.

۲) قابل تنظیم با استفاده از وسیله‌ای مانند کلید یا ابزاری که عمداً برای کاربر فراهم شده است.

موارد ذیل باید اندازه‌گیری شوند:

- ❖ فشار اتمسفر (Pa)
- ❖ فشار دودکش
- ❖ فشار گاز (Pa)
- ❖ افت فشار در کنار آب (Pa)
- ❖ میزان نرخ آب (l/h, m³/h)
- ❖ نرخ گاز (m³/h)
- ❖ نرخ هوا (m³/h)
- ❖ زمان احتراق
- ❖ انرژی الکتریکی کمکی عملکردی بر حسب کیلووات ساعت یا کیلووات
- ❖ دما (K یا °C)
- ❖ O₂, CO₂, CO
- ❖ مقدار کالری بنزین در kWh/m³
- ❖ دانسیته گاز (kg/m³)

- ❖ جرم (kg)
- ❖ گشتاور (Nm)
- ❖ نیرو (N)
- ❖ جریان (A)
- ❖ ولتاژ (V)
- ❖ نیروی الکتریکی (KW یا W)
- ❖ ولتاژ عملکرد عادی
- ❖ سایر ولتاژهای عملکردی با توجه به مشخصات سیستم

۲-۶-۲- تست سوخت

سیستم تولید توان پیل سوختی که برای استفاده از گاز طبیعی در نظر گرفته شده است باید تست‌های مشخص شده با گاز طبیعی در دسترس تجاری با حداکثر و حداقل فشار و گازی که ترکیب آن مناسب تشخیص داده شده، پاس نماید. در صورت نیاز، آزمایش‌های زیر نیز با محدودیت برای گازها قابل انجام می‌باشد:

- مشخصات عامل اشتعال
- احتراق موثر
- احتراق-تغییر ولتاژ
- بازیافت/ترمیم جرقه
- کاهش شعله پیلوت
- تاخیر در احتراق

در سیستم تولید توان پیل سوختی که برای استفاده از گازهای مایع در نظر گرفته شده است، باید آزمایش‌های مشخص شده با گازی انجام شود که ترکیب و فشارهای آن مشخص است. حداکثر و حداقل فشار گاز مورد انتظار باید مطابق با سوخت بنزین مایع تجاری باشد. در صورت نیاز آزمایش‌های صدرالذکر نیز با گاز بوتان قابل انجام خواهد بود. سیستم تولید توان پیل سوختی که برای استفاده از انواع دیگر سوخت در نظر گرفته شده است باید با آنها آزمایش و تست شده باشد. اگر سوخت دارای طیف وسیعی از ترکیبات باشد، آزمایش‌های صدرالذکر در محدوده ترکیبی انجام می‌شود.

۲-۶-۳- آزمون پایه

این آزمایش برای کل سیستم تولید توان پیل سوختی انجام می‌شود. مطابق این آزمون تمامی اجزای سیستم از جمله فیلترهای هوا، دستگاه‌های راه‌اندازی، سیستم‌های تهویه یا خروجی هوا و کلیه تجهیزات مرتبط باید نصب شده و مطابق دستورالعمل سازنده کار کنند. مگر در مواردی که بیان شده باشد.

تغییرات برابر با ۵٪ در نرخ ولتاژ و فرکانس و ۱۰٪ در نرخ قدرت خروجی به صورتی که توسط سازنده مشخص شده و ۵٪ در نرخ مصرف سوخت هنگام کار در شرایط نامی و در دما و فشار محیط نباید منجر به خلل در نتایج آزمایش گردد. آزمایش باید از زمانی شروع شود که اجزاء سیستم سوخت پیل سوختی در دمای تعادل باشند، مگر اینکه مشخص شده باشد.

۲-۶-۴- تست نشت

۲-۶-۴-۱- کلیات

مراحل باید قبل و بعد از انجام کلیه آزمایش‌های غیرمخرب (دو بار) انجام شوند.

۲-۶-۴-۲- تست نشت پنوماتیک

کلیات

بخش‌هایی از سیستم تولید توان پیل سوختی که مورد نظر این آزمایش هستند در هنگام آزمایش با گازها یا بخارهای مناسب، نباید بیش از حد مشخصی به بیرون نشتی داشته باشند (به عنوان مثال گازهای عامل اسمی، هوای خشک تمیز یا گاز بی‌اثر).

لازمست برای تست از یک سیستم مناسب قادر به تامین میعان‌ات گازی در آزمایش مورد نظر و یک دستگاه اندازه‌گیری جریان مناسب استفاده گردد. اندازه‌گیر جریان باید قادر به اندازه‌گیری میزان نشت با دقت ۲٪ باشد که به قسمت ورودی متصل و بین سیستم فشار و قسمت آزمایش که تحت فشار است قرار گیرد. محل خروجی بخش تست باید با وسیله مناسب آب‌بندی شود. محیط گاز به تدریج تحت آزمایش قرار می‌گیرد سپس با فشار کمتر از فشار مندرج در جدول ۲-۲ به تدریج در زمان تقریبی ۱ دقیقه اندازه‌گیری یکنواخت انجام شود. این فشار باید حداقل ۱ دقیقه یا بیشتر از آن حفظ شود. در این زمان باید به هر گونه نشت، همان طور که توسط دستگاه اندازه‌گیری جریان مشخص شده است، اشاره شود.

روش تست ۱

اگر از تهویه طبیعی برای جبران نشت سوخت استفاده می‌شود، نشت مجاز باید با استفاده از یک آشکارساز گاز تعیین شود تا اطمینان حاصل شود که غلظت گاز در آن منطقه بیشتر از ۲۵٪ از میزان اشتعال پذیری پایین (LFL) در منطقه طبقه‌بندی شده نیست.

روش تست ۲

اگر از تهویه مکانیکی برای جبران نشت سوخت استفاده شود، میزان نشت مجاز توسط فرمول زیر قابل تعیین خواهد

بود:

$$L = 0.01 \times (V/R) \quad (۳-۲)$$

که در آن L میزان نشت مجاز بر حسب متر مکعب در ساعت برای هر قسمت یا تمام قسمت‌ها است.

$$R = (TGSG/FGSG)^{1/2} \quad (۴-۲)$$

که در آن $TGSG$ وزن مخصوص گاز تست و $FGSG$ وزن مخصوص گاز سوخت است. یا

$$R = (\mu_{test}/\mu_{fuel}) \quad (۵-۲)$$

که در آن μ_{test} ویسکوزیته مطلق تست و μ_{fuel} ویسکوزیته مطلق سوخت است.

مقدار R که منجر به نشت کمتر از حد مجاز می‌شود باید گزارش شود. V حداقل نرخ تهویه در دمای هوا بر حسب مترمکعب در هوا است. در صورت استفاده از سوخت با قابلیت اشتعال کمتر از ۱۰۰٪، می‌توان از ضریب اصلاح زیر برای محاسبات استفاده کرد:

$$L = 0.01 \times (V/R) \times (1/C) \quad (۶-۲)$$

که در آن C غلظت احتراق است.

جدول ۲-۲: تست نشتی

خطر	نوع تست	شرایط طراحی سیستم	پارامترهای تست	رد/ قبول شاخص
قابل اشتعال	هیدرولیک	در تمام فشارها	۱,۵ بار فشار طراحی	بدون نشتی
	نیوماتیک	در تمام فشارها	۱,۵ بار فشار طراحی	تست نشتی
				روش تست ۱
				روش تست ۲
سمی (مانند مونوکسید کربن)	هیدرولیک	$\geq 100 \text{ KPa}$	۱,۵ بار فشار طراحی	بدون نشتی
		$< 100 \text{ KPa}$	۱ بار فشار طراحی	بدون نشتی
	نیوماتیک	در تمام فشارها	۱,۱ بار فشار طراحی	
				روش تست ۱
				روش تست ۲

رد/ قبول شاخص	پارامترهای تست	شرایط طراحی سیستم	نوع تست	خطر
نشستی پذیرفته شده مطابق ۲-۶-۱۸- تعریف شده				
دمای محیط در مجاورت سیستم لوله‌کشی و یا عایق لوله‌کشی نباید بیشتر از ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد باشد. می‌تواند هم زمان با آزمون ۲-۶-۱۳- انجام شود	در طول عملیات سیستم پیل سوختی	$\geq 300^{\circ}\text{C}$	گاز (مانند هوا و خروجی هوا)	حرارت - خطر سوختگی
بدون الزام	بدون الزام	$< 300^{\circ}\text{C}$		
بدون نشستی	۱/۵ بار فشار طراحی برای هیدرولیک	$\geq 1,1\text{MPa}$ $\geq 120^{\circ}\text{C}$ یا	مایع (مانند خنک کننده)	
	۱/۱ بار فشار طراحی برای نیوماتیک			
بدون نشستی	۱ بار فشار طراحی برای هیدرولیک	$< 1,1\text{MPa}$ $< 120^{\circ}\text{C}$ یا		
	۱ بار فشار طراحی برای نیوماتیک			

نکات جدول فوق:

- فشار تست در هر نقطه از سیستم لوله‌کشی شده نباید از بیشینه مقدار مجاز فشار تست در هر کدام از اجزاء غیرایزوله مثل شیر و پمپ بیشتر باشد. فشار باید به مدت ۱۰ دقیقه ثابت باشد و سپس کاهش یافته تا به فشار طراحی برسد و این فشار تا زمان اتمام تست نشستی ثابت بماند.
- تست نیوماتیک باید به صورت متناوب جهت بررسی سازگاری بدنه اجزاء انجام شود.
- تست هیدرولیک باید به صورت متناوب جهت بررسی سازگاری بدنه اجزاء انجام شود.
- فشار طراحی، بالاترین فشاری است که ممکن است در هر کدام از مدهای عملکردی حالت گذرا و پایدار اتفاق بیفتد.
- سیستم در چند بخش تست می‌شود، مجموع نشستی کل بخش‌ها نباید از نشستی آورده شده در جدول فوق بیشتر باشد.

۲-۶-۴-۳- تست نشت هیدرواستاتیک

سیستم سوخت استفاده شده برای این تست نباید نشستی خارجی داشته باشد. تست باید در فاز مایع باشد. اگر تولید کننده، روش تست مایع را غیر عملی تشخیص دهد، در این صورت آب، مایع تست در نظر گرفته خواهد شد. اگر احتمال

صدمه به سیستم در اثر یخ‌زدگی یا تخریب توسط آب وجود داشته باشد، هر مایع غیر سمی دیگر به صورت جایگزین قابلیت استفاده دارد. اگر سیال اشتعال‌پذیر باشد نقطه اشتعال آن باید حداقل ۵۰ درجه کمتر باشد و سایر ملاحظات برای تست نیز در نظر گرفته شود. قابل ذکر است با توجه به مسائل ایمنی، تست هیدرواستاتیک بر پنوماتیک ارجحیت دارد. فشار تست هیدرواستاتیک نباید از فشار ذکر شده در جدول ۲-۲ بیشتر باشد. تمام سطوح خارجی اجزاء حامل سیال جهت بررسی نشتی باید قابل رویت باشند. اگر بعضی از اجزاء قابل مشاهده نباشند، باید شرایط جهت بررسی محل نشتی در نقطه‌ای که در دسترس است فراهم گردد. اگر محل نشتی قابلیت دسترسی نداشته باشد، فرآیندی جهت چک کردن نشتی توسط تولید کننده باید فراهم گردد.

قبل از تست عملکردی باید مشخص شود که کدام اجزاء حامل سیال تحت فشار داخلی مشابه در حین عملکرد عادی سیستم پیل سوختی قرار دارند. کلیه اجزاء باید تست‌های مربوط به تک تک اجزاء را نیز پاس کنند بدین معنی که باید به صورت مجزا تحت فشار (در حالتی که از سایر اجزاء سیستم مجزا هستند) قرار گیرند.

دستگاه تست باید با مایع پر شده و به سیستم هیدرولیک متناسب با آن متصل شود که شامل لوازم اندازه‌گیری فشار متناسب با تست می‌باشد. ملاحظات مورد نیاز در زمان تزریق مایع به سیستم جهت خروج هوا نیز باید در نظر گرفته شود. فشار تست باید به آرامی افزایش یابد به طوری که بر روی گیج‌های فشار عدد یکسانی خوانده شود. این فشار به مدت ۱۰ دقیقه (یا بیشتر در صورت نیاز جهت بررسی نشتی) به سیستم اعمال می‌گردد و به صورت همزمان سطوح خارجی از جهت عدم وجود نشتی بررسی می‌گردند. در صورت مشاهده نشتی، فشار تست به مدت حداقل ۳ ساعت باید بر سیستم اعمال شود. هیچگونه نشتی مایع قابل قبول نمی‌باشد. هرگونه نشتی قابل مشاهده به معنای رد شدن تست است.

۲-۶-۴-۴- کلیات

هر جزء مورد تایید با نرخ فشار بالاتر از فشار طراحی سیستم، باید به عنوان زیر مجموعه قابل استفاده در نظر گرفته شود.

۲-۶-۴-۵- تست مقاومت نیوماتیک

در زمان انجام تست با گاز یا بخارات (به عنوان مثال گاز فعال معرفی شده توسط تولید کننده که می‌تواند یک گاز خنثی باشد) متناسب با اجزاء سیستم یا در زمان توقف تست پیل سوختی، سیستم در نظر گرفته شده نباید دچار شکست و تغییر شکل یا هرگونه خرابی فیزیکی شود.

قبل از انجام این تست باید اجزایی که تحت فشار داخلی مشابه قرار می‌گیرند حین عملکرد عادی سیستم پیل سوختی مشخص گردند. اجزاء مذکور باید به صورت مجزا و مستقل تحت فشار قرار می‌گیرند و یک سیستم فشارساز متناسب که توانایی سازی فشار متوسط گازی مورد نیاز برای این تست را دارد باید به ورودی دستگاه تست متصل شود. کلیه اجزاء عملکردی سیستم باید در موقعیت باز باشند که فشار مورد نیاز تست به آنها نیز اعمال شود.

گاز باید به آرامی به سیستم اعمال شود به صورتی که گیج فشار، عددی بیش از عدد ذکر شده در

جدول ۳-۲ را نشان دهد. مدت زمان انجام این فرآیند تقریباً ۱ دقیقه می‌باشد. فشار باید به مدت حداقل ۱ دقیقه یا بیشتر اعمال گردد به صورتی که به فشار طراحی و نقطه تنظیم سیستم کنترل برسد. شرایط پذیرش این تست مطابق با جدول ۳-۲ می‌باشد.

جدول ۳-۲: تست استحکام

رد / قبول شاخص	پارامترهای تست	شرایط طراحی سیستم	نوع تست	خطر
بدون شکستگی، تغییر شکل یا آسیب فیزیکی دیگر	۱/۵ بار فشار طراحی	در تمام فشارها	هیدرولیک	قابل اشتعال یا سمی
بدون شکستگی، تغییر شکل یا آسیب فیزیکی دیگر	۱/۳ بار فشار طراحی	$\geq 13 \text{KPa}$	نیوماتیک	
بدون شکستگی، تغییر شکل یا آسیب فیزیکی دیگر	۱۷KPa	$13 \text{KPa} < \text{اما} < 3,5 \text{KPa}$ (به جز $5,5 \text{ KPa} <$ اما 13 KPa برای دسته)		
بدون شکستگی، تغییر شکل یا آسیب فیزیکی دیگر	۵ بار فشار طراحی (۳ بار فشار طراحی برای هر دسته)	$3/5 \text{KPa} >$ (به جز $\text{KPa} <$ برای دسته)		
بدون شکستگی، تغییر شکل یا آسیب فیزیکی دیگر	۱/۳ بار فشار طراحی	$\geq 100 \text{KPa}$ یا $\geq 300^{\circ}\text{C}$	هیدرولیک	گاز تحت فشار یا گرم (مثل هوا یا آسفایگزانت)
بدون الزام	بدون الزام	$< 100 \text{KPa}$ یا $< 300^{\circ}\text{C}$	نیوماتیک	
بدون شکستگی، تغییر شکل یا آسیب فیزیکی دیگر	۱/۳ بار فشار طراحی	$\geq 100 \text{KPa}$ یا $\geq 300^{\circ}\text{C}$		
بدون الزام	بدون الزام	$< 100 \text{KPa}$ یا $< 300^{\circ}\text{C}$		
بدون شکستگی، تغییر شکل یا آسیب فیزیکی دیگر	۱/۳ بار فشار طراحی	$\geq 11 \text{MPa}$ یا $\geq 120^{\circ}\text{C}$	هیدرولیک	مایع تحت فشار (مانند آب، بخار، گلیکول)
بدون الزام	بدون الزام	$< 11 \text{MPa}$ یا $< 120^{\circ}\text{C}$		

خطر	نوع تست	شرایط طراحی سیستم	پارامترهای تست	رد/ قبول شاخص
	نیوماتیک	$\geq 1/1 \text{ MPa}$ یا $\geq 120^\circ \text{C}$	۱/۳ بار فشار طراحی	بدون شکستگی، تغییر شکل یا آسیب فیزیکی دیگر
		$< 1/1 \text{ MPa}$ یا $< 120^\circ \text{C}$	بدون الزام	بدون الزام

نکات جدول فوق:

- فشار تست در هر نقطه از سیستم لوله‌کشی شده نباید از حد مجاز بیشینه فشار تست در هر کدام از اجزاء غیرایزوله مثل شیر و پمپ بیشتر باشد. فشار باید ۱۰ دقیقه به صورت ثابت باشد و سپس کاهش یابد تا به فشار طراحی برسد و این فشار تا زمان اتمام تست نشستی ثابت بماند.
- تست مقاومت نیوماتیک باید به صورت متناوب جهت سازگاری بدنه اجزاء انجام شود.
- تست هیدرولیک باید به صورت متناوب جهت بررسی سازگاری بدنه اجزاء انجام شود.
- فشار طراحی، بالاترین فشاری است که ممکن است در هر کدام از حالات عملکردی اتفاق بیفتد و شامل حالت گذرا و پایدار می‌باشد.
- سیستم در چند بخش تست می‌شود، مجموع نشستی کل بخش‌ها نباید از نشستی آورده شده در جدول فوق بیشتر باشد.
- فشار طراحی، بالاترین فشاری است که ممکن است در هر کدام از مدهای عملکردی اتفاق بیفتد و شامل حالت گذرا و پایدار می‌باشد.

۲-۶-۴-۶- تست مقاومت هیدرواستاتیک

در زمان انجام تست با سیال در نظر گرفته شده، گاز یا بخارات (به عنوان مثال گاز فعال معرفی شده توسط تولید کننده که می‌تواند یک گاز خنثی باشد) متناسب با اجزاء سیستم یا در زمان توقف تست پیل سوختی، سیستم در نظر گرفته شده نباید دچار شکست و تغییر شکل یا هرگونه خرابی فیزیکی شود.

سیال مورد استفاده در تست باید به صورت مایع باشد. اگر تولید کننده، روش تست مایع را غیر عملی تشخیص دهد، در این صورت آب، مایع تست در نظر گرفته خواهد شد. اگر احتمال صدمه به سیستم در اثر یخ‌زدگی یا تخریب توسط آب وجود داشته باشد، هر مایع غیر سمی دیگر به صورت جایگزین قابلیت استفاده دارد.

کلیه اجزاء باید تست‌های مربوطه را پاس کنند بدین معنی که باید اجزاء به صورت مجزا از دیگر اجزای سیستم، تحت تست فشار قرار بگیرند.

دستگاه تست باید با مایع پر شده و به سیستم هیدرولیک متناسب با آن متصل شود که شامل لوازم اندازه‌گیری فشار متناسب با این تست می‌باشد. ملاحظات مورد نیاز در زمان تزریق مایع به سیستم جهت خروج هوا نیز باید در نظر گرفته شود.

فشار حین تست باید به آرامی افزایش یابد تا زمانی که فشار خوانده شده بالاتر از فشار ذکر شده در جدول ۲-۳ برسد. این فشار باید به مدت حداقل ۱ دقیقه اعمال شود.

۲-۶-۵- تست عملکرد عادی

مقادیر ذکر شده در پلاک مطابق روش مشخص شده در IEC بررسی شوند.

۲-۶-۶- تست اضافه بار الکتریکی

پیل سوختی باید قابلیت تحمل اضافه بار را داشته باشد. در حالی که تولید کننده اجازه جریان خروجی بالاتر از نرخ جریان برای یک دوره معین را داده باشد. سیستم پیل سوختی باید در نرخ جریان مشخص شده توسط تامین کننده از لحاظ حرارتی پایدار باشد. هیچ گونه شعله، شوک، شکست، تغییر فرم دائم و تخریب فیزیکی در سیستم قابل قبول نیست. جریان بالاتر از جریان مورد تایید تولید کننده جهت انجام تست نباید استفاده شود.

۲-۶-۷- پارامترهای خاموشی

شرایط خاموش شدن خودکار برای سیستم پیل سوختی در شرایط غیرعادی بحرانی منتج از آنالیز خطر است. تطابق اجزاء باید برای هر حالت غیرعادی با استفاده از روش شبیه‌سازی یا اطلاعات موجود در مدارک سازنده بررسی شده و اقدامات مورد نیاز تعریف شود.

۲-۶-۸- تست خصوصیات عملکرد مشعل

۲-۸-۱- کلیات

فرآیندهای زیر، مجموعه قابل اعمال به پیل سوختی مجهز شده به مشعل می‌باشد و باید در زمان روشن شدن مشعل و بلافاصله بعد از پایدار شدن شرایط فرآیند با مشخصات ذیل انجام شوند:

الف) در فشارهای تست

ب) در بیشینه و کمینه فشار ذخیره سوخت مشخص شده توسط سازنده اگر متفاوت با فشار مشخص شده باشد.

ج) در زمان عملکرد بین ۵۸٪ و ۱۱۰٪ ولتاژ نامی ورودی پس از اعمال محافظت از تغییرات ولتاژ

۲-۶-۸-۲- تست عمومی

سیستم کنترل خودکار مشعل باید سریعاً بعد از رسیدن سوخت به دهانه مشعل عمل احتراق را انجام دهد. در صورت وجود پیلوت مداوم در زمان روشن یا خاموش شدن گاز مشعل، نباید پیلوت خاموش شود. این بند در مورد پیلوت‌های قطع شونده یا متناوب در زمان خاموشی مشعل قابل اعمال نمی‌باشد.

در زمان تست موارد زیر باید بررسی گردد:

الف) شعله مشعل بدون تاخیر، وقفه زمانی، صدای غیر عادی یا تخریب تجهیزات روشن شود.

ب) خاموش شدن شعله مشعل باید بدون وقفه و صدای غیرطبیعی باشد.

ج) شعله مشعل نباید بیرون از محفظه احتراق باشد.

چ) مشعل نباید دوده ایجاد کند.

ح) خروج گاز از ورودی هوای مشعل وجود نداشته باشد.

۲-۶-۸-۳- محدوده تست

تست بدون تنظیم شعله و مشعل انجام می‌شود. فشار در ورودی سوخت به حداقل و حداکثر فشار بر روی صفحه نامی کاهش می‌یابد تا به حداقل فشار برسد. این تست در حداقل و حداکثر طول خروجی یا در کمینه و بیشینه فشار به دلیل طول خروجی انجام می‌شود. تحت این شرایط و برای عملکرد ایمن مشعل، انتشار مونوکسیدکربن در پایین‌ترین سطح خواسته شده باقی می‌ماند. این تست در صورت درست بودن اشتعال تحت این شرایط، در حرارت کمینه ورودی مجاز با کنترل، تکرار می‌شود.

۲-۶-۹- کنترل خودکار مشعل‌ها و راکتورهای اکسیداسیون کاتالیزوری

۲-۶-۹-۱- کلیات

ممکن است تولید کننده برای انجام آزمایش‌ها، احتراق را بر روی پایه یک سیستم تولید توان پیل سوختی، به جای یک واحد کامل ساخته شده انجام دهد. زیرمجموعه شامل تمام قطعات (به عنوان مثال، احتراق و مشعل اصلی، محل احتراق مشخص کننده تولید کننده، محفظه احتراق و در صورت لزوم، فن احتراق/ خروجی هوا اختصاص یافته به محفظه احتراق) ممکن است بر نتایج آزمون تاثیر بگذارند.

نکته: مباحث ذیل در مورد راکتور کاتالیزور خروجی هوای آندی استفاده می‌شود.

۲-۶-۹-۲- سوزن‌های کنترل خودکار احتراق

کلید سیستم‌های احتراق خودکار سیستم‌های سوخت پیل‌های سوختی باید آزمون‌های زیر را پاس نمایند.

اشتعال موثر

با حفظ ولتاژ سیستم تولید توان پیل سوختی در محدوده ولتاژ نامی، احتراق باید فعال و قابل مشاهده باشد. شعله‌ها نباید در خارج از سیستم تولید توان پیل سوختی دیده شوند. هیچ گونه آسیب به سیستم تولید توان پیل سوختی وارد نشود. سه احتراق باید ایجاد شود و هر احتراق باید بلافاصله بعد از رسیدن سوخت به مشعل اصلی صورت گیرد.

احتراق - تغییر ولتاژ

این تست با ایجاد حداکثر طول لوله تهویه یا حداکثر فشار برگشتی انجام می‌شود.

حداقل ولتاژ یا ولتاژ پایین

ولتاژ سیستم برق پیل سوختی باید در ۸۵٪ ولتاژ نوشته شده روی پلاک مشخصات یا در صورتی که سیستم برق پیل سوختی دارای محافظ تغییر ولتاژ است، درصد کمترین ولتاژ مجاز در این ابزار محافظ، ولی نه کمتر از ۸۵٪ ولتاژ مشخص شده بر روی پلاک مشخصات، تنظیم شود. تحت این شرایط، شمع موتور، مشعل اصلی سوخت را در مدت ایجاد شعله اصلی روشن خواهد کرد. توده‌های گاز مشعل بیرون از سیستم برق پیل سوختی شعله‌ور نخواهد شد و هیچ آسیبی به سیستم برق پیل سوختی وارد نخواهد شد. تعداد کافی دفعات احتراق باید صورت بگیرد و هر بار احتراق باید در زمان تعیین شده رخ دهد.

ولتاژ بیشینه یا ولتاژ زیاد

ولتاژ سیستم برق پیل سوختی باید در ۱۱۰٪ ولتاژ مشخص شده بر روی پلاک مشخصات یا در صورتی که سیستم برق پیل سوختی دارای حفاظ ولتاژ است، در حد بیشترین ولتاژ مجاز در این ابزار محافظ و نه بیشتر از ۱۱۰٪ ولتاژ مشخص شده روی پلاک مشخصات تنظیم شود. تحت این شرایط، شمع موتور باید مشعل اصلی سوخت را در مدت زمان ایجاد شعله اصلی روشن کند. توده‌های مشتعل گاز در خارج از سیستم برق پیل سوختی شعله‌ور نخواهند شد و هیچ آسیبی به سیستم برق پیل سوختی نخواهد رسید. تعداد کافی دفعات احتراق باید صورت بگیرد و هر بار احتراق باید در زمان تعیین شده رخ دهد.

مدت زمان ایجاد اشتعال

مدت زمان ایجاد اشتعال باید هنگام راه‌اندازی سیستم برق پیل سوختی بررسی شود. زمان برق‌دار شدن پیل سوختی اصلی تا زمان رسیدن به احتراق یا شعله مشعل، نباید از زمان شروع حبس شدن که مشخص شده بود فراتر برود.

زمان نقص در قفل شدن شعله

سیستم برق پیل سوختی با سرعت مصرف سوخت مشخص شده بر روی پلاک مشخصات کار می‌کند تا تعادل گرمایی حاصل شود. زمان نقص در قفل شدن شعله بین لحظه‌ای که شمعک (در صورت تجهیز) و مشعل اصلی عمداً با خاموش کردن سوخت خاموش می‌شوند و لحظه‌ای که پس از بازیابی ورود سوخت، یا فعالیت ابزار ایمنی قطع می‌شود، اندازه‌گیری می‌شود. ابزار ایمنی همه سوپاپ‌های کنترل سوخت را در زمان نقص در قفل شدن مشعل، قطع می‌کند. با اشتعال مشعل

سوخت‌پاش و قطع آشکارساز، شعله دچار نوسان می‌شود و زمان سپری شده بین این لحظه و قطع شدن کامل سوخت‌رسانی به وسیله ابزار کنترل شعله، اندازه‌گیری می‌شود. به منظور انجام این تست، حداکثر زمان قفل شدن شعله که توسط تولید کننده مشخص شده باید استفاده شود.

جرقه‌زنی دوباره/بازیابی

با بازیابی سیستم کنترل خودکار مشعل سوخت‌پاش، زمان بازیابی باید در شرایطی که سیستم برق پیل سوختی در شرایط مشخص شده برای سرعت مصرف سوخت تنظیم شد، چک شود. هنگام جرقه مجدد بایستی بررسی شود که آیا پس از ایجاد نقص در شعله، شمع موتور را مجدداً روشن خواهد کرد.

شعله‌ها در خارج از سیستم برق پیل سوختی روشن نخواهند شد و آسیبی به سیستم برق پیل سوختی وارد نخواهد شد. با روشن بودن مشعل، نقص در شعله از طریق قطع شدن آشکارساز شعله مشخص می‌شود. به منظور دستیابی به اهداف این تست، حداکثر زمان قفل شدن شعله که توسط تولیدکننده مشخص شده و حداقل زمان بازیابی باید استفاده شود.

کاهش شعله شمعک

این تست با حداقل و حداکثر طول لوله تهویه یا حداکثر و حداقل فشار برگشتی انجام می‌شود. هنگامی که ذخیره سوخت شمعک به حداقل مقدار لازم برای باز نگه داشتن سوپاپ قطع کن ایمنی می‌رسد یا فقط کمی بیشتر از حد خاموش شدن شعله باشد، که نشان دهنده بالاتر بودن میزان سوخت شمعک است، وجود شمعک سبب احتراق ایمن و مؤثر در مشعل سوخت‌پاش می‌شود.

شعله در خارج از سیستم برق پیل سوختی مشتعل نخواهد شد و هیچ گونه آسیبی به سیستم برق پیل سوختی وارد نخواهد شد.

برای انجام این تست، حداکثر زمان قفل شدن و نقص در شعله، مشخص شده توسط تولید کننده بکار برده می‌شود. این تست از یک آغاز سرد و بلافاصله پس از قطع شدن سیستم برق پیل سوختی به دنبال ایجاد وضعیت تعادل آغاز می‌شود.

تست دمای اجزاء سیستم کنترل مشعل خودکار

ترموکوپل‌ها یا ابزار اندازه‌گیری دما به نقاط اصلی اجزای سیستم کنترل مشعل خودکار متصل می‌شود. سیستم برق پیل سوختی با مقدار مصرف سوخت معینی کار می‌کند تا زمانی که شرایط تعادلی حاصل شود و سپس دماهای اجزای سیستم ثبت خواهد شد. دماهای بدست آمده نباید از دمای مشخص شده توسط تولید کننده قطعه بیشتر شود.

پیش هواگیری

این تست برای سیستم‌هایی قابل اجرا است که نیاز به هواگیری دارند. طبق گزینه انتخابی توسط تولید کننده، حجم پیش هواگیری یا زمان آن به صورت زیر مشخص می‌شود:

الف) حجم پیش هواگیری

- (۱) سرعت در خروجی مجرای تخلیه محصولات احتراق، در دمای محیط اندازه‌گیری می‌شود.
- (۲) سیستم برق پیل سوختی در دمای محیط قرار دارد و کار نمی‌کند. فن تحت شرایط عملی پیش هواگیری مجهز به برق است.

- (۳) سرعت که با حد خطای مجاز $\pm 5\%$ اندازه‌گیری خواهد شد در حد شرایط مرجع اصلاح می‌شود.
- (۴) تولید کننده حجم مدار احتراق را مشخص می‌کند.

ب) زمان پیش هواگیری

- (۱) سیستم برق پیل سوختی در دمای محیط است و عمل نمی‌کند.
- (۲) زمان بین شروع به کار فن و روشن شدن سیستم احتراق اندازه‌گیری می‌شود.

۲-۶-۹-۳- کنترل خودکار راکتورهای اکسیداسیون کاتالیزی

الف) زمان شروع جاری شدن سوخت تا تایید آغاز واکنش نباید از زمان آغاز واکنش که مشخص شده بیشتر شود. روش آزمایش: سیستم برق پیل سوختی باید مطابق توضیحات تولید کننده تا زمانی کار کند که شرایط آغاز واکنش حاصل شود. سپس، ذخیره سوخت برای عملیات با هوای زیاد یا ذخیره هوا برای عملیات کامل سوخت باید باز باشد. زمان واکنش‌دهی سیستم باید در یک نقطه زمانی شروع شود و زمانی تمام شود که ابزار کنترل راکتور طبق مشخصات تولید کننده، سیگنال بفرستد. زمان آغاز واکنش نباید از مقدار مشخص شده بیشتر شود.

ب) در صورت خاتمه واکنش یا کاهش و افزایش سرعت آن تا حد غیرایمن، کنترل ایمنی اولیه باید سوپاپ ایمنی قطع سوخت را برای عملیات پرهوا یا سوپاپ قطع ایمنی هوا را برای عملیات پرسوخت راه‌اندازی و پس از آن سوپاپ قطع ایمنی سوخت را در زمان قطع واکنش مشخص شده راه‌اندازی کند.

روش تست: سیستم برق پیل سوختی باید تا زمانی کار کند که شرایط تعادل حاصل شود. پس از بدست آمدن شرایط تعادلی، حداکثر دمای گازهای خروجی باید به صورت مشخص شده در بالا تعیین شود. دمای بدست آمده نباید از دمایی که ماده تهویه سیستم برای آن قابل قبول است، فراتر رود.

۲-۶-۱۰- تست دمای گاز خروجی هوا

هنگامی که سیستم برق پیل سوختی مجهز به سیستم تهویه است، حداکثر دمای گازهای خروجی هوا انتقال یافته توسط آن سیستم تهویه نباید از دماهای قابل قبول برای مواد بکار رفته برای ساخت سیستم تهویه بیشتر باشد.

۲-۶-۱۱- دماهای سطح و اجزاء سازنده

الف) سیستم برق پیل سوختی باید نصب و راه‌اندازی شود. هنگامی که شرایط تعادل حرارتی حاصل می‌شود، دماها باید با استفاده از ابزار مناسب تعیین شود.

- (۱) حداکثر دمای هر سطحی که هنگام روشن بودن سیستم برق پیل سوختی توسط کارکنان انجام دهنده خدمات دائمی مورد تماس قرار می‌گیرد نباید از حد مشخص شده بیشتر شود.
- (۲) حداکثر دمای هر سطحی که ممکن است به صورت غیرعمدی در معرض گاز قابل اشتعال یا بخار قرار گیرد، باید طبق شرایط مشخص شده باشد.
- (۳) حداکثر دمای اجزاء سیستم نباید از دمای مشخص شده برای اجزاء بیشتر باشد.
- (ب) دمای دیوار، کف و سقف.
- (۱) سیستم‌های برق پیل سوختی مجهز به کابین یا طرحی که امکان انتشار گرما به سطوح خارجی (در حالتی که بر روی سطوح قابل اشتعال نصب می‌شوند) برای آنها میسر است مشمول این تست می‌شوند.
- (۲) سیستم پیل سوختی بر روی قاب‌های چوبی مخصوص تست قرار می‌گیرد.
- (۳) تولید کننده باید فاصله بین سیستم پیل سوختی و دیواره‌های جانبی و کناری سقف قاب‌های مورد آزمایش را مشخص نماید.
- (۴) سیستم پیل سوختی بر روی پانل‌های تست قرار می‌گیرد.
- (۵) تخته سه لایه سیاه رنگ به ضخامت تقریباً ۲۰ میلی‌متر برای پانل‌های مخصوص تست بکار می‌رود.
- (۶) افزایش دما با استفاده از ترموکوپل تعیین می‌شود.
- (۷) ترموکوپل‌های مورد استفاده برای تعیین افزایش دمای سطح دیوارها، سقف و کف گوشه محل تست به صفحات سیاه شده کوچک از جنس مس یا برنج متصل می‌شوند. قسمت جلوی صفحه با سطح این صفحات همسطح می‌شود.
- (۸) تا حد ممکن، سیستم پیل سوختی به گونه‌ای قرار می‌گیرد که امکان تشخیص بیشترین دما توسط ترموکوپل‌ها وجود داشته باشد.
- (۹) سیستم پیل سوختی باید با حداکثر خروجی برق کار کند. پس از ایجاد دمای تعادل، دمای پانل‌های تست باید طبق شرایط اندازه‌گیری و بررسی شود.

۲-۶-۱۲- تست‌های باد

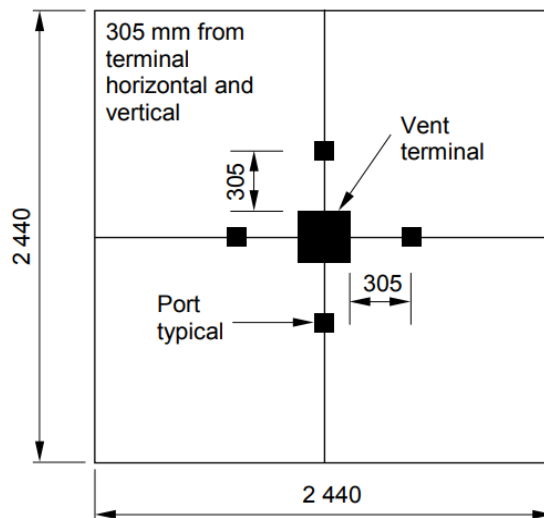
۲-۶-۱۲-۱- کلیات

تست باد فقط برای سیستم‌های پیل سوختی در نظر گرفته شده برای نصب در واحدهای بیرون یا داخل با ورودی هوای افقی و خروجی به سمت بیرون در نظر گرفته شده است. این تست در حداکثر و حداقل طول لوله تهویه و حداکثر و حداقل فشار برگشتی انجام می‌شود.

۲-۶-۱۲-۲- روند درجه‌بندی منبع هوا برای هوای کنترل شده در جهت عمود به دیوار پیکربندی منبع

سیستم باید بتواند هوا را در جهت عمود بر مرکز یک دیواره آزمایش مجهز به چهار درگاه که مطابق با دستورالعمل تولید کننده نصب شده، عبور دهد.

شکل ۲-۲ نقاط اختصاص یافته به خروجی‌های فشار استاتیک واقع در ۳۰۵ میلی‌متری افقی و عمودی از دو انتهای خروجی تهویه را نشان می‌دهد. خروجی تهویه در مرکز دیواره آزمایش و مطابق با دستورالعمل نصب تولید کننده است.



شکل ۲-۲: دیواره استاتیکی پمپ فشار و محل ترمینال خروجی آزمون

خروجی‌ها باید بنحوی باشند که بتوان به یک فشار استاتیک متوسط دست یافت. با وجود منبع هوا در جهت مخالف دیواره، فشار استاتیک متوسط اندازه‌گیری شده توسط مانومتر قرارگرفته در مجرای هوا مبنای درجه‌بندی منبع هوا را با استفاده از داده‌های جدول ۴-۲ بدست می‌دهد.

جدول ۴-۲: اطلاعات برای منبع هوا

فشار میانگین استاتیک (پاسکال)	سرعت نامی (کیلومتر بر ساعت)
۱۰	۱۶
۱۱۶	۵۴

به علاوه، برای منبع هوای درجه‌بندی شده در ۵۴ کیلومتر بر ساعت نباید فشار از ۱۲ پاسکال در فاصله ۳۰۵ میلی‌متری عمود بر دیواره آزمایش و هم راستا با خروجی‌ها بیشتر شود.

۲-۶-۱۲-۳- تایید عملیات سیستم‌های برق پیل سوختی تحت شرایط باد

این بند فقط برای سیستم‌های برق پیل سوختی در نظر گرفته شده برای نصب در فضای بیرون یا اجزاء سازنده سیستم‌های برق پیل سوختی در نظر گرفته شده برای نصب در فضای بیرون به کار می‌رود. کابین‌های سیستم برق پیل سوختی یا قطعات سیستم‌های برق پیل سوختی در نظر گرفته شده برای نصب در فضای بیرون باید تابع یک تست باد باشند و طبق روش زیر تست شوند.

روش تست: سیستم برق پیل سوختی به طور عادی و بدون آسیب رساندن یا ایجاد نقصی در عملکرد هر قطعه و بدون ایجاد خطر یا شرایط غیر ایمن، هنگام قرار گرفتن در معرض باد دارای سرعت اسمی از ۹ کیلومتر بر ساعت تا ۵۴ کیلومتر بر ساعت، شروع به کار می‌کند.

باد ایجاد شده با فن یا دمنده با ظرفیت کافی برای ایجاد کشش دارای سرعت از ۹ کیلومتر بر ساعت تا ۵۴ کیلومتر بر ساعت باید بر یک سطح بیرونی سیستم برق پیل سوختی در حساس‌ترین نقاط فرستاده شود. با قرار گرفتن سیستم برق پیل سوختی در جهت باد با سرعت طبیعی ۱۶ کیلومتر بر ساعت، شمعک باید قابل احتراق باشد.

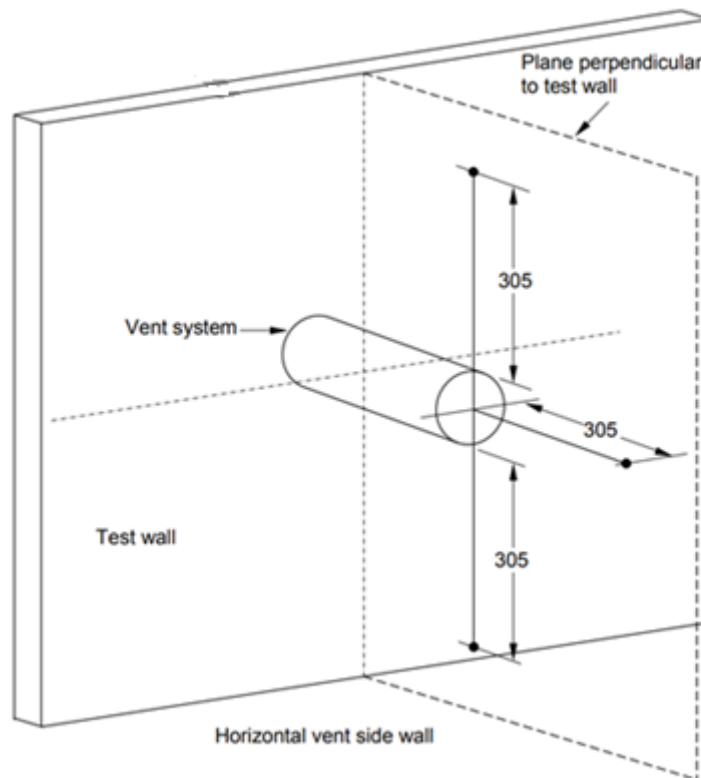
با قرار گرفتن سیستم برق پیل سوختی در معرض باد با سرعت متوسط ۵۴ کیلومتر بر ساعت، گاز مشعل باید از ابزار احتراق بدون تاخیر اضافی مشتعل شود و شمع موتور و شعله شمعک نباید خاموش شوند. شمعک باید به تنهایی و همچنین همزمان با مشعل کار کند.

در سیستم برق پیل سوختی هیدروژنی قرار گرفته در معرض باد با سرعت معمول ۵۴ کیلومتر بر ساعت، گاز خروجی هوای آندی باید بدون تاخیر در محفظه احتراق اکسیده شود و محفظه احتراق نباید واکنش اکسیداسیون آن را متوقف کند. بسته به نظر سازمان ارزیاب و تاییدکننده، تست‌های دیگری را می‌توان با استفاده از بادهایی با سرعت مشخص و نامشخص از جهات دیگر انجام داد.

۲-۶-۱۲-۴- تایید عملکرد سیستم‌های برق پیل سوختی داخلی که به طور افقی از یک دیوار بیرونی تهویه شده

روش تست: این تست‌ها باید در شرایط فشار ورودی عادی انجام شود.

الف) سیستم برق پیل سوختی باید هنگام تست کردن با جهت باد زاویه غیر عمودی به دیوار را داشته باشد مگر اینکه باد ایجاد شده توسط منبع باد دارای سرعت اسمی ۵۴ کیلومتر بر ساعت باشد. این جریان باد با باد موازی با دیوار و لوله پیلوت در سه محل قرار گرفته بر روی صفحه عمود بر دیوار اندازه‌گیری می‌شود. این سه محل باید در فواصل ۳۰۵ میلی‌متری افقی و عمود بر دو انتهای سیستم تهویه قرار داشته باشند.

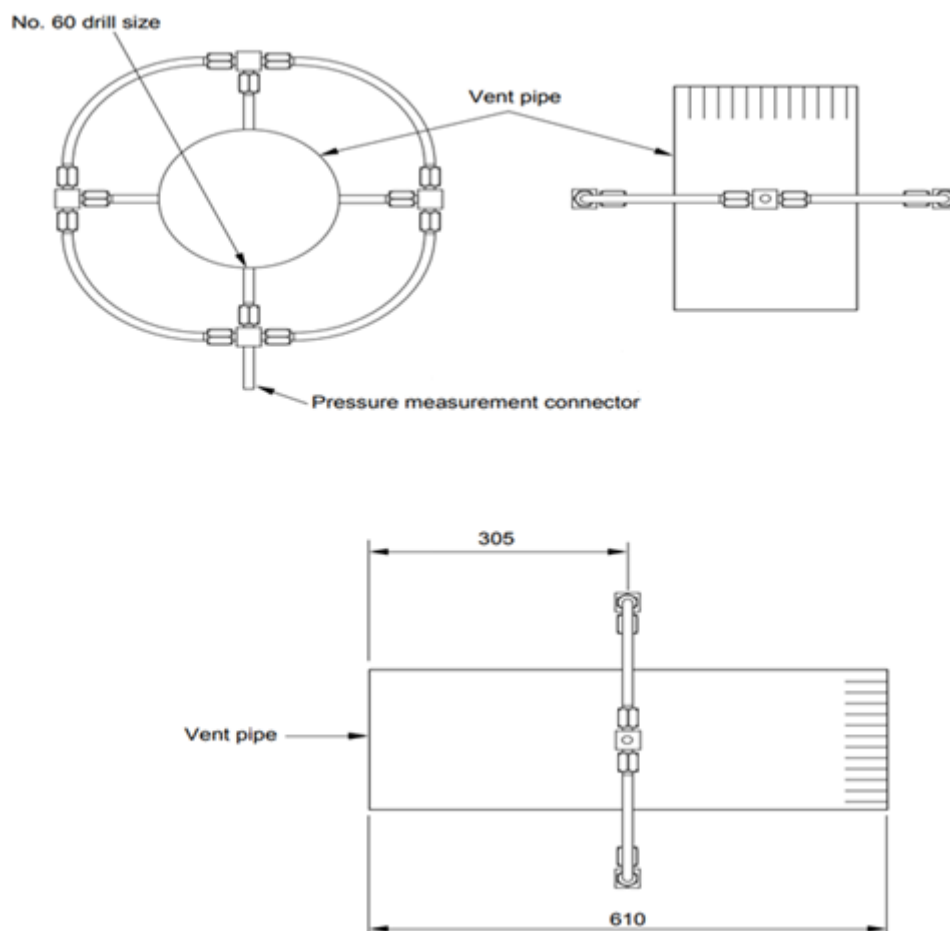


شکل ۲-۳: تست تهویه دیوار

پس از درجه‌بندی منبع هوای موازی با دیوار، منبع هوا یا دیواره آزمایش باید در جهت باد از سایر زوایا به اختیار مسئول انجام تست چرخانده شود.

ب) سیستم برق پیل سوختی باید شرایط را داشته باشد. در مورد باد عمود بر دیوار، هر یک از روش‌های تست زیر به کار می‌رود.

۱) روش تست زیر باید در حداکثر طول لوله تهویه مشخص شده به کار رود. هنگام استفاده از خروجی هوا فقط قسمت خروجی هوا را از لوله افقی جدا می‌کنند. لوله تهویه را به حلقه پیزو ۳۰۵ میلی‌متری مجهز می‌کنند.



شکل ۲-۴: حلقه پیزو و جزئیات ساختار معمولی

حلقه پیزو را به ابزار اندازه‌گیری اختلاف فشار که مستقیماً در محدوده فشار ۱/۲۴ پاسکال قابل خواندن باشد متصل می‌کنند. اتصال فشارسنج مانومتر باید در نزدیک‌ترین نقطه به مجرای هوای احتراق پیل سوختی باشد. در گام اول سیستم برق پیل سوختی را راه‌اندازی می‌کنند. انتهای لوله تهویه را تا زمانی که فشار در حلقه پیزو به ۱۱۶ پاسکال برسد، می‌بندند. عملیات سیستم برق پیل سوختی را متوقف نموده و مخزن گاز را روشن می‌نمایند. با وجود محدودیت ایجاد شده، عملیات سیستم برق پیل سوختی را از آغاز، شروع می‌کنند. تحت شرایط فوق، سیستم برق پیل سوختی نباید خاموش شود. پس از ایجاد شرایط ثابت، محدودیت‌ها را برای رسیدن به ۱۱۶ پاسکال دوباره تنظیم می‌کنند. هنگام کار تحت شرایط بالا، سیستم برق پیل سوختی نباید به مدت ده دقیقه خاموش شود. با حفظ فشار تهویه در ۱۱۶ پاسکال، سیستم برق پیل سوختی باید توسط کنترل خودکار خاموش و روشن شود و روشن شدن باید بدون تاخیر اضافی باشد.

۲) سیستم برق پیل سوختی باید هنگامی که روی سرعت باد ۹ تا ۵۴ کیلومتر بر ساعت تنظیم می‌شود، آغاز به کار کند و به کار ادامه دهد.

۲-۶-۱۲-۵- انتشار مونوکسید کربن و گاز قابل اشتعال در واحدهای تولید باد داخلی

در سیستم‌های نصب شده در داخل و با استفاده از ورودی هوای تهویه دیواره خارجی، انتشار CO و گازهای قابل اشتعال باید هنگامی که باد دارای سرعت بین ۹ تا ۵۴ کیلومتر بر ساعت است بررسی شود و بر خروجی سیستم جذب هوا دمیده شود.

باد در جهت افقی نسبت به خروجی هوای تهویه اعمال می‌شود. سیستم جذب هوا در معرض باد با سرعت ۵۴ کیلومتر بر ساعت قرار می‌گیرد. سه محل مورد نظر باید به فاصله ۳۰۵ میلی‌متری در جهت افقی و عمودی از دو انتهای سیستم جذب هوا قرار داشته باشند. سیستم برق پیل سوختی باید در حد سرعت ورودی اسمی عمل کند تا زمانی که دمای گاز خروجی هوا ثابت شود. در زمان کاربرد این دامنه سرعت باد، انتشار گازها حداقل سه بار در مدت ۱۵ دقیقه اندازه‌گیری می‌شود. در مقادیر متوسط باید غلظت در این تست در نظر گرفته شود و برای تعیین تطابق، غلظت مونوکسید کربن و پایین‌تر بودن غلظت قابل اشتعال از $LFL/25\%$ بررسی شوند.

پس از درجه‌بندی منبع باد موازی با دیوار، منبع باد یا دیوار آزمایشی باید بر اساس نظر سازمان ارزیاب و تاییدکننده در زوایای دیگر جهت باد چرخانده شود.

در مورد باد عمود بر دیوار، سیستم برق پیل سوختی باید تا زمانی کار کند که دمای گاز خروجی هوا ثابت شود. هنگام تست فشار تهویه باید از ۰ تا ۱۱۶ پاسکال متغیر باشد. در ضمن کار، برای تعیین تطابق غلظت مونوکسیدکربن و گازهای قابل اشتعال کمتر از $LFL/25\%$ باید نمونه‌های خروجی کافی تحلیل شود.

هنگام استفاده از این روش، باد تولید شده با منبع هوا باید برای ایجاد سرعت اسمی از ۹ تا ۵۴ کیلومتر بر ساعت متغیر باشد. در زمان کاربرد این دامنه از سرعت باد، نمونه‌های خروجی کافی باید برای تعیین تطابق غلظت مونوکسیدکربن و کمتر بودن میزان گازهای قابل اشتعال از $LFL/25\%$ آنالیز شوند.

۲-۶-۱۲-۶- انتشار گاز قابل اشتعال و مونوکسید کربن در واحدهای بیرونی در مورد سیستم نصب شده در فضای بیرون

انتشار گاز مونوکسید کربن و گازهای قابل اشتعال باید هنگام قرارگرفتن واحد در معرض باد با سرعت ۹ تا ۵۴ کیلومتر بر ساعت بررسی شود. باد تولید شده توسط دمنده با ظرفیت کافی برای ایجاد سرعت تا ۵۴ کیلومتر بر ساعت باید در جهت مخالف سطح خارجی سیستم برق پیل سوختی در حساس‌ترین نقاط تشخیص داده شده توسط سازمان ارزیاب، دمیده شود. دمنده باید طوری قرار بگیرد که باد یکنواخت کل سطح بیرونی را پوشش دهد.

سیستم برق پیل سوختی باید در سرعت ورودی اسمی عمل کند تا زمانی که دمای گاز خروجی هوا ثابت شود. در زمان کاربرد این دامنه از سرعت باد، انتشار گازها حداقل سه بار در مدت ۱۵ دقیقه اندازه‌گیری می‌شود. در مقادیر متوسط باید غلظت‌های این تست در نظر گرفته شده و برای تعیین تطابق غلظت مونوکسیدکربن و کمتر بودن غلظت گازهای قابل اشتعال از $LFL/25\%$ آنالیز شوند.

۲-۶-۱۳- تست بارش

برای واحدهای بیرونی: یک تست بارش باید برابر با حداقل IP طبق استاندارد IEC 60529 و یا بیشترین IP اعلام شده توسط تولید کننده اجرا شود.

برای واحدهای داخلی مجهز به قسمت تهویه افقی: بارش شبیه‌سازی شده در انتهای تهویه به کار می‌رود. روش تست در استاندارد IEC 60529 توضیح داده شده است.

نیروگاه پیل سوختی باید بدون آسیب‌دیدگی و یا ایجاد نقص در هر قطعه (هنگام قرار گرفتن در معرض تست بارش شبیه‌سازی شده شرایط خطرناکی ایجاد می‌کنند) راه‌اندازی شود.

با اتمام قرارگیری در معرض بارش شبیه‌سازی شده، هیچگونه شواهدی از آسیب‌دیدگی یا نقص در هر قطعه از سیستم و تجمع زیان‌آور آب در هر بخش از سیستم وجود نخواهد داشت. این تست سبب ورود آب به یک بخش الکتریکی بالاتر از قطعه در حال کار یا قطعات خیس نخواهد شد به جز سیم‌پیچ‌های موتور که باید تحت آزمایش الکتریکی قرار بگیرند، البته مشروط بر اینکه موتور به گونه‌ای ساخته شده یا سرپوش‌دار شده باشد که سیم‌پیچ‌ها مستقیماً در معرض آب قرار نگیرند.

۲-۶-۱۴- انتشار گازها

این تست‌ها با شرایط حداکثر فشار برگشتی انجام می‌شوند.

۲-۶-۱۴-۱- انتشار گازهای قابل اشتعال و مونوکسید کربن

مطالب کلی

انتشار گاز مونوکسید کربن در سیستم برق پیل سوختی نباید بیش‌تر از ۰/۰۳٪ مونوکسید کربن در یک نمونه بدون هوا از مواد خروجی باشد و همین‌طور غلظت گازهای قابل اشتعال نباید کمتر از LFL ٪۲۵ در مواد خروجی باشد.

خروجی هوای مسدود

انتشار گازهای قابل اشتعال و مونوکسید کربن باید در شرایط انسداد خروجی هوای سیستم برق پیل سوختی تا حد انسداد کامل بررسی شود. این سیستم باید با سرعت اسمی ورودی سوخت حداقل به مدت ۱۵ دقیقه کار کند. هنگامی که این سیستم از کنترل برای خاموش کردن خودکار منبع سوخت اصلی در شرایط انسداد خروجی استفاده می‌کند، مساحت خروجی هوا باید به تدریج تا کمترین حدی که درب آن باز می‌ماند کاهش یابد. در این حد از انسداد و زمانی که تعادل حرارتی حاصل می‌شود، انتشار گازها باید اندازه‌گیری شود. اندازه‌گیری‌ها باید حداقل ۳ بار در ۱۵ دقیقه انجام شود. مقادیر میانگین باید به عنوان غلظت در این تست تلقی شوند.

انسداد ذخیره هوا

این بند در مورد سیستم‌های داخلی به کار می‌رود که در آنها از تهویه غیر متعارف استفاده می‌شود. هوا از بیرون از طریق یک لوله اختصاصی وارد شده و بعد برای اعمال به داخل سیستم برق پیل سوختی فرستاده می‌شود. سیستم توان پیل سوختی بایستی در نرخ ورودی سوخت اسمی حداقل به میزان ۱۵ دقیقه عمل کند. زمانی که سیستم توان پیل سوختی مجهز به کنترلی جهت بستن خودکار سوخت‌رسانی اصلی تحت شرایط خروجی مسدود شده باشد، ناحیه هوارسانی بایستی به تدریج تا پایین‌ترین نقطه‌ای که کنترل در موقعیت باز باقی بماند، کاهش یابد. در این شرایط انسداد و با دستیابی به تعادل گرمایی، آلاینده‌ها بایستی اندازه‌گیری شوند. اندازه‌گیری‌ها بایستی ۳ بار و هر بار در محدوده زمانی ۱۵ دقیقه‌ای انجام گیرد. در این آزمون، مقادیر متوسط بایستی به عنوان غلظت فرض شوند.

۲-۶-۱۴-۲- شرایط عادی

این آزمون برای واحدهای داخلی و خارجی اعمال می‌شود. آلاینده‌های CO سیستم توان پیل سوختی بایستی بدون محدودیت روی خروجی هوا بررسی شوند. سیستم توان پیل سوختی بایستی در ولتاژ نامی و نرخ ورودی اسمی سوخت به مدت ۱۵ دقیقه کار کند. آنگاه پسماند آنالیز خواهد شد. در صورتی که اشتعال در این حالات محتمل باشد، این آزمون در کمینه ورودی حرارت امکان‌پذیر توسط کنترل‌کننده‌ها تکرار می‌شود.

۲-۶-۱۵- آزمون خط چگالیده مسدود شده

سیستم توان پیل سوختی دارای سیستم(های) دفع چگالیده باید در حالت مسدود شدن خط (خطوط) تخلیه چگالیده، به فعالیت ادامه داده یا با اجرای آزمون پیرو بسته شود.

سیستم(های) دفع چگالیده باید مطابق با دستورالعمل‌های نصب سازنده نصب شود. خط (خطوط) چگالیده بایستی در کم‌عرض‌ترین نقطه جریان بالادست سیستم(ها) مسدود شود. برای سیستم(های) دفع چگالیده که دریچه سرریز دارند، انسداد در بالادست دریچه سرریز بایستی اعمال شود و یا درپوش مسدود شود.

سیستم توان پیل سوختی بایستی در نرخ(های) ورودی اسمی و فشار آزمون ورودی اسمی به فعالیت واداشته شود. سیستم(های) دفع چگالیده بایستی تا بیشینه سطح آب دسترس‌پذیر یا قبل از رسیدن به نقطه بسته شدن پیل سوختی پر شود (روش پرشدن باید در صلاح‌دید نمایندگی آزمون باشد). در حین پر شدن، آلاینده‌ها باید پایش شوند. در زمان آزمون در فضایی با میزان تامین اکسیژن عادی، غلظت مونوکسید کربن در نمونه عاری از هوای سیال خروجی هیچگاه نباید از ۰/۰۳ درصد بیشتر شود یا اینکه سیستم توان پیل سوختی بسته شود. همچنین گاز قابل اشتعال درون قسمت داخلی یا خروجی هوا سیستم توان پیل سوختی هیچ گاه نباید تخلیه شود.

سیستم توان پیل سوختی نباید خطر شوک الکتریکی معین شده توسط آزمون‌های ایمنی الکتریکی را نشان دهد. و در شرایط مسدود بودن خط (خطوط) دفع چگالیده نباید عمل کند، بلکه باید در جهت پیروی از این آزمون عمل کند.

۲-۶-۱۶- آزمون تخلیه چگالیده

فناوری‌های زیادی سرریز چگالیده را جمع‌آوری می‌کنند اما تمام آنها با گاز قابل اشتعال تحت فشار قرار نمی‌گیرند. این الزام به معنی خارج کردن چگالیده از جریان گاز قابل اشتعال است. طراحی سیستم توان پیل سوختی با الزام داشتن دریچه تخلیه باید به نحوی باشد که پس از خود پرشدگی سیفون(های) چگالیده، سیفون(ها) چگالیده خودپرشونده و پسماند و یا گاز قابل اشتعال از خط (خطوط) دفع چگالیده تخلیه نشوند.

آزمون باید با کوتاه‌ترین خروجی هوا مشخص شده توسط سازنده تجهیزات اجرا شود. جنس دریچه باید جنس مشخص شده توسط سازنده پیل سوختی و جنسی با کمترین میزان رسانش گرمایی از گاز خروجی به هوا باشد.

در صورتی که سیفون(های) چگالیده به عنوان جزئی از سیستم توان پیل سوختی تامین یا فراهم شده یا در صورتی که دستورالعمل‌های نصب الزام نموده باشند، این نوع سیفون(ها) باید مطابق با دستورالعمل‌های نصب سازنده نصب شوند. پیش از اجرای این آزمون، سیفون(ها) را نباید با آب پر کرد.

این آزمون باید تا محدوده‌ای مشتمل بر شرایط بیشینه سوخت مسدودشده و جایی که سیستم توان پیل سوختی بتواند به فعالیتش ادامه دهد، اجرا شود.

۲-۶-۱۷- آزمون نشتی سیستم خروجی هوا

این آزمون بر سیستم‌های توان پیل سوختی گاز طبیعی اعمال می‌شود. تمام درزها و اتصالات سیستم خروجی هوا باید محکم باشند. سیستم خروجی هوای فعال تحت فشار داخلی منفی موضوع دستورالعمل این آزمون نمی‌باشد.

در برآورد اهداف این آزمون، کل سیستم هواسازی به جز ترمینال آن باید به وسیله ابزارهای مناسب از مابقی سیستم توان پیل سوختی ایزوله شده و در صورت امکان طبق دستورالعمل‌های سازنده آب‌بندی شود. خروجی سیستم خروجی هوا باید با ابزارهای مناسب آب‌بندی شود. سازنده بایستی اتصال آزمون مناسبی را فراهم نماید که به ورودی سیستم خروجی هوا متصل شده و آب‌بندی شده باشد. این اتصال آزمون باید مجهز به شیر ورودی متصل به یک منبع فشار هوا و ابزار اندازه‌گیری فشار جهت اندازه‌گیری فشار داخلی سیستم باشد. این ابزار دارای دقت $\pm 2\%$ بوده و دارای مقیاس کامل فشاری است به نحوی که فشار کاری در وسط تراز اتفاق می‌افتد.

منبع مناسبی از هوای خشک تمیز برای جریان یافتن درون ابزار سنجشی و داخل سیستم هواکشی از درون اتصال هوا رسان باید فراهم شود.

فشار هوای داخلی در سیستم خروجی هوا باید ۵ کیلوپاسکال یا دو برابر فشار طراحی مشخص شده توسط سازنده، هر کدام که بزرگتر بود، حفظ شود. نرخ نشتی در واحد متر مکعب بر ساعت (فوت مکعب بر ساعت) اندازه‌گیری می‌شود.

زمانی که نشتی از سیستم خروجی هوا از 2% حجم کل پسماندها بیشتر نشده، سیستم آماده در نظر گرفته شود. این مقدار از فرمول زیر معین می‌شود:

$$L=0.02 \times I \times V \quad (۷-۲)$$

که در آن

L : نرخ نشتی مجاز از سیستم خروجی هوا، $m^3/h(ft^3/h)$.

I : مصرف سوخت گازی، $MJ/h(kBTU/h)$ و

V : $0.4026 m^3/MJ(15 ft^3/kBTU)$ از گاز مصرفی. مقدار مبتنی بر ۵۰% هوای اضافی اضافه شده به پسماند هستند.

یادداشت: برای سیستم‌هایی با واحد وات (W)، نرخ نشتی به سانتی‌متر مکعب بر ثانیه (cm^3/s) می‌تواند با ضرب مصرف سوخت گازی در $۸/۰۵ kW$ تعیین شود.

۲-۶-۱۸- آزمون‌های نشتی (تکرار)

سیستم پیل سوختی باید با شروط مشخص شده برای نشتی مجدداً آزمون شوند.

۲-۷- آزمون‌های دوره‌ای

آزمون‌های دوره‌ای بایستی برای تمام واحدهای تولیدی اجرا شوند. این آزمون‌ها باید در بستر آزمون شبیه‌سازی کاربرد سیستم پیل سوختی که با توجه به آن پیل سوختی طراحی شده، اجرا شوند. به طور مشخص، محیط آزمون برای آزمون‌های دوره‌ای طبق کاربرد طراحی شده نیروگاه پیل سوختی، سطوح تماسی را باید در حدود مرزی فراهم نماید.

۲-۸- نشانه‌گذاری، برچسب‌گذاری و بسته‌بندی

۲-۸-۱- الزامات کلی

سیستم توان پیل سوختی باید مطابق بندهای کاربردی ISO 3864-2 نشانه‌گذاری شوند. روش‌های نشانه‌گذاری و مونتاژ کردن باید متناسب با کاربرد، مناسب و بادوام باشد.

۲-۸-۲- نشانه‌گذاری سیستم توان پیل سوختی

زمانی که سیستم توان پیل سوختی در موقعیت نصب به صورت عادی باشد باید برچسب داده را داشته یا ترکیبی از برچسب‌های مجاور به گونه‌ای واقع شوند که به آسانی قابل خواندن باشند. نشانه‌گذاری باید به وضوح هر محدودیت در استفاده را به خصوص محدودیت نصب سیستم توان پیل سوختی در نواحی با تهویه کافی را بیان نماید.

صفحه داده/ برچسب (ها) بایستی اطلاعات زیر را در برگیرد:

الف) نام سازنده (با علامت تجاری) و محل

- (ب) شماره مدل سازنده یا نام تجاری
- (ج) شماره سریال سیستم توان پیل سوختی و سال ساخت
- (د) ورودی الکتریکی، طبق کاربرد (ولتاژ/ نوع جریان/ فرکانس/ فاز/ توان/ مصرف)
- (ه) خروجی الکتریکی (ولتاژ/ نوع جریان/ فرکانس/ فاز/ توان نامی/ فاکتور توان)
- (و) نوع سوخت استفاده شده توسط سیستم توان پیل سوختی
- (ز) بازه فشار سوخت‌رسان
- (ح) مصرف سوخت در توان نامی
- (ط) بازه دماهای محیطی (کمینه و بیشینه) به درجه سلسیوس در محدوده‌ای که سیستم توان پیل سوختی تمایل به فعالیت دارد
- (ی) استفاده در فضای روباز یا بسته
- (ک) هشدارهایی برای آگاهی پرسنل جهت احتمال جراحت پرسنل یا صدمه به تجهیزات و الزاماتی برای پیروی از دستورالعمل‌های کاری و نصب
- اگر سیستم توان پیل سوختی طبق IEC 60079-10 تحت طبقه‌بندی نواحی خطرناک ارزیابی شود، بر همان اساس، باید نشانه‌گذاری شود.

۲-۸-۳- نشانه‌گذاری قطعات

تمام قطعات تعمیرپذیر باید برای تطبیق با نقشه‌های سیستم توان پیل سوختی در راهنمای مصرف‌کننده شناسایی شوند.

برای شناسایی خطرات الکتریکی، محتویات شیرهای تخلیه، قطعات داغ و خطرات مکانیکی، علائم هشدار باید در محل مناسب قرار گیرند. استفاده از نمادهای استاندارد مشخص شده در ISO 3864-2 ارجحیت دارند.

ابزارهای کنترلی، شاخص‌ها و صفحات نمایش چشمی (به طور خاص آنها که به ایمنی مرتبط هستند) استفاده شده در تعامل انسان-ماشین بایستی با توجه به عملکردشان، مجاور یا بر روی آیت، به وضوح نشانه‌گذاری شوند. استفاده از نمادهای استاندارد مشخص شده در ISO 7000 و IEC 60417 ارجحیت دارند.

۲-۸-۴- مستندنگاری فنی

۲-۸-۴-۱- کلیات

برای هر سیستم توان پیل سوختی، سازنده باید اطلاعات لازم برای نصب، کار و تعمیر ایمن سیستم توان پیل سوختی را فراهم نموده و به طور مشخص نسبت به محدودیت‌های کاربری توجه نماید. اطلاعات باید به صورت سندهای فنی نظیر نقشه‌ها، دیاگرام‌ها، چارت‌ها، جداول و دستورالعمل‌ها با زبان و داده‌رسان مناسب فراهم شود. بخشی از اطلاعات فنی ممکن است تنها برای پرسنل صلاحیت‌دار فراهم شود که در این صورت سازنده باید معیاری برای صلاحیت‌سنجی پرسنل مشخص نماید.

اطلاعات فراهم شده برای سیستم توان پیل سوختی باید شامل:

الف) توصیف جامع و واضحی از تجهیزات، نصب، مونتاژکردن و اتصال به منبع (منابع) الکتریکی و دیگر فصل مشترک‌های در محل

ب) محیط فیزیکی و وضعیت‌های کاری (ویژگی‌های سوخت‌رسان و آب‌رسان و غیره)

ج) دیاگرام‌های مدار الکتریکی

د) اطلاعاتی (در محل مناسب) پیرامون

- هدایت‌پذیری، باربری و ذخیره‌سازی

- برنامه نرم‌افزاری

- توالی فعالیت

- فرکانس بازرسی

- فرکانس روش آزمون عملکردی

- راهنمایی برای تنظیم، تعمیر و نگهداری، به خصوص ابزارها و مدارهای حفاظتی

- لیست قطعات و لیست قطعات اضافی توصیه شده

ه) توصیف (شامل دیاگرام‌های اتصال دوطرفه) حفاظ‌های ایمنی، عمل هم‌بندی و هم‌بندی حفاظ‌ها برای موقعیت‌های

خطرناک احتمالی

و) توصیف حفاظ‌های ایمنی و ابزارهای فراهم شده در محلی که آویزان کردن حفاظ ایمنی ضروری است

۲-۸-۴-۲- راهنمای نصب

راهنمای نصب باید اطلاعات ضروری برای نصاب پیل سوختی را فراهم نماید.

به طور مشخص، دیاگرام اتصال یا جدول دوطرفه باید فراهم شود. چنین دیاگرام یا جدولی اطلاعات کاملی پیرامون اتصالات خارجی برای مثال، منبع الکتریکی، منبع سوخت، منبع آب، سیگنال‌های کنترلی، تخلیه خروجی هوا، اتصالات تخلیه و غیره می‌دهد.

دستورالعمل‌های نصب بایستی رهنمودهایی برای موقعیت و طراحی سیستم توان پیل سوختی، الزامات هواسازی، حفاظت در برابر خطرات آب و هوایی، ارتفاع توصیه شده در رابطه با ارتفاع مبنای سیل، دیواربست ایمنی، فواصل قابل قبول از مواد احتراق‌پذیر، پوشش گیاهی، معابر عمومی و حفاظت در برابر ضربه ناشی از وسیله نقلیه فراهم نماید.

علاوه بر موارد فوق، راهنمای نصب باید موارد زیر را در برگیرد:

- نام و محل سازنده و توزیع‌کننده و شماره مدل سیستم توان پیل سوختی
- کمینه و بیشینه فشارهای منبع سوخت و روش تعیین این فشارها
- لقی‌های کافی حول منبع هوا، دهانه‌های تهویه و خروجی هوا
- لقی‌های کافی برای نگهداری، تعمیر و فعالیت درست
- در صورت کاربرد، رسوب‌گیر و فیلتر باید در بالادست کنترل‌کننده‌های سوخت نصب شوند.
- در صورت لزوم، دستورالعمل‌های مشخصی برای دوره‌های غیرفعال طولانی
- دستورالعمل‌هایی که الزامات سیستم هواسازی شامل لوله مکش هوا (در صورت کاربرد) را پوشش می‌دهند.

۲-۸-۴-۳- دفترچه راهنمای اطلاعات کاربر

برای سیستم‌های توان پیل سوختی نصب شده برای کاربری دائم، تامین‌کننده سیستم باید برای مالک مقیم، دفترچه راهنمای اطلاعات کاربری همراه با اطلاعات اضافی مناسب در جهت تسهیل نگهداری (برای مثال، آدرس‌های واردکننده، تعمیرکار و غیره) را فراهم نماید.

برای آسانی پیگیری، دفترچه راهنمای اطلاعات کاربر باید تایپ، حروف‌چینی و قالب‌بندی شود. در صورت نیاز به واضح نمودن دستورالعمل و برای شناخت قطعات، ابعاد و لقی‌ها، قطعات مونتاژی و نقاط اتصال پیل سوختی، باید از توضیحات استفاده نمود. برای شناخت محل قطعات تعمیرپذیر و شرح روش‌های درست برای اجرای رویه تعمیرات از توضیحات می‌بایست استفاده نمود.

وقتی متنی در نشانه نقل قول نشان داده می‌شود، در دفترچه راهنمای اطلاعات کاربر دقیقاً همان گونه که نشان داده شده، می‌بایست ظاهر شود.

دفترچه راهنمای اطلاعات کاربر باید به همراه پیل سوختی درون یک جعبه قرار گیرد و یا به وسیله گیره‌ای که بخشی از پیل سوختی باشد به آن متصل شود و یا در پاکت نامه‌ای علامت‌گذاری شده با عنوان دستورالعمل‌ها برای افراد ذیل فراهم شود:

الف) برای نصاب جهت ضمیمه نمودن آنها مجاور یا روی پیل سوختی

ب) برای مشتری جهت حفظ آنها برای ارجاع بعدی

هر دفترچه راهنمای اطلاعات کاربر باید به دو فصل یا بخش مناسب تقسیم شده و شامل فهرست مطالب بوده و به وضوح شماره صفحات علامت‌گذاری شده باشد.

در صورت کاربری، دفترچه راهنمای اطلاعات کاربر باید دربرگیرنده اطلاعات ایمنی زیر باشد:

(۱) جلد رو

جلد رویی مهمترین دستورالعمل‌های ایمنی را به کاربر ارائه می‌دهد. جلد رو یا در غیاب آن صفحه نخست دفترچه راهنما بایستی ملاحظات ایمنی مقرر شده مشخص در شکل ۲-۵ تا شکل ۲-۷ را به همراه داشته باشد.

هشدار:

خطر آتش یا انفجار

پیروی نکردن از هشدارهای ایمنی به طور دقیق، به جراحات، مرگ یا صدمه به دستگاه منجر می‌شود.

- بنزین یا دیگر بخارها و مایعات اشتعال‌زا را در مجاورت این محصول یا هر وسیله دیگر نگهداری و استفاده ننمایید.

- در صورت استشمام گاز چه کنید؟

• سعی در روشن کردن هیچ وسیله برقی نکنید.

• به هیچ کلید برقی دست نزنید؛ از تلفن در منطقه استفاده نکنید.

• فوراً محل را ترک کنید.

• فوراً به شرکت گاز زنگ بزنید. دستورات شرکت گاز را اجرا نمایید.

• اگر به شرکت گاز دسترسی نداشتید، به آتش نشانی زنگ بزنید.

- نصب و تعمیر بایستی توسط نصاب صلاحیت‌دار، نمایندگی‌های خدمات یا شرکت گاز انجام شود.

شکل ۲-۵: ملاحظات ایمنی برای سیستم‌های سوخت گازی بودار

هشدار:

خطر آتش یا انفجار

پیروی نکردن از هشدارهای ایمنی به طور دقیق به جراحات، مرگ یا صدمه به دستگاه منجر می‌شود.

- بنزین یا دیگر بخارها و مایعات اشتعال‌زا را در مجاورت این محصول یا هر وسیله دیگر نگهداری و استفاده ننمایید.

- نصب و تعمیر بایستی توسط نصاب صلاحیت‌دار، نمایندگی‌های خدماتی یا شرکت گاز انجام شود.

شکل ۲-۶: ملاحظات ایمنی برای سیستم‌های سوخت‌رسانی شده با گازهای بدون بو

هشدار:

خطر آتش یا انفجار

پیروی نکردن از هشدارهای ایمنی به طور دقیق به جراحت، مرگ یا صدمه به دستگاه منجر می‌شود.

- بنزین یا دیگر بخارها و مایعات اشتعال‌زا (به جز سوخت مایع مرتبط برای سیستم توانی پیل سوختی) را در مجاورت این محصول یا هر وسیله دیگر نگهداری و استفاده ننمایید.

- در صورت مشاهده نشستی مایع چه کنید؟

- سعی در روشن کردن هیچ وسیله برقی نکنید.
 - به هیچ کلید برقی دست نزنید؛ از تلفن در منطقه استفاده نکنید.
 - فوراً محل را ترک کنید.
 - فوراً به شرکت گاز زنگ بزنید. دستورات شرکت گاز را اجرا نمایید.
 - اگر به شرکت گاز دسترسی نداشتید، به آتش نشانی زنگ بزنید.
- نصب و تعمیر بایستی توسط نصاب صلاحیت‌دار، نمایندگی‌های خدمات یا شرکت گاز انجام شود.

شکل ۲-۷: ملاحظات ایمنی برای سیستم‌های با سوخت مایع

جلد رو باید شامل عبارتی باشد که کاربران را نسبت به خواندن تمام اطلاعات در دفترچه راهنما و نگه داشتن دفترچه‌های راهنما برای ارجاع بعدی آگاه سازد.

۲) بخش ایمنی

بخش ایمنی برای ارائه لیستی از خطرات احتمالی و دستورات مربوط به ایمنی برای یک پیل سوختی مشخص در نزدیک جلد دفترچه راهنما باید گنجانده شده باشد.

۳) اطلاعات ایمنی در متن

اطلاعات ایمنی در متن می‌بایست به ملاحظات ایمنی از رویه جلد و بخش ایمنی دفترچه راهنما ارجاع داده یا آنها را در برگیرد.

۲-۸-۴-۴- دفترچه راهنمای کاری

دفترچه راهنمای کاری باید رویه صحیح برای شروع به کار و استفاده از سیستم توان پیل سوختی را به صورت دقیق بیان کند. معیارهای ایمنی باید فراهم شود و همچنین روش‌های نادرست کاری قابل پیش‌بینی باید تعیین شود. دفترچه راهنمای کاری باید خطرات مربوط به استفاده از سیستم توان پیل سوختی را در برگیرد. جایی که فعالیت تجهیزات قابل برنامه نویسی باشد، اطلاعات دقیق از روش‌های برنامه‌نویسی، تجهیزات لازم، صحنه گذاری برنامه و رویه‌های ایمنی اضافی (در صورت نیاز) باید فراهم شود.

در مورد سیستم توان پیل سوختی که ممکن است توسط کاربرهای غیر حرفه‌ای نیز به کار گرفته شوند، ضمن رعایت الزامات اساسی اشاره شده در بالا، نگارش و چیدمان دستورات جهت استفاده، باید سطح سواد عمومی و تیزهوشی مورد انتظار از چنین کاربرهایی را نیز در نظر بگیرد.

۲-۸-۴-۵- دفترچه راهنمای نگهداری

دفترچه نگهداری باید روش‌های صحیح را برای تنظیم، خدمات و بازرسی پیشگیرانه و تعمیر با جزئیات مطرح نماید. ضمن فراهم آوردن روش‌های مناسب برای صحنه‌گذاری فعالیت صحیح (برای مثال، برنامه‌های آزمون نرم‌افزار)، استفاده از چنین روش‌هایی نیز باید همراه با جزئیات آورده شود.

دفترچه راهنما باید دستورات صریح، روشن و کاملی را حداقل برای موارد زیر در برگیرد:

- دستوراتی برای راه‌اندازی و خاموش نمودن سیستم توانی پیل سوختی. این دستورات می‌بایست به صورت تصویری تمام اجزاء مرتبط و محل آنها را توضیح دهند.

- مشخصات فنی برای فرکانس تعویض فیلتر یا تمیزکاری و اندازه ابعادی و نوع فیلتر. این دستورالعمل‌ها باید آدرس‌هایی را برای حذف و تعویض فیلترها در بر گرفته و به صورت تصویری محل تمام اجزاء تامین شده توسط سازنده مورد ارجاع در دستورالعمل‌ها برای حذف و تعویض فیلترها را مشخص و توضیح دهد.

- دستورات هشداری به کاربران بابت قطعات الکتریکی که ممکن است پس از خاموشی ولتاژ/ انرژی باقیمانده را نگه دارند و چگونگی ائتلاف ولتاژ/ انرژی به میزان ایمن.

- روش‌های توصیه‌ای برای تمیزکاری دوره‌ای قطعات ضروری.

- دستوراتی برای روانکاری قطعات متحرک، شامل نوع، برچسب و مقدار روانکاری.

- دستوراتی برای آزمون نصب سیستم توان پیل سوختی جهت تعیین:

الف) دهانه مکش یا خروجی هوا تمیز و عاری از موانع باشد.

ب) هیچ علامت مشخصی از افت عملکرد فیزیکی سیستم توان پیل سوختی یا تکیه‌گاه آن (همچون پایه، چارچوب،

قفسه و غیره) وجود نداشته باشد.

- آزمون دوره‌ای از سیستم هواساز، آشکارسازی گاز و قطعات عملکردی مرتبط.

- لیست قطعات تعویضی، شامل اطلاعات ضروری برای سفارش قطعات یدکی یا تعویض آنها.

- آدرس‌دهی نواحی اطراف پیل سوختی که باید تمیز و عاری از مواد محترقه، بنزین و دیگر مایعات و بخارهای

اشتعال‌پذیر باشند.

- عبارت پیرو: در صورتی که هر جزیی از سیستم زیر آب رفت، از این پیل سوختی استفاده نکنید. برای بازدید و بازرسی سیستم توان پیل سوختی فوراً با پرسنل خدماتی صلاحیت‌سنجی شده تماس گرفته تا هر قطعه عملیاتی که زیر آب رفته است، تعویض شود.
- در صورت نیاز، دستورات و برنامه زمانی برای خنثی سازی چگالیده.
- دفترچه راهنمای نگهداری همچنین باید شمارشی از تمام فعالیت‌های نگهداری دوره‌ای و منظم اجرا شده روی اجزاء سیستم توان پیل سوختی را فراهم نموده و حداقل تعداد برای این آزمون‌ها را مشخص نماید.

فصل ۳

**الزامات موردنیاز جهت طراحی، نصب
و بهره‌برداری از سیستم گازرسانی
پیل‌های سوختی با کاربرد ساکن**

۱-۳- هدف و دامنه کاربرد

این فصل در مورد ایمنی طراحی و نصب سیستم‌های سوخت‌رسانی موتور انواع وسایل نقلیه و تجهیزاتی که با گاز طبیعی فشرده کار می‌کنند، از جمله موارد زیر کاربرد دارد:

الف- وسایل نقلیه گازسوز تولید شده توسط سازندگان تجهیزات اصلی (OEM)

ب- وسایل نقلیه گازسوز تبدیل شده توسط تبدیل کنندگان خودرو

پ- انواع سیستم‌های جایگاه سوخت‌گیری خودروهای گازسوز.

۲-۳- استانداردهای مورد استفاده

استانداردهای مورد استفاده در این فصل شامل موارد ذیل است:

2000- Flammable and combustible liquids code.:NFPA 30.

2000- Code for motor fuel dispensing facilities and NFPA 30 A: Repair Garages.

2002- Standard for the Installation and use of stationary NFPA 37: combustion engines and gas turbines.

2002-National fuel gas code.:NFPA 54.

2002- National electrical code. NFPA 70 :

NFPA 101: 2000 – Life safety code .

NFPA 259:1998 – Standard test method for potential heat of building materials.

NFPA 303: 2000 – Fire protection standard for marinas and boatyards.

1998- Standard for purged and pressurized enclosures NFPA 496: for electrical equipment.

ANSI SI 10: 1997 - Standard for use of the international system of units (SI): The modern metric system.

ANSI Z 87.1: 1979 – Practice of occupational and educational eye and face protection.

ANSI Z 89.1: 1997 – Personnel protection – protective headgear for industrial workers, requirements.

API RP 2003: 1991 – Protection against ignitions arising out of static lightning and stray currents.

1996- Chemical plant and petroleum refinery ANSI/ASME B31.3: piping.

ASME Section VIII: 1995 – Boiler and pressure vessel code .

ASTM A 47: 1995 – Standard specification for ferritic malleable iron castings.

ASTM A 395: 1993 - Standard specification for ferritic ductile iron pressure retaining castings for use at elevated temperatures.

1993- Standard specification for ductile iron castings. ASTM A 536:

1996- Standard test method for behavior of materials ASTM E 136: in a vertical tube furnace at 750 degrees C.

CGA S-1.1: 1994 – Pressure relief device standards-part 1-Cylinders for compressed gases.

CSA B51: 1995 – Boiler, pressure vessel and pressure piping code .

ANSI/IAS NGV 1: 1994 – Standard for compressed natural gas vehicle (NGV) fueling connection devices.

1992- Basic requirements for compressed natural ANSI/IAS NGV 2: gas vehicle (NGV) fuel containers. requirements 5-96 Basic requirements for compressed IAS U.S. natural gas vehicle (NGV) fuel containers.

SAE J1616: 1994 – Recommended practice for compressed natural gas vehicle fuel.

Title 49: Code of federal regulations.

۳-۳-۳- اصلاحات و تعاریف

تعاریف مندرج در این بخش، اصطلاحات به کار رفته در این فصل می‌باشند.

۳-۳-۳-۱- تایید شده

قابل پذیرش برای مقام ذی‌صلاح

۳-۳-۳-۲- مقام ذی‌صلاح

سازمان، اداره، یا فردی که مسئولیت تایید تجهیزات، مواد و تاسیسات و یا یک رویه کار را بر عهده دارد.

۳-۳-۳-۳- نشانه‌گذاری

تجهیزات یا موادی که برچسب، آرم یا علامت مشخص کننده دیگری از سازمانی که مورد قبول و تایید مقام ذی‌صلاح باشد، بر آنها الصاق شده که این برچسب در ارتباط با ارزیابی فرآورده یا محصول می‌باشد و بدین ترتیب حق بازرسی ادواری تجهیزات و مواد برچسب‌دار محفوظ مانده و سازنده از طریق نشانه‌گذاری آنها تطابق و سازگاری با این استاندارد یا عملکرد و کارایی مشخص شده آنها را نشان می‌دهد.

۳-۳-۳-۴- فهرست شده

تجهیزات، مواد یا خدمات مندرج در یک فهرست منتشر شده توسط سازمانی که مورد قبول مقام ذی‌صلاح می‌باشد و با ارزیابی فرآورده‌ها یا خدمات سروکار دارد، این مقام ذی‌صلاح حق بازرسی ادواری تولید تجهیزات و یا مواد فهرست شده

و یا ارزیابی ادواری خدمات را دارد و درج ارقام از سوی وی دلالت بر این می‌کند که تجهیزات، مواد و یا خدمات، الزامات این استاندارد را برآورده نموده و برای منظور مشخص شده مناسب می‌باشد.

۳-۳-۵- ظرفیت

حجم آبی یک مخزن بر حسب لیتر است.

۳-۳-۶- سیستم ذخیره مرحله‌ای

ذخیره در مخازن و یا مخزن‌ها با فشارهای چندگانه

۳-۳-۷- مخزن ذخیره

مخزن یا مجموعه مخازنی که توسط چند راه‌ها به صورت دائمی به یکدیگر متصل شده و به منظور ذخیره گاز طبیعی فشرده به کار می‌روند.

۳-۳-۸- مخزن ساخته شده از مواد مرکب

مخزن ساخته شده از دو و یا چند نوع ماده که ترکیب خواص آنها معیارهای طراحی را پوشش می‌دهند.

۳-۳-۹- مخزن گاز خودرو

مخزن نصب شده بر روی خودرو که به منظور ذخیره گاز طبیعی فشرده به عنوان سوخت خودرو استفاده می‌شود.

۳-۳-۱۰- متعلقات مخزن

وسایل متصل شده به دهانه‌های مخزن که برای ایمنی، کنترل یا بهره‌برداری استفاده می‌شود.

۳-۳-۱۱- شیر مخزن

شیری که مستقیماً به خروجی یک مخزن متصل شده باشد.

۳-۳-۱۲- نقطه شبنم (در فشار مخزن)

مقدار نقطه شبنم گاز در حداکثر فشار مخزن در سیستم سوخت‌رسانی خودروهای گاز طبیعی فشرده (معمولاً قبل از کاهش فشار مخزن اندازه‌گیری می‌شود).

۳-۳-۱۳- جایگاه سوخت‌گیری

تاسیساتی که گاز طبیعی را توسط کمپرسور یا تقویت کننده فشار متراکم نموده و از مخازن ذخیره و یا خط لوله انتقال به درون مخازن گاز خودرو یا مخزن‌های سیار منتقل می‌سازند.

۳-۳-۱۴- اتاقک

سازه‌ای که تجهیزات را در برابر عوامل محیطی محافظت نموده یا سبب کاهش صدا می‌شود.

۳-۳-۱۵- محفظه موتور (بر روی یک کشتی)

فضای اطراف موتور بر روی یک کشتی که آنقدر کوچک است که یک فرد نمی‌تواند وارد آن شود.

۳-۳-۱۶- لوله گاز

لوله یا شیلنگ نصب شده بر روی یک خودرو شامل کلیه اتصالات مربوطه، که گاز طبیعی از داخل آن عبور می‌نماید.

۳-۳-۱۷- سیستم آشکارساز گاز

گروهی از یک یا چند حسگر که قادر به شناسایی نشت گاز طبیعی به میزان و درصد معینی بوده و سیستم‌های هشدار دهنده و ایمنی را فعال می‌کند.

۳-۳-۱۸- تاسیسات گاز

سیستمی متشکل از مخازن گاز طبیعی، تقویت کننده فشار، کمپرسورها و کلیه شیرها، لوله‌کشی‌ها و لوازم وابسته.

۳-۳-۱۹- حد پایین اشتعال (LEL)

غلظت یک ماده قابل احتراق در هوا که کمتر از آن میزان، اشتعال اتفاق نخواهد افتاد. مخلوط‌های کمتر از این حد را «مخلوط‌های بسیار رقیق» می‌نامند.

۳-۳-۲۰- مواد با احتراق‌پذیری محدود

مصالح ساختمانی که با توجه به نحوه استفاده از آنها با تعریف مواد غیر قابل احتراق تطابق ندارد، دارای ارزش حرارتی بالقوه ای بالغ بر ۸۱۴۱ kJ/kg (مطابق استاندارد NFPA ۲۵۹، روش آزمون استاندارد برای توان گرمایشی بالقوه مصالح ساختمانی) بوده و با یکی از موارد (الف) یا (ب) زیر مطابقت داشته باشد.

الف) مصالحی که دارای ساختار پایه مواد غیر قابل احتراق بوده و دارای سطح مقطعی با ضخامت کمتر از ۳/۲ میلی‌متر هستند و میزان گسترش شعله آنها بیشتر از ۵۰ نیست.

ب) مصالحی که از نظر شکل و ضخامت مانند آنچه که در بند (الف) آمده است نیستند، میزان گسترش شعله آنها حداکثر برابر با ۲۵ است، نشانه‌ای از احتراق با دامنه پیوسته رو به افزایش در آنها دیده نمی‌شود و دارای چنان ترکیبی هستند که نمای کلیه سطوح برش خورده آنها دارای میزان گسترش شعله‌ای حداکثر برابر با ۲۵ بدون نشانه‌ای از احتراق فزاینده مداوم هستند.

مواد یا مصالحی که به عللی مانند مدت زمان ماندگاری، رطوبت یا سایر شرایط جوی باعث افزایش احتراق‌پذیری یا میزان گسترش شعله خارج از حدود مشخص شده در این بند می‌شوند، باید جزء مواد احتراق‌پذیر قلمداد شوند.

۳-۳-۲۱- شیلنگ فلزی

شیلنگی که مقاومت آن اساساً بستگی به استحکام اجزاء فلزی آن داشته، و می‌تواند دارای روکش یا پوشش‌های داخلی فلزی یا هر دو باشد.

۳-۳-۲۲- گاز طبیعی

مخلوطی از گازهای هیدروکربنی و بخارها که عمدتاً از گاز متان تشکیل شده است.

۳-۳-۲۳- گاز طبیعی فشرده

مخلوطی از گازهای هیدروکربنی و بخارها، عمدتاً متشکل از گاز متان که به منظور استفاده در خودروها (به عنوان سوخت)، متراکم و فشرده می‌شود.

۳-۳-۲۴- ماده اشتعال‌ناپذیر

ماده‌ای که تحت شرایط پیش‌بینی شده و با توجه به نحوه استفاده از آن، نمی‌سوزد، مشتعل یا محترق نمی‌شود و به احتراق کمک نکرده و یا به هنگام رویارویی با آتش و حرارت، بخارهای قابل اشتعال آزاد نمی‌کند. موادی که شرایط استاندارد ASTM E 136 (شرایط و الزامات روش آزمون استاندارد برای رفتار مواد در کوره با لوله‌های عمودی و دمای ۷۵۰ درجه سلسیوس) را برآورده نماید، جزء مواد غیرقابل اشتعال به شمار می‌آید.

۳-۳-۲۵- سرپناه (در تجهیزات دریایی)

ناحیه تکمیل نشده در قسمت فوقانی یک اتاق و یا اتاقک - نه یک سقف.

۳-۳-۲۶- لوله‌کشی

روشی برای انتقال گاز طبیعی (این اصطلاح در خصوص تاسیسات سوخت‌گیری به کار می‌رود).

۳-۳-۲۷- نقطه انتقال

محلی که در آنجا اتصالات به یکدیگر بسته شده و یا از هم جدا می‌شوند و یا محلی که ممکن است گاز طبیعی فشرده در حین عملیات انتقال در هوای محیط تخلیه شود.

۳-۳-۲۸- فشار پر شدن

فشار نهایی در مدت زمان واقعی سوخت‌گیری (بر حسب بار).

۳-۳-۲۹- فشار کاری

فشار متغیر در یک مخزن گاز خودرو در حین کارکرد عادی خودرو.

۳-۳-۳۰- فشار سرویس

فشار گاز در دمای یکنواخت ۲۱ درجه سلسیوس، هنگامی که تجهیزات به طور دقیق و کامل با گاز پر شده باشد (فشار طراحی برای ساخت تجهیزات).

۳-۳-۳۱- فشار سکون

فشار درون یک مخزن در ۲۱ درجه سلسیوس.

۳-۳-۳۲- وسیله اطمینان تخلیه فشار

وسیله‌ای که با دما، فشار یا هر دو فعال شده و برای جلوگیری از افزایش فشار مخزن بیش از حداکثر فشار معین شده استفاده می‌شود. این وسیله از ترکیدن مخزن پر شده در هنگامی که در معرض آزمون استاندارد آتش قرار می‌گیرد، جلوگیری می‌نماید. وسایل اطمینان تخلیه فشار برای مخازنی که مطابق TC/DOT ساخته می‌شوند، شامل تجهیزاتی هستند که قادر به حفاظت مخازن کاملاً پر نشده در برابر آزمون‌های آتش مذکور می‌باشند.

۳-۳-۳۳- خروجی‌های وسیله اطمینان تخلیه فشار

مسیر یا مجرای بعد از اجزاء عمل‌کننده وسیله اطمینان تخلیه فشار که سیال با عبور از آن وارد هوای آزاد می‌شود.

۳-۳-۳۴- مخزن تحت فشار

مخزن یا سایر وسایلی که مطابق با استاندارد ASME (بخش VIII: دیگ بخار و مخزن تحت فشار) طراحی و ساخته می‌شود.

۳-۳-۳۵- دستگاه سوخت‌گیری خانگی واقع در مناطق مسکونی

مجموعه تجهیزات و لوله‌کشی‌های خانگی واقع در مناطق مسکونی که برای فشرده‌سازی و انتقال گاز طبیعی به خودروها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-۳-۳۶- موتورخانه (در کشتی)

جایگاه استقرار موتور در کشتی (که فضای داخلی آن به گونه‌ای است که برای ورود یک نفر به داخل آن فضای کافی وجود دارد).

۳-۳-۳۷- اتاقک مخزن سوخت

فضایی در کشتی مختص تانک‌های سوخت که برای ورود یک نفر به درون آن به اندازه کافی بزرگ است.

۳-۳-۳۸- منابع جرقه

وسایل یا تجهیزاتی که در حالت عادی استفاده از آنها، قادر به تولید انرژی حرارتی کافی برای احتراق مخلوط گاز و هوای قابل اشتعال می‌باشند.

۳-۳-۳۹- محل مسکونی

محلی در کشتی که برای سکونت طراحی شده باشد.

۳-۳-۴۰- محل تجهیزات کنترلی

محلی در کشتی که وسایل کنترل از راه دور، تجهیزات اصلی دریانوردی، یا منابع برق اضطراری در آن قرار داشته یا تجهیزات کنترل آتش‌سوزی، غیر از تجهیزات اطفای حریق در آن متمرکز است.

۳-۳-۴۱- مناطق خطر

فضایی محصور شده و یا نیمه محصور در کشتی که در آن سیستم لوله‌کشی گاز طبیعی فشرده وجود داشته، یا مکانی که مخازن سوخت، موتورخانه یا اتاقک موتور در آن قرار دارند.

۳-۳-۴۲- مناطق ایمن

فضای موجود در کشتی که خارج از منطقه خطر باشد را گویند.

۳-۳-۴۳- محل ارائه خدمات

فضایی بر روی یک کشتی بیرون از محوطه کالا و محموله که برای آشپزخانه، انبار مواد غذایی شامل وسایل آشپزی، قفسه‌بندی، یا انبار و کارگاه و دیگر فضاهای مشابه و محل‌های دسترسی به این فضاها استفاده می‌شود.

۳-۳-۴۴- محفظه تانکر

فضایی در کشتی مختص تانک‌های سوخت که آنقدر کوچک است که برای ورود یک نفر به درون آن فضای کافی وجود ندارد.

۳-۳-۴۵- خودرو

یک وسیله یا سازه برای حمل و نقل اشخاص یا اشیاء (برای مثال: اتومبیل-کامیون-کشتی-قطار و مانند آن)

۳-۳-۴۶- فضای باز

مکانی که در معرض آب و هوا بوده و به طور معمول در دسترس اشخاص است و محل‌هایی که برای تردد و حرکت در اطراف تجهیزات در نظر گرفته می‌شوند.

۳-۴- کیفیت کلی گاز طبیعی فشرده و تجهیزات مربوطه

شرایط این فصل صرفاً در خصوص اجزاء سیستم تحت فشار حاوی گاز طبیعی فشرده به کار می‌رود.

۳-۴-۱- ترکیب گاز

ترکیب گاز باید با استاندارد ملی ایران به شماره ۶۷۵۰ مطابقت داشته باشد.

۳-۴-۲- مخازن ذخیره

مخزن یا مخازن ساخته شده باید به گونه‌ای طراحی شوند که با استاندارد ISO 9803 مطابقت داشته باشند.

۳-۴-۳- تایید

سیستم‌های زیر و اجزاء تشکیل دهنده آنها باید فهرست شده یا مورد تایید قرار گیرند:

الف) وسایل اطمینان تخلیه فشار، شیرهای اطمینان؛

ب) فشارسنج‌ها؛

پ) تنظیم کننده‌های فشار؛

(ت) شیرها؛

(ث) شیلنگ و اتصالات مربوطه؛

(ج) اتصالات سوخت‌گیری خودرو؛

(چ) سیستم‌های سوخت‌رسانی موتور؛

(ح) تجهیزات الکتریکی مربوط به سیستم‌های گاز طبیعی فشرده.

وسایلی که به صورت اختصاصی برای کار با گاز ساخته نشده‌اند، باید به گونه‌ای باشند که ایمنی معادل با دیگر قطعات به کار رفته در سیستم را داشته باشند.

۳-۴-۴- طراحی و ساخت مخازن

مخازن باید از فولاد، آلومینیوم یا مواد مرکب ساخته شوند. مخازن باید برای کاربرد گاز طبیعی فشرده طراحی شده و دارای برچسب یا علامت دائمی "گاز طبیعی فشرده" توسط سازنده باشند.

مخازن ذخیره باید مطابق با استاندارد ISO 11439 و اختصاصاً برای کاربرد گاز طبیعی فشرده، ساخته، بازرسی ISO 9803 مورد آزمون مجدد قرار گرفته، تجهیز شده و استفاده شود.

مخازن تحت فشار می‌توانند مطابق با استاندارد دیگ بخار و مخازن تحت فشار ASME بخش هشتم یا نهم ساخته، بازرسی، نشانه‌گذاری شده و مورد آزمون واقع شوند و باید برای کاربرد گاز طبیعی فشرده مناسب باشند. رعایت استاندارد دیگ بخار و مخازن تحت فشار ASME تفسیرها و برداشت‌های موردی و ویرایش‌های جدید و سازگاری با استاندارد یاد شده باید مورد توجه قرار گیرد.

نشانه گذاری‌های جمع (+) و ستاره (*) بر روی مخزن‌های DOT و TC نباید مطابق با مقررات DOT و TC برای مخازن حاوی گاز فشرده قابل اشتعال به کار روند. علامت ستاره باید حذف شود. پاک کردن و محو نشانه‌گذاری باید توسط عمل «کوبش» صورت گیرد. در غیر این صورت باید با مقررات DOT یا TC سازگار باشد. استفاده از عمل «سنگ زنی» برای این منظور ممنوع است.

جوشکاری یا لحیم کاری به منظور تعمیر یا اصلاح مخزن تحت فشار که بر اساس استاندارد ASME ساخته شده است باید با اسناد و مدارک ساخت مخازن تحت فشار مطابقت داشته باشد. دیگر روش‌های جوشکاری یا لحیم کاری تنها بر روی ورق‌های نگهدارنده (زینی شکل)، تکیه‌گاه‌ها و آویزها و نگهدارنده‌های مخازن تحت فشار که توسط سازنده متصل شده است، مجاز می‌باشد.

تعویض یا جابجایی متعلقات و لوازم مخزن تحت فشار برای هدف و کاربرد مشابه نباید تعمیر یا اصلاح تلقی شود.

۳-۴-۵- وسایل اطمینان تخلیه فشار

هر مخزن سازگار با بند ۳-۴-۴- باید مطابق با موارد زیر به یک یا چند وسیله اطمینان تخلیه فشار مجهز شده باشد.

الف) وسایل اطمینان تخلیه فشار برای مخزن‌ها باید مطابق با یکی از موارد زیر باشد:

- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۳-۵۶۳۶؛

- استاندارد ISO 11439؛

- استاندارد GE 118.

ب) وسایل اطمینان تخلیه فشار باید با سوخت ارتباط مستقیم داشته و توسط لوله‌هایی که قادر به تحمل حداکثر فشار ایجاد شده باشند، به فضای آزاد تخلیه کند.

میزان جریان تخلیه گاز از وسیله اطمینان تخلیه فشار نباید کمتر از مقدار مورد نیاز برای ظرفیت مخزنی باشد که وسیله اطمینان تخلیه فشار بر روی آن نصب شده است.

وسایل اطمینان تخلیه فشار باید به گونه‌ای قرار گیرند که دمایی که آنها در معرض آن واقع می‌شوند، بیانگر دمایی باشد که مخزن با آن مواجه است.

مخازن تحت فشار سازگار با بند ۳-۴-۴- یا مخزن‌های ثابت فاقد سیستم جبرانی دما - فشار باید مطابق با (ASME) استاندارد دیگ بخار و مخازن تحت فشار) با یک یا چند شیر اطمینان فندار حفاظت شوند.

حداقل میزان جریان تخلیه وسایل اطمینان تخلیه فشار نصب شده بر روی مخازن باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۵۶۳۶ باشد.

شیرهای اطمینان که بر روی شیر مخزن نصب می‌شوند نباید به ابزار بلند کردن مجهز شوند. بعد از تنظیم آنها چنانچه به صورت خارجی نصب شوند، باید به صورت مناسبی مهر و موم گردند تا از دستکاری محفوظ بمانند.

در هر زمان و به هر علت که مهر و موم شیر شکسته شود، شیر باید از سرویس خارج شده، تنظیم مجدد و مهر و موم شود.

تنظیمات باید صرفاً توسط سازنده یا سایر شرکت‌هایی که دارای پرسنل ماهر و واجد صلاحیت، ابزار و وسایل مناسب برای تعمیر، تنظیم و آزمون چنین شیرهایی می‌باشند، انجام شود.

سازمان تنظیم کننده باید یک برچسب دائمی که در آن نقطه تنظیم، گنجایش و تاریخ درج شده است را به شیر الصاق نماید.

شیرهای اطمینان که برای ایمنی مخازن تحت فشار مطابق با ASME نصب می‌شوند باید مطابق با استاندارد (ASME) مخازن تحت فشار و دیگ بخار) تعمیر و یا تنظیم شده و مورد آزمون قرار گیرند.

مخازن و ظروف تحت فشاری که مطابق با بند ۳-۴-۴- ساخته نشده باشند باید به وسایل اطمینان تخلیه فشار تایید شده توسط مقام ذیصلاح مجهز شوند.

۳-۴-۶- فشارسنج‌ها

فشارسنج (در صورت استفاده) باید قادر به نشان دادن حداقل $1/2$ برابر فشار طراحی سیستم باشد.
فشارسنج باید دارای منفذ یا روزنه‌ای در اتصال ورودی باشد که قطر آن از $1/4$ میلی‌متر بیشتر نشود.

۳-۴-۷- تنظیم‌کننده فشار یا رگولاتور

ورودی تنظیم‌کننده فشار و هر کدام از مراحل آن باید برای فشار کاری خودشان و با ضریب اطمینان حداقل چهار طراحی شوند.
محفظه‌های کم فشار باید به شیر اطمینان فشار اضافی مجهز شده و یا قادر به تحمل فشار سرویس مرحله بالادست خود باشند.

۳-۴-۸- خطوط سوخت‌رسانی (لوله‌های گاز)

لوله، اتصالات، واشرهای گازبند و مواد درزبند باید در حالتی که تحت شرایط کاری قرار می‌گیرند با سوخت گاز سازگار باشند.
لوله، اتصالات و سایر اجزاء بکار رفته در لوله‌کشی باید قادر به تحمل آزمون هیدروستاتیک با فشار حداقل چهار برابر فشار کاری مربوطه بدون شکست و گسیختگی ساختاری باشند.
لوله‌های گازطبیعی استفاده شده در خودرو باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۵۶۳۶-۱۶ باشد.
در لوله‌کشی گاز طبیعی از اجزاء زیر نباید استفاده شود:

- اتصالات، زانویی‌ها و سایر اجزاء چدنی
- لوله و اتصالات پلاستیکی برای استفاده در قسمت فشار بالا
- لوله و اتصالات گالوانیزه شده
- لوله و اتصالات آلومینیومی
- مغزی‌هایی که برای اتصال داخلی به یک مخزن استفاده می‌شوند.
- قطعات استفاده شده از آلیاژ مس با درصد مس بیش از ۷۰ درصد.

یادآوری شماره ۱: در ساخت اتصال سوختگیری می‌توان از آلیاژهای آلومینیوم ضد جرقه که برای فشار مورد نظر طراحی شده‌اند، استفاده نمود.

یادآوری شماره ۲: لوله‌ها و اتصالات آلومینیومی می‌توانند در قسمت پایین دست مرحله اول تنظیم‌کننده فشار در سیستم سوخت‌رسانی موتور استفاده شوند.

اجزاء لوله‌کشی نظیر صافی، نوسانگیر و اتصالات انبساطی، باید به طور دائمی توسط سازنده به منظور نشان دادن شرایط کارکرد نشانه‌گذاری شوند.

۳-۴-۹- شیرها

طراحی یا انتخاب شیرها، واشرهای گازبند و مواد درزبند باید به گونه‌ای باشد که دامن‌های بیش از محدوده فشارها، دماها و شرایط کاری را پوشش دهد.

شیرهای قطع جریان باید دارای فشار سرویس حداقل برابر با فشار سرویس کل سیستم بوده و باید بدون بروز گسیختگی قادر به تحمل آزمون هیدروستاتیک با فشار دست کم چهار برابر فشار سرویس باشند. (مگر آن که در استاندارد مربوطه فشار بیشتری ذکر شده باشد) در آزمایش با هوای خشک با فشاری کمتر از ۱/۵ برابر فشار سرویس، نباید نشتی رخ دهد. شیرهای چدنی غیر از آنهایی که با ASTM A 47 (مشخصات استاندارد برای فراورده‌های ریخته‌گری چدن چکش‌خوار فریتی گرید ۳۵۰۱۸، ASTM A 395 (مشخصات استاندارد برای فراورده‌های ریخته‌گری چدن نرم فریتی با حفظ فشار برای استاندارد در دماهای بالاتر) و ASTM A 536 (مشخصات استاندارد برای فراورده‌های ریخته‌گری چدن نرم گرید ۱۸-۴۰-۶۰) منطبق هستند، نباید به عنوان شیرهای انسداد اصلی مورد استفاده واقع شوند.

شیرهایی که طراحی آنها به گونه‌ای است که در آوردن نافی شیر بدون باز کردن کلاhek شیر یا بدون باز کردن بدنه شیر، امکان پذیر باشد، نباید مورد استفاده قرار گیرند.

سازنده باید به منظور نشان دادن شرایط کاری، بر روی بدنه شیرها علائم مورد نیاز را حک نموده و یا به نحو دیگری نشانه‌گذاری دائمی کند.

یادآوری: شیرهای مخازن دارای وسایل اطمینان تخلیه فشارسر خود (یکپارچه با شیر) سازگار با بند ۳-۴-۶- به نشانه‌گذاری اضافی نیاز ندارند.

۳-۴-۱۰- شیلنگ و اتصالات شیلنگی

شیلنگ‌های فلزی و غیر فلزی باید از موادی ساخته شده باشند و یا جدار داخلی آنها با موادی پوشش داده شده باشد که در برابر خوردگی و گاز طبیعی مقاوم باشند.

شیلنگ‌های فلزی انعطاف‌پذیر و لوله‌ها و اتصالات آنها باید طوری انتخاب یا طراحی شوند که در برابر فشارها و دماهای کاری قرار گرفته و حداقل فشار ترکیدن ۴ برابر فشار سرویس را تحمل نمایند (مگر آنکه در استاندارد ساخت مربوطه فشار بیشتری ذکر شده باشد).

قبل از استفاده، باید مجموعه شیلنگ توسط سازنده یا نماینده تعیین شده وی در فشاری حداقل دو برابر فشار کاری مورد آزمون قرار گیرد.

شیلنگ‌های فلزی و غیر فلزی باید به طور مشخص توسط سازنده، برچسب دائمی زده شوند یا بوسیله علائم نشان دهنده نام و نشان تجاری سازنده، مشخصات شرایط کاری قطعه و فشار طراحی نشانه‌گذاری شوند.

۳-۴-۱۱- اتصال سوخت‌گیری

وسایل سوخت‌گیری خودرو باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۵۶۳۶ فهرست شوند.

۳-۵-۵- سیستم‌های سوخت

۳-۵-۱- دامنه کاربرد

مطالب این فصل در خصوص طراحی، نصب، بازرسی و آزمون سیستم‌های تامین سوخت گاز طبیعی فشرده برای موتورهای احتراق داخلی خودروها کاربرد دارد. اجزاء سیستم باید مطابق با دستورالعمل‌های سازنده نصب شوند.

۳-۵-۲- تایید کیفیت اجزاء سیستم

اجزاء سیستم باید با شرایط مذکور در فصل چهارم و استاندارد ملی ایران به شماره ۵۶۳۶ قسمت‌های یک تا نوزده منطبق باشند.

۳-۵-۳- نصب مخازن خودرو

مخازن خودرو باید مطابق با دستورالعمل‌های سازنده مخزن و شرایط و الزامات زیر نصب شوند. مخازن خودروها می‌توانند در داخل، زیر یا بالای کابین راننده یا مسافر نصب شوند، مشروط بر اینکه کلیه اتصالات مخازن خارج از این مکان‌ها قرار داشته یا به طور مناسب گازبندی شده و از مکان‌های یاد شده به فضای آزاد تخلیه گاز کنند.

مخازن باید به منظور جلوگیری از صدمه و آسیب دیدگی ناشی از خطرات جاده، بارگیری، تخلیه بار، نور مستقیم آفتاب، حرارت خروجی هوا، بهره‌برداری از خودرو از جمله نشستی تصادفی از محموله‌ها، با وسایل و تمهیداتی به نحو مناسب محافظت شوند. در صورت استفاده از حفاظ، باید به طریقی نصب شوند که از رخدادهای زیر جلوگیری شود:

الف) تماس مستقیم حفاظ و مخزن،

ب) گیر کردن و جمع شدن مواد جامد و مایعات مابین حفاظ و مخزن که می‌تواند به مخزن و یا پوشش آن آسیب برساند.

مخزن باید به گونه‌ای نصب شود که با اجزاء خودرو نظیر قطعات شاسی، ورق‌های بدنه، لوله‌های ترمز و غیره، که ممکن است منجر به سایش یا فرسایش مخزن شود، تماس نداشته باشد.

مخزن گاز خودرو باید در محل و وضعیتی نصب شود که صدمه و آسیب ناشی از برخورد به حداقل برسد. هیچ قسمتی از مخزن یا متعلقات آن نباید از اطراف یا سقف خودرو در نقطه یا محلی که نصب شده است، بیرون بزند. چنانچه مخزنی بالای کابین راننده یا مسافر خودرو نصب شده باشد، شرایط و الزامات زیر باید برقرار باشد.

الف) مخزن و لوله‌ها، اتصالات و شیرهای آن باید در برابر صدمات و زیان‌های وارده به طرق زیر محافظت شوند:

- توسط یک نرده حفاظ یا وسیله مشابه که به گونه‌ای طراحی شده است که می‌تواند ضربات ناشی از برخورد خودرو با یک جسم ثابت، به هنگام حرکت خودرو بطرف جلو یا عقب با سرعت هشت کیلومتر در ساعت را جذب نماید. نرده حفاظ یا وسیله مشابه باید فاقد جلوآمدگی‌هایی باشد که ممکن است به مخزن یا شیرها و اتصالات آن آسیب برساند.

- یک حفاظ به گونه‌ای طراحی شود که بتواند ضربات و برخوردهای ایجاد شده در حین بارگیری، تخلیه، و یا بهره‌برداری از خودرو را جذب کند. حفاظ باید فاقد جلو آمدگی‌هایی باشد که به مخزن یا شیرها و اتصالات آن صدمه بزند.

ب) قسمت فوقانی مخزن و لوله‌های گاز طبیعی فشرده، اتصالات، شیر، محفظه، نرده حفاظ یا سپر محافظ نباید بیش از ۴/۱۲ متر بالاتر از سطح جاده قرار داشته باشند.

پ) مخازن باید به منظور جلوگیری از تماس تصادفی با سیم‌کشی هوایی برق، توسط پوشش‌های فلزی یا غیرفلزی محافظت شوند.

سیستم سوخت رسانی باید به گونه‌ای نصب شود که حتی الامکان بیشترین فاصله را با زمین داشته باشد ولی در هر حال این فاصله نباید کمتر از حداقل فاصله قطعات خودرو با جاده در حالتی که به میزان نامی وزن ناخالص خودرو بارگیری شده است، باشد. این حداقل فاصله باید از پایین‌ترین جزء سیستم سوخت‌رسانی اندازه‌گیری شود.

مخازن نباید در قسمت جلو محور جلویی یا عقب‌تر از سپر عقب خودروها نصب شوند.

هیچ قسمتی از مخزن یا لوازم آن نباید از اطراف یا بالای هرنوع خودرو بیرون‌زدگی داشته باشد به نحوی که در معرض برخورد، اصابت و ترکیدگی قرار گیرد.

فریم (باربند) مخزن باید به منظور پیش‌گیری از صدمه و آسیب‌های ناشی از خطرات جاده، لغزش، شل شدن، یا چرخش، با استفاده از روشی که قادر به تحمل نیروهای گفته شده در استاندارد باشد به بدنه، کف یا شاسی خودرو محکم شده باشد.

سنگینی مخزن نباید توسط شیرها، چند راهه‌ها یا سایر اتصالات سوخت تحمل شود.

مخازن گاز خودرو که در فاصله کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر از سیستم خروجی هوا خودرو قرار دارند باید توسط یک حفاظ حرارتی در برابر حرارت مستقیم حفاظت شوند.

سیستم نگهدارنده مخزن باید به گونه‌ای باشد که خوردگی سایشی مخزن و سیستم نگهدارنده به حداقل برسد. مخازن گاز خودرو نباید به گونه‌ای نصب شوند که تاثیر سوء و مخرب بر ویژگی‌های حرکتی خودرو داشته باشد. کمربندهای فلزی و تکیه‌گاه‌های آنها نباید در تماس مستقیم با مخزن باشد. باید از یک ماده کشسان که خاصیت جذب آب را نداشته باشد در بین کمربندهای فلزی، تکیه‌گاه‌ها و مخزن استفاده شود. این ماده کشسان از خوردگی شیمیایی کمربندهای فلزی ناشی از تماس با مخازن الیاف‌دار کربنی محافظت نموده و به مثابه یک ماده عایق عمل می‌کند. چنانچه مخزن گاز طبیعی زیر شاسی و مابین محورهای خودرو قرار گرفته باشد (در شرایط بارگیری خودرو با میزان نامی وزن ناخالص خود) حداقل فاصله مخزن، محفظه یا اتصالات آن از سطح جاده (هر کدام که کمتر است)، باید مطابق با جدول ۱-۳ باشد.

جدول ۱-۳: فاصله مخزن، محفظه و اتصالات آن از سطح جاده

فاصله دو محور (چرخ جلو و عقب خودرو) بر حسب میلی‌متر	حداقل فاصله از سطح جاده بر حسب میلی‌متر
کمتر یا مساوی ۳۲۳۰	۱۸۰
بیشتر از ۳۲۳۰	۲۳۰

مخازن نصب شده در قسمت پشت محور عقب خودرو گازسوز باید به صورت عرضی نصب شود (در جهت عرض خودرو). یادآوری: در صورتی که شیر و اتصالات مخزن در انتهای مخزن قرار گرفته و به بهترین نحو در مقابل منابع اعمال ضربه حفاظت شده باشد، مخازن می‌توانند در جهات دیگر نیز نصب شوند.

۳-۵-۴- نصب سیستم‌های تخلیه گاز

کلیه وسایل اطمینان تخلیه فشار و اتصالاتی که مابین اجزاء تحت فشار نصب شده در درون اتاقک راننده، مسافر و یا یک محفظه بسته قرار گرفته‌اند، باید به خارج از خودرو تخلیه گاز کنند. سیستم تخلیه برای خروج گاز از مجاری وسایل اطمینان تخلیه فشار باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۵۶۳۶ باشد.

لوله(های) تخلیه برای سیستم تخلیه گاز نباید به درون گلگیر خودرو تخلیه (گاز) کند. لوله تخلیه نباید برای عملکرد وسیله اطمینان تخلیه فشار یا مجرای آن ایجاد مانع یا مشکل کند. به منظور پیش‌گیری از تجمع آب، گرد و خاک، حشرات و هرگونه اشیاء خارجی در خطوط تخلیه یا وسایل اطمینان تخلیه فشار، باید تمهیداتی در نظر گرفته شود. اینگونه وسایل محافظ، نباید مانع عبور گاز گردند.

گلویی مخزن و کلیه اتصالات گاز طبیعی فشرده درون اتاق خودرو باید داخل یک محفظه گازبندی شده و ساخته شده از مواد پلی اتیلن خطی سبک که مستقیماً به طرف خارج از خودرو تخلیه (گاز) می‌کند، محافظت شود. چنانچه به نحوی از انحاء امکان تجمع گاز طبیعی در جایی از اتاق خودرو وجود داشته باشد، مخزن باید به گونه‌ای نصب شود که شرایط زیر را تأمین نماید.

۱- وسیله اطمینان تخلیه فشار برای حفاظت از مخزن در همان محفظه‌ای که مخزن قرار گرفته است، نصب شود.
۲- خروج یا تخلیه گاز از وسیله اطمینان تخلیه فشار به طرف محیط خارج از طریق یک لوله یا شیلنگ هادی برق که مطابق با موارد زیر باشد، انجام شود.

(الف) لوله و یا شیلنگ در فواصلی مناسب به گونه‌ای محکم شود که احتمال آسیب دیدگی، خوردگی یا ترکیدگی و گسیختگی خط تخلیه یا وسیله اطمینان تخلیه فشار به واسطه انقباض، ارتعاش، کرنش یا فرسایش به حداقل رسیده و هنگام کارکرد از هر گونه شل شدن جلوگیری به عمل آورد.

(ب) دارا بودن فشار گسیختگی حداقل ۱/۵ برابر فشار تخلیه ناشی از فعال شدن وسیله اطمینان تخلیه فشار.

(پ) خط تخلیه نباید در دمای ۵۰° درجه سلیسیوس و در مدت ۲۰ دقیقه ظرفیت انتقال گاز خود را از دست بدهد.

۳- مجرای تخلیه نباید توسط ذرات ریز پرتاب شده از جاده نظیر برف، یخ، گل و غیره دچار گرفتگی و انسداد شده و یا به نحو دیگری تحت تأثیر سوء قرار گیرد.

۳-۵-۵- نصب لوله‌ها

چند راهه‌های متصل به مخازن سوخت باید به گونه‌ای ساخته شوند که ارتعاش را به حداقل رسانده و به منظور پیشگیری از زیان‌های ناشی از برخورد اشیاء آزاد (بدون حفاظ) در یک محل حفاظت شده نصب گردیده و یا به حفاظ مجهز شوند.

چند راهه‌های متصل به مخازن یا وسایل اطمینان تخلیه فشار باید به گونه‌ای طراحی شوند که گاز را از هر کدام از مخازن مواجه شده با آتش تخلیه نمایند، به نحوی که کلیه مخازن شرایط و الزامات بخش ۳۹۸-۵-۴ را برآورده نمایند. قبل از مونتاژ لوله‌ها، باید برای رزوه‌های نرینه از مواد درزبند که نفوذناپذیر بوده و در برابر تأثیر گاز طبیعی موجود در سیستم مقاوم هستند، استفاده نمود.

لوله و اتصالات آن باید تمیز و عاری از اجرام ریز و براده‌های حاصل از رزوه کاری یا برشکاری بوده و انتهای لوله‌ها باید برقوکاری شود.

در صورت نیاز و به منظور پیش‌گیری از سایش، لوله‌های گاز عبور کرده از یک ورق یا قاب، باید توسط حلقه‌های لاستیکی یا وسایل مشابه حفاظت شوند.

لوله‌های گاز باید دارای حداکثر فاصله ممکن از سیستم خروجی هوای موتور باشند.

لوله‌های گاز باید به منظور به حداقل رسیدن ارتعاش توسط بست‌های مناسب محکم شده و باید در برابر آسیب‌دیدگی، خوردگی، یا گسیختگی ناشی از تغییر شکل یا سایش حفاظت شوند. لوله گاز باید به گونه‌ای نصب و حفاظت شود که احتمال آسیب‌دیدگی، خوردگی یا شکست و گسیختگی به واسطه انقباض، ارتعاش، تغییر شکل یا سایش آن به حداقل رسیده و هنگام کارکرد شل نشود.

در حین لوله‌کشی، لوله نباید به گونه‌ای خم‌کاری شود که باعث تضعیف آن گردد.

رابطه‌ها یا اتصالات باید در محل قابل دسترسی قرار داشته باشد.

در صورتی که مخزن گاز خودرو بر روی قسمت یدک‌کش قرار گرفته باشد، لوله گاز باید مجهز به وسیله جدا شونده اضطراری باشد که به منظور عدم تخلیه گاز طبیعی فشرده در دو سوی محل انقطاع، خروج گاز را مسدود نماید.

۳-۵-۶- نصب شیرها

هر مخزن باید مجهز به یکی از شیرهای زیر باشد:

الف) شیر دستی

ب) شیر برقی قطع جریان که مستقیماً به مخزن بسته شده و در حالت عادی بسته است و قابلیت فعال شدن از راه دور را داشته باشد. این شیر برقی باید مجهز به اهرمی برای تخلیه دستی مخزن نیز باشد. علاوه بر شیر مذکور، یک شیر دستی قطع جریان یا یک شیر قطع جریان خودکار (که در حالت عادی بسته است)، باید به گونه‌ای نصب شود که ارتباط مخزن (یا مخازن) را از مابقی سیستم سوخت قطع نماید. چنانچه از شیر دستی قطع جریان استفاده می‌شود، باید این شیر در یک محل قابل دسترس قرار گرفته و حداکثر با ۹۰ درجه چرخش بسته یا باز شود.

دسترسی به شیر قطع جریان دستی نباید نیاز به استفاده از کلید یا ابزار داشته باشد.

شیر باید به صورت مطمئن نصب شده و به منظور به حداقل رسیدن صدمه و آسیب‌دیدگی ناشی از ارتعاش و برخورد اشیاء مهار نشده، پوشش داده و یا در محل مناسبی نصب شود.

چنانچه در سیستم از شیر دستی استفاده می‌شود، محل نصب شیر باید با عبارت «شیر قطع جریان دستی» نشانه‌گذاری شود. بدین منظور باید از یک برچسب یا عکس برگردان با حروف قرمز، آبی یا مشکی در یک زمینه شبرنگ سفید یا نقره‌ای استفاده شود.

یک شیر که به طور خودکار در هنگام عدم کارکرد (توقف) موتور باعث جلوگیری از جریان یافتن گاز به سمت موتور حتی در صورت باز بودن سوئیچ می‌شود، باید در سیستم نصب شود.

در صورتی که سیستم‌های سوخت چندگانه در خودرو نصب شده باشد، باید یک شیر خودکار به گونه‌ای که جریان سوختی که استفاده نمی‌شود را قطع نماید، نصب گردد.

سیستم سوخت‌گیری باید مجهز به یک شیر یک‌طرفه باشد که از برگشت گاز از مخزن (مخازن) به سوی اتصال سوخت‌گیری جلوگیری کند. شیر یک‌طرفه باید به گونه‌ای نصب شود که نیروی اعمال شده از طرف وسیله جدا شونده را تحمل کند.

۳-۵-۷- نصب فشارسنج‌ها

فشارسنج نصب شده در داخل اتاقک راننده و یا اتاق مسافر باید به گونه‌ای نصب شود که در صورت بروز هر عیبی، هیچ گازی از فشارسنج به بیرون جریان پیدا نکند. فشارسنج نصب شده در خارج از اتاق راننده یا مسافر باید مجهز به یک روزنه محدودکننده، یک صفحه مدرج و یک شیشه نشکن باشد. فشارسنج‌ها باید به گونه‌ای نصب، حفاظت و مهار شوند که از زیان‌ها و صدمات ناشی از ارتعاش و برخورد اشیاء مهار نشده در امان باشند.

۳-۵-۸- نصب تنظیم‌کننده‌های فشار (رگولاتور)

تنظیم‌کننده‌های فشار باید به منظور کاهش فشار گاز مخزن خودرو تا فشار سرویس مورد نیاز برای مخلوط‌کننده هوا-گاز، نصب شوند. به منظور جلوگیری از عملکرد نامطلوب تنظیم‌کننده فشار در اثر برودت و انجماد، باید پیش‌بینی‌ها و تمهیدات لازم به عمل آید. تنظیم‌کننده‌های فشار باید به گونه‌ای نصب شوند که وزن آنها توسط لوله‌های گاز متصل شده به آنها تحمل نشود.

۳-۵-۹- نصب اتصال سوخت‌گیری (پرکن)

باید در هر خودرو پرکن مناسب استفاده شود. پرکن باید به گونه‌ای نصب گردد که نیرویی معادل با نیروی کششی مشخص شده در استاندارد مربوطه را تحمل نماید. پرکن باید مطابق با دستورالعمل‌های سازنده نصب شود. فضای پیرامون پرکن باید عاری از موانعی باشد که سبب جلوگیری از اتصال نازل سوخت‌گیری شود.

۳-۵-۱۰- سیم‌کشی

کلیه سیم‌ها باید مطابق با استاندارد سیم‌کشی اصلی خودرو بوده و در برابر سایش و خوردگی حفاظت شود. کلیه سیم‌ها باید دارای سطح مقطع مناسب (بر طبق استاندارد NFPA70) بوده و با فیوز حفاظت شوند.

۳-۵-۱۱- نشانه‌گذاری

خودروی مجهز به سیستم سوخت گاز طبیعی فشرده باید دارای برچسب‌های بادوام به شرح زیر باشد:

الف) باید برچسبی که به سهولت قابل رویت باشد در محفظه موتور نصب شده و شامل اطلاعات زیر باشد:

- علامت مشخصه خودروی گاز طبیعی سوز؛
- فشار سرویس سیستم؛
- نام شخص یا شرکت نصاب؛
- تاریخ‌های آزمون مجدد مخزن یا انقضاء آن؛
- ظرفیت آبی مخزن بر حسب لیتر؛

ب) باید برچسبی در نزدیکی پرکن نصب شده و شامل اطلاعات زیر باشد:

- علامت مشخصه خودروی گاز طبیعی سوز؛
- فشار کاری سیستم؛
- تاریخ‌های آزمون مجدد مخزن یا تاریخ انقضاء آن؛

یادآوری: در صورتی که هر دو برچسب در یکی از محل‌های ذکر شده نصب شود می‌توان از یک برچسب استفاده نمود. هر خودرو باید دارای یک برچسب لوزی شکل مقاوم در برابر شرایط محیطی بر روی یک سطح عمودی بیرونی یا سطح تقریباً عمودی واقع در قسمت سمت راست پشت خودرو و مجزا از علائم دیگر باشد.

برچسب باید دارای حداقل طول ۱۲۰ میلی‌متر با ارتفاع حداقل ۸۳ میلی‌متر باشد. این برچسب باید دارای یک نوار مرزی و حروف «CNG» با بلندی حدود ۲۵ میلی‌متر در مرکز لوزی به رنگ سفید و یا نقره‌ای شبرنگ و زمینه سبز باشد.

۳-۵-۱۲- آزمایش سیستم گاز

کل سیستم گاز باید با استفاده از گاز طبیعی و یا گاز غیر قابل احتراق، مورد آزمون نشتی قرار گیرد. صحت و سلامت هر اتصال از نظر عدم وجود نشتی، باید بعد از نصب تجهیزات و قبل از استفاده از خودرو در حالی که سیستم تحت فشار سرویس قرار دارد و با استفاده از محلول غیرخورنده آشکارساز نشتی یا یک ابزار آشکارساز دیگر بررسی شود.

چنانچه کل سیستم مورد آزمون نشتی با گاز طبیعی قرار می‌گیرد، باید مکان انجام آزمون دارای تهویه کافی باشد. در صورتی که در اثر تصادف یا آتش‌سوزی، مخزن خودرو دچار صدمه و آسیب شده، یا اگر مخزن در معرض فشاری بیشتر از ۱۲۵ درصد فشار سرویس قرار گیرد، مخزن گاز طبیعی فشرده باید تعویض شده و یا از خودرو جدا و بازرسی شده و قبل از به کارگیری مجدد، مطابق با اسناد و مدارک مربوط به فرایند ساخت خود مورد آزمون مجدد قرار گیرد. چنانچه در اثر تصادف یا آتش‌سوزی به هر بخشی از سیستم سوخت گاز طبیعی فشرده صدمه وارد شود، کل سیستم باید تعمیر و مرمت شده و قبل از بازگشت به کار، مورد آزمون مجدد قرار گیرد.

در صورتی که یک مخزن گاز طبیعی فشرده از خودرویی باز شده و باید بر روی خودرو دیگری نصب شود باید قبل از نصب، مطابق با استاندارد که مخزن بر اساس آن ساخته شده است مورد بازدید و تایید کیفیت مجدد قرار گیرد.

۳-۵-۱۳- نگهداری و تعمیرات

- لوله‌های گاز آسیب دیده باید تعویض شوند، و نباید آنها را مورد تعمیر قرار داد.
- کلیه مخازن، متعلقات مخزن، سیستم‌های لوله‌کشی، سیستم‌های تخلیه و سایر اجزاء باید با وضعیت ایمن و صحیح نگهداری شوند. باید به روز بودن تاریخ آزمون مجدد یا تاریخ انقضاء مخزن مورد توجه قرار گیرد.
- وسایل اطمینان تخلیه فشار نصب شده بر روی مخزن باید مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۵۶۳۶ نگهداری شوند.
- وسایل اطمینان تخلیه فشار نصب شده بر روی مخازن دیگر باید مطابق با مفاد زیر نگهداری شوند:
- الف) مجاری خروجی وسیله اطمینان تخلیه فشار یا سایر اجزایی که می‌توانند بر کارکرد صحیح وسیله اطمینان تخلیه فشار تاثیر داشته باشد، نباید توسط رنگ یا تجمع گرد و غبار و مواد دیگر مسدود شوند.
- ب) فقط کارکنان واجد شرایط مجوز تعمیر وسایل اطمینان تخلیه فشار را دارند.
- ج) فقط قطعات ساخته شده توسط سازنده اصلی باید در تعمیر وسایل اطمینان تخلیه فشار به کار روند، مگر اینکه قطعات جایگزین توسط آزمون‌های مناسبی مورد تایید کیفی قرار گیرد.
- د) هیچ وسیله اطمینان تخلیه فشار که قبلاً در حال استفاده بوده است نباید بر روی مخزن سوخت دیگری نصب شود. در حین عملیات تعمیرات خودرو مفاد زیر باید به اجرا درآید.
- الف) نزدیکترین شیر دستی ربع گرد به موتور بسته شود، مگر اینکه نیاز باشد که موتور روشن بماند.
- ب) از تجهیزات سنگزنی، جوشکاری و انواع مشعل بر روی یا نزدیک مخازن و لوله‌های گاز فشار قوی استفاده نشود.
- ج) از آسیب رساندن به مخازن، از جمله انداختن، غلتاندن و روی زمین کشیدن آنها خودداری شود.
- د) از قراردادن مخازن تقویت شده با الیاف مصنوعی در مقابل مواد شیمیایی قوی و خورنده نظیر اسید باتری یا حلال‌های تمیزکاری فلزات خودداری شود.
- ه) مخازن گاز طبیعی فشرده، به گونه‌ای انبار و نگهداری شوند که دچار آسیب و صدمه نشوند.
- و) مخازن مطابق با ترتیب و آرایش اصلی آنها و با استفاده از پیچ و مهره، واشرهای لاستیکی، فلزی و غیره مطابق با توصیه‌های سازنده مخزن مجدداً نصب شود.
- ز) از تماس مستقیم جک‌ها یا بالابرها با مخازن خودداری شود.
- ح) از راه رفتن کارکنان روی مخازنی که بر روی سقف خودرو نصب شده است جلوگیری شود.

۳-۵-۱۴- تخلیه گاز طبیعی فشرده از مخازن

تخلیه گاز یا کاهش فشار یک مخزن گاز طبیعی فشرده باید توسط کارکنان مجرب و آموزش دیده و با استفاده از روش‌های مکتوب به اجرا درآید. گاز تخلیه شده از مخزن باید از طریق یک سیستم انتقال بسته خارج شده یا توسط یک روش تایید شده در فضای آزاد تخلیه شود.

کارکنان مسئول کاهش فشار مخزن باید مطابق با مفاد زیر عمل کنند:

(الف) از اتصال زمین به منظور جلوگیری از تولید بار الکتریسیته ساکن استفاده شود.

(ب) میزان تخلیه گاز از مخازن با لایه داخلی پلاستیکی باید به مقدار حداکثری که از سوی سازنده مخزن مشخص شده است، محدود شود.

(ج) در حین عملیات کاهش فشار به منظور جلوگیری از حرکت و جابجایی مخزن، آنها باید مهار شوند.

مسیر تخلیه گاز باید از طریق یک لوله تخلیه به گونه‌ای باشد که جریان گاز را به سوی فضای آزاد هدایت نماید. قبل از تخلیه، کلیه اتصالات و لوله‌ها باید کاملاً گازبندی شده و تمام اجزاء باید به طور دقیق اتصال زمین شوند. جنس لوله تخلیه باید مطابق با درجه استحکام ۸۰ و حداقل قطر ۲ اینچ باشد. لوله تخلیه نباید به صورتی باشد که بر سر جریان گاز ایجاد محدودیت یا مانع نماید.

۳-۶- سیستم‌های فشرده‌سازی، ذخیره و توزیع گاز طبیعی فشرده

۳-۶-۱- دامنه کاربرد

این بخش در خصوص طراحی، ساخت، نصب و بهره‌برداری مخازن ذخیره، مخازن تحت فشار، تجهیزات فشرده‌سازی، ابنیه و ساختمان‌ها و تجهیزات استفاده شده در ذخیره و توزیع گاز طبیعی فشرده به عنوان سوخت خودروهای موتوری در جایگاه‌های عمومی و ناوگان حمل و نقل کاربرد دارد.

۳-۶-۲- تایید کیفیت اجزاء سیستم

کیفیت اجزاء سیستم باید مطابق با شرایط گفته شده در فصل چهارم و بند ۴-۵-۴-۵- باشد.

۳-۶-۳- کلیات

چنانچه سیستم‌ها توسط تجهیزات جانبی گاز به کار برده شوند، این تجهیزات باید جزء لاینفک کل سیستم گاز طبیعی فشرده مورد توجه قرار گیرد.

تجهیزات مربوط به تاسیسات فشرده‌سازی، ذخیره یا توزیع باید به منظور به حداقل رساندن احتمال آسیب‌دیدگی فیزیکی و تخریب، حفاظت شوند.

به منظور جلوگیری از انجماد داخلی یا خارجی یا تشکیل هیدرات که باعث سوء عملکرد و خرابی خودرو یا جایگاه سوخت‌گیری می‌شود، باید وسایل کنترل‌کننده مناسب نصب شود.

با توجه به شرایط و الزامات این فصل نباید خودروها به عنوان منبع احتراق محسوب شوند.

یادآوری: خودروهای حاوی تجهیزات مشعل‌دار (نظیر خودروهای تفریحی و سرگرم‌کننده و کامیون‌های تدارک غذا) باید به عنوان منبع احتراق تلقی شوند، مگر اینکه قبل از ورود به محوطه‌ای که در آن وجود منابع اشتعال ممنوع است، به طور کامل جریان سوخت تجهیزات آنها قطع شده و در وضعیت خاموش قرار گیرند.

اتصال سوخت‌گیری باید از فرار گاز در زمانی که رابط اتصال سوخت‌گیری کاملاً درگیر نشده و یا از یکدیگر جدا شده باشند جلوگیری کند. نازل‌های سوخت‌گیری باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۵۶۳۶ فهرست شوند.

تجهیزات فشرده‌سازی باید برای کار با گاز طبیعی فشرده در دماها و فشارهای عادی بهره‌برداری طراحی شوند. آنها باید دارای وسایل اطمینان تخلیه فشار بوده تا فشار هر مرحله از مخازن را تا حداکثر فشار مجاز سرویس هر مخزن و لوله‌های مربوط به این مرحله، محدود نمایند.

در صورتی که تجهیزات فشرده‌سازی گاز طبیعی فشرده بدون ناظر کار کند، باید مجهز به یک سیستم کنترل قطع خودکار فشار خروجی بالا و فشار مکش پائین باشند. مدارات کنترل قطع‌کننده جریان باید به گونه‌ای باشند که تا زمان راه‌اندازی و تنظیم مجدد دستی در وضعیت قطع باقی بمانند.

تجهیزات کمپرسور با قوای محرکه موتوری، باید مطابق با استاندارد NFPA 37 باشند.

تجهیزات فشرده‌سازی باید دارای وسیله یا دستگاهی برای به حداقل رساندن انتقال مایعات به مخازن ذخیره باشد.

۳-۶-۴- محل استقرار تجهیزات

تجهیزات فشرده‌سازی، ذخیره و توزیع باید مطابق با استاندارد ملی ایران در مورد جایگاه‌های سوخت‌گیری و نیز الزامات این استاندارد در فضای باز و یا بسته استقرار یابند.

۳-۶-۴-۱- فضای باز

مخازن ذخیره گاز طبیعی فشرده که سوخت‌گیری شده‌اند ولی به سیستم متصل نشده‌اند باید در فضای باز قرار گیرند. یک منطقه محصور که به منظور نگهداری تجهیزات ذخیره و توزیع گاز طبیعی فشرده و از مصالح غیر قابل احتراق یا با قابلیت اشتعال محدود ساخته شده باشد و یک طرف آن به صورت کاملاً باز بوده و همچنین سقف آن طوری طراحی شده باشد که قابلیت تهویه مناسب گاز را داشته باشد؛ باید به عنوان یک فضای باز محسوب شود.

تجهیزات ذخیره و توزیع که در فضای باز نصب می‌شوند باید بالاتر از سطح زمین قرار گرفته و در جایی که زیر خطوط انتقال برق یا در معرض حوادث ناشی از آن می‌باشد، قرار نگیرند.

تجهیزات ذخیره و توزیع مستقر در فضای باز باید دارای حداقل ۳ متر فاصله از نزدیکترین خیابان یا مرز پیاده‌روی عمومی بوده و دست کم ۱۵ متر از حریم نزدیکترین ریل راه‌آهن فاصله داشته باشد.

به منظور دسترسی به کلیه شیرها و اتصالات گروه‌های چندگانه مخازن، دست کم فاصله‌ای به اندازه یک متر از هر طرف باید وجود داشته باشد.

موادی که به سهولت مشتعل می‌شوند نباید در فاصله کمتر از ۳ متری هر مخزن ثابت قرار گیرند.

حداقل فاصله بین مخازن و تانک‌های مستقر در بالاتر از سطح زمین که حاوی مایعات اشتعال‌پذیر یا قابل احتراق هستند، باید ۶/۱ متر باشد.

در طی عملیات سوخت‌گیری در فضای باز، نقطه انتقال باید حداقل دارای سه متر فاصله از هر گونه ساختمان، خانه سیار، پیاده‌رو عمومی، حریم بزرگراه، خیابان یا جاده و یک متر فاصله از مخازن ذخیره باشد.

یادآوری: نقطه انتقال می‌تواند در فاصله‌ای کمتر از سه متر از ساختمان‌ها یا دیوارهای ساخته شده از بتن یا مصالح بنایی و یا سایر مصالح که حداقل دو ساعت در برابر آتش مقاومت دارند و حداقل ۳ متر فاصله از بازشوی هر ساختمان، قرار گیرد.

۳-۶-۲- فضای بسته

تجهیزات فشرده‌سازی، توزیع و مخازن ذخیره متصل شده به سیستم می‌توانند داخل ساختمان‌هایی که اختصاصاً برای این منظور در نظر گرفته شده یا در اتاق‌هایی که کنار ساختمان‌های مورد استفاده برای سایر مقاصد مطابق با مفاد بند ۳-۶-۴ هستند قرار گیرند.

فواصل گفته شده در بند ۳-۶-۴-۱ در این قسمت نیز کاربرد دارد.

۳-۶-۴-۱- محدوده حجم ذخیره در ساختمان‌ها

به استثناء گاز طبیعی فشرده ذخیره شده در مخازن سوخت خودرو، حجم ذخیره گاز در هر اتاق یا ساختمان نباید بیشتر از ۲۸۳ متر مکعب استاندارد باشد.

۳-۶-۴-۲- تخلیه انفجاری (ناشی از انفجار)

تخلیه انفجاری فقط باید به سمت دیوارهای خارجی یا سقف انجام شود. تخلیه‌ها می‌تواند به سمت هر یک یا ترکیبی از موارد زیر انجام شود:

(الف) دیوارهای ساخته شده از مصالح سبک

(ب) سرپوش‌های دریچه‌دار که به طور ضعیف نصب شده

(ج) درب‌هایی که بر روی دیوارهای خارجی نصب شده و به سوی بیرون باز می‌شوند

د) دیوارها یا سقف‌هایی که با چفت و بست‌های ضعیف نصب شده (در صورت نیاز، بار برف باید مد نظر قرار گیرد).

۳-۶-۴-۲-۳- اتاق‌های درون ساختمان (اتاق‌های داخلی)

اتاق‌های درون ساختمان یا چسبیده به سایر ساختمان‌ها باید از مصالح غیرقابل احتراق یا با اشتعال محدود ساخته شوند.

دیوارهای داخلی یا تیغه‌های جداکننده باید به صورت یکپارچه از کف تا سقف امتداد یابند و باید به طور محکم مهار شده و دارای حداقل ۲ ساعت مقاومت در برابر آتش باشند. دست کم یکی از دیوارهای این اتاق‌ها باید دیوار خارجی باشد. یادآوری: شیشه پنجره‌ها می‌تواند از جنس مواد پلاستیکی باشد. امکان تخلیه انفجاری باید مطابق با بند ۳-۶-۴-۲-۲- فراهم شود.

باید از بیرون ساختمان اصلی دسترسی به اتاق وجود داشته باشد. چنانچه چنین دسترسی امکان‌پذیر نباشد، دسترسی از داخل ساختمان اصلی باید به گونه‌ای باشد که از طریق یک دیوار حائل دارای دو درب نسوز گازبندی شده با امکان بسته شدن خودکار و با میزان مناسبی از مقاومت در برابر آتش متناسب با محل نصب، انجام شود.

۳-۶-۴-۲-۴- تهویه

محل‌های بسته باید توسط دریچه‌های ورودی و خروجی هوا تهویه شوند، این دریچه‌ها به نحوی تعبیه شده‌اند تا حرکت یکنواخت و پایدار هوا را تا حد ممکن فراهم سازند.

ورودی‌های هوا باید با فواصل منظم بر روی دیوارهای خارجی نزدیک کف اتاق و خروجی‌ها باید در قسمت فوقانی دیوارهای خارجی اتاق یا سقف و با شرایط زیر نصب شوند:

الف) سیستم تهویه اجباری باید به صورت دائم کار کند و یا از یک سیستم تهویه اجباری استفاده کند، که این سیستم با پایش مداوم آشکارساز گاز طبیعی و در صورت رسیدن درصد غلظت گاز به یک پنجم حد پایینی اشتعال (LEL) فعال گردد. در هر دو حالت، در صورت خرابی و از کارافتادن تجهیزات تهویه، سیستم کنترل باید سوخت‌گیری را قطع کند.

ب) میزان تهویه باید حداقل برابر با یک مترمکعب بر دقیقه به ازاء هر ۱۲ مترمکعب حجم اتاق باشد.

پ) سیستم تهویه برای اتاق‌های درون یا کنار ساختمان دیگر باید مجزا از سیستم‌های تهویه سایر ساختمان‌ها باشد. در صورت نصب یک سیستم آشکارساز، چنانچه مقدار گاز به حداکثر یک پنجم حد پائین اشتعال برسد، باید یک سیستم اعلام خطر صوتی و نوری، مجهز به نشانگر فعال گردد.

فعال‌سازی مجدد سیستم سوخت‌گیری باید به صورت دستی و توسط کارکنان آموزش دیده و ماهر انجام شود.

ساختمان‌ها و اتاق‌های مورد استفاده برای فشرده‌سازی، ذخیره و توزیع گاز باید مطابق با جدول ۳-۲ برای نصب تجهیزات الکتریکی طبقه‌بندی شوند.

جدول ۳-۲: تاسیسات الکتریکی

نوع تجهیزات	ناحیه یا منطقه خطر	وسعت محوطه طبقه‌بندی شده
مخازن (غیر از مخازن نصب شده در خودرو)	۲	درفاصله ۳ متری از مخزن
تجهیزات فشرده‌سازی و لوازم جانبی آن	۲	تا فاصله ۴/۶ متری از تجهیزات
تجهیزات توزیع نصب شده در فضای باز	۱	داخل کابین سوخت‌گیری
تجهیزات توزیع نصب شده در فضای باز	۲	از فاصله صفر تا ۱/۵ متری کابین سوخت‌گیری
تجهیزات توزیع نصب شده در فضای بسته	۱	داخل کابین سوخت‌گیری
تجهیزات توزیع نصب شده در فضای بسته	۲	سرتاسر اتاق، با تهویه کامل
خروجی شیرهای اطمینان یا لوله تخلیه در فضای باز	۱	در شعاع ۱/۵ متری از منبع
خروجی شیرهای اطمینان یا لوله تخلیه در فضای باز	۲	بالاتر از محدود با شعاع ۱/۵ متر و تا محدوده شعاع ۴/۶ متر از نقطه تخلیه
شیرها، فلانچ‌های با اتصالات پیچی	هیچکدام	طبقه‌بندی نشده
خروجی شیرهای اطمینان در زاویه ۱۵ درجه‌ای از لوله خروجی	۱	۴/۶ متر

منابع جرقه غیر الکتریکی به جز تجهیزات الکتریکی ذکر شده در جدول ۳-۲ نباید نصب شوند.

وسایل اطمینان تخلیه فشار مربوط به مخازن باید دارای مجاری خروجی به منظور انتقال گاز به فضای باز و هدایت آن به سمت بالا در فضایی ایمن برای جلوگیری از برخورد با ساختمان‌ها، سایر تجهیزات یا محل‌های عمومی (بطور مثال پیاده‌رو)، باشد.

درب‌های دسترسی باید دارای تابلوهای مناسب با واژه‌های «خطار- سیگار کشیدن ممنوع- گاز قابل احتراق» باشد. چنین عبارتی باید واضح، خوانا، با حروف قرمز روشن در زمینه سفید بوده و بلندی حروف کمتر از ۲۵ میلی‌متر نباشد.

سوخت‌گیری سریع در فضای بسته، ذخیره و فشرده‌سازی در فضای باز چنانچه تجهیزات ذخیره و فشرده‌سازی مطابق با بند ۳-۶-۴-۱- در فضای باز قرار گرفته باشد، سوخت‌گیری سریع در فضای بسته مجاز است.

در صورتی که فرآیند سوخت‌گیری سریع با حضور ناظر در فضای بسته انجام شود، وسایل زیر باید نصب شود:

الف) کلیددستی قطع اضطراری جریان (ESD) باید مطابق با بند ۳-۶-۱۱.

ب) سیستم آشکارساز گاز مجهز به سیستم هشدار دهنده صوتی و نوری (که در صورت افزایش غلظت گاز به حداکثر

یک پنجم حد پایینی اشتعال (LEL فعال شود))

۳-۶-۵- نصب مخازن و متعلقات مخزن (غیر از وسایل اطمینان تخلیه فشار)

مخازن ذخیره گاز باید بالاتر از سطح زمین؛ بر روی فونداسیون‌های پایدار، غیر قابل احتراق یا در زیرزمین‌هایی که دارای تهویه و فاضلاب هستند، نصب شوند. مخازن افقی نباید در امتداد طول خود بیشتر از دو نقطه تکیه‌گاهی داشته باشند. در جاهایی که امکان وقوع آب گرفتگی باشد، هر مخزن باید به گونه‌ای به فونداسیون محکم شود که از شناوری آن جلوگیری گردد.

در جاهایی که جلوگیری از خوردگی ضروری است مخازن باید توسط رنگ یا سایر شیوه‌های مشابه حفاظت شوند. یادآوری: مخازن دارای پوشش مواد مرکب نباید بدون مجوز قبلی از سازنده آن رنگ‌آمیزی شود. به منظور جلوگیری از جریان یافتن یا تجمع مایعات اشتعال‌پذیر یا قابل احتراق در زیر مخازن، باید از تمهیداتی نظیر شیب‌بندی، نصب بالشتک یا جداول منحرف‌کننده استفاده نمود.

۳-۶-۶- نصب وسایل اطمینان تخلیه فشار

شیرهای اطمینان باید گاز را به محوطه و فضایی ایمن تخلیه نمایند به گونه‌ای که گاز خروجی به ساختمان‌ها، سایر تجهیزات، یا نواحی در دسترس عموم برخورد نکند. شیرهای اطمینان در مخازن تحت فشار باید به گونه‌ای نصب شوند که عمل تخلیه به سمت بالا صورت گرفته و به کلاهک‌های محافظ در برابر باران مجهز باشد. غیر از پولک پاره شونده باید به منظور جلوگیری از افزایش فشار اضافی در مخزن خودرو، از یک وسیله حفاظت از فشار بیش از حد، در سیستم انتقال گاز استفاده شود. نقطه تنظیم فشار این وسیله نباید از ۱۲۵ درصد فشار سرویس نازل سوخت‌گیری بیشتر شود.

۳-۶-۷- نصب تنظیم‌کننده‌های فشار

تنظیم‌کننده‌های فشار باید به گونه‌ای طراحی، نصب و محافظت شوند که عملکرد آنها تحت تاثیر انجماد، باران و برف، گل، حشرات یا ذرات معلق قرار نگیرد. این اجزاء حفاظتی می‌توانند با تنظیم‌کننده فشار یکپارچه باشند.

۳-۶-۸- نصب فشارسنج‌ها

فشارسنج‌ها باید به منظور نشان دادن فشار خروجی فشرده‌سازی، فشار مخازن ذخیره و فشار سوخت‌گیری مخزن خودرو نصب شوند.

۳-۶-۹- نصب شیلنگ و لوله‌کشی

شیلنگ‌ها و لوله‌ها باید حتی الامکان به صورت مستقیم (بدون خمکاری و تغییر مسیر) و با تمهیدات کافی برای انبساط، انقباض، لرزش، ارتعاش و مهار شدن آنها نصب شوند. لوله‌کشی خارجی باید به صورت مدفون، داخل کانال یا در سطح بالاتر از زمین نصب شود و در برابر صدمه و آسیب‌های مکانیکی مهار و حفاظت شود. لوله‌کشی زیرزمینی نباید در عمق کمتر از ۴۶۰ میلی‌متر از سطح زمین مدفون شود، مگر اینکه به صورت مناسبی در برابر حرکت زمین محافظت شود. لوله‌کشی زیرزمینی و بالاتر از سطح زمین باید مطابق با روش‌های عملی شناخته شده در برابر خوردگی حفاظت شوند. از لوله‌ها، اتصالات رزوه‌ای نباید در لوله‌کشی‌های مدفون استفاده شود.

چند راهه‌های متصل به مخازن ذخیره باید به گونه‌ای ساخته شوند که ارتعاش را به حداقل رسانده و به منظور جلوگیری از صدمه و آسیب دیدگی ناشی از برخورد اشیاء در یک محل امن نصب شده و یا به نحو مناسبی پوشش داده شوند. قبل از سوار کردن اجزاء لوله‌ها باید از مواد درزبند اتصالات رزوه‌ای که در برابر گاز طبیعی نفوذ ناپذیر باشند، برای کلیه رزوه‌های خارجی استفاده نمود.

لوله و اتصالات رزوه‌ای باید تمیز بوده و عاری از براده و اجرام ریز حاصل از برشکاری یا رزوه‌کاری باشند، و دو انتهای کلیه لوله‌ها باید پلیسه‌گیری شود.

در صورتی که وجود خم در لوله سبب تضعیف مقاومت آن گردد، باید از آن پرهیز شود.

هر اتصال یا جفت شدگی باید در یک محل قابل دسترس قرار داشته باشد.

گاز طبیعی فقط از یک نقطه یا محل خروجی ایمن باید تخلیه شود. لوله تخلیه باید دارای انتهایی باز بوده و در برابر ورود باران، برف و مواد جامد به داخل آن حفاظت شود. در لوله‌های تخلیه گاز عمودی باید امکان تخلیه مواد مایع فراهم شود.

استفاده از شیلنگ در تاسیسات باید محدود به موارد زیر باشد:

الف) شیلنگ سوختگیری خودرو

ب) اتصال ورودی به تجهیزات کمپرسور

پ) در خطوط لوله‌ای که نیاز به انعطاف‌پذیری دارند می‌توان از یک تکه شیلنگ فلزی با حداکثر طول ۹۱۰ میلی‌متر استفاده نمود.

شیلنگ باید به گونه‌ای نصب شود که در برابر صدمه و آسیب‌های مکانیکی حفاظت شده و برای امر بازرسی به سهولت قابل رویت باشد. علامت سازنده باید در هر قسمت وجود داشته باشد.

در جایگاه‌های سوخت‌گیری همگانی، باید تمهیداتی به منظور بازیافت گاز مورد استفاده برای تنظیمات و آزمون‌ها در نظر گرفته شود.

۳-۶-۱۰-آزمون

لوله‌کشی، شیلنگ و متعلقات شیلنگ باید بعد از سوار کردن اجزاء به منظور اثبات عدم وجود نشتی با فشاری حداقل برابر با فشار سرویس همان بخش از سیستم، مورد آزمون نشتی قرار گیرند. شیرهای اطمینان باید دست کم هر پنج سال یک بار مورد آزمون قرار گیرند.

۳-۶-۱۱- نصب تجهیزات قطع اضطراری جریان

هر مخزن ذخیره که تحت استاندارد dot یا TC ساخته شده باید یک شیر مخزن دستی داشته باشد. هر گروه مخازن ذخیره ای که مطابق استاندارد ASME ساخته شده اند و حداکثر ظرفیت شان ۲۸۳ متر مکعب است باید شیر جریان دستی داشته باشد. به هر حال پیشنهاد می‌گردد شیر قطع دستی در هر شرایطی تعبیه شود. لوله ورودی مخزن ذخیره باید مجهز به یک شیر یک‌طرفه به منظور جلوگیری از خروج گاز طبیعی از مخزن در صورت پارگی لوله، شیلنگ یا اتصالات باشد. بر روی چند راهه باید یک شیر قطع جریان دستی حتی الامکان نزدیک به مخزن یا گروه مخازن نصب شود. این شیر باید در پایین دست شیر یک‌طرفه گفته شده در پاراگراف قبل قرار گیرد. چنانچه از شیرهای جریان اضافی استفاده می‌شود، در صورت شکستن قسمتی از لوله در پایین دست شیر جریان اضافی باید میزان جریان عبوری از این شیر کمتر از جریان عادی عبوری از لوله باشد. لوله‌هایی که از طرف کمپرسور یا سیستم ذخیره نصب شده در فضای باز به درون یک ساختمان وارد می‌شوند باید مجهز به شیرهای قطع جریان که در خارج از ساختمان نصب شده‌اند، باشند. یک کلید دستی قطع اضطراری جریان (ESD) باید در نزدیکی کابین سوخت‌گیری و نیز در محلی دور از محوطه سوخت‌گیری نصب شود. این وسیله به هنگام فعال شدن، باید جریان برق اصلی و گاز ورودی کمپرسور و کابین سوخت‌گیری را قطع کند.

کلیدهای قطع اضطراری جریان باید به منظور سهولت شناسائی، به صورت خوانا و به طور دائمی نشانه‌گذاری شوند. وسیله جداشونده باید به گونه‌ای بر روی کابین سوخت‌گیری نصب شود که در صورت کشیده شدن شیلنگ، به محض جدا شدن، جریان گاز طبیعی در دو طرف محل جدایی قطع شود. وسیله جداشونده باید بر روی هر شیلنگ سوخت‌گیری نصب شود. چنین وسیله‌ای باید با نیروی کششی حداکثر ۶۸ کیلوگرم در هر جهت افقی، جدا شود. مدارهای کنترل باید به گونه‌ای طراحی شود که در صورت فعال شدن کلید قطع جریان اضطراری یا قطع جریان برق، سیستم‌ها بعد از بازگشت به وضعیت ایمن تا زمان راه‌اندازی یا تنظیم مجدد دستی، در حالت قطع باقی بمانند.

در جایگاه سوخت‌گیری هر یک از لوله‌های بین مخازن ذخیره گاز و کابین سوخت‌گیری باید دارای شیری باشد که در صورت وقوع یکی از رخداد‌های زیر، به صورت خودکار بسته شود:

الف) قطع جریان برق ورودی به کابین سوخت‌گیری؛

ب) فعال شدن هر یک از شستی‌های قطع جریان اضطراری در جایگاه سوخت‌گیری.

در جایگاه سوخت‌گیری سریع، یک شیر قطع جریان دستی «ربع گرد» باید در بالادست وسیله جداشونده نصب شود. مگر در صورت وقوع یکی از موارد زیر:

الف) شیر قطع جریان خودکار بلافاصله قبل از کابین سوخت‌گیری قرار گرفته باشد.

ب) کابین سوخت‌گیری با یک شیر قطع جریان خودکار به گونه‌ای مجهز شده باشد که با چرخش کلید کنترل کابین سوخت‌گیری به وضعیت خاموش یا فعال شدن شستی قطع اضطراری، بسته شود.

این شیر باید برای پرسنل مسئول سوخت‌گیری گاز طبیعی به سهولت قابل دسترس باشد.

یک شیر قطع جریان خودکار باید در قسمت ورودی کمپرسور نصب شود. این شیر، جریان تغذیه گاز به کمپرسور را در صورت وقوع یکی از موارد زیر قطع می‌کند.

الف) کلید قطع اضطراری جریان فعال شود.

ب) جریان برق قطع شود.

پ) کمپرسور با تغییر حالت کلید برق اصلی به وضعیت خاموش، متوقف شود.

۳-۶-۱۲- نصب تجهیزات الکتریکی

نصب تجهیزات الکتریکی ثابت و سیم‌کشی داخل محوطه‌های مشخص شده در جدول ۳-۲ باید مطابق با همان جدول و بر اساس استاندارد ملی ایران انجام شود.

یادآوری: تجهیزات الکتریکی موجود در موتورهای احتراق داخلی نصب شده مطابق با NFPA 37 (استاندارد نصب و استفاده از توربین‌های گاز و موتورهای احتراقی ثابت) مستثنی هستند.

با تایید مقام ذیصلاح، چنانچه با استفاده از منبع هوای تمیز یا گاز خنثی در داخل محفظه نصب تجهیزات برقی فشار مثبت ایجاد شود و به شرط اتخاذ تدابیر ایمنی و حفاظتی مناسب برای جلوگیری از خرابی و توقف دستگاه دمنده هوا که در استاندارد NFPA 496 (استاندارد محفظه‌های تجهیزات الکتریکی پاک‌سازی شده و تحت فشار قرار گرفته) به آن اشاره شده است، مناطق طبقه‌بندی شده در جدول ۳-۲ می‌توانند تقلیل یافته و یا حذف شوند.

پشت دیوار، سقف یا تیغه جدا کننده بدون منفذ جزو مناطق خطر نیستند. فضای اطراف لوله جوشکاری شده و تجهیزات بدون فلانچ، شیر و یا اتصالات باید به عنوان محوطه غیر خطرناک تلقی شوند.

یادآوری: می‌توان کابین سوخت‌گیری را باتوجه به شرایط طبقه‌بندی مناطق نصب نمود.

۳-۶-۱۳- حفاظت در برابر جریان‌های پراکنده- چسب

در صورت استفاده از جریان‌های پراکنده یا در صورت وجود آنها در سیستم‌های توزیع گاز (نظیر حفاظت کاتدیک) به منظور جلوگیری از احتراق باید تدابیر و اقدامات حفاظتی مطابق با API 2003 RP (حفاظت در برابر احتراق ناشی از جریان‌های الکتریسیته ساکن، صاعقه و جریان‌های پراکنده) به اجرا درآید. هنگامی که تخلیه یا بارگیری گاز طبیعی فشرده توسط شیلنگ‌های هادی یا غیر هادی، لوله‌های فلزی انعطاف‌پذیر یا اتصالات لوله که در آنها کوپلینگ‌ها دارای اتصال فلز به فلز هستند انجام می‌شود، حفاظت در برابر الکتریسیته ساکن نیاز نمی‌باشد.

۳-۶-۱۴- بهره‌برداری

مخزن نباید در دمای عادی با فشاری بیش از فشار طراحی خود پر شود. مخزن‌های ساخته شده مطابق با استانداردهای TC، DOT و NGV2 IAS/ANSI باید به ترتیب مطابق با مقررات مربوط به خود پر شوند. این مخزن‌ها نباید در معرض فشاری بیش از ۱۲۵ درصد فشار مشخص شده، قرار گیرند حتی اگر در اثر سرد شدن هوا، فشار مخزن به مقدار فشار سرویس مشخص شده تقلیل پیدا کند. مخزن گاز در هنگام پر شدن نباید در دمای محیط دارای فشار سکونی بیش از فشار کاری حک شده بر روی مخزن و درج شده در نزدیکی اتصال پرکن باشد. سیستم‌های توزیع گاز طبیعی فشرده باید به تجهیزات قطع خودکار جریان سوخت مجهز گردند به طوری که با توجه به دمای تصحیح شده، به محض رسیدن فشار مخزن به میزان فشار سرویس خود، جریان سوخت را قطع نماید. وقتی در اثر افزایش فشار، سیستم حفاظت قطع کننده به کار افتد، این سیستم باید قبل از به کارگیری مجدد، توسط یک تکنسین ماهر و واجد صلاحیت مورد بررسی قرار گرفته و صحت و سلامت آن تایید گردد. پر نمودن مخزن گاز طبیعی فشرده باید مطابق با دستورالعمل‌های اعلان شده در جایگاه سوخت‌گیری انجام شود. در زمان سوخت‌گیری خودرو یا تخلیه گاز از آن، موتور باید خاموش باشد. در طی سوخت‌گیری خودروهای باری یا تخلیه گاز از آنها باید ترمز دستی یا اضطراری کشیده شده و به منظور جلوگیری از حرکت خودرو از مانعی جلوی چرخ آن استفاده شود. سیستم‌های انتقال باید قادر باشند که قبل از جدا شدن نازل از پرکن، گاز بین آنها را تخلیه نمایند. انتهای لوله‌های تخلیه گاز باید در محل مطمئنی قرار داده شوند. گاز طبیعی فشرده نباید به منظور راه‌اندازی و عملکرد وسایل یا تجهیزاتی که برای کار با آن طراحی نشده یا به نحو مناسبی اصلاح نشده است، به کار گرفته شود. در حین سوخت‌گیری نباید هیچ منبع احتراقی در فاصله کمتر از ۳ متری پرکن وجود داشته باشد.

یک تابلوی اخطار با عبارات «موتور را خاموش کنید، سیگار کشیدن ممنوع، خطر گاز قابل احتراق» باید در جایگاه سوخت‌گیری و محوطه‌های کمپرسور نصب شود. محل نصب علائم باید با توجه به موقعیت قرارگیری آنها تعیین شود، ولی به منظور این که از هر نقطه جایگاه قابل رویت و خوانا باشد، باید به اندازه کافی بزرگ باشد.

۳-۶-۱۵- حفاظت از حریق

در مورد نوع و تعداد مخازن آتش‌نشانی و دیگر شرایط اطفاء حریق به استاندارد ملی ایران به شماره‌های ۷۸۲۹، ۱۲۹۵۴، ۹۴۲۶، ۶۷۹۲ و ۶۷۵۰ و ۸۰۰۲ در مورد جایگاه‌های سوخت‌گیری رجوع شود.

۳-۶-۱۶- نگهداری و تعمیرات

مخازن و متعلقات آنها، سیستم‌های لوله‌کشی، تجهیزات فشرده‌سازی، کنترل‌کننده‌ها و وسایل کنترل آشکارساز باید در شرایط عملکرد درست و مطابق با دستورالعمل‌های سازنده حفظ و نگهداری شوند. بعد از نصب اولیه، شیلنگ‌های کابین سوخت‌گیری باید به منظور اطمینان از ایمنی استفاده از آنها در فواصل زمانی مناسب، مورد بازدید چشمی قرار گیرند. شیلنگ باید مطابق با شرایط و الزامات سازنده دست کم سالی یک بار آزمون نشتی شده و هر گونه نشتی نا ایمن باید سبب مردود شناختن آن شود. در صورتی که در جاده‌های برون شهری از شیلنگ گاز و شیلنگ فلزی انعطاف‌پذیر در عملیات انتقال گاز خودروهای باری استفاده می‌شود، فشار شیلنگ‌ها و اتصالات آنها باید تخلیه شده و در محلی که از سایش و آسیب در امان باشند نگهداری شوند. شیرهای اطمینان باید در شرایط عملکردی مناسب نگهداری شود.

۳-۶-۱۷- دستگاه‌های سوخت‌گیری خانگی واقع در مناطق غیرمسکونی

جایگاه‌های سوخت‌گیری واقع در مناطق غیر مسکونی نباید دارای جریان گازی بیشتر از ۰/۲۸ مترمکعب استاندارد بر دقیقه باشند. وسایل مجاز به سوخت‌گیری خودرو واقع در مناطق غیر مسکونی نیز باید ذکر شوند. نصب دستگاه‌های سوخت‌گیری خودرو در مناطق غیر مسکونی باید معاف از شرایط و الزامات بندهای ۳-۶-۸ تا ۳-۶-۱۶ و ۳-۶-۶، ۳-۶-۲ تا ۳-۶-۴، ۳-۱۱-۴ تا ۳-۱۱-۱۱ باشد.

دستگاه‌های سوخت‌گیری خودرو واقع در مناطق غیر مسکونی می‌توانند مخازن ذخیره ثابت را در همان محل سوخت‌گیری خودرو پر نمایند. روش اتصال دستگاه سوخت‌گیری خودرو به چنین مخازنی باید مطابق با شرایط الزامات فصل‌های ۴ و ۶ بوده و مورد تایید واقع شود.

یادآوری: آشکارسازهای گاز باید مطابق با تجارب و رویه‌های مهندسی قابل قبول نصب شوند.

یادآوری: به جز مخازن گاز خودروها دستگاه‌های سوخت‌گیری خودرو نباید در فاصله کمتر از ۳ متری از هر واحد ذخیره گاز نصب شود.

چنانچه یک دستگاه سوخت‌گیری خودرو به صورت بسته در مراکز آموزشی عمومی نصب شود، دستگاه باید در بخشی از آنها واقع شود که مطابق NFPA ۱۰۱ (استاندارد ایمنی حیات) بوده یا استاندارد محلی ساختمان، نصب تجهیزات خطرناک را مجاز شمارد.

۷-۳- دستگاه سوخت‌گیری خانگی واقع در مناطق مسکونی (RFF21)

۳-۷-۱- دامنه کاربرد

ظرفیت دستگاه سوخت‌گیری مسکونی نباید از ۰/۱۴ مترمکعب استاندارد بر دقیقه بیشتر شود. در این دستگاه‌ها نباید از مخازن ذخیره گاز طبیعی فشرده استفاده نمود.

یادآوری: گاز طبیعی فشرده می‌تواند در مخزن سوخت خودرو ذخیره شود.

این بخش در مورد طراحی، ساخت، نصب و بهره‌برداری از دستگاه سوخت‌گیری مسکونی مطابق با تعریف مذکور کاربرد دارد.

۳-۷-۲- تایید کیفیت اجزاء سیستم

کیفیت اجزاء سیستم (غیر از قطعات دستگاه سوخت‌گیری فهرست شده) باید مطابق با شرایط مندرج در فصل ۴ باشد.

دستگاه‌های سوخت‌گیری باید فهرست شوند.

دستگاه‌های سوخت‌گیری خودرو باید از شرایط و الزامات بخش‌های ۳-۶-۴ تا ۳-۶-۱۰، ۳-۶-۲ تا ۳-۶-۴، ۳-۶-۸ تا ۳-۶-۱۶ و ۳-۶-۶ مستثنی باشد.

۳-۷-۳- کلیات

کلیه تجهیزات مربوط به نصب دستگاه سوخت‌گیری مسکونی باید برای فشار، دما و کار مورد نظر طراحی شوند و به منظور به حداقل رساندن احتمال صدمه و آسیب دیدگی فیزیکی و تخریب، حفاظت شوند. این الزام باید از طریق استفاده از یک محفظه برای مجموعه سیستم فشرده‌سازی، مشابه با دستگاه تهویه مرکزی تامین شود.

خودرو باید از نظر الکتریکی بدون نیاز به منطقه خطر طبقه‌بندی شده و با توجه به NFPA 70 در نظر گرفته شود.

یادآوری: خودروهای حامل تجهیزات مشعل‌دار (نظیر خودروهای تفریحی) باید به عنوان یک منبع احتراق محسوب شوند، مگر اینکه این تجهیزات قبل از ورود به ناحیه‌ای که در آن وجود منابع احتراق ممنوع است، به طور کامل خاموش شوند.

گاز طبیعی نباید تحت شرایط کارکرد عادی به فضای آزاد تخلیه شود. یادآوری: نشستی در هر بار سوخت‌گیری و در حین جداسازی شیلنگ سوخت‌گیری از خودرو تا حداکثر ۱۶۴ میلی‌متر مکعب استاندارد به محیط اطراف مجاز می‌باشد. خروجی‌های جداگانه دستگاه‌های سوخت‌گیری خودرو نباید از طریق چندراهی به یکدیگر متصل شوند مگر اینکه این کار در دستورالعمل‌ها مجاز شناخته شده باشد. در صورتی که بیش از یک دستگاه سوخت‌گیری خودرو در یک مکان عادی قرار گرفته باشد، فاصله میان دستگاه‌های سوخت‌گیری خودرو نباید کمتر از یک متر باشد، مگر اینکه توسط دستورالعمل مجاز شمرده شود.

۳-۷-۴- نصب

فشرده‌سازی و توزیع گاز طبیعی فشرده باید حتی‌الامکان در فضای باز انجام شود. در صورت عدم امکان (به طور مثال، جایی که شرایط هوا نامساعد است)، فشرده‌سازی و توزیع می‌تواند در فضای بسته قرار بگیرد. کلیه تجهیزات دستگاه سوخت‌گیری مسکونی باید مطابق با دستورالعمل‌های سازنده تجهیزات نصب شوند. دستگاه سوخت‌گیری مسکونی باید دارای یک پلاک مشخص شده با حداقل و حداکثر فشار گاز ورودی و میزان جریان، حداکثر فشار گاز خروجی و الزامات الکتریکی باشد.

۳-۷-۴-۱- نصب در فضای بسته

وقتی که نصب سیستم فشرده‌سازی و اتصالات سوخت‌گیری در داخل فضای بسته ضروری باشد این سیستم باید به گونه‌ای نصب شده یا قرار گیرد که به فضای باز تخلیه گاز کند. چنانچه دستگاه سوخت‌گیری مسکونی یا خودروی در حال سوخت‌گیری داخل فضای بسته واقع شود، باید یک دستگاه آشکارساز گاز که در یک پنجم حد پایینی اشتعال (LEL) گاز طبیعی فعال می‌شود، در اتاق نصب شود. آشکارساز باید در فاصله ۱۵۰ میلی‌متری از سقف یا بالاترین نقطه اتاق نصب شود. آشکارساز باید کمپرسور را متوقف ساخته و یک سیستم هشدار دهنده صوتی یا نوری را فعال سازد.

۳-۷-۴-۲- نصب در فضای باز

دستگاه سوخت‌گیری مسکونی، به منظور پیشگیری از اعمال تنش ناخواسته بر لوله‌کشی و کانال‌ها باید بر روی یک تکیه‌گاه محکم و غیرقابل احتراق نصب شود.

۳-۷-۵- نصب شیرهای اطمینان

شیرهای اطمینان باید دارای لوله تخلیه از وسایل اطمینان تخلیه فشار به منظور هدایت گاز خروجی در فضای باز بوده و برای پیشگیری از برخورد به ساختمان‌ها، سایر تجهیزات یا محوطه‌های باز عمومی (نظیر پیاده‌روها) به سمت بالا به سوی یک فضای ایمن هدایت شوند.

۳-۷-۶- نصب فشارسنج‌ها

به منظور انجام آزمون و اندازه‌گیری فشار می‌توان، فشارسنج‌ها را نصب نمود، ولی این امر ضروری نمی‌باشد.

۳-۷-۷- شیر خودکار قطع جریان

دستگاه سوخت‌گیری در مناطق مسکونی باید به یک شیر خودکار قطع جریان سوخت مجهز شود، که به محض رسیدن فشار مخزن خودرو به فشار طراحی شده، جریان سوخت را قطع می‌کند.

۳-۷-۸- لوله و شیلنگ

کلیه لوله‌ها و شیلنگ‌ها از بعد از خروجی کمپرسور باید به عنوان بخشی از دستگاه سوخت‌گیری مسکونی در نظر گرفته شود. کلیه لوله‌های ورودی به دستگاه سوخت‌گیری مسکونی باید مطابق با NFPA 54 (آئین‌نامه ملی گاز) نصب شوند. استفاده از شیلنگ در نصب به موارد زیر محدود است:

الف) شیلنگ سوخت‌گیری: باید دارای حداکثر طول ۷/۶ متر بوده و باید بالاتر از سطح زمین، مهار و نگهداری شود و در غیر اینصورت باید به نحو مناسبی از زیان‌ها و آسیب‌های مکانیکی ناشی از سایش و زیرگرفتن توسط خودرو محافظت شود.

ب) چنانچه از شیلنگ به منظور پیشگیری از آسیب‌ها و صدمات سایشی ناشی از ارتعاش در ورودی و خروجی یا هر دو، استفاده می‌شود حداکثر طول آن باید یک متر باشد.

به منظور تسهیل جداسازی، شیلنگ اتصالات سوخت‌گیری باید قادر به تخلیه فشار باشند. انتهای اتصالات مربوط به تخلیه گاز باید به محل‌های ایمن هدایت شوند.

۳-۷-۹- آزمون

کلیه لوله‌ها بعد از سوار کردن اجزاء به منظور اثبات عدم نشتی، باید با فشاری برابر با حداکثر فشار سرویس همان بخش از سیستم مورد آزمون قرار گیرند.

۳-۷-۱۰- نصب تجهیزات قطع اضطراری جریان

یک دستگاه سوخت‌گیری مسکونی باید مجهز به وسیله قطع اضطراری جریان دستی برای قطع خطوط اصلی گاز و برق باشد. کلید برقی قطع اضطراری باید حداقل ۱/۵ متر از دستگاه سوخت‌گیری مسکونی فاصله داشته و در میدان دید دستگاه باشد.

وسیله قطع کننده باید در هر نقطه سوخت‌گیری نصب شود و به گونه‌ای باشد که در صورت کشیدگی شیلنگ، جریان گاز طبیعی قطع شود. این وسیله باید به گونه‌ای باشد که توسط اعمال نیرویی حداکثر برابر با ۶۸ کیلوگرم در هر جهت افقی، جدا شود.

۳-۷-۱۱- بهره‌برداری

دستگاه سوخت‌گیری مسکونی باید مطابق با دستورالعمل‌های سازنده بهره‌برداری شود. مخزن گاز خودرو نباید در دمای عادی، با فشاری بیش از حداکثر فشار سرویس مجاز پر شود. مخازن DOT و TC به ترتیب باید مطابق با مقررات مربوطه پر شود. در زمان انتقال گاز طبیعی فشرده به یک خودرو، موتور باید خاموش باشد.

۳-۷-۱۲- نگهداری و بازرسی

کلید تجهیزات دستگاه سوخت‌گیری مسکونی باید مطابق با دستورالعمل‌های سازنده، بازرسی و نگهداری شوند. به عنوان بخشی از بازرسی یاد شده، هر شیلنگ باید بعد از نصب به طور کامل بازرسی چشمی شود. شیلنگ‌هایی که دچار زدگی، فرسایش یا پیچ‌خوردگی شده باشند، باید تعویض شوند. تمامی شیرهای اطمینان باید در وضعیت عملکردی درست مطابق با توصیه سازنده یا تامین کننده نگهداری شوند.

فصل ۴

**الزامات مورد نیاز جهت طراحی، نصب
و بهره‌برداری از سیستم‌های
الکترونیکی پیل‌های سوختی با کاربرد
ساکن**

۴-۱- دامنه کاربرد

این الزامات مربوط به اینورترها، کانورترها، کنترلر شارژ و تجهیزات سیستم اتصالات (ISE) مورد نظر برای استفاده در سیستم‌های توان مستقل (غیرمتصل به شبکه) یا سیستم‌های توان در تعامل با تاسیسات (متصل به شبکه) می‌باشند. اینورترها، کانورترها و ISE‌های متصل به شبکه به طور موازی با یک سیستم توان الکتریکی (EPS) عمل می‌کنند تا توان لازم برای بارهای مشترک را تامین کنند.

در خصوص تجهیزات در تعامل با تاسیسات، این الزامات به صورت مکمل هستند و به همراه استانداردهای مربوط به منابع توزیعی متصل در سیستم‌های قدرت الکتریکی، IEEE1547 و استاندارد رویه آزمون مطابقت برای استانداردهای مربوط به تجهیزات منابع توزیعی متصل در سیستم‌های قدرت الکتریکی، IEEE1547.1 به کار می‌روند.

این الزامات شامل ماژول‌های AC می‌شود که ترکیبی از ماژول‌های فتوولتائیک و اینورترها هستند تا قدرت خروجی AC برای مصرف بصورت مستقل یا برای سیستم‌های در تعامل با تاسیسات و سیستم‌های قدرت قابل استفاده باشد. این سیستم‌های تولید توان شامل منابع انرژی تجدیدپذیر و اینورترها، کانورترها، کنترلرهای شارژ و تجهیزات سیستم اتصالات (ISE) می‌باشند.

این الزامات همچنین شامل سیستم‌های قدرت می‌باشند که منابع قدرت مستقل را با اینورترها، کانورترها، کنترلرهای شارژ و تجهیزات سیستم اتصالات (ISE) به صورت ترکیبات ویژه سیستم ترکیب می‌کنند. محصولات مشمول این الزامات مطابق با قوانین الکتریکی ملی NFPA70 نصب و استفاده خواهند شد.

۴-۲- تعاریف و اصطلاحات

در متن این استاندارد، منظور از عبارت «واحد» هر گونه محصول تحت این استاندارد می‌باشد. در راستای اهداف این استاندارد، تعاریف لازم در ادامه فراهم شده است.

۴-۲-۱- AC ماژول

کوچکترین واحد کاملی که شامل سلول‌های خورشیدی، ادوات نوری، اینورترها و سایر مولفه‌ها (به جز دستگاه‌های ردیابی) مورد نظر برای تولید توان AC از خورشید می‌باشد.

۴-۲-۲- مانع

مولفه‌ای درون یک محفظه که دسترسی به مولفه‌ای دیگر را که خطر آتش‌سوزی، برق‌گرفتگی، آسیب به افراد یا سطح جریان و انرژی الکتریکی بالایی دارد، کاهش می‌دهد.

۴-۲-۳- مدار شاخه‌ای

بخشی از سیستم سیم‌کشی ساختمان در پشت دستگاه حفاظت از اضافه بار در پیل توزیع قدرت است که از خروجی AC ترمینال‌های سیم‌میدانی در یک واحد دارای اتصال دائمی حفاظت می‌کند.

۴-۲-۴- منبع بای‌پس (کنارگذر)

یک مدار انشعابی یا ژنراتور است که وقتی مولفه تبدیل توان در اینورتر قابلیت تأمین توان بار لازم را ندارد، می‌توان بار را به آن وصل کرد.

۴-۲-۵- کنترلگر شارژ

دستگاهی برای کنترل فرآیند شارژ باتری‌های ذخیره‌سازی مورد استفاده در سیستم‌های توان فوتوولتائیک می‌باشد.

۴-۲-۶- مبدل کلاس ۲

یک مبدل (ترانسفورماتور) کاهنده مطابق با الزامات و شرایط مندرج در استاندارد مربوط به مبدل‌های کم ولتاژ- بخش ۱: شرایط عمومی، UL5085-1 و استاندارد مربوط به مبدل‌های کم ولتاژ- بخش ۳: مبدل‌های کلاس ۲ و کلاس ۳، UL5085-3 است.

۴-۲-۷- مدار کنترل

مداری که حامل سیگنال‌های الکتریکی کم ولتاژ با انرژی محدود (LVLE) بوده و فاقد توان، ولتاژ یا جریان اصلی است.

۴-۲-۸- مبدل

وسیله‌ای است که ورودی برق AC یا DC را به شکل دیگری از قدرت AC یا DC تبدیل می‌کند. در این استاندارد و برای مبدل‌های AC که قصد تأمین توان بصورت مستقیم را دارند، بایستی تمام الزامات اینورترها اعمال گردد.

۴-۲-۹- دتکتور و قطع کننده اتصال به زمین و جریان DC

دستگاهی که با شناسایی جریان‌های اتصال به زمین و قطع مسیر اتصال در مدار DC، از آرایه‌های فتوولتائیک محافظت می‌کند.

۴-۲-۱۰- درجه حفاظت

میزان محافظتی که توسط یک محفظه در برابر دسترسی به قسمت‌هایی که شامل خطر آسیب دیدگی به افراد، ورود اشیاء جامد خارجی و / یا ورود آب است ارائه می‌شود و با روش‌های آزمایش استاندارد تایید شده است.

۴-۲-۱۱- دستگاه جداکننده

دستگاهی که رساناهای مدار را از مولد، منبع، برنامه‌های مفید یا بار جدا می‌کند.

۴-۲-۱۲- سیستم برق الکتریکی (EPS)

تجهیزات یا امکاناتی که نیروی الکتریکی را به یک بار منتقل می‌کنند. متداول‌ترین نمونه EPS، یک ابزار برقی است.

۴-۲-۱۳- محفظه

ظرفی که به منظور ارائه درجه‌ای از محافظت در برابر موارد زیر ساخته شده است:

الف) دسترسی به بخشی که به طور بالقوه خطر آتش‌سوزی، برق‌گرفتگی یا آسیب‌دیدگی افراد را در پی دارد.

ب) خطر انتشار شعله، جرقه و فلز مذاب را که توسط یک اختلال برقی در داخل ایجاد می‌شود، در پی دارد.

۴-۲-۱۴- رابط سیم‌کشی میدان

رابطی که یک منبع، بار یا سیم دیگر توسط یک سیم برق به آن وصل شود.

۴-۲-۱۵- ترمینال سیم میدانی

ترمینالی که قرار است یک منبع، بار یا سیم دیگر توسط یک نصاب به آن وصل شود.

۴-۲-۱۶- واحد ثابت

واحدی که قرار است به طور دائم به صورت مکانیکی و الکتریکی متصل باشد و تنها با استفاده از یک ابزار قابل جدا شدن باشد.

۴-۲-۱۷- رسانای متصل به زمین

سیستم یا رسانای مدار که تعمداً به زمین متصل شده است.

۴-۲-۱۸- محافظ

قسمتی در خارج از محوطه که دسترسی به یک مؤلفه را که شامل خطر آسیب‌دیدگی افراد است، کاهش می‌دهد.

۴-۲-۱۹- تجهیزات اتصال متقابل سیستم (ISE)

یک جزء یا سیستمی از اجزاء سازنده است که عملکردهای محافظتی و کنترلی را برای اتصال منابع توزیع شده به یک EPS انجام می‌دهد.

۴-۲-۲۰- اینورتر

دستگاه الکترونیکی است که جریان DC را به AC تبدیل می‌کند.

۴-۲-۲۱- حفاظت جزیره

محافظت در برابر کار مداوم اینورتر و بخشی از بار کاربردی، در حالی که از بقیه سیستم کاربردی الکتریکی جدا شده است.

۴-۲-۲۲- مدار ایزوله

مداری که دارای ترانسفورماتور ایزوله یا اجزاء ایزولاسیون مانند دستگاه‌های نوری یا مغناطیسی است.

۴-۲-۲۳- ترانسفورماتور ایزولاسیون

ترانسفورماتور که سیم‌پیچ اولیه خود را به صورت الکتریکی از سیم‌پیچ ثانویه خود جدا کرده و به گونه‌ای ساخته شده است که هیچ گونه اتصال الکتریکی - تحت شرایط عادی و اضافه بار - بین سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه، بین سیم‌پیچ اولیه و هسته، یا بین سیم‌پیچ‌های ثانویه مجاور وجود ندارد چرا که چنین اتصالی منجر به آتش‌سوزی یا برق‌گرفتگی می‌شود.

۴-۲-۲۴- ناک اوت

قسمتی از دیوار محفظه است که به راحتی می‌تواند به منظور ایجاد یک سوراخ برای اتصال بست، عبور کابل یا اتصالات دیگر، توسط یک چکش، پیچ گوشتی و انبردست در زمان نصب از جای خود برداشته شود.

۴-۲-۲۵- مدار انرژی (LE) محدود

مدار AC یا DC که دارای ولتاژ کمتر از ۱۰۰۰ ولت بوده و انرژی آن توسط موارد زیر تا ۱۰۰ ولت - آمپر محدود می‌شود:

الف) سیم‌پیچ ثانویه ترانسفورماتور،

ب) یک یا چند رزیستور مطابق با ۴-۲۹-، یا

ج) شبکه تنظیم کننده مطابق با ۴-۲۹-.

۴-۲-۲۶- قسمت حامل جریان

یک المان رسانای الکتریکی است که در مدت زمان استفاده دارای پتانسیل نسبت به زمین می‌باشد.

۴-۲-۲۷- مداری با ولتاژ کم، انرژی محدود (LVLE)

مداری که دارای مقدار موثر ولتاژ AC کمتر از V_{30} (حداکثر مقدار $V_{42/4}$) یا ولتاژ DC کمتر از V_{60} است و توسط موارد زیر تامین می‌شود:

(الف) یک ترانسفورماتور کلاس ۲ که در طراحی محدود شده است یا یک ترانسفورماتور کلاس ۲ که مجهز به محافظ اضافه بار با شرایط زیر است:

- (۱) از نوع بستن مجدد خودکار نیست،
 - (۲) دارای مکانیسم بستن مجدد نیست و
 - (۳) به راحتی قابل تعویض با وسیله متفاوت نمی‌باشد یا دستگاه مطابق با ۴-۶۴- مشخص شده است.
- (ب) ترکیبی از سیم‌پیچ ثانویه ترانسفورماتور ایزوله و یک یا چند رزیستور یا یک شبکه تنظیم کننده که مطابق با کلیه نیازهای عملکردی برای یک ترانسفورماتور طبقه ۲ محدود یا منبع تغذیه است
- (ج) باتری جدا شده از مدار اصلی یا ترکیبی از یک باتری (از جمله مدار شارژ باتری واحدی که از مدار اولیه جدا شده است) و یک یا چند رزیستور یا شبکه تنظیم کننده.

۴-۲-۲۸- ترانسفورماتور ایزولاسیون خارجی ویژه سازنده

این نوع ترانسفورماتور ایزولاسیون خارجی از بیرون به دستگاه وصل می‌شود و برای کارایی مناسب دستگاه لازم است. به عنوان مثال، برای جلوگیری از گردش جریان زمین در تاسیساتی که دارای یک رسانای زمینی در مدار برق ورودی AC یا DC هستند، ترانسفورماتور ایزولاسیون نیاز است.

۴-۲-۲۹- حداکثر ولتاژ سیستم

ولتاژ مدار باز (V_{oc}) ماژول یا پانل فتوولتائیک است که در ضریب تصحیح دما که در ماده ۶۹۰،۷ قانون ملی برق آمریکا، ANSI / NFPA 70، برای ماژول‌ها و پانل‌های سیلیکونی بلوری و چند کریستالی مشخص شده است، ضرب شده است. حداکثر ولتاژ سیستم برای ماژول‌ها و پانل‌های فتوولتائیک برابر با ولتاژ مدار باز برای ماژول‌ها و پانل‌های فتوولتائیک فیلم‌های نازک و سیلیکات آمورف است.

۴-۲-۳۰- ولتاژ مدار باز (V_{oc})

حداکثر ولتاژ خروجی بدون بار یک ماژول یا پانل فتوولتائیک در شرایط تست استاندارد (STC).

۴-۲-۳۱- واحد اتصال دائم

واحدی که به طریقی به غیر از یک سیم برق و دوشاخه به منبع تغذیه وصل می‌شود.

۴-۲-۳۲- کانکتور ترمینال فشاری

یک ترمینال که اتصال یک یا چند رسانا را با استفاده از فشار و بدون نیاز به لحیم‌کاری انجام می‌دهد. نمونه‌هایی از کانکتور ترمینال فشاری عبارتند از:

(الف) سیلندر و پیچ تنظیم،

(ب) سیلندر موج‌دار یا

(ج) صفحه اتصال و نوع پیچ.

۴-۲-۳۳- مدار اولیه

سیم‌کشی و مؤلفه‌هایی که به صورت رسانا به مدار فرعی وصل می‌شوند.

۴-۲-۳۴- شارژر مدولاسیون عرض پالس

یک روش کنترل شارژر است که جریان خروجی پانل‌های فتوولتائیک را قادر می‌سازد تا ولتاژ باتری را با استفاده از مازول کنترلی پهنای پالس با تنظیم آرایه فتوولتائیک اتصال مجدد تنظیم ولتاژ (V_{IT}) به ولتاژ حالت غیر متصل (V_I) نزدیک کند. متناسب با سرعت راه‌گزینی، جریان نهایی می‌تواند متناسب با تنظیم نوع ولتاژ ثابت، کاهش یابد.

۴-۲-۳۵- خطر انرژی الکتریکی - سطح بالای جریان

قابلیت خسارت به اموال یا صدمه به اشخاص است که به غیر از برق گرفتگی، از انرژی الکتریکی موجود بین یک قسمت حامل جریان و یک بخش فلزی بدون جریان مجاور، یا بین قسمت‌های حامل جریان با قطبیت‌های مختلف، که در آن پتانسیل $V \geq 2$ یا بیشتر وجود دارد ناشی می‌شود و یا بدلیل یکی از موارد زیر ایجاد می‌شود:

(الف) سطح برق مداوم در دسترس که $A \geq 240$ یا بیشتر می‌باشد.

(ب) سطح انرژی واکنش‌پذیر که $J \geq 20$ یا بیشتر است.

به عنوان مثال، اتصال کوتاه ابزار یا فلز به مؤلفه‌ای که در صورت وجود انرژی کافی در این مؤلفه برای تبخیر، ذوب یا حرارت دادن بیش از حد فلز، قادر به ایجاد سوختگی یا آتش‌سوزی است.

۴-۲-۳۶- مدار ایمنی

هر مدار اولیه یا ثانویه که برای کاهش خطر آتش‌سوزی، برق گرفتگی، آسیب‌دیدگی افراد یا انرژی الکتریکی که سطح جریان بالایی دارد، استفاده می‌شود. به عنوان مثال، مدار قفل ایمنی یک مدار ایمنی است.

۴-۲-۳۷- قفل ایمنی

وسیله‌ای برای کاهش دسترسی به مناطقی که شامل خطر برق گرفتگی، انرژی الکتریکی - سطح بالای جریان یا آسیب دیدگی افراد تا زمان برطرف شدن خطر می باشد یا به طور خودکار خطر را در هنگام دسترسی از بین می برد.

۴-۲-۳۸- مدار فرعی

مداری که از سیم پیچ ثانویه ترانسفورماتور ایزوله شده تغذیه می شود.

۴-۲-۳۹- شارژ کنترل کننده سری یا تنظیم کننده سری

یک عنصر کنترل برای شارژ باتری است که با یک آرایه فتوولتائیک و باتری به صورت سری قرار دارد. عنصر کنترل معمولاً در حالت روشن / خاموش، مدولاسیون عرض پالس (PWM) یا یک حالت کنترل خطی عمل می کند و معمولاً دستگاه سوئیچ حالت جامد یا رله مکانیکی است.

۴-۲-۴۰- پرسنل خدمات

افراد آموزش دیده که با ساخت و بهره برداری از تجهیزات و خطرات ناشی از آن آشنایی دارند.

۴-۲-۴۱- اینورتر مستقل

اینورتری که برای تامین بار در نظر گرفته شده است ولی برق را به تجهیزات الکتریکی باز نمی گرداند.

۴-۲-۴۲- شرایط آزمایش استاندارد (STC)

شرایط آزمایش شامل موارد ذیل می باشد:

(الف) تابش 2100 mW/cm

(ب) اسپکترون AM $1/5$

(ج) دمای سلول $25 \pm (0.5)$.

۴-۲-۴۳- ابزار

یک پیچ گوشتی، سکه، کلید یا هر شی دیگر که قابل استفاده برای کار با پیچ، چفت یا ابزار اتصال دهنده باشد.

۴-۲-۴۴- اعوجاج هارمونیک کل (THD)

نسبت جذر میانگین مربعات (RMS) محتوای هارمونیک به جذر میانگین مربعات مقادیر اساسی که بر حسب درصد بیان شده است.

$$THD = [0.5 \times 100] \text{ (مربع دامنه پایه) / (مجموع مربعات دامنه همه هارمونیک ها)}$$

۴-۲-۴۵- اینورتر تعاملی

یک اینورتر که به صورت موازی با تجهیزات برقی برای تامین بارهای متداول در نظر گرفته شده است و گاهی اوقات توان را به تجهیزات تحویل می‌دهد.

۴-۲-۴۶- نقطه تنظیم ولتاژ (Vr)

حداکثر ولتاژ باتری است که در این نقطه یک کنترل کننده شارژ کمک می‌کند شارژ باتری از میزان مجاز فراتر نرود. در این ولتاژ، کنترل کننده شارژ، شارژ را قطع می‌کند یا جریان شارژ باتری را به حداقل می‌رساند.

۴-۲-۴۷- نقطه اتصال مجدد تنظیم ولتاژ (Vrr)

ولتاژ باتری که در آن کنترل کننده شارژ مجدداً بعد از اینکه جریان در نقطه Vr قطع شده است آرایه را به باتری وصل می‌کند.

۴-۳- کلیات

۴-۳-۱- مولفه‌ها

هر مولفه که تحت پوشش این استاندارد است باید الزامات مربوط به آن مولفه را رعایت کند.

در صورتی که این جز

الف) شامل ویژگی یا ویژگی‌هایی باشد که استفاده از آن در محصول نیازمند این استاندارد نباشد یا

ب) با الزامات دیگر در این استاندارد کنار گذاشته شده باشد و لازم نیست که مطابق با الزامات خاصی باشد.

یک مولفه مطابق با رتبه و امتیازی که برای شرایط کاربردی مورد نظر دارد، استفاده می‌شود.

قطعات خاص از لحاظ ویژگی‌های ساخت و ساز ناقص هستند یا از لحاظ قابلیت‌های عملکردی محدود هستند. این

اجزاء فقط در شرایط محدود برای استفاده در نظر گرفته می‌شوند، مانند شرایطی که در آن درجه حرارت‌های خاص از حد مشخصی بیشتر نمی‌شوند.

۴-۳-۲- واحد اندازه‌گیری

مقادیر بیان شده لازمست بدون پرانتز ارائه شوند. مقادیر موجود در پرانتز، اطلاعات توضیحی یا تقریبی است.

۴-۳-۳- منابع

هر گونه مرجع تاریخی به یک کد یا استاندارد که در الزامات این نشریه وجود دارد، آخرین نسخه آن کد یا استاندارد تعبیر می‌شود.

۴-۴- ساختار

واحدی که برای ولتاژهای ۵۰ ولت و کمتر کار می‌کند باید به گونه‌ای عمل کند که گویا در مدارهای زمینی و غیر زمینی استفاده می‌شود. مبدل‌ها باید تمام الزامات اینورترها را داشته باشند.

۴-۵- فریم‌ها و محفظه‌ها

۴-۵-۱- کلیات

یک واحد ممکن است همراه با یک محفظه باشد که تمام بخش‌های انتقال جریان را در خود جای می‌دهد. این محفظه ممکن است بخش‌های مختلف یک واحد را در برابر آسیب‌های مکانیکی ناشی از نیروهای خارجی به دستگاه، محافظت کند.

نباید برای جریان اصلی در هنگام کار عادی به فریم یا شاسی یک واحد متکی بود. استثنا: همان طور که در استثناء آخر بند ۴-۲۰ مطرح شده است.

بخش‌هایی از قبیل شماره‌گیری یا پلاک نام که جزئی از محفظه است باید مطابق با الزامات محفظه باشد. یک محفظه غیر از نوع ۱ (فقط برای استفاده داخلی) باید با درجه‌بندی زیست محیطی محفظه‌ها، یا الزامات مربوط به نوع محفظه در استاندارد محفظه‌های تجهیزات برقی، UL 50 مطابقت داشته باشد.

پیچ‌های ورق‌های فلزی که به طور مستقیم در فلز بسته می‌شوند، نباید برای اتصال و بستن کاور، درب یا قسمت دیگری که برای نصب سیم‌کشی میدانی یا کارکرد تجهیزات از آن جدا شده است، استفاده شوند. پیچ‌های ماشینی، از نوع خود قلاویز و یا پیچ‌های رزوه دار زمانی که اجازه حداقل دو رزوه کامل از پیچ را دارند می‌توانند به طور مستقیم در ورق فلزی پیچ‌زنی شوند. برای پیچ‌های فلزی که اجزاء داخلی را محکم می‌کنند و برای نصب یا عملکرد دستگاه از آن جدا نمی‌شوند پیچش مستقیم درون فلز مقدور است.

۴-۵-۲- سطح دسترسی

برای واحدی که به عنوان یک مرکز بار استفاده می‌شود، باید پوششی که به فیوز یا سایر وسایل حفاظت اضافه بار دسترسی داشته باشد و عملکرد آن نیاز به نوسازی داشته باشد توسط لولا به آن وصل شود. در صورت نیاز به باز کردن پوشش در رابطه با عملکرد طبیعی واحد، یک پوشش لولایی نیز برای واحد لازم است. این پوشش نباید فقط به پیچ‌ها یا وسایل مشابه دیگری که با استفاده از ابزار بسته می‌شوند، متکی باشد. با این حال، دسترسی به آن را باید با یک چفت فتری، یا یک اتصال دهنده قفلی دستی فراهم کنید. هنگام باز بودن این پوشش، قسمت‌های حامل جریان قابل دسترسی نیستند.

استثناء شماره ۱: تنها هنگامی که وسایل محافظ زیر در برابر اضافه بار محصور شده باشند، پوشش لولادار لازم نیست:

(الف) دستگاه مکمل کنترل و دستگاه محافظ اضافه بارهای مدار که در همان محفظه قرار دارند،

(ب) دستگاه مکمل که برای جریان بارهایی که فراتر از ۱۰۰ ولت آمپر نمی‌روند، ۲ آمپر و یا کمتر را ثبت کرده است.

(ج) فیوزهای استخراج کننده که دارای محفظه انتگرالی است.

(د) دستگاه‌های محافظ متصل به مدار کم ولتاژ، با انرژی محدود (LVLE).

استثناء شماره ۲: برای محفظه‌ای که حاوی هیچ قسمت کاربردی قابل سرویس توسط کاربر نباشد و دارای برچسب باشد، نیاز نیست پوشش دارای لولا باشد.

درب یا کاور که به فیوز دسترسی پیدا می‌کند، باید با الزامات درب‌ها و پوشش‌ها در استاندارد تجهیزات کنترل صنعتی، UL 508 مطابقت داشته باشد.

۴-۵-۳- محفظه‌های فلزی

ضخامت فلز چدن برای یک محفظه نباید از آنچه در جدول ۴-۱ آمده است کمتر باشد.

استثنا: فلز چدن در صورتی با ضخامت کمتری قابل استفاده است که محفظه با تست فشرده‌سازی، بخش ۴-۶۰- مطابقت داشته باشد.

حداقل ضخامت، میلی‌متر (اینچ)				کاربرد یا ابعاد مساحت درگیر
چدن به غیر از نوع دایکاست		فلز دایکاست		
۳/۲	(۱/۸)	۱/۶ ^a	(۱/۱۶)	مساحت ۱۵۴/۸ سانتی‌متر مربع (۲۴ اینچ مربع) یا کمتر و ابعادی بیشتر از ۱۵۲ میلی‌متر (۶ اینچ)
۳/۲	(۱/۸)	۲/۴	(۳/۳۲)	
۶/۴	(۱/۴)	۶/۴	(۱/۴)	در یک سوراخ کاندوئیت رزوه‌دار
۳/۲	(۱/۸)	۳/۲	(۱/۸)	در یک سوراخ کاندوئیت بدون رزوه
^a محدودیت مساحت برای ضخامت فلز ۱/۶ میلی‌متر (۱۶/۱ اینچ) با تهیه میله‌های تقویت کننده در تقسیم منطقه بزرگتر قابل دستیابی است.				

۴-۵-۴- ضخامت ورق فلزی

ضخامت یک محفظه ورق فلزی نباید کمتر از آن چیزی باشد که در جدول ۲-۴ و جدول ۳-۴ مشخص شده است. با این وجود، فولاد بدون پوشش نباید در نقاطی که سیستم سیم‌کشی به آن وصل می‌شود کمتر از ۰/۸۱ میلی‌متر (۰/۰۳۲ اینچ)، فولاد با روکش روی نباید کمتر از ۰/۸۶ میلی‌متر (۰/۰۳۴ اینچ)، و فلز غیر آهنی نباید کمتر از ۱/۱۴ میلی‌متر (۰/۰۴۵ اینچ) ضخامت داشته باشد.

استثنا: ورق فلزی با ضخامت کمتر در جایی قابل استفاده است که محفظه با تست فشرده‌سازی مطابقت داشته باشد. با توجه به جدول ۲-۴ و جدول ۳-۴، یک فریم پشتیبانی، سازه‌ای است که از زاویه‌ها، کانال‌ها، یا بخش‌های سفت و سخت تاشو از ورق فلزی ساخته شده است که به طور محکم به آن متصل شده و دارای ابعاد بیرونی مشابه با سطح محوطه و دارای استحکام پیچشی برای مقاومت در برابر خمش است که منجر به از بین رفتن سطح محفظه می‌شود. ساختاری که دارای نیروی معادل آن است به اندازه موردی که با فریمی از زاویه‌ها یا کانال ساخته شده است، سفت و سخت است. با توجه به پاراگراف قبل و جدول ۲-۴ و جدول ۳-۴، یک سازه زمانی که شرایط ذیل را داشته باشد، دارای فریم پشتیبان نمی‌باشد.

(الف) محفظه‌ای ساخته شده از ورق فلزی باشد،

(ب) ورقی با فلنج یا لبه‌های تشکیل شده باشد،

(ج) ورقی موج‌دار یا دنداندار باشد،

(د) یک سطح محصور باشد که به طور مثال به وسیله گیره‌های فنری به صورت شل به یک فریم وصل شده باشد.

جدول ۲-۴: ضخامت ورق فلزی برای محفظه‌ها، فلز کربن و فلز ضدزنگ

حداقل ضخامت				با فریم پشتیبانی یا تقویت معادل a				بدون فریم پشتیبانی a			
روکش دار		بدون روکش		حداکثر طول c		حداکثر عرض b		حداکثر طول c		حداکثر عرض b	
(inch)	cm	(inch)	cm	(inch)	cm	(inch)	cm	(inch)	cm	(inch)	cm
(۰/۰۲۳)	۰/۵۸ ^d	(۰/۰۲۰)	۰/۵۱ ^d	بدون محدودیت		(۶/۲۵)	۱۵/۹	بدون محدودیت		(۴/۰)	۱۰/۲
				(۲۵/۸)	۲۱/۰	(۶/۷۵)	۱۷/۱	(۵/۷۵)	۱۴/۶	(۴/۷۵)	۱۲/۱
(۰/۰۲۹)	۰/۷۴ ^d	(۰/۰۲۶)	۰/۶۶ ^d	بدون محدودیت		(۹/۵)	۲۴/۱	بدون محدودیت		(۶/۰)	۱۵/۲
				(۱۲/۵)	۳۱/۸	(۱۰/۰)	۲۵/۴	(۸/۷۵)	۲۲/۲	(۷/۰)	۱۷/۸
(۰/۰۳۴)	۰/۸۶	(۰/۰۳۲)	۰/۸۱	بدون محدودیت		(۱۲/۰)	۳۰/۵	بدون محدودیت		(۸/۰)	۲۰/۳
				(۱۶/۰)	۴۰/۶	(۱۳/۰)	۳۳/۰	(۱۱/۵)	۲۹/۲	(۹/۰)	۲۲/۹
(۰/۰۴۵)	۱/۱۴	(۰/۰۴۲)	۱/۰۷	بدون محدودیت		(۱۹/۵)	۴۹/۵	بدون محدودیت		(۱۲/۵)	۳۱/۸
				۶۳/۵	(۲۵/۰)	(۲۱/۰)	۵۳/۳	(۱۸/۰)	۴۵/۷	(۱۴/۰)	۳۵/۶
(۰/۰۵۶)	۱/۴۲	(۰/۰۵۳)	۱/۳۵	بدون محدودیت		(۲۷/۰)	۶۸/۶	بدون محدودیت		(۱۸/۰)	۴۵/۷
				(۰/۳۶)	۹۱/۴	(۲۹/۰)	۷۳/۷	(۲۵/۰)	۶۳/۵	(۲۰/۰)	۵۰/۸
(۰/۰۶۳)	۱/۶۰	(۰/۰۶۰)	۱/۵۲	بدون محدودیت		(۳۳/۰)	۸۳/۸	بدون محدودیت		(۲۲/۰)	۵۵/۹
				(۴۳/۰)	۱۰۹/۲	(۳۵/۰)	۸۸/۹	(۳۱/۰)	۷۸/۷	(۲۵/۰)	۵۵/۹
(۰/۰۷۰)	۱/۷۸	(۰/۰۶۷)	۱/۷۰	بدون محدودیت		(۳۹/۰)	۹۹/۱	بدون محدودیت		(۲۵/۰)	۶۳/۵
				(۵۱/۰)	۱۲۹/۵	(۴۱/۰)	۱۰۴/۱	(۳۶/۰)	۹۱/۴	(۲۹/۰)	۷۳/۷
(۰/۰۸۴)	۲/۱۳	(۰/۰۸۰)	۲/۰۳	بدون محدودیت		(۵۱/۰)	۱۲۹/۵	بدون محدودیت		(۳۳/۰)	۸۳/۸
				(۶۶/۰)	۱۶۷/۶	(۵۴/۰)	۱۳۷/۲	(۴۷/۰)	۱۱۹/۴	(۳۸/۰۰)	۱۰۳/۴
(۰/۰۹۷)	۲/۴۶	(۰/۰۹۳)	۲/۳۶	بدون محدودیت		(۶۴/۰)	۱۶۲/۶	بدون محدودیت		(۴۲/۰)	۱۰۶/۷
				(۸۴/۰)	۲۱۳/۴	(۶۸/۰)	۱۷۲/۷	(۵۹/۰)	۱۴۹/۹	(۴۷/۰)	۱۱۹/۴
(۰/۱۱۱)	۲/۸۲	(۰/۱۰۸)	۲/۷۴	بدون محدودیت		(۸۰/۰)	۲۰۳/۲	بدون محدودیت		(۵۲/۰)	۱۳۲/۱
				(۱۰۳/۰)	۲۶۱/۶	(۸۴/۰)	۲۱۳/۴	(۷۴/۰)	۱۸۸/۰	(۶۰/۰)	۱۵۲/۴
(۰/۱۲۶)	۳/۲۰	(۰/۱۲۳)	۳/۱۲	بدون محدودیت		(۹۷/۰)	۲۴۶/۴	بدون محدودیت		(۶۳/۰)	۱۶۰/۰
				(۱۲۷/۰)	۳۲۲/۶	(۱۰۳/۰)	۲۶۱/۶	۲۲۸/۶	(۹۰/۰)	(۷۳/۰)	۱۸۵/۴

حداقل ضخامت		بدون فریم پشتیبانی a				با فریم پشتیبانی یا تقویت معادل a			
روکش‌دار		بدون روکش		حداکثر عرض b		حداکثر طول c		حداکثر عرض b	
(inch)	cm	(inch)	cm	(inch)	cm	(inch)	cm	(inch)	cm
a- به ۲ پاراگراف قبل از جدول مراجعه کنید. b- عرض، کوچک‌ترین ابعاد یک قطعه فلزی مستطیلی است که بخشی از محفظه است. در بعضی موارد، سطوح مجاور یک محفظه دارای تکیه‌گاه‌هایی مشترک هستند و از یک ورق منفرد ساخته شده‌اند. c- «بدون محدودیت» فقط در مواردی اعمال می‌شود که لبه سطح حداقل ۱۲٫۷ میلی‌متر (۱/۲ اینچ) فلنج باشد یا به سطوح مجاور که به طور معمول جابجا نمی‌شوند یا برداشته نمی‌شوند، متصل باشند. d- ورق فولادی در محفظه‌ای که برای کاربرد در فضای باز در نظر گرفته شده است نباید برای فلز روکش‌دار کمتر از ۰/۸۶ میلی‌متر (۰/۳۴ اینچ) ضخامت و برای فلز بدون روکش کمتر از ۰/۸۱ میلی‌متر (۰/۳۲ اینچ) ضخامت داشته باشد.									

جدول ۳-۴: ضخامت ورق فلزی برای محفظه، آلومینیوم، مس یا برنج

حداقل ضخامت		بدون فریم پشتیبانی a				با فریم پشتیبانی یا تقویت معادل a			
		حداکثر عرض b		حداکثر طول c		حداکثر عرض b		حداکثر طول c	
		(inch)	cm	(inch)	cm	(inch)	cm	(inch)	cm
(۰/۰۲۳)	۰/۵۸ ^d			۱۷/۸	(۷/۰)				
				۲۱/۶	(۸/۵)		۱۰/۲ (۴/۰)		۸/۹ (۳/۵)
(۰/۰۲۹)	۰/۷۴			۲۵/۴	(۱۰/۰)				۱۰/۲ (۴/۰)
				۲۶/۷	(۱۰/۵)		۱۵/۲ (۶/۰)		۱۲/۷ (۵/۰)
(۰/۰۳۶)	۰/۹۱			۳۵/۶	(۱۴/۰)				۱۵/۲ (۶/۰)
				۳۸/۱	(۱۵/۰)		۲۰/۳ (۸/۰)		۱۶/۵ (۶/۵)
(۰/۰۴۵)	۱/۱۴			۴۸/۳	(۱۹/۰)				۲۰/۳ (۸/۰)
				۵۳/۳	(۲۱/۰)		۲۹/۲ (۱۱/۵)		۲۴/۱ (۹/۵)
(۰/۰۵۸)	۱/۴۷			۷۱/۱	(۲۸/۰)				۳۰/۵ (۱۲/۰)
				۷۶/۲	(۳۰/۰)				۳۵/۶ (۱۴/۰)
(۰/۰۷۵)	۱/۹۱			۱۰۶/۷	(۴۲/۰)				۴۵/۷ (۱۸/۰)
				۱۱۴/۳	(۴۵/۰)				۵۰/۸ (۲۰/۰)

حداقل ضخامت		بدون فریم پشتیبانی a				با فریم پشتیبانی یا تقویت معادل a			
		حداکثر عرض b		حداکثر طول c		حداکثر عرض b		حداکثر طول c	
		(inch)	cm	(inch)	cm	(inch)	cm	(inch)	cm
(۰/۰۹۵)	۲/۴۱			۱۵۲/۴	(۶۰/۰)			۶۳/۵	(۲۵/۰)
				۱۶۲/۶	(۶۴/۰)			۷۳/۷	(۲۹/۰)
(۰/۱۲۲)	۳/۱۰			۲۲۱/۰	(۸۷/۱)			۹۴/۰	(۳۷/۰)
				۲۳۶/۲	(۹۳/۰)			۱۰۶/۷	(۴۲/۰)
(۰/۱۵۲)	۳/۸۹			۳۱۲/۴	(۱۲۳/۰)			۱۳۲/۱	(۵۲/۰)
				۳۳۰/۲	(۱۳۰/۰)			۱۵۲/۴	(۶۰/۰)

a- به دو پاراگراف قبل از جداول مراجعه شود.

b- عرض، کوچک‌ترین ابعاد یک قطعه فلزی مستطیلی است که بخشی از محفظه است. در بعضی موارد، سطوح مجاور یک محفظه دارای تکیه‌گاه‌هایی مشترک هستند و از یک ورق منفرد ساخته شده‌اند.

c- «بدون محدودیت» فقط در مواردی اعمال می‌شود که لبه سطح حداقل ۱۲/۷ میلی‌متر (۲/۱ اینچ) فلنج باشد یا به سطوح مجاور که به طور معمول جابجا نمی‌شوند یا برداشته نمی‌شوند، متصل باشند.

d- ورق مس، برنج یا آلومینیوم برای محفظه‌ای که برای کاربرد در فضای باز در نظر گرفته شده است نباید ضخامت کمتر از ۰/۷۴ میلی‌متر (۰/۰۲۹ اینچ) داشته باشد.

۴-۵-۵- محفظه غیرفلزی

یک محفظه پلیمری یا قسمت پلیمری یک محفظه باید مطابق الزامات مندرج در استاندارد مواد پلیمری مورد استفاده در ارزیابی تجهیزات الکتریکی، UL 746C باشد.

استثنا: یک محفظه پلیمری که مطابق با استاندارد محفظه‌های تجهیزات برقی، UL 50 است، برای انطباق با UL 746C مورد بررسی قرار نمی‌گیرد.

در صورتی که یک ابزار الکتریکی، مانند یک متر، بخشی از محفظه را تشکیل می‌دهد، قسمت رو یا قسمت پشتی آن، یا هر دو با هم، باید الزامات یک محفظه را رعایت کند.

استثنا: یک متر مطابق با استاندارد ابزارهای آنالوگ الکتریکی - نوع مورد تابلو، UL 1437، این شرط را نیز رعایت می‌کند.

الزامات محفظه پلیمری مربوط به قسمت غیر فلزی که قسمتی از محفظه را تحت هر یک از شرایط زیر تشکیل می‌دهد، نمی‌باشد:

الف) قسمتی که بازشوئی را به ابعاد کوچکتر از ۲۵,۴ میلی‌متر (۱ اینچ) می‌پوشاند و این بخش از موادی با طبقه‌بندی V-0، V-1، V-2 یا HB مطابق با استاندارد تست قابلیت اشتعال‌پذیری مواد پلاستیکی قطعات در دستگاه‌ها و لوازم خانگی، UL 94، تشکیل شده است.

ب) این قسمت از مواد طبقه‌بندی شده V-0، V-1، V-2 یا HB ساخته شده است و بازشویی را پوشش می‌دهد که در صورت حذف شدن، به کاربر امکان دسترسی به قسمت‌های حامل جریان را که در معرض خطر آتش‌سوزی، برق‌گرفتگی یا سطح انرژی الکتریکی بالا یا قطعات متحرک قرار دارد، نمی‌دهد.

ج) این قسمت بازشویی را پوشانده است که دارای ابعادی کوچکتر از ۱۰۱,۶ میلی‌متر (۴ اینچ) است و از مواد طبقه‌بندی شده V-0، V-1، V-2 یا HB ساخته شده است و هیچ خطر آتش‌سوزی در فاصله نزدیک‌تر از ۴ اینچ از سطح محفظه وجود ندارد، یا

د) این قسمت از مواد طبقه‌بندی شده V-0، V-1، V-2 یا HB ساخته شده است و وسیله‌ای وجود دارد که مانعی از مواد طبقه‌بندی شده V-0 بین قسمت و منبع خطر آتش‌سوزی ایجاد می‌کند.

استثناء: وقتی که بخشی از یک جزء مطابق با الزامات اشتعال‌پذیری قابل اجرا در مورد آن باشد، لزومی نخواهد داشت که مطابق با V-0، V-1، V-2 یا HB طبقه‌بندی شوند.

یک محفظه غیر فلزی که برای اتصال به یک سیستم کاندوئیت سخت در نظر گرفته شده است، باید با تست اتصال کاندوئیت فلزی سخت در محفظه پلیمری در استاندارد محفظه‌های تجهیزات برقی، UL 50 مطابقت داشته باشد.

۴-۵-۶- بازشوهای شیشه‌ای

شیشه پوشاننده بازشو باید با الزامات این بخش مطابقت داشته باشد و در جای خود محکم باشد تا در حین کار به راحتی جابجا نشود و برای قطعات محصور حفاظ مکانیکی داشته باشد.

شیشه‌ای که برای بازشو در نظر گرفته می‌شود:

- الف) به ابعاد کمتر از ۱۰۲ میلی‌متر (۴ اینچ) باشد، نباید کمتر از ۱/۶ میلی‌متر ضخامت داشته باشد،
- ب) با مساحت کمتر از ۹۲۹ سانتی‌متر مربع (۱۴۴ اینچ مربع) و ابعادی کمتر از ۳۰۵ میلی‌متر (۱۲ اینچ) باشد، نباید کمتر از ۳/۲ میلی‌متر (۱/۸ اینچ) ضخامت داشته باشد و
- ج) شیشه‌ای که برای پوشش منطقه بزرگتر از آنچه در بند (ب) توضیح داده شده است، نباید کمتر از ۳/۳ میلی‌متر ضخامت داشته باشد و:

(۱) از نوع بدون خش یا آبداده باشد که در صورت شکسته شدن، مطابق با مشخصات عملکردی و روش‌های تست مواد لعاب ایمنی استفاده شده در ساختمان‌ها، (ANSI Z97.1-1984 R1994) باشد، یا

(۲) باید ۳,۳۸ ژول (۲-۲/۱ ft-lbf) ضربه را از سوی یک کره فولادی با قطر ۵۰/۸ میلی‌متر (۲ اینچ) و ۵۳۵ گرم (۱/۱۸ پوند) بدون ترک خوردگی یا شکستن تا حدی تحمل کند که یک قطعه از موقعیت عادی خود خارج شود.

۴-۵-۷- بازشوهایی برای اتصالات سیم‌کشی

در جاهایی که رزوه‌ها برای اتصال کاندوئیت از میان سوراخی در دیواره محفظه عبور کرده‌اند، یا در جایی که ساختار مشابهی استفاده شده است، نباید کمتر از سه یا بیشتر از پنج رزوه در فلز وجود داشته باشد. ساخت محفظه باید به گونه‌ای باشد که بوش کاندوئیت طبق انتظار قابل اتصال باشد. در جایی که رزوه‌ها برای اتصال لوله در تمام مسیر از داخل یک سوراخ در دیواره محفظه، هاب کاندوئیت یا یک جزء مشابه عبور نکرده باشد، در این فلز نباید کمتر از ۱/۲ - ۳ رزوه وجود داشته باشد و سوراخ ورودی باید معادل با آنچه که توسط بوش کاندوئیت استاندارد تهیه شده است، برای رساناها صاف و گرد باشد و سوراخ باید دارای قطر داخلی باشد که مطابق با اندازه تجاری قابل استفاده در کاندوئیت سخت است. گیره‌ها و بست‌ها برای اتصال سیم‌کشی، لوله‌های فلزی برقی، کابل زره پوش، لوله‌های قابل انعطاف غیرفلزی، کابل بدون فلز، کابل سرویس یا معادل آن که به عنوان بخشی از محفظه تهیه می‌شوند باید مطابق با استاندارد کاندوئیت، لوله‌گذاری و اتصالات کابل، UL 514B باشد.

ناک آوت در یک محفظه ورق فلزی باید ایمن باشد و بدون تغییر شکل غیر مجاز محفظه، قابل جابجایی باشد. سطح پیرامون ناک آوت باید مسطح باشد، بنابراین بوش کاندوئیت اندازه متناظر را همانطور که در نظر گرفته شده است، فراهم می‌کند. ناک آوت که برای اهداف نصب در نظر گرفته شده است باید طوری قرار گیرد که نصب بوش باعث ایجاد فاصله بین قسمت‌های حامل جریان غیر عایق و بوش کمتر از حد مورد نیاز در فضاها نشود. در اندازه‌گیری فاصله بین یک قسمت حامل جریان عایق‌بندی نشده و بوش نصب شده در ناک آوت، فرض بر این است که بوش دارای ابعاد مشخص شده در

جدول ۴-۴ در محل است و با ناک آوت نصب شده در قسمت بیرونی محفظه در ارتباط است.

جدول ۴-۴: ناک آوت و یا اندازه سوراخ و ابعاد بوش‌ها

اندازه تجاری کاندوتیت Inch	قطر سوراخ یا ناک آوت		ابعاد بوشینگ			
			ارتفاع		قطر کلی	
	mm	(inch)	mm	(inch)	mm	(inch)
۱/۲	۲۲/۲	(۷/۸)	۲۵/۴	(۱)	۹/۵	(۳/۸)
۳/۴	۲۷/۸	(۱-۳/۳۲)	۳۱/۴	(۱-۱۵/۶۴)	۱۰/۷	(۲۷/۶۴)
۱	۳۴/۵	(۱-۲۳/۶۴)	۴۰/۵	(۱-۱۹/۳۲)	۱۳/۱	(۳۳/۶۴)
۱-۱/۴	۴۳/۷	(۱-۲۳/۳۲)	۴۹/۲	(۱-۱۵/۱۶)	۱۴/۳	(۹/۱۶)
۱-۱/۲	۵۰/۰	(۱-۳۱/۳۲)	۵۶/۰	(۲-۱۳/۶۴)	۱۵/۱	(۱۹/۳۲)
۲	۶۲/۷	(۲-۱۵/۳۲)	۶۸/۷	(۲-۴۵/۶۴)	۱۵/۹	(۵/۸)
۲-۱/۲	۷۶/۲	(۳)	۸۱/۸	(۳-۷/۳۲)	۱۹/۱	(۳/۴)
۳	۹۲/۱	(۳-۵/۸)	۹۸/۴	(۳-۷/۸)	۲۰/۶	(۱۳/۱۶)
۳-۱/۲	۱۰۴/۸	(۴-۱/۸)	۱۱۲/۷	(۴-۷/۱۶)	۲۳/۸	(۱۵/۱۶)
۴	۱۱۷/۵	(۴-۵/۸)	۱۲۶/۲	(۴-۳۱/۳۲)	۵۴/۴	(۱)
۴-۱/۲	۱۳۰/۲	(۵-۱/۸)	۱۴۰/۹	(۵-۳۵/۶۴)	۲۷/۰	(۱-۱/۱۶)
۵	۱۴۲/۹	(۵-۵/۸)	۱۵۸/۰	(۶-۷/۳۲)	۳۰/۲	(۱-۳/۱۶)
۶	۱۷۱/۵	(۶-۳/۴)	۱۸۳/۴	(۷-۷/۳۲)	۳۱/۸	(۱-۱/۴)

برای محفظه‌ای که از کارخانه بدون بازشوهای کاندوتیت یا ناک آوت تهیه شده، باید فاصله‌هایی بین قسمت‌های حامل جریان عایق‌بندی نشده و بوش کاندوتیت نصب شده در هر مکان در محفظه فراهم کرد، که از حداقل فاصله مورد نیاز در

این استاندارد کمتر نباشد. علامت‌گذاری دائم روی محفظه، یک الگوی یا یک ترسیم کامل برای محدود کردن چنین مکانی قابل استفاده است.

یک صفحه برای بازشو کاندوئیت یا سوراخی دیگر در محفظه نباید دارای ضخامت کمتری از:

الف) $0/36$ میلی‌متر ($0/014$ اینچ) برای فولاد یا $0/48$ میلی‌متر ($0/019$ اینچ) برای فلز غیر آهنی برای سوراخی با ابعاد حداکثر $6/4$ میلی‌متر ($1/4$ اینچ).

ب) $0/69$ میلی‌متر ($0/027$ اینچ) برای فولاد یا $0/81$ میلی‌متر ($0/032$ اینچ) برای فلز غیر آهنی برای سوراخ با ابعاد حداکثر $34/9$ میلی‌متر ($1/8 - 3$ اینچ) باشد.

برای انسداد سوراخ بزرگتر؛ باید ضخامت آن برابر با ضخامت مورد نیاز برای محفظه واحد باشد یا از مهر و موم ناک آوت استاندارد استفاده شود. این صفحه‌ها باید با اطمینان نصب شوند.

در محفظه‌های دارای رتبه‌بندی زیست محیطی، بازشوها باید با قطعاتی که دارای رتبه‌بندی زیست محیطی قابل اجرا هستند (جدول ۴-۵)، بسته شوند.

جدول ۴-۵: بازشوها در محفظه‌های دارای رتبه‌بندی زیست محیطی

نوع محفظه	بازشوها باید توسط مولفه‌هایی که برای انواع محفظه‌های در نظر گرفته شده اند، بسته شود
۲	۲ و ۳ و ۳R و ۳S و ۴ و ۴X و ۶ و ۶P و ۱۲ و ۱۲K و ۱۳
۳	۳S و ۴ و ۴X و ۶ و ۶P
۳R	۳ و ۳S و ۴ و ۴X و ۶ و ۶P
۳S	۳ و ۴ و ۴X و ۶ و ۶P
۴	۴ و ۴X و ۶ و ۶P
۴X	۴X
۶	۶ و ۶P
۶P	۶P
۱۲K و ۱۲	۱۲ و ۱۲K و ۱۳
۱۳	۱۳

۴-۵-۸- بازشوهای تهویه

محفظه یک واحد باید برای محافظت از واحد در برابر انتشار شعله، فلز مذاب، ذرات شعله‌ور یا سوزان یا قطرات شعله‌ور، ساخته شود. بازشوهای تهویه باید در قسمت‌های زیر محفظه قرار داشته باشد.

محفظه مطابق الزامات، نیازمند یک کف کامل غیر قابل انعطاف یا ساختاری است که از موانع غیر قابل اشتعال استفاده می‌کند، (همانطور که در شکل ۴-۱ مشخص شده است) و در زیر قطعات، گروهی از قطعات یا کل مجموعه قرار دارد. استثناء شماره ۱: بازشوهای تهویه مطبوع که در قسمت زیر محفظه وجود دارد، شرایط مورد نیاز را در نظر می‌گیرد که در آن صفحات بافل غیرقابل اشتعال برای ایجاد مانع، یا انحراف مواد به منظور جلوگیری از ریزش مستقیم مواد از قسمت داخلی واحد بر روی سطح پشتیبان یا سایر نقاط زیر واحد فراهم می‌شوند. نمونه‌ای از این صفحه‌های بافل که نیاز مورد نظر را تامین می‌کند در شکل ۴-۱ نشان داده شده است.

استثناء شماره ۲: بازشوهای تهویه مطبوع که در قسمت زیر محوطه ارائه شده است، شرایط مورد نیاز را برآورده می‌کند، بازشوهای مذکور، توسط یک صفحه فلزی سوراخ‌دار، مطابق جدول ۴-۶، پوشانده شده است یا در جایی که یک صفحه فلزی گالوانیزه یا ضد زنگ با شبکه‌های ۱۴ در ۱۴ که هر کدام ۲۵/۴ میلی‌متر ابعاد دارند و از سیم با قطر ۵/۰ میلی‌متر (۱۸/۰ اینچ) ساخته شده‌اند، استفاده می‌شود.

استثناء شماره ۳: قسمت زیرین محفظه که در زیر مناطقی قرار دارد که فقط دارای مواد طبقه‌بندی شده V-1 هستند یا مطابقت بهتری با استاندارد تست قابلیت اشتعال مواد پلاستیکی برای قطعات موجود در دستگاه‌ها و تجهیزات، UL 94 دارد، می‌تواند بازشوهای مربع کوچکتر از ۶/۴ میلی‌متر (۱/۴ اینچ) داشته باشد. بازشوهایی که مربع نیستند نباید مساحتی بزرگتر از ۴۰ میلی‌متر مربع (۱/۱۶ اینچ مربع) داشته باشد.

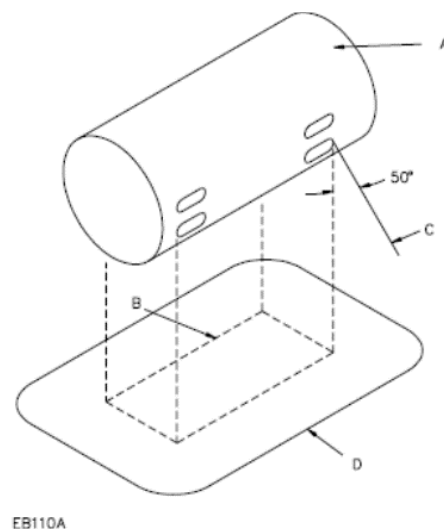
استثناء شماره ۴: بازشوهای تهویه بدون محدودیت در اندازه و تعداد، برای مناطقی طراحی شده اند که:

الف) فقط شامل سیم، کابل، شاخه، گیرنده و ترانسفورماتور هستند و

ب) در مناطقی که دارای مدارهای ولتاژ کم، با انرژی کم (LVLE) هستند.

در قسمت تحتانی قرار گرفته‌اند.

استثناء شماره ۵: بازشوهای تهویه در قسمت انتهایی محفظه ارائه شده‌اند تا الزامات لازم برای جایی را که لازم است بازشوها شامل یک شبکه فلزی گسترده باشند، تامین کنند.



شکل ۴-۱: صفحه‌های بافل

که

A- در واقع کل مؤلفه است که در زیر آن مانعی (مسطح یا ریخته دارای یا بدون کناره یا لبه برجسته) قرار دارد که باید از مواد غیر قابل اشتعال تهیه شود. شکل ۴-۱ طرحی از اجزاء محصور شده با بازشوهای تهویه است که نشان می‌دهد مانع حفاظتی فقط برای آن دسته از بازشوهایی لازم است که از طریق آنها قطعات شعله‌ور قادر به انتشار هستند. هنگامی که بخشی از دستگاه یا کل مجموعه دارای محفظه غیر قابل اشتعال نباشد، منطقه‌ای که باید محافظت شود، کل منطقه‌ای است که توسط آن بخش یا کل مجموعه اشغال شده است.

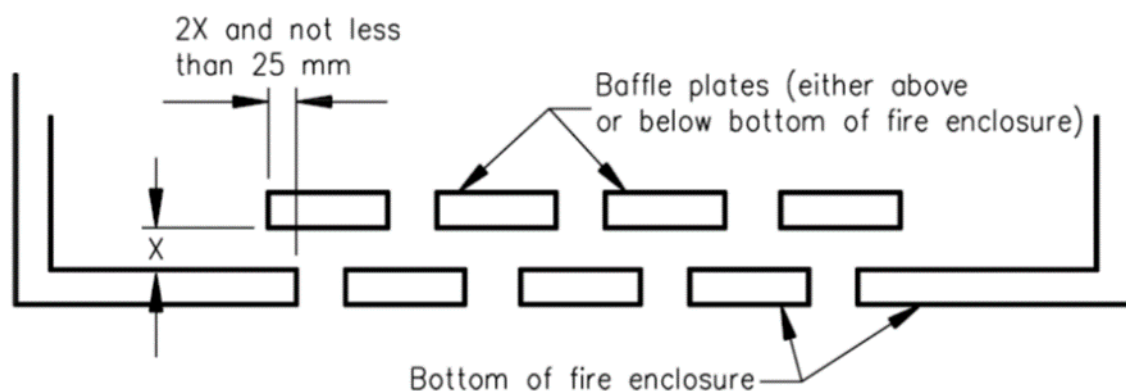
B- ترسیم طرح کلی ناحیه A است که نیازمند یک مانع تحتانی است و به طرف پایین بر روی صفحه افقی در پایین‌ترین نقطه مانع D- عمود شده است.

C- خط شیب‌دار است که ناحیه D را در صفحه افقی مانع رد می‌کند. با حرکت در اطراف محیط ناحیه B که به یک مانع تحتانی احتیاج دارد، این خط با خطی که به هر نقطه در پیرامون A عمود شده است زاویه ۵۰ درجه تشکیل می‌دهد و جهت ترسیم یک منطقه بزرگتر در نظر گرفته شده است. با این حال، زاویه‌ای کمتر از ۵۰ درجه زمانی ایجاد می‌شود که مانع یا بخشی از پوشش کف با یک مانع عمودی یا پانل جانبی از مواد غیر قابل اشتعال تماس پیدا کند، یا جایی که گسترش افقی مانع B تا D از ۱۵۲ میلی‌متر (۶ اینچ) فراتر رود.

D- حداقل نمای کلی از مانع است؛ با این حال، نیازی نیست گسترش B تا D فراتر از ۱۵۲ میلی‌متر (۶ اینچ) باشد. قسمت تحتانی مانع می‌تواند مسطح و یا به هر شکلی باشد که هر نقطه از منطقه D در زیر پایین‌ترین نقطه بر روی لبه بیرونی مانع باشد.

جدول ۴-۶: صفحه‌های فلزی سوراخ‌دار برای بخش تحتانی محفظه

حداقل فاصله سوراخ‌ها از مرکز تا مرکز		حداکثر قطر سوراخ		حداقل ضخامت	
(mm) (inch)		(mm) (inch)		(mm) (inch)	
۱/۷۰ (۰/۰۶۷), or ۲۳۳ holes per ۶۴۵ mm ² (۱ inch ²)		۱/۱۴ (۰/۰۴۵)	۰/۶۶ (۰/۰۲۶)		
۲/۳۶ (۰/۰۹۳)		۱/۱۹ (۰/۰۴۷)	۰/۶۶ (۰/۰۲۶)		
۱/۷۰ (۰/۰۶۷)		۱/۱۴ (۰/۰۴۵)	۰/۷۶ (۰/۰۳۰)		
۲/۳۶ (۰/۰۹۳)		۱/۱۹ (۰/۰۴۷)	۰/۷۶ (۰/۰۳۰)		
۳/۱۸ (۰/۱۲۵), or ۷۲ holes per ۶۴۵ mm ² (۱ inch ²)		۱/۹۱ (۰/۰۷۵)	۰/۸۱ (۰/۰۳۲)		
۳/۱۸ (۰/۱۲۵)		۱/۹۰ (۰/۰۷۵)	۰/۸۹ (۰/۰۳۵)		
۲/۷۷ (۰/۱۰۹)		۱/۶۰ (۰/۰۶۳)	۰/۹۱ (۰/۰۳۶)		
۳/۱۸ (۰/۱۲۵)		۱/۹۸ (۰/۰۷۸)	۰/۹۱ (۰/۰۳۶)		
۲/۷۷ (۰/۱۰۹)		۱/۶۰ (۰/۰۶۳)	۰/۹۹ (۰/۰۳۹)		
۳/۰۰ (۰/۱۱۸)		۲/۰۰ (۰/۰۷۹)	۰/۹۹ (۰/۰۳۹)		



شکل ۴-۲: نمونه‌ای از هم‌پوشی بافل

در قسمت بالایی محفظه باید بازشوهایی قرار داده شود تا مانع ورود اشیاء خارجی شوند. بازشوهایی که مستقیماً روی

قسمت‌های حامل جریان غیر عایق قرار می‌گیرند:

الف) نباید از ۴/۷ میلی‌متر (۰/۱۸۷ اینچ) در هر بعدی بیشتر شوند،

ب) باید مطابق شکل ۳-۴ پیکربندی شده باشند.

ج) باید به گونه‌ای ساخته شوند تا از ورود اشیاء خارجی محافظت کنند.



شکل ۳-۴: مقطع عرضی طراحی پوشش فوقانی

در بازشوهایی که در اضلاع محفظه قرار دارند:

- طول کرکره نباید بیش از ۳۰۵ میلی‌متر (۱۲ اینچ) باشد.

- مساحت بازشو که با کرکره، ورق فولادی سوراخ‌دار یا شبکه فلزی منبسط شده که نازک‌تر از محفظه است نباید از ۰/۱۲۹ مترمربع (۲۰۰ اینچ مربع) بیشتر شود.

ضخامت ورق‌های فلزی سوراخ‌دار و ورق فولادی استفاده شده برای ورق مشبک فلزی گسترده که برای پوشش بازشو در محفظه استفاده می‌شود، باید مطابق با جدول ۴-۷ باشد.

استثنا: ضخامت‌های کمتر از آنچه که در جدول ۴-۷ مشخص شده است، و نه کمتر از آنچه که در جدول ۴-۸ مشخص شده‌اند، مطابق با اهداف موردنیاز در جایی هستند که:

الف) تورفتگی مواد بر عملکرد تاثیر منفی نگذارد و یا فاصله‌های قسمت‌های حامل جریان را به کمتر از حداقل مقادیر مشخص شده در «فضاها، بخش ۲۴» یا «فواصل متناوب، فواصل استاندارد و فواصل خزشی، بخش ۲۵» کاهش ندهد.

ب) بازشو دارای مساحت کمتر از ۴۶۴/۵ سانتی‌متر مربع (۷۲ اینچ مربع) و ابعادی کمتر از ۳۰۴/۸ میلی‌متر (۱۲ اینچ) باشد، یا

ج) عرض بازشو از ۸۸/۹ میلی‌متر (۲/۳ اینچ) بیشتر نباشد.

جدول ۴-۷: حداقل ضخامت شبکه فلزی گسترده

دارای روکش روی (inch) mm	بدون روکش	مساحت بازشو
۱/۱۴ (۰/۰۴۵)	۱/۰۷ (۰/۰۴۲)	حداکثر: 3 mm^2 (0.5 in^2) یا کمتر
۲/۱۳ (۰/۰۸۴)	۲/۰۳ (۰/۰۸۰)	حداقل: 323 mm^2 (0.5 in^2)

جدول ۴-۸: حداقل ضخامت شبکه فلزی گسترده

با روکش روی		بدون روکش	
(۰/۲۴)	۰/۶۱	(۰/۰۲۰)	۰/۵۱

زمانی که بازشویهای صفحه مساحتی برابر با ۳۲۳ میلی‌متر مربع (۰/۵ اینچ مربع) یا کمتر دارند قطر سیم‌های یک صفحه نباید از ۱/۳۰ میلی‌متر (۰/۰۵۱ اینچ) کمتر باشد و برای بازشویهای بزرگتر نباید کمتر از ۲/۰۶ میلی‌متر (۰/۰۸۱ اینچ) باشد موانع مورد استفاده در بازشویهای تهویه

- مگر اینکه بازشوی تهویه حداقل در فاصله ۳۰۵ میلی‌متری (۱۲ اینچ) از قسمت جرقه مانند سوئیچ، فیوز، قطع کننده مدار یا منبع مشابه واقع شود، در این صورت یک مانعی باید بین بازشوی تهویه و منبع جرقه قرار گیرد.

- مانع باید دارای ابعادی باشد و به گونه‌ای نصب شده باشد که هر خط مستقیمی که از قسمت جرقه الکتریکی به پایین کشیده می‌شود و از لبه مانع عبور می‌کند، از یک نقطه در صفحه بازشوی تهویه که حداقل ۶/۴ میلی‌متر (۰/۲۵ اینچ) خارج از لبه بازشوی تهویه باشد، عبور کند.

- مانع ورق فلزی ساخته شده از فولاد بدون پوشش نباید کمتر از ۱/۳۵ میلی‌متر (۰/۰۵۳ اینچ) ضخامت داشته باشد، و زمانی که دارای پوشش روی است نباید کمتر از ۱/۴۲ میلی‌متر (۰/۰۵۶ اینچ) ضخامت داشته باشد یا زمانی که از آلومینیوم است نباید کمتر از ۱/۱۹ میلی‌متر (۰/۰۷۵ اینچ) ضخامت داشته باشد.

استثنا: یک مانع فلزی ساخته شده از مواد نازک‌تر زمانی می‌تواند شرایط مورد نظر را داشته باشد که مقاومت و استحکام آن کمتر از فولاد ورق مسطح با ابعاد مشابه با ابعاد مانع نباشد و ضخامت مشخص را داشته باشد.

۴-۵-۹- محفظه دارای رتبه‌بندی زیست محیطی

یک محفظه باید مطابق با الزامات ساخت و ساز قابل اجرا برای یک محفظه با نوع شماره یا شماره‌هایی که با آن علامت‌گذاری شده است، باشد.

اتصال نوع محیطی، مانند اتصال آب‌بند در ورودی کاندوئیت، باید هاب کاندوئیت یا معادل آن مانند یک ناک آوت یا رابط اتصال باشد؛ که به گونه‌ای جایگذاری شود تا هنگام اتصال کاندوئیت و نصب محفظه، محفظه مطابق با تست‌های مشخص شده در جدول انواع محفظه‌ها، در استاندارد محفظه تجهیزات برقی، UL 50 باشد.

محفظه‌های نوع ۳، R۳ و S۳ باید با تست‌های شبیه‌ساز باران، مطابقت داشته باشند.

محفظه تیپ ۲ باید دارای زهکشی آب و یک هادی کاندوئیت رزوه‌دار یا چیزی مشابه آن برای اتصال کاندوئیت در قسمت‌های بالا یا اضلاع جانبی باشد.

استثناء شماره ۱: در جایی که بازشوی اتصال کاندوئیت کاملاً در زیر پایین‌ترین بالشتک سیم یا قسمت حامل جریان دیگر داخل محفظه باشد هاب کاندوئیت رزوه‌دار یا معادل آن لازم نخواهد بود.

استثناء شماره ۲: هنگامی که هاب کاندوئیت برای محفظه نوع ۲، ۳، R۳ یا S۳ ارائه نشود، هاب کاندوئیت یا رابط اتصال لازم نیست.

محفظه تیپ ۳ باید:

(الف) دارای یک هاب کاندوئیت رزوه‌دار یا معادل آن برای اتصال آب‌بند در ورودی‌های کاندوئیت باشد،

(ب) دارای وسایل نصبی در خارج از حفره تجهیزات باشد و

(ج) در صورت وجود درب، امکان قفل در وجود داشته باشد

استثنا: هنگامی که هاب کاندوئیت برای محفظه نوع ۲، ۳، R۳ یا S۳ ارائه نشود، یک هاب کاندوئیت یا رابط اتصال لازم نیست.

محفظه تیپ R۳ باید:

(الف) دارای یک هاب کاندوئیت رزوه‌دار یا معادل آن برای اتصال آب‌بند در ورودی‌های کاندوئیت باشد.

(ب) امکان زهکشی آب را داشته باشد و

(ج) در صورت فراهم بودن درب، امکان قفل کردن درب را داشته باشد.

استثناء شماره ۱: در جایی که بازشو اتصال کاندوئیت کاملاً در زیر پایین‌ترین بالشتک سیم یا قسمت حامل جریان

دیگر داخل محفظه باشد هاب کاندوئیت رزوه‌دار یا معادل آن لازم نخواهد بود.

استثناء شماره ۲: هنگامی که هاب کاندوئیت برای محفظه نوع ۲، ۳، R۳ یا S۳ ارائه نشود، هاب کاندوئیت یا رابط

اتصال لازم نیست

محفظه تیپ S۳ باید:

(الف) دارای یک هاب کاندوئیت رزوه‌دار یا معادل آن برای اتصال آب‌بند در ورودی‌های کاندوئیت باشد،

(ب) دارای وسایل نصبی در خارج از حفره تجهیزات باشد،

(ج) در صورت وجود درب، امکان قفل در باشد،

د) دارای مکانیسم‌های عملیاتی باشد که وزن اضافی یخ را پشتیبانی می‌کنند و در برابر حذف یخ با استفاده از ابزار دستی مورد استفاده برای دستیابی به فضای داخلی محفظه در هنگام حضور یخ مقاومت کند. می‌توان از وسایل کمکی برای شکستن یخ و فعال کردن مکانیسم‌های خارجی استفاده کرد.

استثنا: هنگامی که هاب کاندوئیت برای محفظه نوع ۲، ۳، R۳ یا S۳ ارائه نشود، هاب کاندوئیت یا رابط اتصال لازم نیست.

یک محفظه تیپ ۴، X۴، ۶، P۶ یا ۱۱ باید دارای یک هادی کاندوئیت یا معادل آن باشد که در محل مناسب نصب نشود تا بتواند اتصال آب‌بند را در ورودی‌های کاندوئیت برقرار کند و باید دارای وسایل نصبی در خارج بخش حفره تجهیزات باشد.

استثناء شماره ۱: زمانی که محفظه علامت گذاری با نوع ۴، X۴، ۶ یا P۶ باشد لازم نیست اتصال کاندوئیت آب‌بند در محل نصب شود.

استثناء شماره ۲: در صورتی که هاب یا اتصالات (fitting) روی یک محفظه نوع ۴ یا X۴ نصب نشده و ارائه نشده است، لازم نیست یک هاب یا رابط اتصال در محفظه تیپ ۴ یا X۴ نصب شود.

یک محفظه تیپ ۱۲ نباید دارای ناک اوت کاندوئیت یا بازشوی کاندوئیت باشد و نباید به غیر از حفره مکانیسم تیپ ۱۲ یا معادل آن، هیچ گونه حفره‌ای در محفظه وجود داشته باشد. یک واشر، در صورت وجود، باید در برابر روغن مقاوم باشد.

استثنا: یک محفظه تیپ ۱۲ می‌تواند هنگامی که محفظه مطابق با پاراگراف آخر بند ۴-۶۳- مشخص شده است، از بازشوی کاندوئیت استفاده کند.

یک محفظه تیپ K۱۲ باید مطابق پاراگراف قبل باشد، مگر اینکه دارای ناک‌آوت‌هایی باشد که در دیواره‌های بالا یا پایین یا هر دو قرار دارد.

یک محفظه تیپ ۱۳ باید واشرهای مقاوم در برابر روغن داشته باشد و در صورت نصب، باید وسیله نصب آن در خارج از حفره تجهیزات باشد. هیچ گونه ناک آوت یا بازشوی کاندوئیت بدون مهر و موم نباید دسترسی به حفره تجهیزات را فراهم کند. کلیه بازشوهای کاندوئیت باید دارای مقررات مربوط به اتصالات ضد روغن باشد.

واشر یک ماده الاستومری یا ترموپلاستیک یا ترکیبی از یک ماده الاستومری است که برای مطابقت با الزامات مربوط به محفظه تیپ ۲، ۳، R۳، S۳، ۴، X۴، ۶، P۶، ۱۱، ۱۲، K۱۲ یا ۱۳ به کار می‌رود و باید مطابق با تست واشر، در استاندارد محفظه تجهیزات برقی، UL 50 باشد.

هنگامی که یک مولفه، مانند چراغ پیلوت، یک قطع کننده، یک دکمه فشاری، یا یک جزء مشابه دیگر که برای استفاده در یک محفظه اختصاصی زیست محیطی در نظر گرفته شده است با یک محفظه تیپ خاص استفاده می‌شود، باید موارد زیر را رعایت کند:

- الف) مؤلفه برای کاربرد مورد نظر خود در محفظه نماینده، ارزیابی شده است.
- ب) کلیه سخت‌افزارها، وشرها یا سایر قطعات مورد نیاز برای تکمیل نصب همراه با این مؤلفه ارائه می‌شوند.
- استثنا: وقتی که سخت‌افزار، وشر یا سایر قسمت‌ها از سوی سازنده قطعات به صورت کیت در دسترس باشند و برای کاربرد مورد نظر علامت‌گذاری یا رتبه‌بندی شده باشند، لازم نیست که به صورت جدا همراه با مؤلفه فراهم شوند.
- ج) دستورالعمل‌های نصب از جمله اطلاعات مربوط به محل حفره مونتاژ، باز کردن پیکربندی و اطلاعات مشابه، در بسته مؤلفه یا روی یک ورق که در داخل بسته مؤلفه قرار می‌گیرد، ارائه شده است.
- د) مؤلفه، کارتن، یا برگه دستورالعمل همراه آن باید برای استفاده در سطح صاف از محفظه تیپ خاص در ساخت و ساز مشخص یا رتبه‌بندی شود.
- برای جلوگیری از تجمع آب در بالاتر از سطح، که منجر به خیس شدن یک قسمت الکتریکی یا باز شدن اتصال کاندوئیت یا قسمت کمکی در زیر کلیه جوانب نصب شده توسط دستورالعمل نصب، باید در تمام واحدها سوراخ تخلیه ایجاد شود.
- استثنا: واحدی که در معرض تست باران و شبیه‌ساز باران قرار گرفته است و آب به داخل نگهدارنده نفوذ نمی‌کند، نیازی به داشتن سوراخ زهکشی ندارد.

جدول ۴-۹: اندازه سوراخ‌های زهکشی

شکل بازشو	حداقل ابعاد		حداقل مساحت		حداکثر ابعاد		حداکثر مساحت	
	mm	(inch)	mm ²	(inch ²)	mm	(inch)	cm ²	(inches ²)
Slot	۳/۲	(۱/۸)	۷/۷۴	(۰/۰۱۲)	۹/۶	(۳/۸)	۹/۶۸	(۱-۱/۲)
	(width)				(width)			
Square	۳/۲	(۱/۸)	—		۱۲/۷	(۱/۲)	—	
	(side)				(side)			
Round	۳/۲	(۱/۸)	—		۱۲/۷	(۱/۲)	—	
	(diameter)				(diameter)			
Irregular	—		۷/۷۴	(۰/۰۱۲)	—		۹/۶۸	(۱-۱/۲)

۴-۶- محافظت در برابر خوردگی

قطعات آهن و فولاد باید با لعاب دادن، گالوانیزه شدن، آبکاری یا سایر وسایل معادل آن در برابر خوردگی محافظت شوند. این امر در مورد تمام فنرها و سایر قسمت‌هایی که برای عملکرد مکانیکی مورد نظر به آنها اعتماد می‌شود صدق می‌کند.

استثناء شماره ۱: برای قطعاتی از قبیل یاتاقان‌ها و عناصر حرارتی، چنین محافظتی غیر عملی است.

استثناء شماره ۲: قطعات کوچکی از آهن یا فولاد مانند واشر، پیچ و یا پیچ و مهره که دارای جریان نیستند و در مسیر رسانای زمین تجهیزات قرار ندارند، هنگامی که خوردگی چنین قطعات محافظت نشده‌ای منجر به خطر آتش‌سوزی، برق‌گرفتگی یا آسیب‌دیدگی افراد نشود.

استثناء شماره ۳: قطعات ساخته شده از فولاد ضد زنگ.

۷-۴- مونتاز مکانیکی

واحد باید به گونه‌ای مونتاز شود که تحت تاثیر لرزش عملکرد طبیعی قرار نگیرد.

سوئیچ، نگهدارنده فیوز یا نگهدارنده لامپ باید به طور ایمن نصب شده باشد و از چرخش یا تغییر در صفحه نصب آن جلوگیری شود.

استثنا: شرط جلوگیری از تغییر یا چرخش سوئیچ در موارد زیر اعمال نمی‌شود:

الف) سوئیچ، یک پیستون غوطه‌ور، اسلاید یا نوع دیگری است که هنگام کار نمی‌چرخد. سوئیچ در معرض نیروهای است که تمایل دارند سوئیچ را هنگام کار عادی بچرخانند.

ب) وسایل نصب سوئیچ مانع از شل شدن سوئیچ در حین کار می‌شود،

ج) زمانی که سوئیچ می‌چرخد، فواصل نباید کمتر از حداقل فاصله مشخص شده در «فواصل، بخش ۴-۲۴» یا «فواصل متناوب، فواصل استاندارد و فواصل خزشی، بخش ۴-۲۵» باشد.

د) عملکرد عادی سوئیچ با کمک وسایل مکانیکی است نه تماس مستقیم افراد.

اصطکاک بین سطوح باید تنها وسیله برای جلوگیری از جابجایی یا چرخش قطعات حامل جریان در دستگاهی باشد که وسایل مونتاز تک سوراخی دارد. وسیله اضافی مانند واشر قفل نیز می‌تواند استفاده شود.

۸-۴- نصب

برای نصب ایمن یک واحد در موقعیت باید تدارکات لازم فراهم شود. پیچ‌ها، مهره‌ها یا سایر قسمت‌هایی که برای نصب واحد مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید مستقل از وسایل مورد استفاده در تامین ایمنی مولفه‌ها در فریم، پایه یا پل باشند.

استثنا: برای واحدهای مستقل و یا آنهایی که بر روی زمین قرار دارند، تدارکاتی برای مونتاز لازم نیست.

برای محل قرارگیری پیچ مونتاز، باید یک سوراخ کلید با حداقل یک سوراخ گرد برای انطباق یک پیچ مونتاز دائمی وجود داشته باشد. سوراخ کلید باید طوری تنظیم شود که پیچ دیواری وارد محفظه‌ای که شامل قطعات الکتریکی است، نشود و فاصله‌ها را به کمتر از موارد مشخص شده در «فواصل، بخش ۴-۲۴» یا «فواصل متناوب، فواصل استاندارد و فواصل خزشی، بخش ۴-۲۵» کاهش ندهد.

واحدها نباید دارای چرخ (چرخک) باشند مگر اینکه از چرخ‌ها صرفاً برای حمل و نقل واحد استفاده شود و واحدهایی که پس از نصب باید به پایین آورده شوند باید دارای چهار پایه تراز باشند و یا واحد باید دارای وسیله‌ای معادل آن برای تامین ایمنی در موقعیت باشد.

۴-۹- محافظت از کاربران- دسترسی به قطعات حامل جریان غیر عایق

الزامات مندرج در این بخش مربوط به بخشی است که برای کاربر قابل دسترسی است.

برای کاهش پتانسیل تماس غیر عمدی که شامل خطر برق‌گرفتگی در یک قسمت حامل جریان غیر عایق یا سیم با روکش، انرژی الکتریکی - سطح جریان بالا، یا آسیب دیدگی افراد از قسمت متحرک باشد، باید بازشویی در محفظه مطابق با (الف) یا (ب) وجود داشته باشد:

الف) برای بازشویی که دارای ابعاد جزئی کمتر از ۲۵/۴ میلی‌متر (۱ اینچ) باشد نباید توسط یک پروب (شکل ۴-۴) با سیم تماس داشت.

ب) برای دهانه‌ای که دارای ابعاد جزئی ۲۵/۴ میلی‌متر (۱ اینچ) یا بیشتر باشد، بخش یا سیم باید از بازشو مطابق جدول ۴-۱۰ فاصله داشته باشد.

پروپ نشان داده شده در شکل ۴-۴ باید در هر عمقی استفاده شود. باید قبل، حین و بعد از قرار دادن در موقعیت از طریق بازشو به هر موقعیتی که برای بررسی محفظه لازم باشد چرخانده یا زاویه‌دار شود. پروپ باید در هر پیکربندی قابل استفاده باشد. و در صورت لزوم، پیکربندی می‌تواند پس از وجود پروپ از طریق بازشو تغییر یابد.

پروپ مذکور باید به عنوان یک ابزار اندازه‌گیری برای بررسی دسترسی که از طریق بازشو فراهم شده است، استفاده شود و نه به عنوان ابزاری برای بررسی استحکام یک ماده. پروپ مذکور باید با حداکثر نیروی ۴/۴ نانومتر (۱ پوند) استفاده شود.

ابعاد جزئی از یک بازشو برابر با قطر بزرگترین پروپ استوانه‌ای است که می‌تواند از طریق بازشو داخل شود. زمانی که پین آزمایشی که در شکل ۴-۴ نشان داده شده است، از طریق بازشویی در محفظه وارد می‌شود نباید با هیچ بخش حامل جریان بدون عایق که خطر برق‌گرفتگی دارد، تماس داشته باشد.

پروپ نشان داده شده در شکل ۴-۴ باید بتواند از کلیه بازشوها، از جمله آنهایی که قسمت پایین دستگاه قرار داده می‌شود، وارد شود. این واحد باید طوری تنظیم شود که تمام قسمت پایین برای درج پروپ قابل دسترسی باشد.

استثنا: برای بازشوهایی موجود در کف یک واحد، پروپ و پین آزمایشی فقط باید داخل بازشوهایی شوند که بدون نوسان و چرخش هستند، یا در غیر این صورت باید واحد را از موقعیت نصب شده خود حرکت داد.

در حین بررسی یک واحد، قسمتی از محفظه که می‌تواند توسط کاربر بدون استفاده از ابزار باز و یا حذف شود (برای پیوست کردن لوازم جانبی، تنظیم عملیاتی، دسترسی به فیوز یا دستگاه محافظ بار اضافی، و یا به دلایل دیگر) باید باز یا

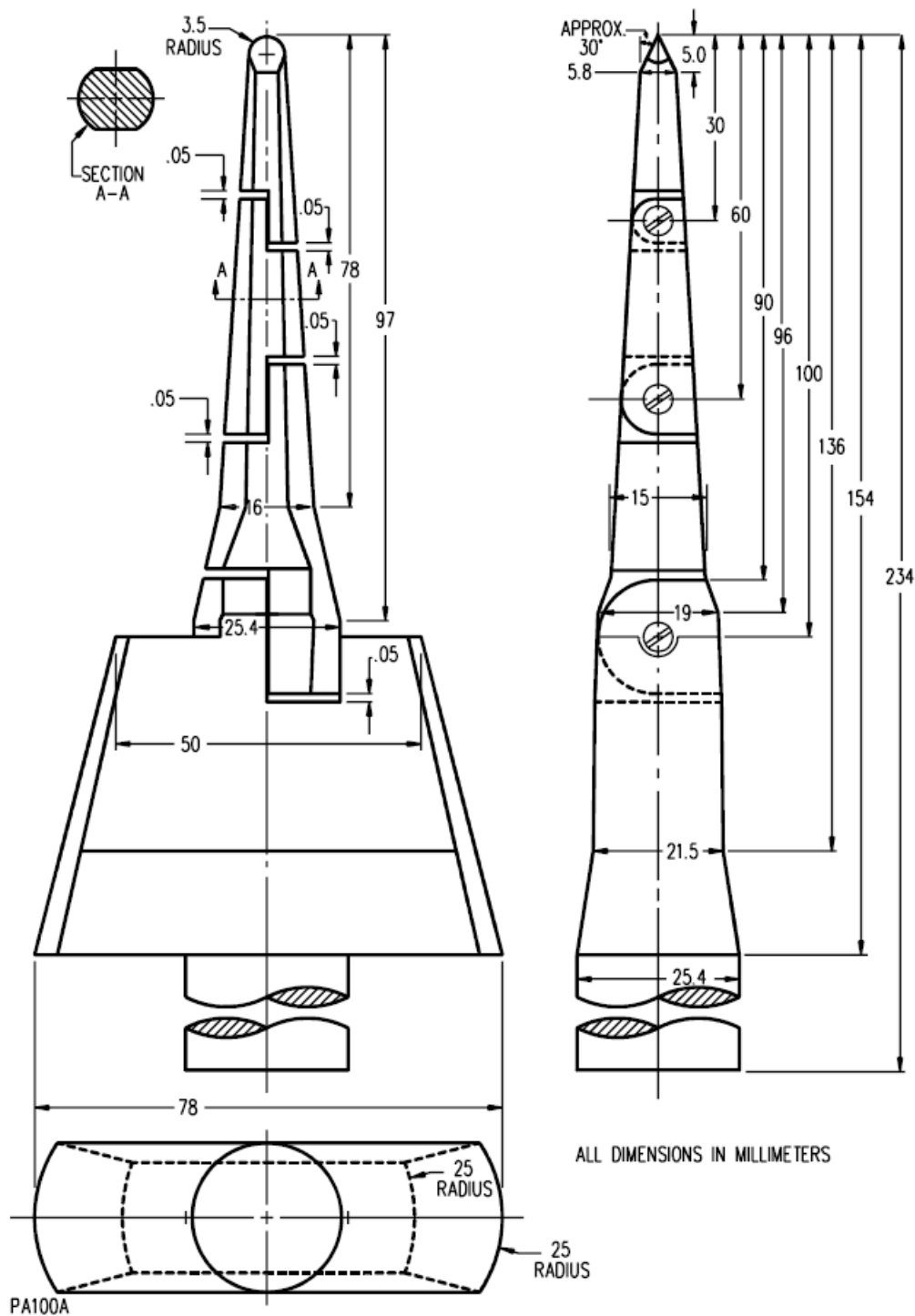
حذف شود. یک بست، مانند پیچ انگشتی پیچ گوشتی خور که قادر به چرخش با دست نیز می‌باشد، نیازی به استفاده از ابزار ندارد.

جدول ۴-۱۰: حداقل فاصله از قسمت بازشو به قسمتی با خطر برق گرفتگی، جریان الکتریکی بالا یا آسیب‌دیدگی افراد

حداقل فاصله از بازشوها تا قسمت مورد نظر b		ابعاد جزئی بازشوها a, b	
(inch)	mm	(inch)	mm
(۶-۱/۲)	۱۶۵/۰	(۱)	۲۵/۴
(۷-۱/۲)	۱۹۰/۰	(۱-۱/۴)	۳۱/۸
(۱۲-۱/۲)	۳۱۸/۰	(۱-۱/۲)	۳۸/۱
(۱۵-۱/۲)	۳۹۴/۰	(۱-۷/۸)	۴۷/۶
(۱۷-۱/۲)	۴۴۴/۰	(۲-۱/۲)	۵۴/۰
(۳۰)	۷۶۲/۰	(c)	

a- بین ۲۵/۴ و ۵۴/۰ میلی‌متر، اینترپولاسیون برای تعیین مقدار بین مقادیر مشخص شده در جدول استفاده می‌شود.

b- بیش از ۵۴/۰ میلی‌متر، و کمتر از ۱۵۲/۰ میلی‌متر (۵/۹۸ اینچ).



شکل ۴-۴: پروب دسترسی

۴-۱۰- محافظت از پرسنل خدمات

الزامات مندرج در این بخش برای محافظت از پرسنل خدماتی اعمال می‌شود که به قسمت‌های زیر و رو و اطراف بخش‌های الکتریکی غیر عایق یا قطعات متحرک، برای انجام تنظیمات یا اندازه‌گیری‌ها در هنگام کار با واحد دسترسی دارند. برای الزامات مربوط به محافظت از کاربران، به بخش حفاظت از کاربران - دسترسی به قطعات دارای جریان غیر عایق، مراجعه کنید.

قطعات دارای جریان باید مرتب شوند و درپوش‌هایی بر روی آنها قرار گیرد تا خطر برق گرفتگی یا میزان انرژی الکتریکی بالا را در حین برداشتن و جایگزینی آنها حذف کرده و یا کاهش دهد.

یک بخش غیرعایق دارای جریان که خطر برق گرفتگی یا سطح بالای انرژی الکتریکی دارد و یک قسمت متحرک که خطر آسیب‌دیدگی افراد را در پی دارد باید در محل قرار گرفته، محافظت یا محصور شود تا از تماس غیر عمدی توسط پرسنل خدمات؛ در حین تنظیمات و یا تنظیم مجدد کنترل‌ها، اقدامات مکانیکی سرویس قطعات که با تجهیزات دارای انرژی انجام می‌شوند مانند روغن‌کاری موتور و غیره جلوگیری نماید.

قطعات دارای جریان شامل خطر برق گرفتگی یا سطح بالای انرژی الکتریکی و واقع در قسمت پشتی درب باید محافظت یا عایق‌بندی شوند تا از تماس غیر عمدی با قطعات حامل جریان توسط پرسنل خدمات محافظت شود.

مؤلفه‌ای که نیاز به معاینه، تنظیم مجدد، تنظیم، سرویس‌دهی یا تعمیر و نگهداری در هنگام کار دارد باید با توجه به سایر اجزاء و با توجه به قطعات فلزی زمینی مستقر و نصب شود به گونه‌ای که بدون قرار دادن پرسنل خدمات در معرض خطر برق گرفتگی، سطح جریان الکتریکی بالا و یا صدمه دیدن قطعات توسط قطعات متحرک مجاور، قابل دسترسی باشند. نباید سایر اجزاء یا سیم‌کشی‌ها مانع دسترسی به یک مؤلفه شود.

برای تنظیمی که قرار است توسط یک پیچ گوشتی یا ابزار مشابه در هنگام کار دستگاه ایجاد شود، باید حفاظت لازم در برابر تماس ناخواسته با قطعات دارای جریان غیر عایق مجاور که احتمال خطر برق گرفتگی دارد، صورت گیرد. این محافظت می‌تواند توسط موارد زیر ارائه شود:

الف) قرار دادن بخش تنظیمات به دور از قسمت‌های دارای جریان غیر عایق دارای خطر برق گرفتگی،

ب) قرار دادن یک محافظ برای کاهش پتانسیل تماس با قطعات دارای جریان غیر عایق.

هر هیت سینک دارای جریان برای یک مؤلفه حالت جامد، یا رله فریم دارای جریان و اجزاء مشابه آن که شامل خطر برق گرفتگی یا سطح انرژی الکتریکی بالا است و قابل اشتباه با dead metal (فلز بدون جریان) است باید در برابر تماس غیر عمدی توسط پرسنل خدمات محافظت شود و یا مطابق با ۴-۶۴- مشخص شود.

استثنا: این الزام در مورد هیت سینک که روی صفحه سیم‌کشی چاپی مونتاژ شده، اعمال نمی‌شود.

برای قسمت متحرک که خطر آسیب‌دیدگی افراد را در پی دارد، در حین انجام عملیات خدماتی که شامل قسمت در حال حرکت نمی‌باشد، باید از تماس غیر عمدی با قطعات متحرک محافظت به عمل آید.

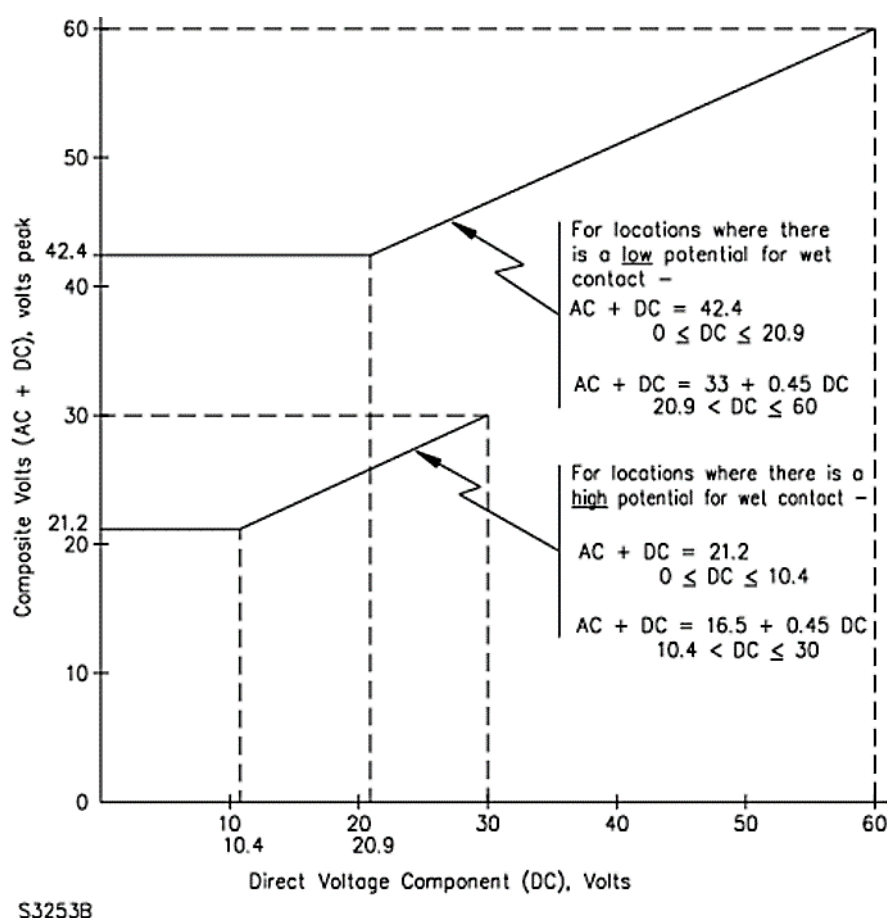
۱۱-۴- برق گرفتگی

۱-۱۱-۴- ولتاژ

قسمت حامل جریان در صورت داشتن مقدار ولتاژ مشخص شده در جدول ۱۱-۴، خطر برق گرفتگی را شامل نمی‌شود.

جدول ۱۱-۴: خطر برق گرفتگی - حداکثر ولتاژ

ردیف	نوع ولتاژ	واحدهای داخلی (پتانسیل کم برای تماس مرطوب)	واحدهای مورد استفاده در فضای باز (پتانسیل بالا برای تماس مرطوب - غوطه‌وری را شامل نمی‌شود)
۱	AC سینوسی	۳۰ V rms	۱۵ V rms
۲	AC غیر سینوسی	۴۲/۴ V peak	۲۱/۲ V peak
۳	DC خالص	۶۰ V	۳۰ V
۴	DC با نرخ ۱۰ تا ۲۰۰ هرتز قطع شد	۲۴/۸ V peak	۱۲/۴ V peak
۵	ترکیبی از AC و DC سینوسی در فرکانس‌های بیشتر از ۱۰۰ هرتز	شکل ۵-۴	شکل ۵-۴



شکل ۴-۵: حداکثر ولتاژ برای حالت ۵ جدول ۴-۱۱

۴-۱۱-۲- انرژی ذخیره شده

ظرفیت خازنی بین ترمینال‌های خازنی که مطابق با استاندارد محافظت از کاربران - دسترسی به قطعات دارای جریان غیر عایق، و حفاظت از پرسنل خدمات، است باید موارد زیر را فراهم کند:

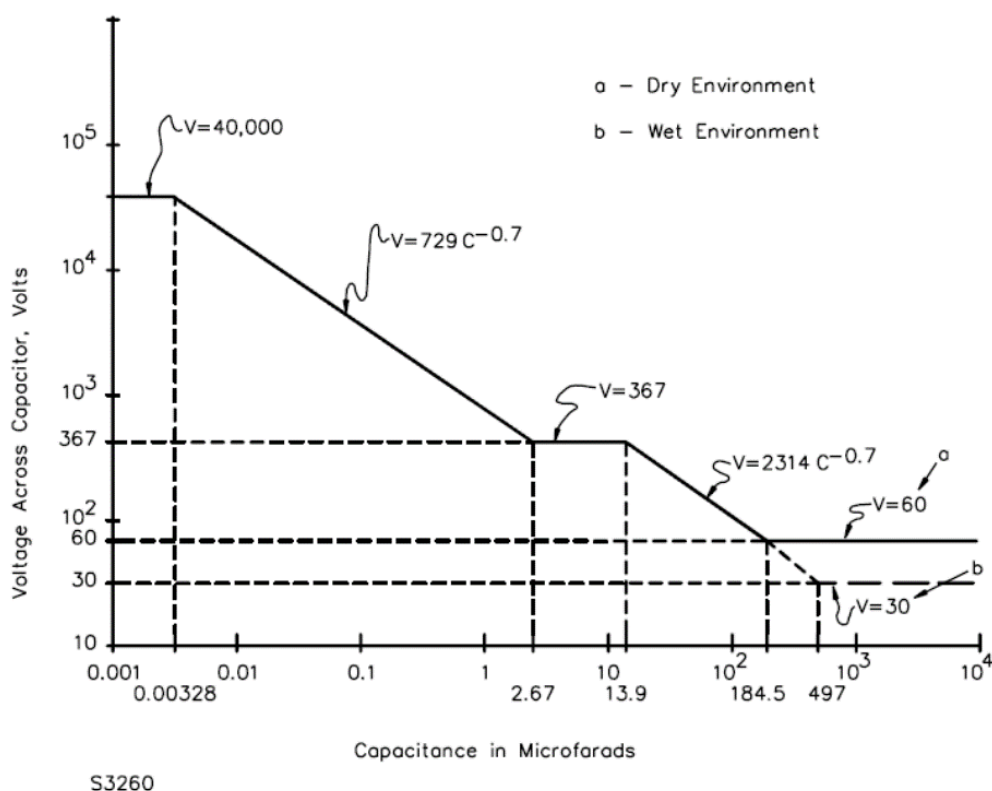
به گونه‌ای که $C < 0.00328$	$V < 40,000$
به گونه‌ای که $C < 2.67 \text{ } \& 0.00328$	$V < 729 C - 0.7$
به گونه‌ای که در یک محیط خشک $C < 13.9 \text{ } \& 13.9$	$V < 2314 C - 0.7$
به گونه‌ای که در یک محیط خشک $C < 184.5$	$V < 60$
به گونه‌ای که در محیط مرطوب $C < 13.9$	$V < 2314 C - 0.7$
به گونه‌ای که در محیط مرطوب $C < 497$	$V < 30$

که در آن:

C ظرفیت خازن با واحد میکروفاراد و V ولتاژ خازن است. مقادیر محاسبه شده معمولی در جدول ۴-۱۲ مشخص شده‌اند و معادله به صورت گرافیکی در شکل ۴-۶ نشان داده شده است.

جدول ۴-۱۲: خطر برق گرفتگی- جریان انرژی ذخیره شده

محیط	ظرفیت خازن به میکروفاراد	حداکثر ولتاژ در خازن، در پیک ولتاژ
مرطوب و خشک	۰/۰۰۳۲۸ یا کمتر	۴۰۰۰۰
	۰/۰۰۵	۲۹۷۴۹
	۰/۰۱	۱۸۳۱۳
	۰/۰۲	۱۱۲۷۳
	۰/۰۵	۵۹۳۶
	۰/۱	۳۶۵۴
	۰/۲	۲۲۴۹
	۰/۵	۱۱۸۴
	۱/۰	۷۲۹
	۲/۰	۴۴۹
	۲/۰	۴۴۹
	۲/۶۷ تا ۱۳/۹	۳۶۷
	۲۰/۰	۲۸۴
	۵۰/۰	۱۵
	۱۰۰/۰	۹۲/۱
	۱۸۴/۵	۶۰/۰
خشک	۱۸۴/۵ یا بیشتر	۶۰/۰
مرطوب	۲۰۰	۵۶/۷
	۴۹۷ یا بیشتر	۳۰/۰



شکل ۴-۶: محدودیت ولتاژ در خازن‌ها

با توجه به مباحث مذکور، لازم است بخش دارای ولتاژ پیک بیش از ۴۰ کیلوولت؛ به منظور وجود خطر برق گرفتگی بررسی شود.

برای تخلیه بار ذخیره شده در یک خازن باید وسیله‌ای مانند مقاومت باشد تا خطر برق گرفتگی یا خطر سطح جریان الکتریکی بالا وجود نداشته باشد. خطر برق گرفتگی هنگامی وجود دارد که ولتاژ خازن، از حد مشخص شده فراتر رود، خطر جریان بالای انرژی الکتریکی زمانی وجود دارد که انرژی ذخیره شده طبق معادله زیر بیشتر از ۲۰ ژول باشد:

$$j = 5 \times 10^{-7} CV^2 \quad (4-1)$$

که در آن:

l: انرژی ذخیره شده به ژول،

C: ظرفیت خازن به میکروفاراد و

V: ولتاژ تعیین شده مطابق تست ولتاژ خازن است.

استثناء شماره ۱: این شرط در موارد زیر اعمال نمی‌شود:

(الف) برای حذف پانل به منظور دسترسی به خازن یا قسمت‌های غیر عایق در مدار مرتبط، به یک پانل نیاز باشد.

(ب) زمان لازم برای تخلیه خازن در محدودیت‌های مشخص شده کمتر از ۵ دقیقه باشد، و

(ج) واحد مطابق با بند ۴-۶۴- مشخص شده باشد.

استثناء شماره ۲: این شرط در موارد زیر اعمال نمی‌شود:

(الف) واحد مطابق با بند ۴-۶۴- مشخص شده باشد.

(ب) این واحد دارای یک مدار عایق داخلی است که با فعال کردن یک سوئیچ یا با وصل کردن یک کانکتور، خازن یا بانک خازنی را تخلیه می‌کند. در صورت استفاده از کانکتور یا سوئیچ از نوع غیر لحظه‌ای، مدار برای کار مداوم ساخته و ارزیابی می‌شود. چنانچه از سوئیچ لحظه‌ای استفاده شود، خازن یا بانک خازنی باید مطابق جدول ۴-۱۲ ظرف ۱ دقیقه به سطوح تخلیه شود.

استثناء شماره ۳: این شرط در صورتی اعمال نمی‌شود که:

(الف) ترمینال‌های خازن و تمام قسمت‌های متصل به این ترمینال‌ها عایق‌بندی شده باشند تا از سرویس دهنده در برابر تماس با این ترمینال‌ها و قطعات محافظت شود و
(ب) علائم احتیاطی مطابق با بند ۴-۶۴- ارائه شده است.

۴-۱۲- سوئیچ و کنترل

سوئیچ AC یا DC یا دستگاه کنترل مشابه باید دارای درجه‌بندی ولتاژ و جریان بیشتر یا برابر با ولتاژ و جریان مداری باشد که در هنگام عملکرد واحد، آن را کنترل می‌کند.

یک سوئیچ مدار اولیه که بار القایی دارای ضریب توان کمتر از ۷۵ درصد را کنترل می‌کند و دارای درجه دقیق نیست:

(الف) نباید در شرایط عملیاتی عادی، کمتر از دو برابر حداکثر جریان بار درجه‌بندی شود، یا

(ب) باید برای کاربرد بررسی شود.

سوئیچ مورد استفاده برای اتصال بار به منابع یا پتانسیل‌های مختلف باید برای چنین استفاده‌ای درجه‌بندی شود. سوئیچی که برای تعویض ولت‌متر، فرکانس‌سنج یا سنج ضریب توان بین فازهای مختلف استفاده می‌شود نیز باید چنین باشد. سوئیچ یا دستگاه دیگری که بار کوئل رله، کوئل سلونوئید یا کوئل مشابه را کنترل می‌کند، باید دارای نرخ مجاز وظیفه پیلوت^۱ باشد.

دستگاهی که برای استارت بر روی خط یک موتور جریان متناوب دارای درجه‌بندی می‌باشد، برای وظیفه پیلوت جریان متناوب بدون آزمایش‌های بیشتر، هنگامی که ضریب توان ۰/۵ یا کمتر باشد و جریان اضافه بار حداقل ۱۵۰ درصد جریان هجومی وظیفه پیلوت در همان ولتاژ باشد، قابل استفاده است. دستگاه‌های سوئیچینگ مطابق جدول ۴-۱۳ با این نیاز تطابق دارند.

^۱ pilot-duty rating

جدول ۴-۱۳: درجه‌بندی توان اسب بخار در مقابل درجه‌بندی وظیفه پابلوت

امتیاز اسب بخار ۱ فاز (۱۲۰ - ۶۰۰ ولت)	نرخ مجاز وظیفه پابلوت AC
۱/۱۰	۱۲۵ VA (light duty)
۱/۲	۳۶۰ VA (standard duty)
۱	۷۲۰ VA (heavy duty)

درجه بندی هر قطب از سوئیچ سریع به عنوان سوئیچ ۲ مدار، ۳ مدار یا چند مدار مانع از این نمی شود که بصورت جداگانه برای درجه‌بندی ولتاژ کامل سوئیچ ارزیابی شود. بهمین ترتیب، درجه بندی هر قطب از سوئیچ سریع به عنوان سوئیچ ۳ قطبی با ۲۴۰ ولت، مانع کنترل یک بار جداگانه ۱۲۰ ولت نمی‌شود. همچنین، درجه بندی هر قطب یک سوئیچ سریع به عنوان سوئیچ ۲۴۰ ولت، ۳ قطبی مانع از کنترل جداگانه بار با بیش از ۱۳۹ ولت و سه قطب از کنترل سه پایه از یک بار سه‌فاز ۲۴۰ ولت نخواهد شد.

یک سوئیچ سریع ۲۴۰ ولت یا ۲۵۰ ولت در یک مدار با بیش از ۱۲۰ ولت به زمین باید برای چنین کاربردی درجه‌بندی شود.

یک سوئیچ نباید اتصال رسانا با زمین را قطع کند.

استثناء شماره ۱: اتصال به زمین می‌تواند توسط یک سوئیچ که به طور همزمان همه اتصالات مدار را قطع می‌کند، قطع شود.

استثناء شماره ۲: سوئیچی که اتصال به زمین را قطع می‌کند باید به شکلی تنظیم شده باشد که در صورت عدم قطع سایر سیم‌ها، اتصال به زمین نیز قطع نشود.

سوئیچ بای‌پس یا نگهدارنده بای‌پس که برای اتصال مستقیم بار به منبع بای‌پس استفاده می‌شود، باید مطابق استاندارد تجهیزات سوئیچ انتقال، UL 1008 باشد.

استثنا: سوئیچ بای‌پس یا نگهدارنده بای‌پس مطابق با آزمایش انتقال بار، لازم نیست که با UL 1008 مطابقت داشته باشد.

سوئیچ حالت جامد باید مطابق الزامات مندرج در استاندارد UL 1008 باشد. سوئیچ مکانیکی یا الکترومکانیکی باید مطابق با الزامات سوئیچ‌ها در استاندارد سوئیچ‌های سریع عمومی، UL 20 و استاندارد تجهیزات کنترل صنعتی، UL 508 باشد.

اگر سوئیچ یا قطع کننده مدار، با حرکت دسته‌ای بین حالت روشن و خاموش تغییر وضعیت، مکان بالایی دسته مذکور؛ بایستی موقعیت روشن در نظر گرفته شده باشد.

استثناء: این شرط موارد زیر را شامل نمی‌شود:

- الف) دستگاه سوئیچ بیش از یک موقعیت روشن داشته باشد (مانند سوئیچ بای‌پس)؛
 ب) سوئیچ از نوع سوئیچ دوراهاه باشد؛
 ج) سوئیچ با قابلیت چرخش باشد یا
 د) سوئیچ از نوع سوئیچ راکر باشد.

۴-۱۳- دستگاه قطع اتصال

دستگاه قطع اتصال باید:

- الف) تمام اتصالات غیر زمینی مدار را قطع کند،
 ب) دارای یک سوئیچ دستی یا یک مدار شکن باشد،
 ج) از دسته عامل که از خارج از محفظه قابل دسترسی است یا در پشت یک پوشش لولایی قرار دارد و نیازی به ابزاری برای باز کردن ندارد، استفاده کند و
 د) مطابق با علائم مربوطه مشخص شود.
 در صورتی که دسته عامل دستگاه قطع ارتباط به صورت عمودی کار کند نه به صورت چرخشی یا افقی، موقعیت بالایی دسته باید حالت روشن باشد.
 اگر تأمین توان همراه با استفاده از باتری باشد، فقط یک دستگاه برای قطع اتصال مدار منبع تغذیه از راه دور مورد نیاز است.

۴-۱۴- اتصال خروجی AC

۴-۱۴-۱- اینورتر مستقل

- خروجی AC اینورتر مستقل باید با (الف) یا (ب) یا هر دو مشخص شود:
 الف) دوشاخه و پریز که با الزامات اینورتر دارای خروجی AC مطابق است.
 ب) شرایط اتصال به سیستم سیم‌کشی ثابت مطابق با اتصالات تأمین شده، باشد.
 اینورتر که دارای خروجی AC است باید موارد زیر را رعایت کند:
 الف) خروجی AC باید از نوع اتصال به زمین باشد.
 ب) هادی خروجی AC که به ترمینال سفید یا نقره‌ای پریز متصل است، باید مطابق با پاراگراف اول بخش ۴-۱۹- به زمین متصل شود.

- (ج) لازم است سیستم زمین مطابق توضیحات پیشنهادی، اجرا شود. اتصال پریز به زمین نباید فقط از طریق وسایل نصب انجام شود، از ترمینال زمینی که به عنوان بخشی از پریز می‌باشد نیز استفاده می‌شود.
- (د) پریزهای نصب شده در روکش‌ها نباید فقط با یک پیچ ایمن شوند.
- کلیدهای حفاظت از نشت جریان باید مطابق با استاندارد مدار قطع کننده‌های خطای زمین، UL 943 باشد.

۴-۱۴-۲- اینورترهای در تعامل با تاسیسات

- اینورترهای در تعامل با تاسیسات؛ باید تدارکات لازم را به منظور اتصال سیستم سیم‌کشی مطابق با منبع تغذیه اتصالات، داشته باشند.
- پریز AC برای کاربرد عمومی نمی‌بایستی داخل اینورتر تعبیه شده باشد، مگر اینکه در داخل واحد بوده و فقط برای کارکنان سرویس قابل استفاده باشد.
- اینورتر با خروجی AC باید:
- (الف) دستورالعمل نصب مطابق با بخش ۴-۶۵-۲- باشد و
- (ب) مدار خروجی نباید به محفظه وصل باشد.

۴-۱۵- پریزها

- پریزها با کاربرد عمومی در اینورتر باید دارای اتصال به زمین باشند. برای پریزهای تغذیه شده از مدار AC خروجی اینورتر باید:
- (الف) ترمینال سفید یا نقره‌ای پریز باید متصل به زمین باشد، به هادی زمینی مدار خروجی AC متصل باشد.
- (ب) ترمینال زمین تجهیزات یک پریز باید مطابق با همبندی داخلی برای اتصال زمین، به صورت رسانا به وسایل اتصال به زمین تجهیزات متصل شود.
- (ج) پریز نصب شده در یک پوشش برجسته باید مطابق با بخش ۴۱۰،۵۶ قانون ملی برق آمریکا، ANSI / NFPA 70 باشد.

۴-۱۶- منبع تغذیه

۴-۱۶-۱- کلیات

- یک واحد برای اتصال به سیستم سیم‌کشی باید متشکل از موارد زیر باشد:
- (الف) ترمینال‌های سیم‌کشی و یا رابط‌های سیم‌کشی،
- (ب) وسیله‌ای برای اتصال کابل یا کاندوئیت.

الزامات مذکور در مورد وسایل اتصال سیم‌کشی مدارهای توان ورودی و خروجی AC و DC یک واحد در هنگام نصب واحد اعمال می‌شود.

ترمینال یا رابط سیم‌کشی برای اتصال به هادی سیم‌کشی میدانی که دارای تحمل جریان بر اساس جدول ۳۱۰،۱۶ استاندارد ملی برق امریکا ANSI / NFPA 70 است و دارای حداقل ۱۲۵ درصد از RMS یا جریان DC می‌باشد که مدار در طول شرایط درجه‌بندی شده حمل می‌کند، باید درجه‌بندی شده و اندازه شود. برای تعیین ستون مناسب در جدول ۳۱۰،۱۶ استاندارد مورد نظر، به ۶۶،۴ (L) و (M) مراجعه شود.

۴-۱۶-۲- ترمینال‌های سیم‌کشی

ترمینال سیم‌کشی باید با هر سیمی که برای آن مشخص شده است مطابقت داشته باشد و دارای اتصال دهنده ترمینال فشاری باشد که در کارخانه نصب شده و به طور ایمن در محل قرار گرفته شده باشد به عنوان مثال، به صورت محکم با پیچ و مهره بسته شده باشد.

استثناء شماره ۱: کانکتور ترمینال فشاری نصب شده، این الزامات را برآورده می‌کند.

استثناء شماره ۲: پیچ اتصال سیم که در یک ترمینال سیم‌کشی برای اتصال یک هادی 10 AWG (5.3 mm^2) یا هادی کوچکتر استفاده می‌شود و دارای بالشتک‌های رو به بالا، یک واشر شیشه‌ای یا معادل آن برای نگه داشتن سیم در حالت کار است، این نیاز را تامین می‌کند.

ترمینال سیم‌کشی باید از طریق دیگری به غیر از اصطکاک بین سطوح در موقعیت خود ایمن باشد تا جابجا نشود و تغییر نکند. این کار با دو پیچ یا میخ، پین سر گرد، بالشتک سیم، آفست، و یا توسط یک بند یا گیره اتصال دهنده در قسمت مجاور یا با یک روش معادل انجام می‌شود.

استثنا: کانکتور ترمینال فشاری، می‌تواند هنگامی که فاصله با موارد ذکر شده در «فواصل، بخش ۴-۲۴» مطابقت دارد، و هنگامی که کانکتور در موقعیتی قرار دارد که منجر به کمترین فاصله بین ترمینال‌های مجاور و همچنین بین ترمینال‌ها و فلز بدون جریان شود، بچرخد.

با استناد به استثناء شماره ۱، در صورت برآورده شدن شرایط (الف) - (ه)، کانکتور ترمینال فشاری لازم نیست که در کارخانه نصب شود:

(الف) یک یا چند مجموعه ترمینال مؤلفه باید از سوی تولید کننده واحد یا سایر افراد موجود باشد و در دفترچه راهنما مشخص شده باشد.

(ب) سخت‌افزارهای چفت و بست مانند گل میخ، مهره، پیچ، فنر، یا واشر تخت و سخت‌افزارهای مشابه، در صورت نیاز برای نصب مؤثر، باید:

(۱) به عنوان بخشی از مونتاژ ترمینال ارائه شود،

- (۲) باید بر روی واحد بسته شده باشد یا در بسته‌بندی جداگانه ارائه شود یا
- (۳) در دفترچه راهنما مشخص شده باشد.
- (ج) مونتاژ ترمینال نباید شامل شل کردن یا جداسازی قطعات دیگر به غیر از یک پوشش یا قسمت دیگری که به محل ترمینال دسترسی دارد، باشد. وسایل ایمنی کانکتور ترمینال باید قبل و بعد از نصب هادی‌ها به منظور محکم کردن به آسانی قابل دسترس باشند.
- (د) هنگامی که کانکتور ترمینال فشاری ارائه شده در مونتاژ ترمینال نیاز به استفاده از ابزار دیگری برای ایمن‌سازی هادی داشته باشد، شناسایی ابزار و هرگونه دستورالعمل اضافی باید در بسته مونتاژ یا همراه با واحد درج شود.
- (ه) نصب کانکتور ترمینال فشاری به روش مورد نظر باعث مطابقت با الزامات این استاندارد می‌شود.
- بلوک ترمینال یا پایه عایق برای پشتیبانی از کانکتور ترمینال فشاری باید مطابق با استاندارد بلوک‌های ترمینال، UL 1059 باشد.
- پیچ اتصال سیم در ترمینال سیم‌کشی نباید کوچکتر از شماره ۱۰ (قطر ۴/۸ میلی‌متر) باشد.
- استثناء شماره ۱: پیچ شماره ۸ (قطر ۴/۲ میلی‌متر) در ترمینال فقط برای اتصال موارد زیر کاربرد دارد:
- الف) هادی AWG14 (2.1) mm².
- ب) هادی مدار کنترل AWG 16 یا ۱۸ (۱/۳ یا ۰/۸۲ میلی‌متر مربع).
- استثناء شماره ۲: پیچ شماره ۶ (قطر ۵/۳ میلی‌متر) برای اتصال هادی مدار کنترل AWG 16 یا ۱۸ (۱/۳ یا ۰/۸۲ میلی‌متر مربع) قابل استفاده است.
- پیچ اتصال سیم باید در فلز فرو رود. صفحه انتهایی که به پیچ اتصال سیم وصل می‌شود باید از فلز با ضخامت کمتر از ۱/۲۷ میلی‌متر (۰/۵۰ اینچ) باشد.
- استثنا: صفحه انتهایی که از فلزی با ضخامت کمتر از ۱/۲۷ میلی‌متر (۰/۵۰ اینچ) ساخته شده است مطابق با شرایطی است که در یک مدار کم ولتاژ (LVLE) یا مداری با انرژی محدود (LE) استفاده می‌شود و شیارهای عرضی در واقع کابل‌هایی هستند که قادر به تحمل گشتاور سفت کردن مندرج در جدول ۴-۱۴ هستند بدون اینکه روکش آنها جدا شود.

جدول ۴-۱۴: گشتاور سفت کردن برای پیچ‌های اتصال سیم

اندازه پیچ ترمینال شماره (قطر، mm)	اندازه سیم تست شده AWG (mm ²)	گشتاور سفت کردن متر نیوتن (Pound-inch)
۶ (۳/۵)	Stranded ۱۶ – ۱۸ (۱/۳ – ۰/۸۲)	۱/۴ (۱۲)

۱/۸ (۱۶)	Solid ۱۴ (۲/۱) and Stranded ۱۶-۱۸ (۱/۳-۰/۸۲)	۸ (۴/۲)
۲/۳ (۲)	Solid ۱۰ - ۱۴ (۴/۸ - ۲/۱) and Stranded ۱۶ - ۱۸ (۱/۳ - ۰/۸۲)	۱۰ (۴/۸)

در فلز صفحه ترمینال باید دو یا چند رزوه کامل وجود داشته باشد. این فلز قرار است در سوراخ شیاردار اکستروود شود تا حداقل دو رزوه کاملاً فراهم شود.

استثنا: اگر تعداد رزوه کمتر همراه با استحکام در اتصال باشد بطوریکه با اعمال گشتاور ارائه شده در جدول ۴-۱۴ روکششان خراب نشود، وجود دو رزوه کامل برای یک ترمینال در مدار با ولتاژ کم یا با انرژی محدود (LVLE) یا مدار با انرژی محدود (LE) الزامی نیست. یک ترمینال برای اتصال سیم هادی متصل به زمین یک مدار AC مشخص می‌شود.

۴-۱۶-۳- رابط‌های سیم

اندازه رابط‌ها در سیم‌کشی میدان نباید بیش از دو درجه از سیم مسی متصل به آن کوچکتر باشد. همچنین اندازه آن نباید کمتر از 18 AWG (۰/۸۲ میلی‌متر مربع) باشد. به عنوان مثال، یک رابط سیم‌کشی میدانی 10 AWG (۵/۳ میلی‌متر مربع) یا بزرگتر برای اتصال به یک هادی 6 AWG (۱۳/۳ میلی‌متر مربع) لازم است. طول رابط سیم‌کشی میدانی نباید کمتر از ۱۵۲/۴ میلی‌متر (۶ اینچ) باشد.

استثنا: در صورتی یک رابط قادر است بیش از دو اندازه کوچکتر از هادی مسی باشد و از 18 AWG کوچکتر نباشد، که بیش از یک رابط مس کارخانه‌ای برای اتصال به همان رابط ارائه شده توسط میدان در نظر گرفته شده باشد، و سازه با موارد زیر مطابقت داشته باشد:

الف) کانکتور سیم برای اتصال سیم ارائه شده توسط میدان به عنوان بخشی از واحد یا مونتاژ کنترل از راه دور می‌باشد که در کارخانه نصب شده است و کانکتور سیم برای ترکیبی از سیم‌هایی که قرار است تقسیم شوند، رتبه‌بندی می‌شود.
ب) رابط‌های ارائه شده توسط کارخانه به صورت خوشه‌ای یا اشکال دیگر درست می‌شوند تا تنش فقط در یک رابط ایجاد نشود.

ج) دستورالعمل مطابق با ۴-۶۶- ارائه شده است.

رابط سیم‌کشی میدانی باید از سیم‌های ساختمانی عمومی یا سایر سیم‌کشی‌هایی برخوردار باشد که دارای عایق‌های زیر هستند:

الف) مواد ترموپلاستیک ضخیم حداقل ۰/۸ میلی‌متر (۳۲/۱ اینچ)،

ب) لاستیک ضخیم حداقل ۰/۴ میلی‌متر (۶۴/۱ اینچ) به همراه یک پوشش در هم تنیده برای کاربردهای ۳۰۰ ولت یا

کمتر، یا

ج) لاستیک حداقل ۰/۸ میلی‌متر ضخامت و یک پوشش در هم تنیده برای کاربردهای بین ۳۰۱ و ۶۰۰ ولت. رابط سیم‌کشی میدانی باید با تست تسکین کرنش مطابقت داشته باشد.

رابط سیم‌کشی میدانی که برای اتصال به مدار ولتاژ خط خارجی تهیه شده است نباید به پیچ اتصال سیم یا کانکتور ترمینال فشاری مستقر در همان محفظه به عنوان انتهای آزاد رابط سیم‌کشی وصل شود مگر اینکه پیچ یا کانکتور برای اتصال سیم‌کشی میدانی به مناسب نباشد و یا:

الف) رابط در انتهای بدون اتصال عایق‌بندی شود و

ب) علامت گذاری بر روی واحد ارائه شود.

انتهای آزاد رابط سیم‌کشی میدانی که در نصب استفاده نمی‌شود، باید مانند رابط سر وسط (تپ) یک ترانسفورماتور چند ولتاژ، عایق‌بندی شود.

۴-۱۶-۴ - محفظه سیم‌کشی

محفظه سیم‌کشی برای یک واحد باید به گونه‌ای باشد که اتصالات سیم در آن، بدون ایجاد مزاحمت در سیم‌کشی کارخانه یا میدانی، پس از نصب واحد به روش مورد نظر، برای بازرسی در دسترس باشند.

محفظه سیم‌کشی، سیم‌رو یا وسیله مشابه برای مسیریابی و ذخیره‌سازی هادی‌های متصل شده در میدان، نباید حاوی قطعات زبر، تیز و یا حرکتی باشد که امکان آسیب به عایق هادی وجود داشته باشد.

محفظه سیم‌کشی نباید حجمی کمتر از آنچه در جدول ۴-۱۵ مشخص شده است داشته باشد. حجم آن مطابق استاندارد جعبه‌های خروجی فلزی، UL 514A یا استاندارد جعبه‌های خروجی غیر فلزی، جعبه‌های فلاش دستگاه و پوشش‌ها، UL 514C، مطابق با کاربرد تعیین می‌شود. اندازه هیچ محفظه‌ای نباید کمتر از ۱۹/۱ میلی‌متر (۴/۳ اینچ) باشد.

جدول ۴-۱۵: حجم محفظه سیم‌کشی

فضای آزاد برای هر هادی		اندازه محفظه	
(inch ³)	(cm ³)	(mm ²)	AWG
(۱/۵۰)	۲۴/۶۰	(۰/۸۲)	۱۸
(۱/۷۵)	۲۸/۷۰	(۱/۳)	۱۶
(۲/۰۰)	۳۲/۸۰	(۲/۱)	۱۴
(۲/۲۵)	۳۶/۹۰	(۳/۳)	۱۲
(۲/۵۰)	۴۰/۰۰	(۵/۳)	۱۰
(۳/۰)	۴۹/۲۰	(۸/۴)	۸
(۵/۰۰)	۸۲/۰	(۱۳/۳)	۶

۴-۱۶-۵- بازشوهای کاندوئیت یا اتصال کابل

برای یک واحد ثابت، باید یک بازشو یا ناک آوت مطابق با الزامات مندرج در بخش ۴-۵-۷- برای اتصال کاندوئیت یا یک سیستم سیم‌کشی کابل فراهم شود.

استثنا: برای واحدی که از کارخانه بدون بازشوهای کاندوئیت یا ناک آوت تهیه شده‌اند، لازم نیست که یک بازشو یا ناک آوت داشته باشد.

۴-۱۶-۶- بازشوهای رساناهای مدار کلاس ۲

بازشو برای ورود یک هادی یا هادی‌های مدار کلاس ۲ مانند مدار کنترل یا حسگر باید دارای بوش عایق‌بندی باشد. بوش باید در کارخانه در قسمت بازشو نصب شود یا در داخل محفظه ارائه شود تا هنگام نصب واحد در دسترس باشد.

استثنا: در موارد زیر بوش لازم نمی‌باشد:

(الف) بازشو برای کابل مسلح باید اندازه‌گیری شده و استفاده شود، و

(ب) دستورالعمل‌های نصب نشان دهد که استفاده از روش‌های سیم‌کشی کلاس ۱ می‌باشد.

فقط برای محفظه‌های نوع ۱، بوش مواد لاستیکی یا لاستیک تهیه شده نباید کمتر از ضخامت ۳/۲ میلی‌متر (۸/۱ اینچ) باشد. با این حال، هنگامی که فلز در اطراف سوراخ پیچیده شده باشد یا به طور مشابه قرار گیرد تا لبه‌های صاف داشته باشد، نباید کمتر از ۱/۲ میلی‌متر (۶۴/۳ اینچ) ضخامت داشته باشد. بوش نباید به گونه‌ای قرار گیرد که در معرض روغن، گریس، بخارهای روغنی یا سایر مواد با تاثیر زیان‌آور قرار گیرد. سوراخی که در آن چنین لولایی نصب شده باشد، نباید دارای لبه‌های تیز، پلیسه و یا برآمدگی‌هایی باشد که می‌تواند به بوش آسیب برسانند.

۴-۱۷- فضای خمش سیم

واحد اتصال دائم که از کانکتورهای ترمینال فشاری استفاده می‌کند، برای اتصال میدانی مدارهای توان باید از فضای خمش سیم در داخل محفظه برای نصب هادی‌ها (از جمله هادی‌های زمینی) استفاده کند.

اندازه هادی باید بر اساس جدول ۳۱۰، ۱۶ قانون ملی برق، آمریکا، ANSI / NFPA 70 باشد.

استثناء شماره ۱: در حالی که واحدی با حداکثر اندازه سیم برای یک هادی نصب شده میدانی مشخص شده باشد، از حداکثر اندازه مشخص شده استفاده می‌شود.

استثناء شماره ۲: موارد مورد نیاز در بند ۴-۱۶-۴- برای بررسی فضای خمش سیم در محفظه سیم‌کشی استفاده شود.

فضای خمش سیم برای هادی‌های نصب شده میدانی باید بر خلاف هر یک از موارد زیر فراهم شود:

(الف) اتصال فشاری مطابق با مشخصات بخش ۴-۱۷،

ب) بازشو یا ناک آوت برای یک کاندوئیت یا سیم‌رو در یک سیم‌راهه، که در پاراگراف آخر بخش ۴-۱۷- مشخص شده است.

در صورتی که هادی بتواند به گونه‌ای نصب شود که از سطح محفظه در مقابل ترمینال سیم خود وارد و خارج شود، فضای خمش سیم باید مطابق جدول ۴-۱۶ مشخص شود. یک سیم در صورتی می‌تواند از قسمت بالا، عقب، پایین یا سطح جانبی محفظه خارج شود که یک باز شو برای یک سیم، رو یا لوله برق وجود داشته باشد.

جدول ۴-۱۶: حداقل فضای خمشی برای هادی‌ها از میان دیواری در مقابل ترمینال‌ها

سیم‌ها در هر ترمینال (قطب) a											اندازه سیم AWG Kcmil (mm2)	
۴ یا بیشتر			۳			۲		۱				
Mm (inch)			Mm (inch)			Mm (inch)		(inch) Mm			-۵/۳ (۲/۱)	۱۰-۱۴
								مشخص نشده است				
								(۱-۱/۲)		۳۸/۱	(۸/۴)	۸
								(۲)		۵۰/۸	(۱۳/۳)	۶
								(۳)		۷۶/۲	(۲۱/۱)	۴
								(۳)		۷۶/۲	(۲۶/۷)	۳
								(۳-۱/۲)		۸۸/۹	(۳۳/۶)	۲
								(۴-۱/۲)		۱۱۴	(۴۲/۴)	۱
			(۷)		۱۷۹	(۵-۱/۲)	۱۴	(۵-۱/۲)		۱۴۰	(۵۳/۵)	۰

سیم‌ها در هر ترمینال (قطب) a											اندازه سیم AWG		
۴ یا بیشتر			۳			۲			۱			(mm2)	Kcmil
Mm (inch)			Mm (inch)			Mm (inch)			(inch) Mm				
			-۱/۲ (۷)		۱۹۱	(۶)		۱۵۲	(۶)		۱۵۲	(۶۷/۴)	۲/۰
			(۸)		۲۰۳	(۶-۱/۲)	[۱۲/۷]	۱۶۵	(۶-۱/۲)	[۱۲/۷]	۱۶۵	(۸۵/۰)	۳/۰
			(۸-۱/۲)	[۱۲/۷]	۲۱۶	(۷-۱/۲)	[۳۸/۱]	۱۹۱	(۷)	[۵۰/۸]	۱۷۹	(۱۰۷)	۴/۰
(۱۰)		۲۵۴	(۹)	[۵۰/۸]	۲۲۹	(۸-۱/۲)	[۵۰/۸]	۲۱۶	(۸-۱/۲)	[۵۰/۸]	۲۱۶	(۱۲۷)	۲۵۰
(۱۲)		۳۰۵	(۱۱)	[۵۰/۸]	۲۷۹	(۱۰)	[۵۰/۸]	۲۵۴	(۱۰)	[۷۶/۲]	۲۵۴	(۱۵۲)	۳۰۰
(۱۴)	[۵۰/۸]	۳۵۵	(۱۳)	[۷۶/۲]	۳۳۰	(۱۲)	[۷۶/۲]	۳۰۵	(۱۲)	[۷۶/۲]	۳۰۵	(۱۷۷)	۳۵۰
(۱۵)	[۷۶/۲]	۳۸۱	(۱۴)	[۷۶/۲]	۳۵۵	(۱۳)	[۷۶/۲]	۳۳۰	(۱۳)	[۷۶/۲]	۳۳۰	(۲۰۳)	۴۰۰
(۱۶)	[۷۶/۲]	۴۰۶	(۱۵)	[۷۶/۲]	۳۸۱	(۱۴)	[۷۶/۲]	۳۵۵	(۱۴)	[۷۶/۲]	۳۵۵	(۲۵۳)	۵۰۰
(۱۹)	[۷۶/۲]	۴۸۳	(۱۸)	[۷۶/۲]	۴۵۷	(۱۶)	[۷۶/۲]	۴۰۶	(۱۵)	[۷۶/۲]	۳۸۱	(۳۰۴)	۶۰
(۲۲)	[۷۶/۲]	۵۵۹	(۲۰)	[۷۶/۲]	۵۰۸	(۱۸)	[۷۶/۲]	۴۵۷	(۱۶)	[۷۶/۲]	۴۰	(۳۵۵)	۷۰۰
(۲۴)	[۷۶/۲]	۶۱۰	(۲۲)	[۷۶/۲]	۵۵۹	(۱۹)	[۷۶/۲]	۴۸۳	(۱۷)	[۷۶/۲]	۴۳۲	(۳۸۰)	۷۵۰
(۲۴)		۶۱۰	(۲۲)		۵۵۹	(۲۰)		۵۰۸	(۱۸)		۴۵۷	(۴۰۵)	۸۰۰
(۲۴)		۶۱۰	(۲۴)		۶۱۰	(۲۲)		۵۵۹	(۱۹)		۴۸۳	(۴۵۶)	۹۰۰
									(۲۰)		۵۰۸	(۵۰۷)	۱۰۰۰
									(۲۲)		۵۵۹	(۶۳۳)	۱۲۵۰
									(۲۴)		۶۱۰	(۷۶۰)	۱۵۰۰
									(۲۴)		۶۱۰	(۸۸۶)	۱۷۵۰
									(۲۴)		۶۱۰	۱۰۱۳	۲۰۰۰

توجه - این جدول فقط شامل آن دسته از ترکیب‌های چند کنداكتور است که معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرند. ترکیبات مشخص نشده باید بیشتر مورد بررسی قرار گیرند.

a رعایت شرایط زیر، فضای خمش سیم را به تعداد میلی‌مترهای نشان داده شده در گروه‌ها کاهش می‌دهد

۱) فقط کانتورهای سیم قابل جابجایی یا ذخیره که هر کدام یک سیم دریافت می‌کنند استفاده می‌شوند (گاهی اوقات بیش از یک کانتور سیم قابل جابجایی در ترمینال وجود دارد) و

۲) کانتور سیم قابل جابجایی قادر است از محل موردنظر خود خارج شود و دوباره توسط کنداكتور در محل بدون ایجاد مزاحمت برای قطعات ساختاری یا الکتریکی به غیر از یک پوشش نصب شود.

در صورتی که هادی قرار باشد از سطح محوطه مجاور (نه مقابل) عبور کرده و به ترمینال سیم خود وارد شود یا آن را

ترک کند، فضای خمش سیم باید مطابق جدول ۴-۱۷ مشخص شود که در آن:

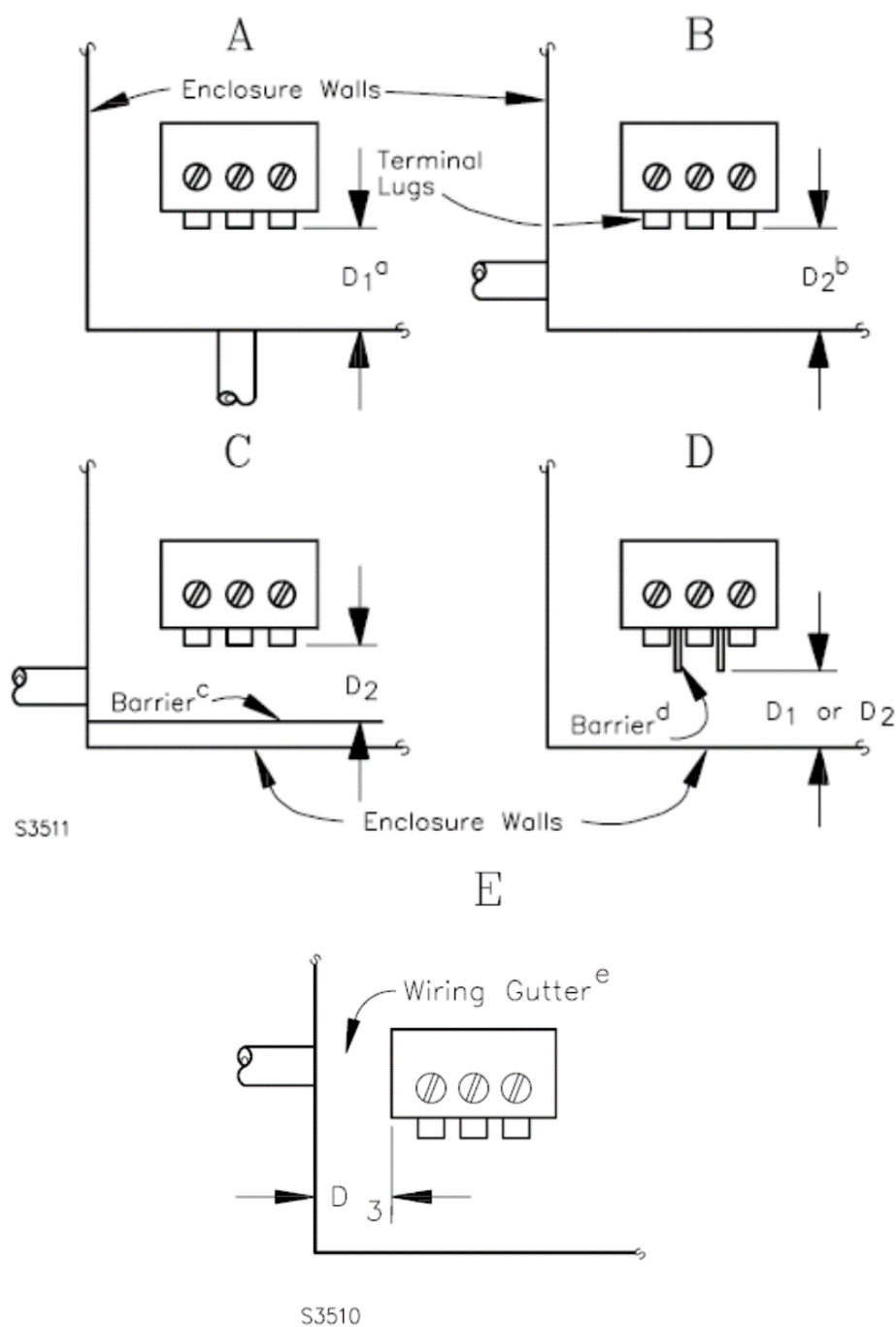
الف) مانعی بین کانکتور و دهانه ایجاد شده است، یا

ب) نقشه‌هایی فراهم می‌شوند که نشان می‌دهند هادی قرار نیست مستقیماً از روبروی کانکتور سیم وارد محفظه شود و یا از آن خارج شود. در تصویرهای A، B و C از شکل ۴-۷ مشخص شده است.

جدول ۴-۱۷: حداقل فضای خمش سیم و عرض سیم‌راه برای هادی‌های عبوری از دیوار

سیم‌ها در هر ترمینال (قطب) a										اندازه سیم AWG	
۱		۲		۳		۴		۵		(mm ²)	Kcmil
Mm	(inch)	Mm	(inch)	Mm	(inch)	Mm	(inch)	Mm	(inch)		
—	Not specified									(۲/۱-۵/۳)	۱۰-۱۴
(۱-۱/۲)	۳۸/۱									(۸/۴-۱۳/۳)	۶-۸
(۲)	۵۰/۸									(۲۱/۱-۲۶/۷)	۳-۴
(۲-۱/۲)	۶۳/۵									(۳۳/۶)	۲
(۳)	۷۶/۲									(۴۲/۴)	۱
(۳-۱/۲)	۸۸/۹	(۵)	۱۲۷	(۷)	۱۷۸					(۵۳/۵-۷۳/۴)	۱/۰-۲/۰
(۴)	۱۰۲	(۶)	۱۵۲	(۸)	۲۰۳					(۸۵/۰-۱۰۷)	۳/۰-۴/۰
(۴-۱/۲)	۱۱۴	(۶)	۱۵۲	(۸)	۲۰۳	(۱۲)	۲۵۴			(۱۲۷)	۲۵۰
(۵)	۱۲۷	(۸)	۲۰۳	(۱۲)	۲۵۴	(۱۲)	۳۰۵			(۱۵۲-۱۷۷)	۳۰۰-۳۵۰
(۶)	۱۵۲	(۸)	۲۰۳	(۱۲)	۲۵۴	(۱۲)	۳۰۵	(۱۴)	۳۵۶	(۲۰۳-۲۵۳)	۴۰۰-۵۰۰
(۸)	۲۰۳	(۱۲)	۲۵۴	(۱۲)	۳۰۵	(۱۴)	۳۵۶	(۱۶)	۴۶	(۳۰۴-۳۵۵)	۶۰۰-۷۰۰
(۲۰۳)	۸	(۱۲)	۳۰۵	(۱۴)	۳۵۶	(۱۴)	۴۶	(۱۸)	۴۵۷	(۳۸۰-۴۵۶)	۷۵۰-۹۰۰
(۱۲)	۲۵۴									(۵۰۷-۶۳۳)	-۱۲۵۰ ۱۰۰۰
(۱۲)	۳۰۵									(۷۶۰-۱۰۱۰)	-۲۰۰۰ ۱۵۰۰

توجه - این جدول فقط شامل آن دسته از ترکیب‌های چند کنداکتور است که معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرند. ترکیبات مشخص نشده باید بیشتر مورد بررسی قرار گیرند.



شکل ۴-۷: فضای خمش سیم

نکته -

- D1 فاصله بین کانکتور سیم یا یک سد مجاور و دیواره روبرو (مقابل) است که رساناها از آن عبور می‌کنند.
- D2 فاصله بین کانکتور سیم یا یک مانع مجاور و دیواره یا مانع در مقابل است که هادی‌ها از آن عبور نمی‌کنند.
- D3 عرض سیم راهه سیم‌کشی است که دارای ضلعی است که هادی‌ها از آن عبور می‌کنند.

a بازشو یا ناک آوت بر روی دیوار روبروی اتصالات ترمینال ارائه می‌شود. D1 نباید کمتر از حداقل فضای خمش سیم مشخص شده در جدول ۴-۱۶ باشد.

b بازشو کاندوئیت یا ناک آوت در زاویه‌ای مناسب با دیوار روبرو اتصالات ترمینال ارائه می‌شود. دیوار روبروی اتصالات ترمینال:

(۱) دارای ناک آوت یا بازشو کاندوئیت نمی‌باشد، یا

(۲) یک علامت‌گذاری انجام می‌شود که نشان می‌دهد از بازشو کاندوئیت یا ناک آوت استفاده نمی‌شود. D2 نباید از حداقل فضای خمش سیم مشخص شده در جدول ۴-۱۷ کمتر باشد.

c بازشو کاندوئیت یا ناک آوت در زاویه‌ای مناسب با دیواره روبروی اتصالات ترمینال تهیه می‌شود. علاوه بر این، بازشو کاندوئیت یا ناک آوت بر روی دیوار مقابل اتصالات ترمینال فراهم می‌شود، با این حال، مانعی برای جلوگیری از استفاده از بازشو نیز فراهم می‌شود. D2 نباید از حداقل فضای خمش سیم مشخص شده در جدول ۴-۱۷ کمتر باشد.

d در جایی که یک مانع یا وسایل دیگر خمش هادی، فاصله مناسب D1 یا D2 را محدود می‌کند - به یادداشت‌های D1 - D3 مراجعه شود - باید از انتهای مانع اندازه‌گیری شود.

e بازشو یا ناک آوت در سیم راهه ارائه می‌شود. عرض سیم راهه، D3 نباید از حداقل فضای خمش سیم که در جدول ۴-۱۷ مشخص شده است، کمتر باشد.

در صورتی که یک مانع یا وسایل دیگر، مانع خمش یک هادی در جایی شود که از کانکتور خارج می‌شود، فاصله را باید از انتهای مانع اندازه‌گیری کرد. به تصویر D شکل ۴-۷ مراجعه شود.

برای واحدی که از کارخانه با بازشو یا ناک آوت تهیه نشده باشد، حداقل فضای خمش سیم باید بر اساس موارد زیر باشد:

(الف) هر دیوار محفظه که برای نصب کاندوئیت مورد استفاده قرار می‌گیرد، یا

(b) فقط دیوارهای خاصی که مطابق با مارک، نقشه یا الگوی واحد مشخص می‌شوند.

فاصله‌های مشخص شده مذکور در یک خط مستقیم از لبه ترمینال سیم نزدیک به دیوار در جهت عمود بر دیوار نگهدارنده جعبه یا سد اندازه‌گیری می‌شود (تصاویر A - C شکل ۴-۷). ترمینال سیم باید به گونه‌ای چرخانده شود که محور باز شدن سیم در کانکتور در حد امکان نزدیک به خط عمود بر دیوار محفظه باشد، بدون اینکه وسیله‌ای مانع چرخش شود، مانند گلمیخ (برآمدگی)، شانه، دیواره‌های یک فرو رفتگی، پیچ‌های چندگانه برای اتصال کانکتور یا وسیله مشابه. وقتی اندازه‌گیری در جایی انجام می‌شود که مانع، شانه یا اجزاء مشابه شعاعی را که سیم باید خم شود کاهش نمی‌دهند، می‌توان مانع، شانه یا اجزاء مشابه را نادیده گرفت. در جایی که یک ترمینال با اتصال یک یا چند کانکتور برای اتصال هادی‌ها به صورت چندگانه فراهم می‌شود، فاصله باید از سیم باز شده نزدیک به دیواره محفظه اندازه‌گیری شود.

عرض یک سیم راهه سیم‌کشی که در آن یک یا چند ناک آوت وجود دارد، باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا بتواند (با توجه به فضای خمش سیم) رساناهایی با حداکثر اندازه در آن ناک آوت قابل استفاده باشند. عرض سیم راهه سیم‌کشی در جدول ۴-۱۷ آورده شده است (تصویر E از شکل ۴-۷).

استثنا: فضای سیم‌کشی زمانی می‌تواند باریک‌تر باشد که:

(الف) ناک آوت در جای دیگری ارائه شود که مطابق با این الزامات باشد،

(ب) فضای خمش سیم در چنین نقطه یا نقاط دیگر دارای پهنایی است که رسانای مورد نظر را در خود جای دهد، و

(ج) ناک آوت و ناک آوت‌ها در سایر نقاط دیگر بتوانند به راحتی در سیم‌کشی مورد نظر واحد مورد استفاده قرار گیرند.

۴-۱۸- زمین تجهیزات

۴-۱۸-۱- کلیات

باید تجهیزاتی وجود داشته باشند تا تمام قطعات فلزی بدون جریان یک واحد را بتوان بر روی زمین قرار داد. وسیله‌ای برای زمین تجهیزات باید برای هر سیستم سیم‌کشی که برای مدارهای زیر به واحد متصل شده است، فراهم شده باشد:

(الف) هر مدار ورودی DC،

(ب) هر مدار ورودی AC،

(ج) هر مدار خروجی AC، و

(د) هر مدار باتری.

استثنا: یک مدار سیگنال قابل دسترسی ایزوله مطابق با استاندارد مدارهای سیگنال قابل دسترسی، لازم نیست وسایلی برای زمین تجهیزات داشته باشد.

زمین تجهیزات برای یک واحد ثابت باید دارای یک ترمینال زمین تجهیزات یا رابط باشد.

ترمینال یا رابط زمین تجهیزات باید با وسیله‌ای مثلاً از طریق اتصال پیچ یا مهره به فریم یا محفظه وصل شود. سر پیچ یا مهره، به غیر از پیچ و مهره دو سر، که برای اطمینان از اتصال یک ترمینال یا رابط استفاده می‌شود، نباید از خارج از محفظه قابل دسترسی باشد.

اتصال زمین تجهیزات باید به یک پوشش غیر رسانا مانند رنگ یا لعاب شیشه‌ای نفوذ کند.

وسایل زمین تجهیزات باید به گونه‌ای باشد که وسایل در معرض حذف ناخواسته در حین سرویس قرار نگیرند.

انتهای آزاد رابط زمین تجهیزات باید عایق‌بندی شود (به عنوان مثال انتهای آن تا شود و به سمت سیم بچسبد) مگر

اینکه رابط به گونه‌ای واقع شده باشد که نتواند با قسمت‌های حامل جریان تماس داشته باشد.

رابط‌های زمین تجهیزات یا ترمینال‌های زمین تجهیزات باید برای هر ورودی و هر مدار خروجی فراهم شوند. هر رابط باید دارای طول آزاد حداقل ۱۵۲ میلی‌متر (۶ اینچ) و سطح عایق سبز با یا بدون یک یا چند نوار زرد باشد. در صورت استفاده از رابط‌های زمین تجهیزات، هیچ رابط دیگری در محفظه سیم‌کشی میدانی یا رابطی که برای نصاب قابل مشاهده است، نباید متمایز باشد. ترمینال‌های زمین تجهیزات باید مشخص شوند. رابط یا ترمینال زمین تجهیزات باید دارای حداقل اندازه باشد یا برای حمل جریان مورد نیاز مطابق با موارد زیر رتبه‌بندی شود:

الف) برای ورودی DC از منبع فتوولتائیک یا مدار خروجی، که $1/25$ برابر جریان ورودی دارای اتصال کوتاه برای آن ورودی است (جدول ۴-۱۸).

ب) برای هر مدار ورودی یا خروجی AC یا مدار ورودی یا خروجی DC (غیر PV)، ستون ۲ جدول ۴-۱۸

ج) با توجه به اندازه دستگاه اضافه جریان که از آن مدار محافظت می‌کند.

استثنا: الزام کدگذاری رنگ برای مدارهای کلاس ۲ که در آن رابط‌ها با موارد زیر مطابقت داشته باشند، صدق نمی‌کند:

الف) رابط‌ها به دور از اتصالات ولتاژ خط قرار دارند و جداسازی مطابق با الزامات جداسازی مدارها، است، یا

ب) رابط‌ها علامت‌گذاری شده‌اند.

جدول ۴-۱۸: اندازه سیم الکتروود اتصال زمین یا زمین تجهیزات

ستون ۳				ستون ۲				ستون ۱
حداقل اندازه هادی الکتروود زمین AWG یا kcmil (mm ²)				حداقل اندازه هادی همبندی یا زمین تجهیزات AWG یا kcmil (mm ²)				
آلومینیوم یا آلومینیوم با روکش مس		مس		آلومینیوم یا آلومینیوم با روکش مس		مس		حداکثر نرخ جریان a آمپر
۶	(۱۳/۳)	۸	(۸/۴)	۱۲	(۳/۳)	۱۴	(۲/۱)	۱۵
۶	(۱۳/۳)	۸	(۸/۴)	۱۰	(۵/۳)	۱۲	(۳/۳)	۲۰
۶	(۱۳/۳)	۸	(۸/۴)	۸	(۸/۴)	۱۰	(۵/۳)	۳۰
۶	(۱۳/۳)	۸	(۸/۴)	۸	(۸/۴)	۱۰	(۵/۳)	۴۰
۶	(۱۳/۳)	۸	(۸/۴)	۸	(۸/۴)	۱۰	(۵/۳)	۶
۶	(۱۳/۳)	۸	(۸/۴)	۶	(۱۳/۳)	۸	(۸/۴)	۹۰
۶	(۱۳/۳)	۶	(۱۳/۳)	۶	(۱۳/۳)	۸	(۸/۴)	۱۰۰
۴	(۲۱/۲)	۶	(۱۳/۳)	۴	(۲۱/۲)	۶	(۱۳/۳)	۱۵۰
۲	(۳۳/۶)	۴	(۲۱/۲)	۴	(۲۱/۲)	۶	(۱۳/۳)	۲۰۰
۱/۰	(۵۳/۵)	۲	(۳۳/۶)	۲	(۳۳/۶)	۴	(۲۱/۲)	۳۰۰
۳/۰	(۸۵/۰)	۱/۰	(۵۳/۵)	۱	(۴۲/۴)	۳	(۲۶/۷)	۴۰۰
۴/۰	(۱۰۷/۲)	۲/۰	(۶۷/۴)	۱/	(۵۳/۵)	۲	(۳۳/۶)	۵۰۰
۴/۰	(۱۰۷/۲)	۲/۰	(۶۷/۴)	۲/۰	(۶۷/۴)	۱	(۴۲/۴)	۶۰۰
۲۵۰	(۱۲۷)	۳/۰	(۸۵/۰)	۳/۰	(۸۵/۰)	۱/۰	(۵۳/۵)	۸۰۰
۲۵۰	(۱۲۷)	۳/۰	(۸۵/۰)	۴/۰	(۱۰۷/۲)	۲/۰	(۶۷/۴)	۱۰۰۰
۲۵۰	(۱۲۷)	۳/۰	(۸۵/۰)	۲۵۰	(۱۲۷)	۳/۰	(۸۵/۰)	۱۲۰۰
۲۵۰	(۱۲۷)	۳/۰	(۸۵/۰)	۳۵۰	(۱۲۷)	۴/۰	(۱۰۷/۲)	۱۶۰۰
۲۵۰	(۱۲۷)	۳/۰	(۸۵/۰)	۴۰۰	(۲۰۳)	۲۵۰	(۱۲۷)	۲۰۰۰
۲۵۰	(۱۲۷)	۳/۰	(۸۵/۰)	۶۰۰	(۳۰۴)	۳۵۰	(۱۷۷)	۲۵۰۰
۲۵۰	(۱۲۷)	۳/۰	(۸۵/۰)	۶۰۰	(۳۰۴)	۴۰۰	(۲۰۳)	۳۰۰۰
۲۵۰	(۱۲۷)	۳/۰	(۸۵/۰)	۸۰۰	(۴۰۵)	۵۰۰	(۲۵۳)	۴۰۰۰
۲۵۰	(۱۲۷)	۳/۰	(۸۵/۰)	۱۲۰۰	(۶۰۸)	۷۰۰	(۳۵۵)	۵۰۰۰
۲۵۰	(۱۲۷)	۳/۰	(۸۵/۰)	۱۲۰۰	(۶۰۸)	۸۰۰	(۴۰۵)	۶۰۰۰

نکته - مساحت معادل گذرگاه در جدول ۴-۲۰ فراهم شده است.

a حداکثر مقدار مجاز آمپر در دستگاه محافظ اضافه جریان مدار ورودی DC یا محافظ اضافه جریان مدار خروجی AC - هر کدام بزرگتر باشد.

سیم هادی زمین تجهیزات نباید داخل تجهیزات جوش بخورد.

اتصال زمین تجهیزات، سیم هادی زمین تجهیزات، محفظه، فریم، صفحه نصب قطعات یا قسمت دیگری که به زمین خاکی وصل شده نباید دارای جریان باشد، مگر اینکه یک نقص الکتریکی رخ دهد.

استثنا: این نیاز برای یک مدار امپدانس خازنی بای‌پس خطی برای مدار سیگنال فرکانس رادیویی یا یک دیود خنثی‌ساز-ولتاژ-گذرا اعمال نمی‌شود.

بالشتک سیم، که یک وسیله اتصال است که به لحیم‌کاری، کانکتور بدون پیچ، کانکتور اتصال سریع یا دیگر کانکتورها از نوع فیت اصطکاکی بستگی دارد، نباید به عنوان وسیله‌ای برای زمین تجهیزات استفاده شود.

ترمینال زمین تجهیزات باید برای تامین ایمنی اندازه سیم هادی با توجه به اندازه دستگاه حفاظت از اضافه جریان مطابق با ستون های ۱ و ۲ از جدول ۴-۱۸ رتبه بندی (درجه بندی) شود.

پیچ اتصال سیم که برای اتصال سیم هادی زمین تجهیزات نصب شده در میدان در نظر گرفته شده است باید دارای یک سر سبز رنگ باشد که شش ضلعی، شکافدار یا هر دو باشد. یک کانکتور فشاری یا یک ترمینال گل‌میخ و مهره‌ای که برای اتصال چنین رسانایی در نظر گرفته شده است باید مطابق با توضیحات ۴-۱۲ باشد.

۴-۱۸-۲- ترمینال الکتروود زمین

تجهیزاتی که برای نصب به عنوان تجهیزات ورودی سرویس در نظر گرفته شده‌اند و یا تجهیزات حاوی اتصال همبندی DC یا اتصال AC، باید دارای یک ترمینال الکتروود اتصال زمین باشند. ترمینال باید:

الف) قادر به محافظت از اندازه سیم رسانا بر اساس حداکثر نرخ جریان مدار باشد، همان‌طور که در ستون ۳ جدول ۴-۱۸ مشخص شده است،

ب) مطابق با بند ۴-۱۶ ساخته شود.

ج) مطابق توضیحات بخش ۴-۶۳- علامت‌گذاری شود.

یک ترمینال الکتروود اتصال زمین باید با تجهیزاتی همچون اتصال پیچ یا مهره به نقطه همبندی اصلی (AC یا DC) در تجهیزات وصل شود. برای اتصال الکتروودهای اتصال زمین که در داخل یک محصول داخلی هستند، سر پیچ یا مهره، به غیر از پیچ و مهره‌های دو سر، که برای تامین ایمنی یک ترمینال استفاده می‌شود، نباید از خارج از محفظه قابل دسترسی باشد.

۴-۱۹- سیم هادی زمین مدار خروجی AC

الزامات مربوط به زمین مدار که در این بخش مشخص شده است در مورد مدار خروجی AC اینورتر مستقل اعمال می‌شود.

اینورتر در نظر گرفته شده برای تعامل با تجهیزات نباید ارتباط الکتریکی مستقیم / جامد بین هر سیم هادی خروجی AC و محفظه داشته باشد.

- به غیر از آنچه در پاراگراف قبل مشخص شده است، هر مدار خروجی AC باید دارای یک سیم رسانای زمینی باشد.
- سیم رسانای مدار خروجی AC که باید به زمین اتصال داشته باشد باید به شرح زیر باشد:
- الف) تک فاز، دو سیم - یک سیم رسانا.
- ب) تک فاز، ۳ سیم - سیم رسانای نول.
- ج) سیستم چند فاز با داشتن یک سیم مشترک در تمام مراحل - سیم رسانای مشترک.
- د) سیستم چند فاز که در آن از یک فاز مانند مورد (ب) استفاده می‌شود - سیم رسانای نول.
- سیم رسانای مذکور از طریق اتصال یک جامپر (اتصال دهنده) بین سیم رسانای زمینی و:
- الف) محفظه یک واحد فلزی محصور شده، یا
- ب) یک واحد غیر فلزی محصور، شاسی فلزی که به سیم رسانا یا ترمینال زمین تجهیزات وصل شده است، متصل می‌شود.
- اندازه یک جامپر نباید کمتر از مقدار مشخص شده در جدول ۴-۱۹ باشد.

جدول ۴-۱۹: حداقل اندازه جامپر

آلومینیوم یا آلومینیوم با روکش مس، AWG یا (mm ²) kemil		مس، AWG یا (mm ²) kemil		حداکثر نرخ جریان مدار (آمپر)
(۱۳/۳)	۶	(۸/۴)	۸	۱۵
(۱۳/۶)	۶	(۸/۴)	۸	۲۰
(۱۳/۳)	۶	(۸/۴)	۸	۳
(۱۳/۳)	۶	(۸/۴)	۸	۴
(۱۳/۳)	۶	(۸/۴)	۸	۶۰
(۱۳/۳)	۶	(۸/۴)	۸	۹۰
(۲۱/۲)	۴	(۱۳/۳)	۶	۱۰۰
(۲۱/۲)	۴	(۱۳/۳)	6	۱۵۰
(۳۳/۶)	۲	(۲۱/۲)	۴	۲۰۰
(۵۳/۵)	۱/۰	(۳۳/۶)	۲	۳۰۰
(۸۵/۰)	۳/۰	(۵۳/۵)	۱/۰	۴۰۰
(۸۵/۰)	۳/۰	(۵۳/۵)	۱/۰	۵۰۰
(۱۰۷/۲)	۴/۰	(۶۷/۴)	۲/۰	۶۰۰
(۱۰۷/۲)	۴/۰	(۶۷/۴)	۲/۰	۸۰۰
(۱۲۷)	۲۵۰	(۸۵/۰)	۳/۰	۱۰۰۰
(۱۲۷)	۲۵۰	(۱۲۷)	۲۵	۱۲۰۰
(۲۰۳)	۴۰۰	(۱۵۲)	۳۰۰	۱۶۰۰
(۲۵۳)	۵۰	(۲۰۳)	۴۰۰	۲۰۰۰
(۳۵۵)	۷۰۰	(۲۵۳)	۵۰۰	۲۵۰۰
(۳۸۰)	۷۵۰	(۳۰۴)	۶۰۰	۳۰۰۰
(۵۰۸)	۱۰۰۰	(۳۸۰)	۷۰۰	۴۰۰۰
(۶۳۵)	۱۲۵	(۴۵۶)	۹۰۰	۵۰۰
(۷۵۹)	۱۵۰۰	(۶۰۸)	۱۲۰۰	۶۰۰۰
نکته - مساحت معادل گذرگاه در جدول ۴-۲۰ مشخص شده است.				

جدول ۴-۲۰: سطح مقطع معادل سیم و گذرگاه‌ها

حداقل سطح مقطع گذرگاه (mm ²) (inch ²)		اندازه سیم AWG یا kcmil (mm ²)	
(۰/۰۱۳)	۸/۳۹	(۸/۴)	۸
(۰/۰۲۱)	۱۳/۵۵	(۱۳/۳)	۶
(۰/۰۳۳)	۲۱/۲۹	(۲۱/۱)	۴
(۰/۰۴۱)	۲۶/۴۵	(۲۶/۷)	۳
(۰/۰۵۲)	۳۳/۵۵	(۳۳/۶)	۲
(۰/۰۶۶)	۴۲/۵۸	(۴۲/۴)	۱
(۰/۰۸۳)	۵۳/۵۵	(۵۳/۵)	۰
(۰/۱۰۵)	۶۷/۷۴	(۷/۴)	۲/۰
(۰/۱۳۲)	۸۵/۱۶	(۸۵/۰)	۳/۰
(۰/۱۶۶)	۱۰۷/۱۰	(۱۰۷)	۴/۰
(۰/۱۹۶)	۲۳۶/۴۵	(۱۲۷)	۲۵۰
(۰/۲۳۶)	۱۵۲/۲۶	(۱۵۲)	۳۰۰
(۰/۲۷۵)	۱۷۷/۴۲	(۱۷۷)	۳۵۰
(۰/۳۱۴)	۲۰۲/۵۸	(۲۰۲)	۴۰۰
(۰/۳۹۳)	۲۵۳/۵۵	(۲۵۳)	۵۰
(۰/۴۷۱)	۳۰۳/۸۷	(۳۰۴)	۶
(۰/۵۵۰)	۳۶۴/۸۴	(۳۵۵)	۷۰۰
(۰/۵۸۹)	۳۸۰/۰۰	(۳۸۰)	۷۵۰
(۰/۶۲۸)	۴۰۵/۱۶	(۴۰۵)	۸۰۰
(۰/۷۸۵)	۵۰۶/۴۵	(۵۰۷)	۱۰۰۰
(۰/۹۴۲)	۶۰۷/۷۳	(۶۰۸)	۱۲۰۰
(۰/۹۸۱)	۶۳۲/۹	(۶۳۳)	۱۲۵۰
(۱/۱۷۸)	۷۶۰/۰۰	(۷۶۰)	۱۵۰۰

۴-۲۰- همبندی داخلی برای زمین کردن

کلیه قطعات فلزی بدون جریان، که در صورت بروز نقص الکتریکی، خطر بروز برق گرفتگی یا میزان جریان الکتریکی بالا را دارند، باید به صورت رسانا به وسایل زمین تجهیزات مشخص شده در بخش زمین تجهیزات (۴-۱۸-) وصل شوند. در واحدی که دارای وسیله‌ای برای زمین کردن است، کلیه قطعات فلزی غیر عایق محفظه، فریم‌های حرکتی و براکت‌های نصب، براکت‌های نصب اجزاء، خازن‌ها و سایر اجزاء الکتریکی که در معرض خطر برق گرفتگی یا سطح جریان انرژی بالا قرار دارند باید برای زمین کردن در جایی که برای تماس کاربر یا تماس سهوی توسط یک سرویس کار در دسترس هستند، به هم وصل شوند.

استثنا: یک قسمت فلزی همان‌طور که در قسمت (الف) تا (ز) توضیح داده شده است لازم نیست برای زمین کردن پیوند داشته باشند.

(الف) یک فویل فلزی چسبنده (متصل شونده)، پیچ، یک دسته یا یک قطعه فلزی مشابه، که در قسمت بیرونی یک محفظه یا پوشش تجهیزات قرار دارد و توسط قطعات فلزی اتصال زمین از اجزاء الکتریکی یا سیم‌کشی جدا شده است تا دارای انرژی نشوند.

(ب) یک قطعه فلزی ایزوله مانند قاب آهنربا و آرماتور، یک پیچ مونتاژ کوچک یا قسمت مشابه آن که از قسمت‌های سیم‌کشی و قسمت‌های حامل جریان عایق‌بندی نشده جدا شده باشد.

(ج) پنل یا روکش که قسمت‌های حامل جریان عایق‌بندی نشده را محصور نمی‌کند و سیم‌کشی از پنل یا پوشش جدا شده است به طوری که دیگر نتواند دارای انرژی باشد.

(د) یک تابلو یا روکش که در جای خود محکم باشد و از اجزاء الکتریکی و سیم‌کشی توسط یک مانع عایق فیبر ولکانیزه شده، پارچه وارنیزه شده، ترکیب فنلی یا مواد مشابه ضخیم‌تر از ۸ میلی‌متر، جدا شده باشد.

(ه) یک قطعه فلزی ایزوله که روی صفحه سیم‌کشی چاپی مونتاژ شده است - مانند هسته‌های ترانسفورماتور و خفه‌کننده و سینک حرارتی.

(و) یک قطعه فلزی ایزوله که مطابق با بخش ۴-۶۴- مشخص شده است.

(ز) یک خازن با لوله عایق مطابق با بخش ۴-۲۴-۲.

لولا پیانو فلز به فلز به عنوان ابزاری برای همبندی درب برای زمین کردن قابل استفاده است.

در صورتی که استمرار سیستم زمین کردن به یکپارچگی ابعاد یک ماده غیر فلزی متکی باشد، این ماده باید مطابق با الزامات خزش در استاندارد مواد پلیمری - ارزیابی کوتاه مدت، UL 746A باشد.

سیم هادی یا تسمه مورد استفاده برای همبندی باید از مس، آلایژ مس یا ماده معادل آن باشد.

سیم هادی یا تسمه:

(الف) باید از آسیب مکانیکی محافظت شود یا درون یک محفظه بیرونی یا فریم قرار گیرد،

(ب) نباید توسط بست متحرک که برای هر منظور دیگری غیر از اتصال برای زمین کردن استفاده می‌شود، محکم شود، مگر اینکه حذف سیم هادی همبندی بعد از حذف و تعویض گیره (بست) خطر کمی داشته باشد.

(ج) نباید جوش خورده باشد.

اتصال در مسیر همبندی باید توسط یک وسیله مثبت صورت گیرد، از قبیل گیره، میخ پرچ، اتصال پیچ و یا جوشکاری، لحیم‌کاری و یا ورق زدن با موادی که دارای نقطه نرم شدن یا ذوب بیشتر از ۴۵۵ درجه سانتی‌گراد (۸۵۰ درجه فارنهایت) هستند. اتصال همبندی باید به پوشش‌های غیررسمی مانند رنگ یا لعاب شیشه‌ای نفوذ کند. قطعات فلزی آهن‌دار در

مسیر زمین کردن باید با استفاده از رنگ، گالوانیزه، آبکاری یا وسایل معادل آن در برابر خوردگی محافظت شوند. همبندی در اطراف یک پایه انعطاف‌پذیر بستگی به کلامپینگ لاستیک یا مواد مشابه ندارد.

اتصال پیچ و مهره (بست) که دارای واشر ستاره‌ای در زیر پیچ است باید به روکش‌های غیر رسانا نفوذ کند و باید با تست امپدانس زمین کردن، مطابقت داشته باشد.

در جایی که اتصال همبندی به پیچ‌های فلزی بستگی دارد، از دو یا چند پیچ یا دو رزوه کامل از یک پیچ منفرد که دو رزوه کامل را در فلز درگیر می‌کند استفاده می‌شود.

اتصال که به کلامپینگ لاستیک یا مواد مشابه بستگی داشته باشد، باید با تست سیم هادی همبندی، مطابقت داشته باشد. این ماده باید برای شرایط استفاده از قبیل روغن، گریس، رطوبت و تخریب حرارتی که به طور بالقوه در سرویس رخ می‌دهد، رتبه‌بندی شود.

قبل از انجام آزمایش، دستگاه کلامپینگ به منظور نگهداری باید از هم جدا شود و مجدداً مونتاژ شود. هادی یا تسمه همبندی:

(الف) نباید از اندازه مشخص شده در ستون ۲ جدول ۴-۱۸ کوچکتر باشد،

(ب) نباید از سیم هادی مولفه کوچکتر باشد، یا

(ج) باید با تست امپدانس زمین کردن، مطابقت داشته باشد.

استثنا: یک سیم هادی یا تسمه کوچکتر زمانی قابل استفاده است که با تست سیم هادی همبندی، مطابقت داشته باشد.

با توجه به ستون ۲ جدول ۴-۱۸، که در آن بیش از یک اندازه دستگاه اضافه بار مدار فرعی دخیل است، اندازه سیم هادی یا تسمه همبندی باید بر اساس رتبه‌بندی دستگاه اضافه بار به منظور محافظت از خطای زمین برای مؤلفه‌ای است که توسط سیم هادی وصل شده است.

اتصال همبندی، محفظه، فریم یا پانل مونتاژ اجزاء نباید جریان دیگری به غیر از جریان حاصل از نقص الکتریکی را حمل کند.

استثنا: محفظه، فریم، شاسی یا پانل که دارای اتصالات پیچ‌دار است، از حمل جریان مداری با ولتاژ کم، و انرژی محدود (LVLE) منع نمی‌شود. جریان معمولاً نباید از طریق وسایل زمین تجهیزات، سیم روی فلزی یا سایر وسایل زمین کردن اینورتر حمل شود.

۴-۲۱- سیم‌کشی داخلی

۴-۲۱-۱- کلیات

سیم‌کشی داخلی یک واحد باید از سیم ساختمانی یا مواد سیم‌کشی لوازم برقی استفاده شود که برای دما، ولتاژ و شرایط خدمات مورد نیاز سیم‌کشی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. عایق‌بندی مواد سیم‌کشی دستگاه باید مطابق جدول ۴-۲۱ باشد.

استثنا: مواد سیم‌کشی لوازم دارای ضخامت عایق غیر از آنچه که در جدول ۴-۲۱ مشخص شده است زمانی بدون مشکل خواهند بود که درجه‌بندی عایق آن معادل با چیزی باشد که با توجه به دما، ولتاژ و شرایط سرویس مشخص شده است.

جدول ۴-۲۱: مواد سیم‌کشی تجهیزات الکتریکی

نوع عایق		ضخامت عایق ^a (inch) mm
		کاربرد ۶۰۰ ولت
ترموپلاستیک		کاربرد ۳۰۰ ولت
لاستیک		۰/۸ (۱/۳۲) علاوه پوشش نواری آغشته
نئوپرن		۰/۴ (۱/۶۴) علاوه پوشش نواری آغشته
لاستیک سیلیکونی		۰/۸ (۱/۳۲) بدون پوشش نواری آغشته
پلیمر با اتصال عرضی		۰/۴ (۱/۶۴) بدون پوشش نواری آغشته
a حداقل ضخامت ۰/۷۱ میلی‌متر (۰/۲۸ اینچ) برای عایقی با ضخامت ۰/۸ میلی‌متر است. حداقل ضخامت ۰/۳۳ میلی‌متر (۰/۱۳ اینچ) برای عایقی با ضخامت ۰/۴ میلی‌متر است.		
b نباید برای پیگتیل‌های کوتاه و متحرک یا رابط کوئل‌ها در یک دستگاه کوچک، جایی که این رابط‌ها تماس‌های تصادفی را با بخش‌هایی با قطب مخالف یا بخش‌های بدون اتصال به زمین ایجاد می‌کنند، نباید کمتر از ۰/۳۳ میلی‌متر (۰/۱۳ اینچ) باشد.		
c در صورتی که از قسمت‌های حامل جریان قطب مخالف دور شود و در هنگام نصب سیم‌های زمینی و در هنگام بهره‌برداری از تجهیزات مکانی در برابر آسیب محافظت شوند، نباید کمتر از ۰/۱۸ میلی‌متر (۰/۰۷ اینچ) باشد.		
d فقط در مواقعی که از قسمت‌های حامل جریان قطب مخالف دور شده و از آسیب مکانیکی در حین نصب سیم‌کشی درست و در حالی که تجهیزات در حال کار هستند محافظت می‌شود، اعمال می‌شود.		

عایق‌بندی لوله باید به عنوان عایق فقط برای طول کوتاه سیم هادی عایق‌بندی شده، به عنوان مثال، رابط کوئل کوتاه استفاده شود. موارد استفاده عبارتند از:

(الف) لوله نباید در معرض فشرده‌سازی، خمش مکرر یا خمش ناگهانی قرار بگیرد،

(ب) سیم هادی که با لوله پوشش داده شده است، باید کاملاً گرد و عاری از لبه‌های تیز باشد،

(ج) از لوله قابل انقباض (جمع شو) باید مطابق دستورالعمل سازنده لوله استفاده شود، و

(د) لوله نباید در معرض دما یا ولتاژ بالاتر از مقدار مشخص شده برای لوله قرار گیرد.

در صورتی که سیم‌کشی تا درب لولایی یا قسمت دیگری که در معرض حرکت باشد امتداد پیدا کند، کابل تک لایی به کار می‌رود و آرایش ساختاری باید مانع از پیچ و تاب یا تنش سیم هادی در نتیجه حرکت شود. سیم‌کشی باید در مقابل آسیب عایق محافظت شود. سیم هادی باید طوری محافظت شود که تنش به ترمینال‌ها یا بخش‌های جوش خورده منتقل نشود.

۴-۲۱-۲- حفاظت از سیم‌کشی

سیم‌کشی داخلی نباید از خارج از محوطه قابل دسترسی باشد.

سیم‌های داخل محفظه سیم‌رو یا بخش‌های مشابه، نباید در برابر تماس با هر لبه تیز، برآمدگی‌ها، پره، قسمت متحرک یا قسمت مشابه که می‌تواند به عایق آسیب بزند، قرار داشته باشند.

پیچ و مهره‌های نصب باید به گونه‌ای ساخته شده و یا در محل قرار گیرند که لبه‌های تیز به سیم‌کشی آسیب نرسانند. پیچ باید دارای یک سطح صاف یا لبه ضخیم باشد. انتهای پیچ نباید دارای برآمدگی، پره یا لبه‌های تیز باشد که بتواند عایق سیم را خراب کند، و انتهای آن نباید بیش از ۴/۸ میلی‌متر (۱۶/۳ اینچ) به داخل سیم حرکت کند.

سوراخی که سیم‌های عایق در یک دیواره فلزی داخل محفظه یک واحد از آن عبور می‌کنند، باید دارای سطوح صاف و گرد باشد تا از سیم‌هایی که بر روی آن قرار دارد در برابر ساییدگی عایق محافظت شود.

۴-۲۱-۳- اتصالات برق

یک اتصال باید از لحاظ مکانیکی ایمن باشد و تماس الکتریکی قابل اطمینان داشته باشد.

اتصال لحیم شده باید قبل از لحیم‌کاری از لحاظ مکانیکی ایمن باشد.

استثنا: اتصال زمانی لازم نیست قبل از لحیم‌کاری به لحاظ مکانیکی ایمن باشد که:

(الف) از یک ماده لحیم‌کاری که دارای نقطه نرم شدن یا ذوب بیشتر از ۴۵۴ درجه سانتی‌گراد (۸۴۹ درجه فارنهایت) است، استفاده شود،

(ب) رابط لحیم‌کاری شده از طریق سوراخی در بورد سیم‌کشی چاپ شده عبور کند و ۹۰ درجه به سمت صفحه خم شود تا قبل از لحیم‌کاری با سیم هادی ارتباط برقرار کند،

(ج) لحیم‌کاری روی بورد سیم‌کشی چاپ شده توسط یک دستگاه انجام می‌شود که در آن زمان لحیم‌کاری و دمای لحیم‌کاری به طور خودکار کنترل می‌شود - خم شدن رابط‌ها لازم نیست، یا

(د) سیم رابط در جای خود یا مجاور اتصال لحیم شده قرار گرفته است تا انتهای رابط را در جای خود نگه دارد.

اتصال سیم افشان داخلی باید به گونه‌ای باشد که پتانسیل رشته‌های سست سیم را که با قطعات فلزی بدون جریان یا سایر قسمت‌های حامل جریان تماس دارند کاهش دهد. این امر می‌تواند با استفاده از یک کانکتور ترمینال فشار، یک بالشتک سیم، یا لحیم‌کاری تمام رشته‌ها به یکدیگر یا به کمک هر وسیله معادل دیگری محقق شود.

یک spade lug با انتهای باز که توسط یک پیچ یا مهره محکم شده باشد باید از طریق دیگر مانند خم کردن انتهای بریده شده روی بالشتک یا گل میخ یا شانه‌های موجود در ترمینال ایمن شود تا در صورت شل شدن پیچ یا مهره، بالشتک در محل خود ثابت بماند.

یک ترمینال اتصال سریع با پهنای ۰/۱۱۰، ۰/۱۲۵، ۰/۱۸۷، ۰/۲۰۵ یا ۰/۲۵۰ اینچ با استاندارد ترمینال اتصال سریع الکتریکی، UL 310 مطابقت داشته باشد. سایر اندازه‌های ترمینال‌های اتصال سریع باید با توجه به کشش چنگک، نیروهای درگیر و قطع اتصال بین کانکتور و tab بررسی شود و دما مطابق با UL 310 افزایش یابد.

سیم‌های هادی آلومینیومی، عایق‌بندی شده یا بدون عایق که به عنوان سیم‌کشی داخلی، از جمله اتصال بین بخش‌های حامل جریان یا سیم‌پیچ یک قطعه، استفاده می‌شود، باید در هر انتها به یک ترمینال که برای ترکیبی از فلزات درگیر در نقاط اتصال رتبه‌بندی (درجه بندی) شده است، ختم شود. پیچ اتصال سیم یا اتصالات فشاری که به عنوان دستگاه خروجی گرفتن استفاده می‌شود باید برای استفاده با آلومینیوم تحت شرایط موجود - برای مثال، درجه حرارت، چرخه گرما، لرزش و سایر شرایط مشابه، رتبه‌بندی شود.

یک اتصال باید دارای عایقی معادل با عایق سیم‌های درگیر باشد، مگر اینکه فاصله‌هایی دائمی بین قسمت‌های فلزی حفظ شود.

الف) دستگاه‌های اسپلایس مانند اتصالات فشاری عایق‌بندی شده برای ولتاژ و دمایی که در معرض آن قرار گرفته‌اند باید مطابق با این نیاز باشد.

ب) لوله‌های عایق یا آستین مورد استفاده برای پوشاندن یک اسپلایس باید مطابق با ۴-۲۱-۱- باشد.

ج) دو لایه نوار ترموپلاستیک، یا دو لایه نوار اصطکاک، یا یک لایه نوار اصطکاک و یک لایه نوار لاستیکی، هنگامی که ولتاژ درگیر کمتر از ۲۵۰ ولت باشد، می‌توانند در یک اسپلایس استفاده شوند. استفاده از نوار ترموپلاستیک پیچیده شده بر روی لبه تیز مطابق با الزامات نیست.

۴-۲۲- بخش‌های حامل جریان

بخش حامل جریان باید از نقره، مس، آلیاژ مس، آلومینیوم یا معادل آن باشد.

قطعات و اجزاء حامل جریان غیر عایق که بخش‌های حامل جریان عایق‌بندی نشده دارند باید ایمن شوند و در موقعیت خود جابجا نشوند و نچرخند که چنین جابجایی منجر به کاهش فاصله به کمتر از حداقل مقادیر مشخص شده در «فواصل، بخش ۴-۲۴» یا «فواصل متناوب، فواصل استاندارد و فواصل خزشی، بخش ۴-۲۵» می‌شود.

۴-۲۳- جداسازی مدارها

۴-۲۳-۱- سیم‌کشی کارخانه

سیم‌های هادی عایق‌بندی شده مدارهای مختلف در داخل واحد، از جمله سیم‌های موجود در جعبه یا محفظه ترمینال، باید توسط موانع یا جدا کننده جدا شوند و همچنین باید از قسمت‌های حامل جریان عایق‌بندی نشده متصل به مدارهای مختلف نیز جدا شوند.

استثنا: برای سیم‌های هادی عایق‌بندی شده مدارهای مختلف، که در آن هر یک از سیم‌های هادی برای بالاترین ولتاژ مدار دارای عایق‌بندی هستند، هیچ‌گونه مانع یا جداسازی لازم نیست.

مدارهای مختلف مذکور شامل موارد زیر است:

(الف) مدارهای متصل به سیم‌پیچ‌های اولیه و فرعی در ترانسفورماتور ایزولاسیون،

(ب) مدارهای متصل به سیم‌پیچ‌های ایزوله ثانویه در یک ترانسفورماتور ثانویه،

(ج) مدارهای متصل به سیم‌پیچ‌های ثانویه در ترانسفورماتورهای مختلف،

(د) مدارهای ورودی و خروجی یک عایق نوری،

(ه) مدارهای ایزوله و

(و) مدارهای توان AC و DC.

استثنا: مدارهای توان که از اتصال‌های وسط یک ترانسفورماتور یا مؤلفه مشابه حاصل می‌شوند - که باعث جداسازی نمی‌شوند - مدارهای مختلف نیستند.

جداسازی سیم‌های هادی عایق‌بندی شده باید با استفاده از بست‌گذاری، مسیریابی یا وسیله‌ای معادل انجام شود که فاصله دائمی قطعات حامل جریان عایق‌بندی شده و بدون عایق و سیم‌های هادی مدار دیگر را حفظ کند.

۴-۲۳-۲- سیم‌کشی میدانی

واحد باید طوری ساخته شود که یک سیم هادی نصب شده میدانی در مدار همان‌طور که در ادامه توضیح داده می‌شود، از موارد زیر جدا شود:

(الف) سیم‌های هادی نصب شده کارخانه که به هر مدار دیگر متصل هستند، مگر اینکه سیم‌های هادی هر دو مدار برای حداکثر ولتاژ یکی از مدارها عایق‌بندی شوند.

(ب) بخش حامل جریان بدون عایق از مدار دیگر یا از یک قسمت حامل جریان غیر عایق که در آن اتصال کوتاه بین سیم‌های هادی خطر آتش‌سوزی، برق‌گرفتگی، سطح جریان الکتریکی بالا یا آسیب دیدگی افراد را شامل می‌شود.

(ج) سیم‌های هادی نصب شده متصل به هر مدار دیگر مگر اینکه:

(۱) هر دو مدار کلاس ۲ یا کلاس ۳ باشند یا هر دو مدار به غیر از کلاس ۲ یا کلاس ۳ باشند و

(۲) هر دو مدار برای حداکثر ولتاژ یکی از مدارها عایق‌بندی شده باشند.

استثنا: یک سیم هادی نصب شده در میدان در صورتی لازم نیست که از ترمینال سیم‌کشی یک مدار متفاوت جدا شود که در آن سیم‌کشی میدانی برای حداکثر ولتاژ یکی از مدارها عایق‌بندی شده باشد و هر دو مدار کلاس ۲ یا کلاس ۳ باشند یا هر دو مدار به غیر از کلاس ۲ یا کلاس ۳ باشند.

جداسازی یک سیم هادی نصب شده میدانی از یک رسانای نصب شده میدانی دیگر و از یک قسمت حامل جریان بدون عایق متصل به مدار دیگر می‌تواند از طریق قرار دادن یک بازشو در محفظه برای سیم هادی مقابل ترمینال سیم هادی انجام شود. بنابراین زمانی که نصب کامل است، هادی‌ها و قطعات مدارهای مختلف با حداقل ۶/۴ میلی‌متر (۴/۱ اینچ) از هم جدا می‌شوند. برای تعیین اینکه آیا واحدی با چنین بازشوهایی مطابق با این الزامات است، باید مانند سرویس شامل ۱۵۲/۴ میلی‌متر (۶ اینچ) اسلک (آستانه‌های ناپایا) در هر هادی درون محفظه سیم‌کشی شود.

با توجه به مباحث مذکور، هنگامی که تعداد بازشوهای داخل محفظه از حداقل مورد نیاز برای سیم‌کشی مورد نظر واحد بیشتر نشود و در شرایطی که هر بازشو در مقابل مجموعه‌ای از ترمینال‌ها قرار داشته باشد، فرض بر این است که هادی که وارد یک بازشو می‌شود و به ترمینال روبروی آن وصل می‌شود. هنگامی که بیشتر از حداقل تعداد بازشوها فراهم شود، امکان ورود یک هادی به بازشو به غیر از بازشویی که روبروی ترمینالی قرار دارد که قرار است به آن وصل شود و پتانسیل آن برای تماس با سیم‌های عایق یا قطعات غیر عایق حامل جریان که به مدارهای مختلف وصل شده است، باید مورد بررسی قرار گیرد.

۴-۲۳-۳- موانع جداسازی

مانعی که برای جداسازی بین سیم‌کشی مدارهای مختلف استفاده می‌شود باید:

(الف) فلز اتصال زمین یا مواد عایق با حداقل ۰/۷۱ میلی‌متر (۰/۲۸ اینچ) ضخامت باشد و

(ب) به گونه‌ای پشتیبانی شود که نتواند به راحتی تغییر شکل داده یا جابجا شود.

مانعی که برای جداسازی بین سیم‌کشی‌های یک مدار و میدان یا سیم‌کشی کارخانه یا قطعات حامل جریان غیر عایق مدار دیگر استفاده می‌شود، نباید بیش از ۱/۶ میلی‌متر (۱۶/۱ اینچ) از سطح مورد نظر برای ایجاد محفظه‌های جدا شده فاصله داشته باشد.

۴-۲۴-۲- فاصله‌ها

۴-۲۴-۱- کلیات

فاصله‌ها در یک واحد نباید کمتر از موارد مشخص شده در جدول ۴-۲۲ باشد.

استثناء شماره ۱: در جایی که لاینرها و موانع استفاده می‌شوند، قوانین عایق‌بندی لاینرها باید برای تعیین فاصله‌ها استفاده شود.

استثناء شماره ۲: به عنوان گزینه‌ای برای جدول ۴-۲۲، فاصله‌ها می‌توانند مطابق با «فواصل متناوب، فواصل استاندارد و فواصل خزشی» بررسی شوند.

استثناء شماره ۳: فاصله‌های ذاتی یک جزء باید با الزامات فاصله برای مؤلفه مطابقت داشته باشند.

استثناء شماره ۴: فاصله‌های مشخص شده در جدول ۴-۲۲ در مدارهایی که با مدارهای سیگنال قابل دستیابی جدا، یا مدارهای کنترل مطابقت دارند، اعمال نمی‌شود. فاصله بین این مدارها و مدارهای دیگر باید مطابق با جدول ۴-۲۲ باشد. استثناء شماره ۵: فاصله بین فویل‌های مجاور در مورد سیم‌کشی چاپی با روکش کنفورما مطابق با الزامات مندرج در استاندارد مواد پلیمری - استفاده در ارزیابی تجهیزات الکتریکی، UL 746C، لزومی ندارد با جدول ۴-۲۲ مطابقت داشته باشد.

استثناء شماره ۶: روی بوردهای سیم‌کشی چاپی که دارای طبقه‌بندی اشتعال‌پذیری از V-0 هستند و از یک ماده پایه با حداقل رتبه شاخص ردیابی مقایسه‌ای 175 (CTI) ولت ساخته شده است، فاصله‌ها (به غیر از فاصله تا زمین، بین مدارهای اولیه و ثانویه، بین مدار منبع تغذیه باتری و مدارهای دیگر و در ترمینال سیم‌کشی میدان) بین پتانسیل‌های مختلف متصل به همان مدار که در آن شرایط ذیل برقرار است، مشخص نشده است.

الف) فاصله مطابق با کاهش فاصله‌ها در تست مورد سیم‌کشی چاپی است یا

ب) تجزیه و تحلیل مدار نشان می‌دهد که بیش از ۱۲/۵ میلی‌آمپر جریان نمی‌تواند بین مسیر اتصال کوتاه مدار که دارای کاهش فاصله می‌باشد، جریان داشته باشد.

استثناء شماره ۷: برای بوردهای سیم‌کشی چاپی چند لایه، حداقل فاصله بین فویل‌های داخلی مجاور از قطب مخالف و بین یک فویل داخلی و یک سوراخ آبکاری شده نباید کمتر از ۰/۸ میلی‌متر (۱/۳۲ اینچ) باشد.

استثناء شماره ۸: الزامات فاصله‌گذاری بین ترمینال‌های مجاور دستگاه نیمه هادی سوئیچینگ برق شامل نقاط اتصال ترمینال‌های دستگاه اعمال نمی‌شود.

جدول ۴-۲۲: فاصله ها

حداقل فاصله (mm) , (inch)						پتانسیل درگیر، ولت rms (پیک)
بین یک قسمت حامل جریان غیر عایق و دیواره‌های یک محفظه فلزی از جمله اتصالات برای مجرای یا کابل زره پوش		بین یک قسمت حامل جریان غیر عایق و یک قسمت حامل جریان غیر عایق از قطب مخالف، یک قطعه زمین غیر عایق غیر از محفظه، یا قسمت فلزی در معرض				
کمترین فاصله		بر روی سطح		هوایی		
(۱/۱۶)	۱/۶ ^c	(۱/۱۶)	۱/۶ ^{c,d}	(۱/۱۶)	۱/۶ ^{c,d}	۵۰-۷۰ (۷/۷-۰)
(۱/۴)	۶/۴	(۱/۴)	۶/۴ ^d	(۱/۸)	۳/۲ ^{c,d}	بیشتر از ۵۰ تا ۱۵۰ (۷/۷ تا ۲۱۲/۱)
(۱/۲)	۱۲/۷	(۳/۸)	۹/۵	(۱/۴)	۶/۴	بیشتر از ۱۵۰ تا ۳۰۰ (۱ تا ۴۲۴/۲)
(۱/۲)	۱۲/۷	(۱/۲)	۱۲/۷	(۳/۸)	۹/۵	بیشتر از ۳۰۰ تا ۶۰۰ (۲ تا ۴۲۴/۴)

a برای تابلوهای سیم‌کشی چاپ شده، به استثنای مذکور مراجعه شود.

b یک قطعه فلزی متصل به محفظه باید به عنوان بخشی از محفظه مورد استفاده قرار گیرد که تغییر شکل محفظه باعث کاهش فاصله بین قطعه فلزی و قسمت‌های حامل جریان غیر عایق می‌شود.

c فاصله بین ترمینال‌های سیم‌کشی قطب مخالف و فاصله بین یک ترمینال سیم‌کشی میدانی و یک قطعه فلزی بدون جریان نباید کمتر از ۶/۴ میلی‌متر (۴/۱ اینچ) باشد.

d فقط در نقاط بسته، مانند پیچ و واشرهای یک گلمیخ عایق‌بندی شده در فلز، فاصله نباید از ۱/۲ میلی‌متر (۶۴/۳ اینچ) کمتر باشد.

قطعات حامل جریان عایق بندی نشده متصل به مدارهای مختلف باید مورد بررسی قرار گیرند به گونه ای که گویا جزئی از قطبیت متضاد و بر اساس بالاترین ولتاژ درگیر هستند.

فاصله گذاری در ترمینال سیم کشی میدانی با سیم هایی اندازه گیری می شوند که نشان دهنده سیم کشی میدانی در محل هستند و همانند سرویس واقعی به ترمینال ها متصل می شوند.

در یک واحد چند مولفه ای، فاصله ها از یک مولفه به مولفه دیگر، از هر مؤلفه به محفظه، و بخش دیگر فلز بدون جریان غیر عایق (به استثنای سطح نصب مؤلفه)، باید بر اساس حداکثر رتبه ولتاژ یک واحد کامل باشد و نه رتبه مؤلفه های مجزا. فاصله های ذاتی یک مولفه بر اساس ولتاژ مورد استفاده بررسی و توسط مؤلفه جداگانه کنترل می شود. فاصله بین واریستورهای اکسید فلزی، خازن ها و سایر اجزاء سازنده باید مطابق جدول ۴-۲۲ باشد.

استثنا: مولفه هایی که مطابق با الزامات مندرج در استاندارد برای خازن ها و نویزگیر لوازم رادیویی و تلویزیونی، UL 1414 هستند، لازم نیست که مطابق با جدول ۴-۲۲ باشند.

فاصله های فیوز و نگهدارنده فیوز باید با استفاده از یک فیوز در محلی اندازه گیری شود که دارای حداکثر ابعاد استاندارد برای امتیازدهی باشد و چنین فاصله هایی نباید از فاصله هایی که در جدول ۴-۲۲ مشخص شده است، کمتر باشد.

در صورتی که یک قسمت حامل جریان بدون عایق به کمک وسیله‌ای به غیر از اصطکاک بین سطوح در جای خود محکم نشود، یا جایی که یک قسمت فلز بدون جریان متحرک در مجاورت یک قسمت حامل جریان غیر عایق قرار دارد، ساختار باید به گونه‌ای باشد که برای هر موقعیتی که ناشی از چرخش یا حرکت دیگر بخش‌ها باشد، حداقل فاصله‌های مورد نیاز حفظ شود.

با توجه به پاراگراف قبل، لاک و اشتر یکی از ابزارهای مورد استفاده اتصال محکم قطعات می‌باشد.

فاصله‌ها برای سیم روکش‌دار باید به گونه‌ای بررسی شود که گویی سیم یک بخش حامل جریان غیر عایق است. فاصله بین مدارهای مشروح در (الف)، (ب) یا (ج) که مدارهای ایمنی نیستند باید به گونه‌ای باشد که مدار مطابق با تست تحمل ولتاژ دی الکتریک، باشد. فاصله بین این مدارها و محفظه، فلز بدون جریان متصل به زمین، و مدارهای دیگر باید الزامات استاندارد را رعایت کنند.

(الف) مدارهای ثانویه تامین شده توسط سیم‌پیچ ترانسفورمر کمتر از ۲۰۰ ولت آمپر یا با توان ۱۰۰ ولت یا کمتر،

(ب) مدارهای باتری با ظرفیت نامی ۱۰۰ ولت یا کمتر، یا

(ج) مدار حاصل از باتری با ظرفیت نامی ۱۰۰ ولت؛ به گونه‌ای که ولتاژ درون مدار با یک شبکه تنظیم کننده به ۱۰۰ ولت یا کمتر محدود می‌شود.

۴-۲۴-۲- عایق‌بندی لاینرها و موانع

با استناد به استثنای شماره ۱ در ۴-۲۴-۱، عایق‌بندی لاینر یا مانع مانند فیبر ولکانیزه زمانی قابل استفاده است که:

(الف) تنها پشتیبان برای قسمت‌های حامل جریان غیر عایق که شامل خطر آتش‌سوزی، برق‌گرفتگی یا میزان جریان الکتریکی بالا هستند، نباشد،

(ب) ضخامت کمتر از ۰/۷۱ میلی‌متر (۰/۲۸ اینچ) نداشته باشد و

(ج) به گونه‌ای واقع شده است که توسط قوس الکتریکی آسیب نبیند.

سایر مواد عایق‌بندی مورد استفاده به عنوان مانع یا به عنوان پشتیبانی مستقیم یا غیرمستقیم از قسمت‌های حامل جریان عایق‌بندی شده که در معرض خطر آتش‌سوزی، برق‌گرفتگی یا سطح انرژی الکتریکی بالا قرار دارند، باید مطابق با الزامات مندرج در استاندارد مواد پلیمری - استفاده در ارزیابی تجهیزات الکتریکی، UL 746C باشند.

استثناء شماره ۱: فیبر ولکانیزه شده با ضخامت کمتر از ۰/۳۳ میلی‌متر (۰/۱۳ اینچ) زمانی قابل استفاده هستند که:

(الف) در رابطه با فاصله هوایی، بیشتر از ۵۰ درصد حداقل فاصله هوا مطابق جدول ۴-۲۲ وجود داشته باشد و

(ب) بین یک سینک گرما و یک سطح نصب فلز، از جمله محفظه، یک مدار ثانویه با ولتاژ ۵۰ ولت و یا کمتر وجود داشته باشد.

- استثناء شماره ۲: میکا باید به عنوان عایق بین سینک گرما و یک قطعه حامل جریان یک وسیله نقلیه نیمه هادی نباید کمتر از ۰/۱۶۵ میلی‌متر (۰/۰۰۶ اینچ) ضخامت داشته باشد.
- عایق‌بندی لوله‌ها مطابق با الزامات مندرج در استاندارد لوله‌های عایق‌بندی اکستروود شده، UL 224، برای عایق کاری یک هادی از جمله نوار گذرگاه به جای حداقل فاصله‌های مشخص و برای عایق کاری یک خازن به جای همبندی خازن برای زمین کردن زمانی قابل استفاده است که شرایط زیر برآورده شود:
- (الف) هادی تحت فشار، خم شدن‌های مکرر یا خمش‌های تیز قرار نداشته باشد،
- (ب) هادی یا نمونه که با لوله پوشانده شده است به خوبی گرد و عاری از لبه‌های تیز است،
- (ج) لوله‌گذاری مطابق با دستورالعمل سازنده انجام می‌شود، و
- (د) هادی یا نمونه در معرض دما یا ولتاژ بالاتر از حد مجاز لوله قرار نمی‌گیرد.
- بسته‌بندی نوار ترموپلاستیک، مطابق با الزامات مندرج در استاندارد پلی وینیل کلرید، پلی اتیلن و نوار عایق لاستیکی، UL 510، در صورت برآورده شدن همه شرایط زیر قابل استفاده است:
- (الف) بسته‌بندی نباید ضخامتی کمتر از ۰/۳۳ میلی‌متر (۰/۰۱۳ اینچ) داشته باشد، در دو یا چند لایه اعمال می‌شود، و حداقل همراه با نیمی از فاصله هوایی استفاده می‌شود.
- (ب) این بسته‌بندی نباید کمتر از ۰/۷۲ میلی‌متر (۰/۰۲۸ اینچ) ضخامت داشته باشد و همراه با نیمی از فاصله هوایی استفاده می‌شود.
- (ج) حد مجاز دمای نوار کمتر از حداکثر دمای مشاهده شده در تست دما نمی‌باشد.
- (د) نوار تحت فشار قرار نمی‌گیرد.
- (ه) نوار روی یک لبه تیز پیچیده نمی‌شود.

۴-۲۵- فواصل متناوب، فواصل استاندارد و فواصل خزشی

- فواصل استاندارد و فواصل خزشی را می‌توان مطابق با الزامات مندرج در استاندارد هماهنگی عایق‌ها از جمله فواصل استاندارد و فواصل خزشی برای تجهیزات برقی، UL 840، مورد بررسی قرار داد.
- فاصله بین قسمت حامل جریان غیر عایق و دیواره‌های یک محفظه فلزی، از جمله اتصالات برای مجرای یا کابل، باید مطابق جدول ۴-۲۲ باشد. فواصل استاندارد باید با اندازه‌گیری فیزیکی مشخص شود.
- فاصله‌های استاندارد و فواصل خزش در پایانه‌های سیم‌کشی میدانی باید با فاصله‌ها، بخش ۴-۲۴- مطابقت داشته باشد.
- در انجام تحقیقات مطابق با الزامات مندرج در استاندارد هماهنگی عایق از جمله فواصل استاندارد و فواصل خزشی تجهیزات برقی، UL 840، موارد زیر استفاده می‌شود:
- (الف) آلودگی درجه ۳ اعمال می‌شود، مگر اینکه در جای دیگری در این استاندارد مشخص شده باشد،

ب) یک اینورتر باید الزامات مربوط به اضافه ولتاژ طبقه IV را رعایت کند،

ج) آلودگی درجه ۲ روی مورد سیم‌کشی چاپ شده‌ای اعمال می‌شود که بین ماده رسانای مجاور قرار دارد که توسط روکش پوشانده شده است. این روکش پوشش پیوسته‌ای را حداقل یک طرف و کل مساحت تا طرف دیگر مواد رسانا فراهم می‌کند.

د) کلیه بوردهای سیم‌کشی چاپ شده دارای حداقل شاخص‌های ردیابی مقایسه‌ای (CTI 100) بدون بررسی بیشتر است.

ه) استفاده از روکش مطابق با الزامات پوشش‌های همدیس در استاندارد مواد پلیمری - استفاده در ارزیابی تجهیزات الکتریکی، UL 746C مطابق با الزامات مندرج در UL 840 برای دستیابی به آلودگی درجه ۱ است،

و) آلودگی درجه ۱ با استفاده از حداقل یک لایه از لاستیک سیلیکون با ضخامت ۰/۷۹ میلی‌متر (۳۲/۱ اینچ) یا برای گروهی از بوردهای سیم‌کشی چاپ شده از طریق قالب‌گیری، بدون حباب هوا، در اپوکسی یا مواد قالب‌گیری قابل دستیابی است.

ز) ولتاژ سیستم فاز به زمین که در تعیین کلیرنس (فاصله استاندارد) استفاده می‌شود عبارت است از تجهیزات دارای ولتاژ منبع تغذیه که به مقدار بالاتر بعدی گرد شده است (در جدول تعیین فواصل استاندارد تجهیزات) برای کلیه نقاط در طرف منبع تغذیه ترانسفورماتور ایزوله یا تمام محصول در صورت فراهم نبودن ترانسفورماتور ایزوله. ولتاژ سیستم بکار رفته در ارزیابی مدار ثانویه می‌تواند در جدول برای فواصل استاندارد و ولتاژ ایستادگی پیک ضربه‌ای درونیابی شود.

ح) تعیین ابعاد فواصل استاندارد و فواصل خرسی مطابق با الزامات اندازه‌گیری فواصل استاندارد و فواصل خرسی UL 840 انجام می‌شود.

۴-۲۶- مواد عایق‌بندی

۴-۲۶-۱- کلیات

ماده پلیمری که قسمت‌های حامل جریان بدون عایق روی آن قرار داده شده است مطابق با استاندارد تست‌های قابلیت اشتعال‌پذیری مواد پلاستیکی برای قطعات در دستگاه‌ها و لوازم خانگی با طبقه‌بندی V-0، V-1 یا V-2، UL 94 است. استفاده از متریال طبقه V-2 نیازمند استفاده از یک محفظه بدون بازشوهای تهویه است. سوراخ‌های زهکشی صرف‌نظر از کلاس مواد ممنوع نیستند.

استثنا: این مورد در مورد موادی که فقط به قسمت‌های حامل جریان متصل به مدارهای کم ولتاژ (LVLE) با انرژی محدود متصل هستند، اعمال نمی‌شود.

الیاف ولکانیزه نباید به عنوان تنها پشتیبانی از قسمت حامل جریان بدون عایق استفاده شود که در آن انقباض، نشت جریان و یا تاب برداشتن، خطر آتش‌سوزی یا برق‌گرفتگی را ایجاد می‌کند. الیاف ولکانیزه الکتریکی می‌تواند به عنوان پوشینگ عایق‌کاری، واشر، جداکننده یا مانع استفاده شوند.

ماده پلیمری که برای پشتیبانی از یک قسمت حامل جریان یا قطعات غیر عایق استفاده می‌شود، باید الزامات مقاومت مکانیکی و استحکام، مقاومت در برابر حرارت، مقاومت در برابر انتشار شعله و مقاومت دی الکتریک را در استاندارد مواد پلیمری - ارزیابی ویژگی‌های کوتاه مدت، UL 746A، استاندارد مواد پلیمری - ارزیابی ویژگی‌های بلند مدت، UL 746B و استاندارد مواد پلیمری - استفاده در ارزیابی تجهیزات الکتریکی، UL 746C رعایت کند.

۴-۲۶-۲- موانع

مانع عایق فیبر ولکانیزه، ترموپلاستیک یا سایر مواد مورد استفاده به جای فاصله‌های مورد نیاز نباید کمتر از ۰/۷۱ میلی‌متر (۰/۲۸ اینچ) ضخامت داشته باشند و همچنین قرارگیری و مواد تشکیل دهنده آنها باید به گونه‌ای باشد که تحت تأثیرات منفی قوس الکتریکی قرار نگیرد.

استثنا: فیبر ولکانیزه با ضخامت کمتر از ۰/۳۳ میلی‌متر (۰/۱۳ اینچ) زمانی می‌تواند استفاده شود که:

الف) همراه با فاصله هوای بیشتر از ۵۰ درصد حداقل فاصله هوایی که در جدول ۴-۲۲ مشخص شده است، باشد و
ب) می‌تواند بین یک سینک گرما و یک سطح نصب فلز، از جمله محفظه، یا یک مدار ثانویه ایزوله با ولتاژ ۵۰ ولت و یا کمتر استفاده شود.

عایق مورد استفاده به جای فاصله‌های مورد نیاز بین سیم‌پیچ کویل مغناطیسی و سایر قطعات حامل جریان غیر عایق یا قطعات فلزی بدون جریان متصل به زمین، باید با این بخش مطابقت داشته باشد.

۴-۲۷- خازن

خازن مورد استفاده برای از بین بردن تداخل الکترومغناطیسی یا تصحیح ضریب توان که پر از روغن است باید مطابق با استاندارد خازن‌ها، UL 810 باشد.

استثنا: در جایی که خازن در داخل واحد و یا در محفظه‌ای قرار دارد که مطابق با الزامات ۴-۵ بدون استثناء باشد، ظرف خازن می‌تواند از ورق فلز نازک‌تر یا از مواد غیر فلزی دیگری باشد.

یک خازن متصل به مدار ورودی / خروجی AC که به یک ابزار متصل است، باید مطابق با استاندارد خازن‌های فرعی مندرج در استاندارد خازن‌ها و نویزگیرهای مربوط به لوازم رادیویی و تلویزیونی، UL 1414 باشد.

۴-۲۸- مدار سیگنال قابل دسترسی ایزوله

یک مدار سیگنال قابل دسترسی ایزوله که دارای وسیله‌ای برای اتصالات خارجی (مانند درگاه ارتباطی RS232 و اتصالات مشابه) باشد، باید با بندهای زیر مطابقت داشته باشد.

یک مدار سیگنال که خارج از واحد می‌باشد، باید یک مدار ایزوله باشد و همان‌طور که در بخش برق گرفتگی گفته شد، باید با یکی از موارد زیر از مدارهای داخلی دارای ولتاژی با خطر برق گرفتگی جدا شود:

الف) ایزولاتور نوری (اپتیکال)، مطابق با استاندارد ایزولاتورهای نوری، UL 1577، با درجه ولتاژ ایزولاسیون بیشتر از پتانسیل تست.

ب) ترانسفورماتور (مبدل) ایزولاسیون مطابق با استاندارد ترانسفورماتورهای کم ولتاژ - قسمت ۱: الزامات عمومی، UL5085-1 و استاندارد ترانسفورماتورهای کم ولتاژ - قسمت ۳: ترانسفورماتورهای کلاس ۲ و کلاس ۳، UL5085-3 یا یک ترانسفورماتور ایزولاسیون. اتوترانسفورماتورها مستثنی هستند و شامل این بند نمی‌باشند.

ج) خازنی مطابق با استاندارد مربوط به خازن‌ها و سرکوبگرهای لوازم رادیویی و تلویزیونی، UL 1414،

د) رله الکترومکانیکی مطابق با الزامات مذکور در استاندارد تجهیزات کنترل صنعتی، UL 508، یا

ه) شبکه تنظیم ولتاژ که در آن:

۱) ولتاژ ایزوله به صورت مستقیم از مدار AC حاصل نمی‌شود و

۲) شبکه دارای خطر برق گرفتگی در اتصال خارجی نیست (مطابق با آنچه در بخش برق گرفتگی مشخص شده) و حالت خرابی ندارد (طبق تحلیل اثر مطابق با روشی مشروح در استاندارد مربوط به آزمایش‌های کنترل ایمنی با استفاده از دستگاه‌های حالت جامد، UL 991).

حداکثر ولتاژ و جریان برق موجود در یک مدار سیگنال قابل دسترسی ایزوله باید با ۴-۲۹- مطابقت داشته باشد.

حداکثر توان موجود در یک مدار سیگنال قابل دسترسی ایزوله که از یک وسیله محافظت در برابر جریان زیاد برای محدود کردن جریان استفاده می‌کند، نباید از مقادیر مذکور در جدول ۴-۲۳ فراتر رود.

جدول ۴-۲۳: حداکثر توان مدارهای سیگنال قابل دسترسی ایزوله

ولتاژ مدار، ولت-rms	حداکثر توان، ولت-آمپر
۱۵ یا کمتر	۳۵۰
بیشتر از ۱۵ و کمتر از ۶۰	۲۵۰

۴-۲۹- مدارهای کنترل

یک مدار کنترلی که یک مدار کم ولتاژ با انرژی محدود (LVLE) یا یک مدار با انرژی محدود (LE) است، قادر به اتصال به یک زمین مرجع تک نقطه‌ای است.

به غیر از موارد مربوط به مدارهای ایمنی، مدار کم ولتاژ با انرژی محدود (LVLE) لازم نیست مورد بررسی قرار گیرد. مورد سیم‌کشی چایی و سیم عایق مورد استفاده در چنین مدارهایی باید مطابق با بخش ۴-۲۱- و ۴-۳۲- باشد. مدار کنترل که یک مدار ایمنی است، باید مطابق با الزامات مدارهای اولیه مورد بررسی قرار گیرد. یک مدار کنترل، شامل قطعات الکترونیکی مربوطه روی مورد سیم‌کشی چایی، که از واحد خارج نشده باشد، در مواردی که حداکثر ولتاژ و جریان مطابق قسمت (الف) و (ب) محدود شده باشد، لازم نیست مورد بررسی قرار گیرد. مورد سیم‌کشی چایی و سیم عایق مورد استفاده در چنین مدارهایی باید مطابق با بخش ۴-۲۱- و ۴-۳۲- باشند.

(الف) ولتاژ نباید از حد مشخص شده در جدول ۴-۱۱ فراتر رود

(ب) جریان نباید بیشتر از موارد زیر باشد:

(۱) هشت آمپر برای حداکثر ولتاژ ۰ - ۴۲/۴ ولت AC، یا ۰ - ۳۰ ولت DC

(۲) آمپر برابر با ۱۵۰ تقسیم بر حداکثر ولتاژ برای ۳۰ - ۶۰ ولت DC.

استثنا: زمانی حداکثر جریان می‌تواند بیشتر از حد مشخص شده باشد که مدار شامل یک دستگاه محافظت در برابر جریان بیش از حد باشد.

با استناد به بند (ب) فوق، حداکثر جریان را باید تحت هر شرایط بار (از جمله اتصال کوتاه) با استفاده از یک مقاومت اندازه‌گیری کرد که برای حفظ حداکثر جریان بار به طور پیوسته در طول دوره‌های ۱ دقیقه‌ای تنظیم می‌شود. با این حال، نباید از مقدار مذکور در (ب) فراتر رود.

با استناد به (الف)، اندازه‌گیری با واحد متصل به ولتاژ مشخص شده در بند اول بخش ۴-۴۴- انجام می‌شود و تمام مدارهای بارگیری قطع می‌شوند. هنگامی که از سیم‌پیچ ترانسفورماتور سر وسط برای تهیه یکسوساز موج کامل استفاده می‌شود، اندازه‌گیری ولتاژ از هر دو انتهای سیم‌پیچ به انشعاب (سروسط) انجام می‌شود.

هنگامی که مدار کنترل مذکور محدود به جریان اتصال کوتاه بوجود آمده در اثر ساخت ترانسفورماتور نباشد و مدار شامل یک یا چند مقاومت، یک فیوز، یک دستگاه محافظ رست دستی غیر قابل تنظیم یا یک شبکه تنظیم کننده باشد، مدارهایی که جریان در آنها محدود است، نیازی به بررسی ندارند.

فیوز یا دستگاه محافظ مدار که برای محدود کردن جریان استفاده می‌شود، باید مطابق با مقادیر مشخص شده در جدول ۴-۲۴ تنظیم شده باشد.

جدول ۴-۲۴: مقادیر فیوز ثانویه یا محافظ مدار

ولتاژ مدار، V_{rms}	حداکثر محافظت در برابر جریان زیاد، آمپر
۲۰ یا کمتر	۵
بیشتر از ۲۰ و کمتر از ۶۰	$100 / V^a$
V : حداکثر ولتاژ خروجی صرف نظر از بار با انرژی اولیه است.	

فیوز یا دستگاه محافظ مدار متصل به اولیه ترانسفورماتور برای محدود کردن جریان باید معادل مشخصات مذکور در پاراگراف قبل باشد.

استثنا: هنگامی که ترکیب فیوز یا وسیله محافظ در برابر ولتاژ بیش از حد و ترانسفورماتور مطابق با استاندارد مربوط به ترانسفورماتورهای کم ولتاژ قسمت ۱: شرایط عمومی، UL 5085-1 و قسمت ۳: ترانسفورماتورهای کلاس ۲ و کلاس ۳، UL 5085-3 باشد، آزمایش کالیبراسیون محافظت در برابر ولتاژ بیش از حد، بخش ۴-۴۹- قابل اجرا نیست.

شبکه تنظیم کننده یا یک یا چند مقاومت که برای محدود کردن جریان استفاده می‌شوند، باید به گونه‌ای باشند که جریان تحت هر شرایط بار (از جمله اتصال کوتاه) از مقادیر مشخص شده در بند (ب) مذکور فراتر نرود.

در مواردی که یک شبکه تنظیم کننده برای محدود کردن ولتاژ یا جریان استفاده می‌شود و عملکرد آن تحت تأثیر نقص و خرابی (اتصال کوتاه یا مدار باز) هر قطعه منفردی باشد (به جز اتصال کوتاه یک مقاومت)، آنگاه شبکه باید:

(الف) مطابق تست‌های مشخص شده در ادامه باشد

(ب) قطعه‌های حساس مشخص شده توسط حالت خرابی و آنالیز اثر مطابق با استاندارد تست‌های مربوط به کنترل ایمنی با استفاده از دستگاه‌های حالت جامد (UL 991) باید مطابق با کتابچه راهنمای طراحی قابلیت اطمینان الکترونیکی (کتابچه راهنمای نظامی شماره ۳۳۸-۱۹۸۸) باشند.

در مداری شامل یک یا چند مقاومت، یک فیوز، یک دستگاه محافظ رست دستی غیر قابل تنظیم یا یک شبکه تنظیم کننده باشد، سیم‌پیچ ثانویه ترانسفورماتور، فیوز یا دستگاه محافظ مدار، یا شبکه تنظیم کننده و کلیه سیم‌کشی‌ها تا نقطه‌ای که جریان و ولتاژ محدود می‌شوند، باید مطابق با الزامات قابل اجرا در این استاندارد بررسی شوند.

با استناد به بند (الف) مذکور، شبکه تنظیم کننده باید بر اساس روشی که در استاندارد تست‌های مربوط به کنترل‌های ایمنی با استفاده از دستگاه‌های حالت جامد (UL 991) توصیف شده است، با تست‌های زیر مطابقت داشته باشد:

(الف) تست ولتاژ گذرا،

(ب) تست ولتاژ رمپ،

(ج) تست‌های حساسیت الکترومغناطیسی،

(د) تست تخلیه الکترواستاتیک،

(ه) تست سیکل حرارتی،

(و) تست رطوبت،

(ز) تست تأثیر حمل و نقل و ذخیره‌سازی.

از پارامترهای آزمایش زیر برای تحقیق در مورد شبکه تنظیم کننده مذکور استفاده می‌شود.

(الف) از نظارت الکتریکی برای قطعات حساس استفاده می‌شود،

(ب) شنودپذیری به عنوان یک شاخص مشکل برای مدار نظارت الکتریکی قابل استفاده است،

(ج) از قدرت میدان ۳ ولت بر متر برای آزمایش EMI تابشی استفاده می‌شود،

(د) کلاس تماس Exposure H5 برای تست رطوبت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۴-۳۰- محافظت در برابر جریان زیاد

۴-۳۰-۱- کلیات

وسیله محافظ جریان زیاد که عملکرد مناسب آن مستلزم تجدید، تعویض یا تنظیم مجدد است، باید از قسمت‌های زیر قابل دسترسی باشد:

(الف) از خارج از محفظه،

(ب) پشت کاور لولایی.

استثناء شماره ۱: وسیله محافظی که عموماً به دلیل مکان قرارگیری‌اش و عدم اشاره به آن در دستورالعمل‌های عملیاتی ارائه شده به همراه واحد، برای کاربر ناشناخته است، نیازی به دسترسی ندارد.

استثناء شماره ۲: وقتی فیوز و بار در یک محفظه یکسان قرار دارند، فیوز مدار کنترل نیازی به تجدید ندارد.

پوسته پیچ نگهدارنده فیوز دو شاخه‌ای و کنتاکت‌ها، از جمله قسمت‌های برقدار مربوطه که قادر به تماس با پروب نشان داده شده در شکل ۴-۴ هستند، و قطعات نگهدارنده فیوز استخراجی باید به سمت بار متصل شوند. انواع نگهدارنده فیوز، نباید در مدارهایی که هر دو انتهای فیوز برق دارد، استفاده شود (مثلاً بین اینورتر و تاسیسات یا بین کنترل‌کننده شارژ و باتری).

فیوز و نگهدارنده فیوز باید ولتاژ و جریانی کمتر از مداری که به آن وصل شده‌اند، داشته باشند. فیوز دوشاخه (پلاگین) نباید در مداری با بیش از ۱۲۵ ولت یا ۱۲۵/۲۵۰ ولت ۳-سیم استفاده شود.

نگهدارنده فیوز باید از نوع کارتریجی، پلاگین یا استخراجی باشد.

استثنا: فیوز باید فقط توسط پرسنل خدمات تعویض شود.

یک نگهدارنده فیوز پلاگین باید از نوع S باشد.

یک محافظ لوازم برقی مورد استفاده در مدار خروجی اینورتر به جای فیوز دارای مدار-شاخه یا قطع‌کننده مدار باید دارای حد مجاز قطع‌کننده اتصال کوتاه بیشتر از حداکثر جریان خطای اینورتر باشد و باید با الزامات استاندارد محافظ‌های تکمیلی جهت استفاده در تجهیزات برقی، UL 1077، مطابقت داشته باشد.

یک قطع‌کننده مدار در مدار ورودی یا خروجی باید تمام هادی‌های غیرزمین مدار را باز کند. قطع‌کننده مدار چند قطبی باید از نوع مسافرتی معمول باشد.

استثنا: قطع کننده‌های مدار یک قطبی با اتصالات دستگیره‌ای را که ترکیب آنها مطابق با الزامات قابل استفاده در استاندارد مربوط به مدارشکن^۱ (دژنکتور) مدارهای قالب‌بندی شده، سوئیچ‌های قالب‌بندی شده و محفظه مدارشکن، UL489 است، می‌توان به عنوان محافظ برای هر هادی غیرزمین ارائه دهنده بارهای متصل خط به خط تجهیزات ارزیابی شده برای اتصال به یکی از مدارهای سیستم زمین زیر که در آنها هیچ هادی دارای پتانسیل زمین کردن بیش از ۱۵۰ ولت را ندارد، به کار برد:

(الف) در یک مدار تک‌فاز،

(ب) در یک مدار ۳ سیم DC،

(ج) در مداری که به یک سیستم ۴ سیم سه‌فاز یا ۵ سیم، دوفاز با نول زمین (زمینی) وصل شده است.

یک واحد زمانی باید علامت‌گذاری شود که دارای محافظ جریان زیاد با فیوز قابل تعویض باشد و فیوز:

(الف) برای کاربر قابل دسترسی باشد یا

(ب) برای رعایت الزامات مندرج در این استاندارد استفاده شده باشد.

یک وسیله محافظ جریان زیاد نباید در قسمت زمین (نول در مدار AC) مدار منبع تغذیه متصل شود مگر اینکه وسیله محافظ به طور همزمان رسانای زمین و غیرزمین مدار منبع را قطع کند.

دستگاه‌های حساس به دما یا جریان مانند ترموستات محدود کننده دما، قطع حرارتی، محافظ لوازم برقی، فیوزها، مدارشکن یا دستگاه‌های مشابه که باید با تست‌های غیرطبیعی بخش ۴-۴۷- مطابقت داشته باشند، باید با الزامات مربوط به هر قطعه خاص نیز مطابقت داشته باشند.

حفاظت در برابر جریان زیاد با استفاده از مدار قطعه حالت جامد که برای محافظت از مدارهای کنترل مطابق این بخش استفاده می‌شود، باید با الزامات مربوط به کالیبراسیون و وقفه‌های مذکور در استاندارد مدارشکن‌های قالب‌بندی شده، سوئیچ‌های قالب‌بندی شده و محفظه‌های مدارشکن، UL 489 مطابقت داشته باشد. آزمون قطع باید بر اساس حداکثر جریان اتصال کوتاه تولید شده در اینورتر باشد.

استثنا: این الزامات در مورد محافظ‌های جریان زیادی که عملکردشان تحت تاثیر نقص و خرابی هیچ یک از قطعات منفرد (اتصال کوتاه یا مدار باز) قرار نگیرد، صدق نمی‌کند.

واحدهای دارای وسایل محافظ جریان اضافی که مستقیماً به ترمینال‌های ورودی یا خروجی متصل هستند و یا دارای ترمینال‌های دستگاه محافظ هستند که به عنوان ورودی یا خروجی عمل می‌کنند، باید دارای برچسب یا لیبل در نزدیکی این ترمینال‌های ورودی یا خروجی باشند که محدودیت دمایی هادی برای هادی‌های نصب شده میدانی را مطابق با بخش ۱۱۰-۱۴ قانون ملی برق آمریکا، ANSI / NFPA 70، نشان می‌دهد.

^۱ Circuit Breaker

۴-۳۰-۲- حفاظت مدار کنترل در برابر جریان زیاد

مدار کنترلی که از واحد به یک صفحه کنترل از راه دور، پانل وضعیت یا قطعه مشابهی بسط می‌یابد، باید مطابق این بخش محافظت شود.

استثنا: یک مدار کنترل خارجی بعد از ترانسفورماتور کلاس ۲ نیازی به محافظت در برابر جریان زیاد ندارد.

دستگاه محافظ جریان زیاد، باید یک مدارشکن یا فیوزی باشد که:

(الف) برای محافظت در برابر جریان زیاد مدار شاخه ارزیابی شده است

(ب) یک نگهدارنده فیوز پلاگین باید از نوع S باشد.

هنگامی که وسیله محافظ، یک فیوز باشد، واحد باید علامت‌گذاری شود.

یک مدار کلاس ۱ با قدرت محدود مطابق با قانون ملی برق آمریکا (ANSI / NFPA 70) که برای ایجاد یک مدار

کنترل خارجی استفاده می‌شود، باید از منبعی تغذیه شود که دارای خروجی با حد مجاز کمتر از ۳۰ ولت و ۱۰۰۰ ولت-آمپر باشد.

هنگامی که منبع غیر از ترانسفورماتور است، مدار باید توسط یک دستگاه محافظت در برابر جریان با مقدار مجاز (rating) کمتر از ۱۶۷ درصد از مقدار مجاز ولت-آمپر تقسیم بر مقدار مجاز ولتاژ، محافظت شود. این دستگاه محافظ

جریان زیاد با دستگاه‌های محافظ جریان زیاد که دارای مقادیر مجاز بالاتر هستند، قابل تعویض نیست.

مدار کنترل خارجی بعد از ثانویه ترانسفورماتوری به غیر از آنچه در پاراگراف‌های قبلی این بخش تشریح شده است،

باید دارای محافظ جریان زیاد باشد. برای ترانسفورماتوری که دارای مقدار مجاز نیست، مقدار مجاز جریان اولیه یا ثانویه

شامل حداکثر جریان در حین کار عادی واحد است.

ترانسفورماتور مورد استفاده برای تهیه مدار کنترل باید دارای محافظ جریان زیاد در مدار اولیه‌ای با مقادیر نامی مطابق

جدول ۴-۲۵ باشد.

استثناء شماره ۱: در شرایطی که جریان اولیه ارزیابی شده ترانسفورماتور برابر ۹ آمپر یا بیشتر باشد و ۱۲۵ درصد از

این جریان با مقدار مجاز استاندارد فیوز یا قطع کننده مدار مطابقت ندارد، از مقدار مجاز استاندارد بالاتر بعدی دستگاه

محافظ استفاده می‌شود. مقدار مجاز استاندارد دستگاه‌های محافظ در بخش ۲۴۰-۶ قانون ملی برق آمریکا (ANSI / NFPA

70) ذکر شده است.

استثناء شماره ۲: در شرایطی که جریان ثانویه ارزیابی شده ترانسفورماتور کمتر از ۹ آمپر باشد، حفاظت از جریان زیاد

در مدار ثانویه را می‌توان روی حداکثر ۱۶۷ درصد از جریان ثانویه ارزیابی شده تنظیم کرد.

استثناء شماره ۳: از آنجا که یک مدار کنترل از ثانویه ترانسفورماتوری حاصل شده است که مجهز به محافظ جریان

زیاد مدار اولیه با مقدار مجاز حداکثر ۲۵۰ درصد از جریان اولیه ارزیابی شده است، در شرایطی که مدار ثانویه در حداکثر

۱۲۵ درصد از جریان ثانویه ارزیابی شده ترانسفورماتور محافظت شود نیازی به استفاده از دستگاه محافظ جریان زیاد

دیگری در مدار اولیه نیست.

جدول ۴-۲۵: حفاظت جریان زیاد اولیه برای ترانسفورماتورهای مدار کنترل

جریان اولیه ارزیابی شده، آمپر	حداکثر مقدار مجاز دستگاه محافظ جریان زیاد، درصد مقدار مجاز جریان اولیه ترانسفورماتور
کمتر از ۲	۳۰۰
۲ تا ۹	۱۶۷
۹ یا بیشتر	۱۲۵

۴-۳۰-۳- محافظ جریان زیاد مدار برق AC خروجی

همانطور که در ۴-۳۰-۲- شرح داده شده است، مدار برق خروجی AC باید دارای محافظ جریان زیاد برای همه هادی‌های غیرزمین باشد. مقدار مجاز ولتاژ محافظت در برابر جریان زیاد نباید کمتر از مقدار مجاز مدار باشد. مقدار مجاز ولتاژ برای مدار سه فاز باید بر اساس ولتاژ فاز به فاز باشد. دستگاه محافظت در برابر جریان زیاد باید یک مدارشکن (دژنکتور) یا فیوزی باشد که برای استفاده به عنوان محافظ مدار شاخه ارزیابی شده است.

استثنا: در واحدی که دارای اتصال سیم‌کشی دائمی مدار خروجی است و طبق کتابچه راهنما، محافظت جریان زیاد به طریق دیگری فراهم شده است، لزومی به استفاده از محافظ جریان زیاد نیست.

برای واحدی که دارای اتصال سیم‌کشی دائمی مدار توان خروجی AC است، مقدار مجاز حفاظت جریان بیش از حد نباید از ظرفیت هادی‌های اتصال به واحد بیشتر باشد.

در صورتی که یک واحد شامل یک یا چند پریز AC باشد، برای هر پریز باید محافظ جریان زیاد تعبیه شود. محافظ جریان زیاد که مقدار مجاز آن از مقدار مجاز آمپر هیچ پریز متصل به آن بیشتر نمی‌شود، در صورتی قابل استفاده است که تمام پریزها وصل شده باشند.

استثنا: دو یا چند پریز با مقدار مجاز ۱۵ آمپری در یک واحد با حداقل سیم‌کشی داخلی (۲۳/۳ mm) AWG ۱۲ را می‌توان با یک تجهیز محافظ جریان زیاد ۲۰ آمپری محافظت کرد.

۴-۳۰-۴- مدارهای باتری

واحدی که برای اتصال به مدار باتری در نظر گرفته شده است، باید دارای محافظ جریان زیاد مطابق با الزامات مشروح در این بخش باشد.

استثنا: هنگامی که دفترچه راهنما حاوی بندهای مذکور در بخش ۴-۶۶- (ف) باشد، محافظ جریان زیاد لازم نیست. دستگاه محافظ جریان زیاد مطابق با قانون ملی برق آمریکا، NFPA 70، باید دارای مقدار مجاز DC بوده و مناسب محافظت از مدار-شاخه باشد.

دستگاه محافظ باید در مجاورت وسیله اتصال باتری و پیش از هر قطعه‌ای که ممکن است در شرایط اتصال کوتاه دچار خرابی شود (مانند خازن‌ها، دستگاه‌های حالت جامد یا قطعات مشابه)، قرار داشته باشد.

مقدار مجاز دستگاه محافظ جریان زیاد باید بر اساس قدرت هادی‌های در نظر گرفته شده برای اتصال بین واحد و باتری باشد.

۴-۳۱- آشکارساز / قطع کننده نقص زمین DC

اینورتر یا کنترل کننده شارژ با ورودی مستقیم فتوولتائیک از یک آرایه فتوولتائیک زمین شده باید دارای یک آشکارساز / قطع کننده نقص زمین (GFDI) باشد. GFDI باید قادر به تشخیص نقص زمین، ارائه هشدار نقص، قطع گردش جریان نقص و همچنین جدا کردن بخش آرایه معیوب یا غیرفعال کردن اینورتر برای قطع خروج توان باشد. GFDI باید با بندهای این بخش و بخش ۴-۵۳ تا ۴-۵۶ مطابقت داشته باشد.

استثناء شماره ۱: لازم نیست ماژول‌های AC دارای یک GFDI باشند.

استثناء شماره ۲: اینورتر یا کنترل کننده شارژ را زمانی می‌توان بدون دستگاه GFDI مورد استفاده قرار داد که واحد شامل علامتی مطابق با بخش ۴-۶۶ (ق) باشد.

GFDI باید نقص زمین را حس کند، مسیر جریان نقص زمین را قطع کند و در صورتی که جریان نقص زمین از محدوده مذکور در جدول ۴-۲۶ فراتر رود، هشدار خطا را نشان دهد.

جدول ۴-۲۶: مشخصات شناسایی حداکثر جریان زمین مجاز

مقدار مجاز DC دستگاه (kW)	مشخصات شناسایی حداکثر جریان زمین مجاز (آمپر)
۲۵-۰	۱
۵۰-۲۵	۲
۱۰۰-۵۰	۳
۲۵۰-۱۰۰	۴
>۲۵۰	۵

GFDI فعال شده نباید قادر به غیرفعال سازی خودکار باشد.

هنگامی که GFDI به دلیل قطع برق تاسیسات مطابق با بخش قطع برق، فعال می‌شود، باید بتواند با وصل مجدد برق مجدداً به صورت خودکار غیرفعال شود.

در GFDI که قطعات حالت جامد دارد، برای تشخیص اثر خرابی هر مؤلفه‌ای به استثنای اتصال کوتاه یک مقاومت، باید مدار شناساگر/قطع کننده نقص زمین مورد بررسی قرار گیرد. قطعه‌های حساس مشخص شده توسط حالت خرابی و آنالیز

بورد مدار چاپی در یک واحد باید با استاندارد بورد مدار چاپی، UL 796، مطابقت داشته باشد. برای واحدی با روزه‌های متفرقه یا تهویه داخل محفظه، بورد باید مطابق با استاندارد تست‌های قابلیت اشتعال‌پذیری مواد پلاستیکی برای قطعات در دستگاه‌ها و لوازم خانگی، UL 94، به صورت V-0 یا V-1 طبقه‌بندی شود. استفاده از مواد طبقه‌بندی شده به صورت V-2 مستلزم استفاده از یک محفظه بدون روزه است.

استثنا: این الزام در مورد برد مدار چاپی که فقط به مدارهای ولتاژ کم، با انرژی محدود (LVLE) متصل است و خراب شدن یا شکستن پیوند بین یک هادی و ماده پایه منجر به خطر آتش‌سوزی و برق گرفتگی نشود، صدق نمی‌کند.

۴-۳۳- ترانسفورماتور ایزولاسیون خارجی

ترانسفورماتور ایزولاسیون خارجی تعبیه شده توسط سازنده باید با استاندارد ترانسفورماتورهای توان و اهداف عمومی نوع خشک، UL 1561، یا استاندارد ترانسفورماتورهای توزیع، نوع خشک، بالای ۶۰۰ ولت، UL 1562، (هر کدام که مناسب باشد) مطابقت داشته باشد.

محصولی که ولتاژ و فرکانس تاسیسات را برای صادرات برق به EPS اندازه‌گیری می‌کند، باید دارای ترانسفورماتور ایزولاسیون خارجی تعبیه شده توسط سازنده باشد.

محصولی که مشمول پاراگراف قبل نباشد و از ترانسفورماتور ایزولاسیون خارجی تعبیه شده توسط سازنده استفاده کند، باید مطابق با بند آخر بخش ۴-۶۵-۲ دارای دستورالعمل استفاده باشد.

۴-۳۴- حفاظت در برابر خطرات آسیب به افراد

هنگامی که استفاده، نگهداری و یا سوء استفاده قابل پیش‌بینی از یک واحد، خطر آسیب‌دیدگی افراد را در پی دارد، باید حفاظت‌هایی برای کاهش خطر اعمال شود. از جمله عواملی که باید در مورد قطعات متحرک بیرونی مورد توجه قرار گیرد، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

(الف) میزان بی حفاظی لازم برای انجام عملکرد مورد نظر قطعه،

(ب) تیزی قسمت متحرک،

(ج) امکان تماس غیر عمدی،

(د) سرعت قسمت متحرک،

(ه) احتمال در معرض خطر قرارگیری بخشی از بدن یا گیرکردن بخشی از لباس شخص به قسمت متحرک.

این عوامل باید با توجه به عملکرد مورد نظر واحد و سوء استفاده قابل پیش‌بینی مورد بررسی قرار گیرند.

اینکه یک محافظ، کلید فعال‌سازی، قفل یا وسیله مشابهی لازم است یا خیر و یا چنین وسیله‌ای به طور مطلوب کار می‌کند یا خیر، باید با بررسی کل واحد، ویژگی‌های عملکرد آن و احتمال خطر آسیب‌دیدگی افراد مشخص شود. این بررسی شامل ارزیابی نتایج حاصل از نقص یا خرابی هر یک از قطعات است. با این حال، بیش از یک قطعه نباید همزمان مورد بررسی قرار گیرد، مگر اینکه یک رویداد منجر به وقوع رویداد دیگری شود. اگر بررسی نشان دهد که نقص یک قطعه می‌تواند منجر به آسیب‌دیدگی افراد شود، قابلیت اطمینان این قطعه باید مورد بررسی بیشتری قرار گیرد.

۴-۳۵- محافظه و محافظ

قسمتی که می‌تواند موجب بروز خطر آسیب‌دیدگی افراد شود، باید محصور شود و در یک محفظه قرار گیرد. هر روزنه‌ای در قسمت محافظ یا محفظه اطراف قسمت متحرک که می‌تواند خطر آسیب‌دیدگی افراد را در پی داشته باشد، باید ابعاد جزئی کمتر از $25/4$ میلی‌متر (۱ اینچ) داشته باشد و هنگامی که پروب نشان داده شده در شکل ۴-۴ از طریق روزنه تا حداکثر عمق آن به صورت مستقیم یا کج فرو می‌رود، نباید تماسی میان روزنه و پروب برقرار شود. محفظه، روزنه، قاب، محافظ، دستگیره، گیره یا قطعات مشابه نباید به اندازه‌ای تیز باشند که موجب آسیب‌دیدگی افراد در هنگام نگهداری یا استفاده از آن وسیله شوند. محافظ یا بخشی از محفظه که به عنوان محافظ برای قسمت دارای خطر آسیب‌دیدگی افراد عمل می‌کند، باید:

(الف) هنگام مونتاژ روی وسیله نصب شده باشد تا آن قسمت نتواند بدون محافظ عمل کند.

(ب) با استفاده از اتصال دهنده‌هایی به تجهیز وصل شده باشد و برای باز کردن این اتصال دهنده‌ها به ابزار خاصی نیاز باشد،

(ج) برای کاهش خطر تماس با آن قسمت، یک قفل تعبیه شده باشد.

۴-۳۶- قسمت‌های متحرک

یک قطعه چرخان مانند تیغه فن که شکستگی آن منجر به آسیب‌دیدگی افراد می‌شود، باید درون یک محفظه باشد تا خطر آسیب‌دیدگی افراد کاهش یابد. قطعه در حال چرخش یا متحرک که خطر آسیب‌دیدگی افراد را در هنگام جدا شدن از وسیله به همراه دارد، هنگام استفاده باید با وسیله‌ای به محل خود محکم شود.

۴-۳۷- سوئیچ‌ها و کنترل‌ها

هنگامی که عملکرد ناخواسته سوئیچ، خطر آسیب‌دیدگی افراد را در پی داشته باشد، محرک سوئیچ باید به گونه‌ای باشد یا از آن محافظت شود که عملکرد ناخواسته سوئیچ امکان‌ناپذیر باشد. در صورت لزوم، محرک سوئیچ باید توسط موانع محافظ یا اجزاء مشابهی محافظت شود.

۴-۳۸- نصب

در هنگام نصب، اگر تجهیزاتی برای نصب وسیله در دستورالعمل مربوط به یک واحد ذکر شده باشد که به راحتی در بازار در دسترس نیست، سازنده این دستگاه موظف است آن تجهیزات را همراه با آن وسیله ارائه کند.

۴-۳۹- ویژگی‌های توان خروجی و سازگاری تاسیسات

اینورتر مستقل باید با بند اول بخش ۴-۴۵-۱ الزامات تحریف ولتاژ هارمونیک مذکور در بند اول ۴-۴۵-۳ مطابقت داشته باشد. اینورتر در تعامل با تاسیسات باید با آزمایش‌های مربوطه در بخش تعامل با تاسیسات، مطابقت داشته باشد.

۴-۴۰- تعامل با تاسیسات

یک اینورتر در تعامل با تاسیسات یا تجهیزات سیستم اتصالات (ISE) باید با استاندارد منابع توزیع اتصالات در سیستم‌های توان الکتریکی، IEEE1547 و استاندارد پروسه تست سازگاری منابع توزیع اتصالات تجهیزات در سیستم‌های توان الکتریکی، IEEE1547.1 به استثنای الزامات ارزیابی نصب و راه‌اندازی اتصالات، تست‌های راه‌اندازی و آزمون‌های اتصالات دوره‌ای مطابقت داشته باشد.

به منظور متوقف کردن خودکار خروج توان مطابق با الزامات خاص تاسیسات، اینورترهای در تعامل با تاسیسات و تجهیزات سیستم اتصالات (ISE) باید دارای محدودیت قطع میدانی و زمان قطع قابل تنظیم برای ولتاژ و فرکانس باشند. استثنا: واحدهای مورد استفاده در سیستم‌هایی با مقدار مجاز خروجی AC برابر ۳۰ کیلووات یا کمتر در صورتی ممکن است دارای نقاط تنظیم مطابق استاندارد IEEE 1547 باشد که دفترچه راهنما این محدودیت را ذکر کند.

برای اینورتر در تعامل با تاسیسات یا ISE‌هایی با محدودیت‌های قطع میدانی و زمان قطع قابل تنظیم، کنترل‌ها فقط باید در دسترس پرسنل خدمات باشد. در مورد واحدهای دارای نقاط قطع قابل تنظیم میدانی، دفترچه راهنمای نصب باید محدوده قطع و محدوده تنظیم زمان را علاوه بر تنظیمات پیش فرض کارخانه مشخص کند. همچنین واحدهایی که دارای نقاط قطع قابل تنظیم هستند، باید وسیله‌ای برای نمایش محدوده قطع برنامه‌ریزی شده، زمان قطع و تاخیر در اتصال مجدد داشته باشند.

استثناء شماره ۱: برای واحدی با تجهیزات آزمایش اعمال سیگنال محدوده قطع، زمان قطع و تاخیر در اتصال مجدد با این الزام مطابقت دارد.

استثناء شماره ۲: واحدی که با یک ابزار همراه برای نمایش محدودیت‌های برنامه‌ریزی قطع، زمان قطع و تاخیر زمان اتصال مجدد در ارتباط باشد، با این الزام مطابقت دارد.

هر ترکیبی از مدل ریزپردازنده، سازنده و نسخه نرم‌افزار / سخت‌افزار مورد استفاده در تولید اینورتر در تعامل با تاسیسات یا تجهیزات سیستم اتصالات (ISE) باید ارزیابی شود.

استثنا: برای واحدهای دارای سخت‌افزار / نرم‌افزار که مطابق با استاندارد نرم‌افزار در قطعه‌های قابل برنامه‌ریزی، UL

1998 باشد، نسخه‌های اصلاحی بعدی سخت‌افزار / نرم‌افزار مشمول ارزیابی مجدد محدودی می‌باشد که توسط UL

۱۹۹۸ برای سخت‌افزار یا نرم‌افزار اصلاحی تعیین شده است. دامنه ارزیابی مجدد توسط تاثیر احتمالی اصلاحات سخت‌افزار یا نرم‌افزار تعریف می‌شود.

۴-۴۱- عملکرد

اینورترها و کانورترها باید تحت آزمایش‌های بخش‌های ۴-۴۳ تا ۴-۵۷ قرار بگیرند. واحد باید از یک منبع، تغذیه شود که ویژگی‌های ولتاژ جریان و پاسخ زمانی منبع ورودی را شبیه‌سازی کند، مگر اینکه منبع دیگری برای آن مشخص شده باشد. آزمایش‌ها باید در حداکثر و حداقل ولتاژ ورودی نامی انجام شود. خروجی یک اینورتر یا کانورتر در تعامل با تاسیسات باید به یک ولتاژ منبع وصل شود.

جدول ۴-۲۷: ولتاژهای خروجی برای آزمایش‌ها

ولتاژ تست AC	ولتاژ خروجی AC نامی
۱۲۰	۱۱۰-۱۲۰
ولتاژ مجاز (نامی)	۱۲۱-۲۱۹
۲۴۰	۲۲۰-۲۴۰
ولتاژ مجاز (نامی)	۲۴۱-۲۵۳
۲۷۷	۲۵۴-۲۷۷
ولتاژ مجاز (نامی)	۲۷۸-۴۳۹
۴۸۰	۴۴۰-۴۸۰
ولتاژ مجاز (نامی)	۴۸۱-۵۲۵
۶۰۰	۵۵۰-۶۰۰

هنگامی که یک منبع برق شبیه‌سازی شده برای یک آزمایش مورد نیاز است، از تاسیسات واقعی می‌توان برای تاسیسات شبیه‌سازی شده استفاده کرد و امپدانس منبع برق شبیه‌سازی شده برای اینورتر در تعامل با تاسیسات باید کمتر از ۵ درصد از امپدانس خروجی اینورتر باشد: امپدانس خروجی اینورتر برابر است با ولتاژ خروجی نامی اینورتر تقسیم بر جریان خروجی نامی اینورتر.

محافظ جریان زیاد ورودی و خروجی باید مطابق دستورالعمل سازنده نصب شود. تجهیزات مورد آزمایش که دارای منابع ورودی مشخص شده‌ای هستند که قادر به فراهم آوردن محدوده توان ورودی مذکور در تست نیستند، باید در محدوده منبع ورودی مشخص شده آزمایش شوند. در این شرایط، آزمایش را می‌توان با منبع تاسیسات واقعی یا یک منبع شبیه‌سازی شده انجام داد. نتایج آزمایش فقط در مورد ترکیب تجهیزات مورد استفاده در آزمایش و منبع مشخص شده قابل کاربرد است و این محدودیت باید ذکر شود.

۴-۴۲- اندازه‌گیری حداکثر ولتاژ

حداکثر ولتاژ تعیین شده مطابق این بخش، به عنوان پایه‌ای برای موارد زیر به کار می‌رود:

الف) محاسبه پتانسیل‌های تست مقاومت در برابر ولتاژ دی الکتریک؛
 ب) تعیین حداقل فاصله مشخص شده در بخش فواصل (بند ۴-۲۴-) یا فواصل متناوب، فواصل استاندارد و فواصل خزشی (بند ۴-۲۵-).
 اتصال دهنده (کانکتور) یا قسمت مشابهی که انتظار می‌رود در طول کار قطع شود، باید در طول آزمایش برای کسب حداکثر ولتاژ قطع و وصل شود.
 در صورت وجود ولتاژی که شکل مشخصی ندارد، مقدار پیک ولتاژ اندازه‌گیری می‌شود و این مقدار برای محاسبه پتانسیل مقاومت در برابر ولتاژ دی الکتریک و تعیین حداقل فاصله‌ها استفاده می‌شود. برای ولتاژ سینوسی یا ولتاژ جریان مستقیم، مقدار موثر یا مقادیر متوسط اندازه‌گیری می‌شوند.

۴-۴۳- دما

واحد نباید هرگز به دمایی برسد که موجب خطر آتش‌سوزی و آسیب به مواد مورد استفاده شود و دستگاه محافظ را فعال کند. واحد هرگز نباید در موارد زیر از حداکثر دمای مذکور در جدول ۴-۲۸ و ۴۳-۲ فراتر رود:
 الف) هنگامی که واحد حداکثر توان خروجی نامی در دمای محیط را تولید می‌کند،
 ب) برای واحد مشخص شده برای کار در دمای محیط بالاتر با توان خروجی کمتر، آزمایش باید در محیط دما بالاتر و قدرت خروجی کمتر مشخص شده انجام شود.

جدول ۴-۲۸: حداکثر دما

درجه		مواد و قطعات	
□	□		
		خازن‌ها	۱
۱۴۹ ^b	۶۵ ^b	نوع الکترولیتی	
۱۹۴ ^b	۹۰ ^b	غیرالکترولیتی	
۱۶۷ ^c	۷۵ ^c	ترمینال‌های سیم کشی میدانی	۲
۱۹۴	۹۰	فیبر ولکانیده مورد استفاده به عنوان عایق الکتریک	۳
		رله، سولنوئید و قطعات مشابه (الف) سیستم‌های عایق کویل کلاس ۱۰۵ (کلاس A)	۴
۱۹۴ ^a	۹۰ ^a	روش ترموکوپل	
۲۳۰	۱۱۰	روش مقاومت	
		(ب) سیستم‌های عایق کویل کلاس ۱۳۰ (کلاس B)	
۲۳۰ ^a	۱۱۰ ^a	روش ترموکوپل	
۲۴۸	۱۲۰	روش مقاومت	
		سیستم‌های عایق ترانسفورماتور: (الف) کلاس ۱۰۵ (کلاس A):	۵
۱۹۴ ^a	۹۰ ^a	روش ترموکوپل	
۲۰۳	۹۵	روش مقاومت	
		(ب) کلاس ۱۳۰ (کلاس B):	
۲۳۰ ^a	۱۱۰ ^a	روش ترموکوپل	
۲۴۸	۱۲۰	روش مقاومت	
		(ج) کلاس ۱۵۵ (کلاس F):	
۲۷۵ ^a	۱۳۵ ^a	روش ترموکوپل	
۲۸۴	۱۴۰	روش مقاومت	
		(د) کلاس ۱۸۰ (کلاس H):	
۳۰۲ ^a	۱۵۰ ^a	روش ترموکوپل	
۳۲۰	۱۶۰	روش مقاومت	
		(هـ) کلاس ۲۰۰ (کلاس N):	
۳۲۹ ^a	۱۶۵ ^a	روش ترموکوپل	
۳۴۷	۱۷۵	روش مقاومت	
		(و) کلاس ۲۲۰ (کلاس R):	
۳۵۶ ^a	۱۸۰ ^a	روش ترموکوپل	
۳۷۴	۱۹۰	روش مقاومت	
۳۰۲ ^d	۱۵۰ ^d	ترکیبات فنولیک مورد استفاده به عنوان عایق الکتریک یا بخشی که خرابی آن موجب خطر آتش‌سوزی یا برق‌گرفتگی می‌شود	۶
۱۹۴	۹۰	چوب یا سایر مواد سوختنی	۷
۱۴۰ ^{d,e}	۶۰ ^{d,e}	لاستیک یا کابل و سیم عایق ترموپلاستیک	۸
f	f	سایر انواع سیم‌های عایق	۹

درجه		مواد و قطعات	
□	□		
۱۹۴	۹۰	سطحی که واحد روی آن نصب می‌شود و سطوحی که در مجاورت واحد نصب شده قرار دارند	۱۰
۱۴۰ ^c	۶۰ ^c	هر نقطه‌ای در جعبه ترمینال یا جعبه سیم‌کشی یک واحد ثابت که امکان تماس با هادی‌های نصب شده میدانی را دارند.	۱۱
g	g	ترکیبات مهر و موم ترموپلاستیک	۱۲
۱۶۷ ^{h,d}	۷۵ ^{h,d}	یکسوساز سلنیوم	۱۳
i	i	نیمه هادی برق	۱۴
J	J	بورد سیم‌کشی چاپی	۱۵

a در نقطه‌ای از سطح کوپل که دما تحت تأثیر منبع گرمای خارجی قرار گرفته است، دمای اندازه‌گیری شده توسط ترموکوپل زمانی می‌تواند ۵ درجه سانتی‌گراد (۹ درجه فارنهایت) بالاتر از حد مشخص شده باشد که دمای کوپل اندازه‌گیری شده با روش مقاومت بیشتر از حد مشخص شده نباشد.

b خازنی که در دمای بیش از ۶۵ درجه سانتی‌گراد (۱۴۹ درجه فارنهایت) برای الکترولیت یا بیش از ۹۰ درجه سانتی‌گراد (۱۹۴ درجه فارنهایت) برای سایر انواع ارزیابی شده برای دمای بالاتر کار می‌کند، نباید از حد مجاز دمای مشخص شده بیشتر شود.

c دمای مشاهده شده در ترمینال‌ها و در نقاط درون جعبه ترمینال یا قطعات سیم‌کشی یک واحد می‌تواند از مقادیر مشخص شده فراتر رود و نباید به دمای بالاتر از مقدار علامت‌گذاری برسد.

d محدودیت دما در ترکیب فنی و عایق‌های لاستیکی و ترموپلاستیک در مورد ترکیبی که دارای خواص مقاوم در برابر گرما است، صدق نمی‌کند (مطابق با استاندارد مواد پلیمری، ارزیابی خواص بلند مدت، UL 746B).

e برای طول کوتاه کابل لاستیکی یا عایق ترموپلاستیکی داخل واحد، دمای بالاتر از ۶۰ درجه سانتی‌گراد (۱۴۰ درجه فارنهایت) که در آن هر هادی دارای عایق تکمیلی نامی برای دمای اندازه‌گیری شده است و دارای خواص دی‌الکتریک مطابق با استاندارد مواد پلیمری، ارزیابی خواص کوتاه مدت، UL 746A و استاندارد مواد پلیمری، ارزیابی خواص بلند مدت، UL 746B است.

f به غیر از آنچه در بند (e) مشخص شده است، حداکثر دما نباید بیش از دمای کاری سیم باشد.

g حد مجاز دمای مهر و موم ۱۵ درجه سانتی‌گراد (۲۷ درجه فارنهایت) کمتر از نقطه نرم شدن ترکیب است که مطابق با روش تست دمای نرم شدن ایمن پلاستیک، ASTM D1525-91 تعیین می‌شود.

h حداکثر دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد (۱۸۵ درجه فارنهایت) در صورتی اعمال می‌شود که مونتاژ تجهیز با ترکیب فنول یا سایر مواد عایق نامی برای دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد (۳۰۲ درجه فارنهایت) یا بیشتر عایق‌بندی شده باشد.

i برای یک نیمه هادی سوئیچینگ برق و دستگاه‌های مشابه، حداکثر حد دما روی دستگاه نباید از حداکثر دمای مشخص شده توسط سازنده نیمه هادی فراتر رود.

j برای بورد سیم‌کشی چاپی، حداکثر دما نباید از دمای کاری بورد فراتر رود.

دمای سطحی که در معرض تماس باشد، نباید بیشتر از مقادیر مشخص شده در جدول ۴-۲۹ باشد.

استثنا: حداکثر دمای مشخص شده برای تماس گاه به گاه در جدول ۴-۲۹ در موارد زیر اعمال نمی‌شود:

(الف) واحد، واحدی ثابت است که معمولاً در معرض تماس با افراد نمی‌باشد.

(ب) واحد طبق الزامات بند علامت‌گذاری اینورتر بخش ۴-۶۳ است.

(ج) واحد دارای دستورالعمل راهنما است.

جدول ۴-۲۹: حداکثر دمای سطح

ترکیب سطح ^a				محل
غیرفلزی		فلزی		
°F	°C	°F	°C	
۱۴۰	۶۰	۱۲۲	۵۰	دستگیره یا گیره‌ای که برای بلند کردن، حمل کردن یا نگه داشتن گرفته می‌شود
۱۸۵	۸۵	۱۴۰	۶۰	دستگیره یا گیره‌ای که برای مواردی غیر از بلند کردن، حمل یا نگه داشتن گرفته می‌شود و سایر سطوح در معرض تماس کاربر
۲۰۳	۹۵	۱۵۸	۷۰	سطوح در معرض تماس گاه به گاه ^b
a: دستگیره یا قطعه مشابه ساخته شده از ماده ای غیرفلزی که اندود شده یا پوشیده از فلزی با ضخامت ۰/۱۲۷ میلی‌متر (۰/۰۰۵ اینچ) یا کمتر است، به عنوان یک قطعه غیر فلزی در نظر گرفته می‌شود.				
b: بر اساس استثناء مذکور قبل از جدول است.				

حداکثر دما در جدول ۴-۲۸ و جدول ۴-۲۹ بر اساس دمای محیط ۲۵ درجه سانتی‌گراد (۷۷ درجه فارنهایت) است. آزمایش‌ها باید در دمای محیط مشخص شده در جدول ۴-۲۸ و جدول ۴-۲۹ انجام شود و مطابق با جدول ۴-۳۰ اصلاح شود.

جدول ۴-۳۰: اصلاحات اندازه‌گیری دما

اصلاح دمای مشاهده شده	دمای محیط تست	مقدار مجاز دمای محیط واحد
a	محدوده □ ۱۰-۴۰ (□ ۵۰-۱۰۴)	□ ۲۵ (□ ۷۷)
b	محدوده □ ۲۰-۴۰ (□ ۶۸-۱۰۴)	محدوده □ ۲۵-۴۰ (□ ۷۷-۱۰۴)
d	محیط نامی ^c	محدوده □ ۴۰ (□ ۱۰۴)
a دما اندازه‌گیری شده با افزودن (هنگامی که دمای محیط آزمایش پایین‌تر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد (۷۷ درجه فارنهایت) باشد) یا با تفریق (هنگامی که دمای محیط آزمایش بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد (۷۷ درجه فارنهایت) باشد) تفاوت بین ۲۵ درجه سانتی‌گراد (۷۷ درجه فارنهایت) و دمای محیط آزمایش اصلاح می‌شود. b دمای اندازه‌گیری شده با افزودن (هنگامی که دمای محیط آزمایش پایین‌تر از دمای نامی محیط باشد) یا با تفریق (هنگامی که دمای محیط آزمایش بالاتر از دمای نامی محیط باشد) تفاوت بین دمای نامی محیط و دمای محیط آزمایش اصلاح می‌شود. c تلورانس‌ها عبارتند از: منفی - بیشتر از □ ۵ (□ ۹) زیر محیط نامی. مثبت - مشخص نشده است. d وقتی دمای محیط آزمایش برابر با محیط نامی باشد، هیچ اصلاحی صورت نمی‌گیرد و دمای اندازه‌گیری شده نباید از حداکثر محدوده دمای مذکور در جدول ۴-۲۸ بیشتر شود. هنگامی که دمای محیط آزمایش و محیط نامی متفاوت باشد، اصلاح به شرح مذکور در b انجام می‌شود.		

دماهای مورد استفاده برای تعیین انطباق باید پایدار باشند. دما زمانی پایدار است که سه قرائت متوالی صورت گرفته در فواصل ۱۰ درصد از مدت زمان سپری شده آزمایش با فاصله‌ای کمتر از ۱۵ دقیقه نشان دهنده افزایش دما نباشند. در حین تست دما، واحد باید مانند سرویس عادی نصب شود تا سرمایش همرفت طبیعی صورت گیرد.

واحدی که برای نصب یا پشتیبانی در بیش از یک موقعیت و یا در یک مکان بسته در نظر گرفته شده است، باید به روشی آزمایش شود که نشانگر شدیدترین شرایط باشد. یک سطح نصب یا تکیه‌گاه مجاور باید از بردهای چوبی نرم با ضخامت ۲۵/۴ میلی‌متر (۱ اینچ) تشکیل شود.

ترموکوپل‌ها شامل سیم‌هایی هستند که از AWG 24 بزرگتر نیستند و از AWG 30 نیز کوچکتر نیستند. هنگامی که لازم است از ترموکوپل‌ها در تعیین دما استفاده شود، عموماً از ترموکوپل‌های متشکل از آهن AWG 30 و سیم مقاومت و یک دستگاه از نوع پتانسیومتر استفاده می‌شود. هرگاه نیاز باشد که دمای مرجع توسط ترموکوپل‌ها اندازه‌گیری شود، از چنین تجهیزاتی استفاده می‌شود. ترموکوپل‌ها و وسایل مربوطه باید مطابق با روش‌های آزمایشگاهی به طور دقیق تنظیم و کالیبره شوند. سیم ترموکوپل باید با الزامات مشخص شده در جدول تلورانس کالیبراسیون اولیه ترموکوپل‌ها، ANSI / ISA MC96-1 مطابقت داشته باشد.

اتصال ترموکوپل باید در تماس حرارتی شدید با سطح ماده مورد آزمایش محکم حفظ شود. ترموکوپل‌ها باید با جوشکاری، لحیم‌کاری، ارت فولر و سیلیکات سدیم (شیشه آب)، چسب نامی برای سطح و دماهای درگیر یا یک روش معادل، به سطوح وصل شوند. از سروسط نباید به عنوان ابزاری برای محکم کردن اتصال ترموکوپل استفاده کرد. رابط ترموکوپل باید محکم شود تا فشار کرنشی روی رابط بر اتصال ترموکوپل چسبنده تاثیر نگذارد. سروسط را می‌توان به عنوان ابزاری برای کاهش کرنش در اتصال ترموکوپل به کار برد.

دمای سیم‌پیچ و کوئل توسط ترموکوپل‌های واقع در سطوح باز اندازه‌گیری می‌شود. استثناء: از روش تغییر مقاومت برای کوئلی استفاده می‌شود که برای اتصال سیم ترموکوپل‌ها غیرقابل دسترسی باشد، مانند کوئلی که:

(الف) در ترکیب آب‌بندی غوطه‌ور است

(ب) در عایق حرارتی پیچیده شده،

(ج) در بیش از دو لایه از موادی مانند پنبه، کاغذ یا ریون (ابریشم مصنوعی) با ضخامتی بیش از ۰/۸ میلی‌متر (۱/۳۲ اینچ) پیچیده شده است.

دمای سیم‌پیچ با استفاده از فرمول زیر از طریق روش تغییر مقاومت تعیین می‌شود:

$$T = \frac{R}{r} (k + t) - k \quad (4-2)$$

که در آن:

T دمای سیم‌پیچ بر حسب درجه سانتی‌گراد است؛

R مقاومت سیم‌پیچ در پایان آزمایش بر حسب اهم است؛

r مقاومت سیم‌پیچ در ابتدای آزمایش بر حسب اهم است؛

t دمای محیط بر حسب درجه سانتی‌گراد در ابتدای آزمون است؛

k برای مس ۲۳۴/۵ است. مقادیر ثابت برای سایر مواد رسانا باید مشخص شود.

گرمایش موضعی قطعه در محصولاتی رخ می‌دهد که با افزایش دما، توان خروجی آنها کاهش می‌یابد. به عنوان مثال، قطعه‌های گرمایی مانند ترانسفورماتور، خازن‌ها، نیمه هادی‌ها و سایر قطعات مشابه که به سرعت دمایشان افزایش می‌یابد، قبل از کاهش توان قادر به دستیابی به پیک‌های حرارتی هستند. این امر در دمای محیط پایین‌تر شایع‌تر است. در چنین مواردی، نتایج دمای پیک اندازه‌گیری شده به عنوان دمای عملیاتی قطعه در نظر گرفته می‌شود، یا نتایج باید از لحاظ الزامات گردش دمایی فراتر از حداکثر دمای استفاده در استاندارد مواد پلیمری - ارزیابی تجهیزات برقی، UL 746C، بررسی شود.

۴-۴۴ - تست مقاومت در برابر ولتاژ دی‌الکتریک

بلافاصله پس از تست دما یا هنگامی که واحد در دمای عملیاتی معمولی است، یک واحد باید بتواند به مدت ۱ دقیقه بدون هیچ مشکلی در برابر اعمال تست ولتاژ موثر متناوب در موارد زیر مقاومت کند:

الف) هزار ولت به علاوه دو برابر حداکثر ولتاژ بین:

(۱) مدار ورودی و قطعات فلزی بدون برق،

(۲) مدار خروجی و قطعات فلزی بدون برق،

(۳) مدارهای ورودی و خروجی.

استثنا: برای اینورتری که دارای ترانسفورماتور یا شبکه خازنی جداکننده مدار ورودی و مدار خروجی نیست، آزمایش بین مدارهای ورودی و خروجی لازم نیست.

ب) $V 500$ بین مدار ثانویه (که در 50° ولت یا کمتر عمل می‌کند) و قطعات فلزی بدون برق.

ج) $V 1000$ به علاوه دو برابر حداکثر ولتاژ مدار ثانویه بین مدار ثانویه (که در بیش از 50° ولت عمل می‌کند) و قطعات فلزی بدون برق.

د) $V 1000$ به علاوه دو برابر ولتاژ بین ترمینال‌های یک خازن مورد استفاده در مدار AC یا DC برای از بین بردن تداخل الکترومغناطیسی یا اصلاح ضریب توان و بین ترمینال‌های یک خازن که بین مدار برق AC یا DC و محفظه وصل شده‌اند.

استثنا: این پتانسیل تست در مورد خازن‌هایی که با استاندارد خازن‌ها، UL810 یا استاندارد خازن‌ها و محافظ لوازم رادیویی و تلویزیونی، UL1414 یا استاندارد فیلترهای تداخل الکترومغناطیسی، UL1283 مطابقت دارند، اعمال نمی‌شود. استثنا: به عنوان جایگزینی برای پتانسیل تست متناوب موثر مشخص شده، استفاده از پتانسیل تست DC که $1/414$ برابر مقدار AC باشد، ممنوع نیست.

برای اطمینان از انطباق واحد با الزامات مذکور در این بند، این واحد باید با استفاده از یک ترانسفورماتور ۵۰۰ ولت آمپر یا ترانسفورماتوری با ظرفیت بزرگتر که ولتاژ خروجی آن قابل تغییر است، آزمایش شود. پتانسیل مورد استفاده باید از صفر تا رسیدن به سطح مورد نیاز آزمون افزایش یابد و به مدت ۱ دقیقه در آن سطح حفظ شود. افزایش پتانسیل مورد استفاده باید با نرخ سریع یکنواختی باشد تا با نشانگر صحیح مقدار آن توسط یک ولت‌متر سازگار باشد.

استثنا: هنگامی که یک ولت‌متر به مدار خروجی وصل می‌شود تا مستقیماً پتانسیل تست را نشان دهد، لازم نیست که ترانسفورماتور دارای ۵۰۰ ولت آمپر یا بیشتر باشد.

لازم نیست یک مدار کنترل کم ولتاژ یا یک مدار حسگر در طول آزمایش متصل باشد. هر مداری که از ورودی به مدار خروجی متصل باشد، باید در طول آزمایش متصل بماند و ایزولاسیون مناسبی فراهم کند.

۴-۴۵-۴ ویژگی‌های توان خروجی

هنگامی که یک اینورتر در تعامل با تاسیسات یا مازول AC باشد باید طبق این بخش به یک منبع برق شبیه‌سازی شده متصل باشد، منبع برق شبیه‌سازی شده باید با ۴-۴۱-۴ مطابقت داشته باشد.

۴-۴۵-۱-۴ مقدارهای مجاز خروجی

اینورتر یا کانورتر مستقل، هنگامی که به منبع ورودی نامی خود متصل است و بیش از محدوده کامل جریان خروجی نامی خود بارگذاری می‌شود، ولتاژ خروجی باید در محدوده $\pm 1\%$ از محدوده ولتاژ خروجی نامی خود باشد. فرکانس خروجی باید در محدوده ± 1 هرتز از فرکانس خروجی نامی باشد.

اینورتر یا کانورتر در تعامل با تاسیسات در هنگام بارگذاری و اتصال به ورودی نامی و به یک منبع برق شبیه‌سازی شده، باید بتواند در جریان خروجی نامی $\pm 10\%$ کار کند. منبع ورودی باید بتواند دو برابر مقدار مجاز جریان ورودی نامی اینورتر را ارائه دهد. هنگام اتصال به یک منبع برق شبیه‌سازی شده، یک مازول AC در هنگام کار با ولتاژ ورودی DC و جریان تنظیم شده روی حداکثر نقطه توان مازول فتوولتائیک، ولتاژ نامی (VR) و جریان (IR)، باید در محدوده $\pm 10\%$ درصد توان خروجی و جریان نامی خود باشد. برای واحدهای مشخص شده با مقدار مجاز خروجی کمتر در دمای محیط بالاتر، مقادیر مجاز باید مطابق با الزامات مذکور در دمای محیط بالاتر بررسی و تایید شوند.

۴-۴۵-۲-۴ محدوده ورودی

اینورتر یا کانورتر در تعامل با تاسیسات هنگامی که ورودی در محدوده ورودی مشخص شده واحد متغیر باشد، باید طبق برنامه مورد نظر عمل کند. در طول تست، اینورتر یا کانورتر در تعامل با تاسیسات باید با حداقل و حداکثر ولتاژ

ورودی که به واحد ارائه می‌شود، به بار نامی خود بارگذاری شود. بار اینورتر یا کانورتر مستقل شامل مقاومت و اندوکتانس با ضریب توان ۰/۵ است.

استثنا: این تست در مورد اینورتر مازول AC که به صورت یکپارچه در پنل فتوولتائیک ارائه می‌شود، صدق نمی‌کند.

۴-۴۵-۳- اعوجاج هارمونیک

برای یک اینورتر مستقل، مجموع RMS های ولتاژ هارمونیک، نباید از ۳۰ درصد مقدار مجاز RMS ولتاژ خروجی بیشتر شود. ولتاژ RMS در هر هارمونیک واحد نباید از ۱۵ درصد مقدار مجاز RMS ولتاژ خروجی اساسی اسمی فراتر رود. اندازه‌گیری‌ها باید با اینورتری انجام شود که ۱۰۰ درصد مقدار مجاز خود را به یک بار مقاومتی تحویل می‌دهد. استثنا: واحدی که دارای ولتاژهای هارمونیک با مجموع RMS بیش از ۳۰ درصد مقدار مجاز RMS ولتاژ خروجی اساسی باشد، در شرایطی که اینورتر مطابق با بخش ۴-۶۳- باشد، با الزامات مطابقت خواهد داشت.

۴-۴۶-۴- سازگاری تاسیسات

تجهیزات اتصالات سیستم (ISE) و اینورتر در ارتباط با تاسیسات باید با استانداردهای توزیع منابع متصل به سیستم‌های توان الکتریکی، IEEE 1547 و استاندارد فرایند تست سازگاری منابع توزیع متصل به سیستم‌های توان الکتریکی، IEEE 1547-1 مطابقت داشته باشد (به استثنای الزامات مربوط به ارزیابی نصب و راه‌اندازی اتصالات، تست‌های راه‌اندازی و آزمون‌های اتصالات دوره‌ای).

۴-۴۷-۴- تست‌های غیرعادی

۴-۴۷-۱- کلیات

هنگام انجام آزمایش‌های این بخش، واحد نباید دارای شعله‌وری یا فلز مذاب باشد یا در معرض خطر آتش‌سوزی، برق گرفتگی یا آسیب رساندن به افراد قرار گیرد. واحدهای جداگانه برای این تست‌ها قابل استفاده هستند. پس از هر آزمایش، واحد باید با تست مقاومت در برابر ولتاژ دی الکتریک (۴-۴۴-) مطابقت داشته باشد. پتانسیل باید در نقاط ذکر شده در جدول ۴-۳۱ اعمال شود.

استثناء شماره ۱: بیش از یک آزمایش غیرعادی را می‌توان روی یک واحد انجام داد و تست مقاومت در برابر ولتاژ دی الکتریک را می‌توان پس از اتمام کلیه آزمایش‌های غیر عادی انجام داد. استثناء شماره ۲: این آزمایش پس از تست سیم‌کشی اشتباه ورودی DC، بخش ۴-۴۷- لازم نیست.

جدول ۴-۳۱: تست مقاومت در برابر ولتاژ دی‌الکتریک بعد از تست‌های غیرعادی

شماره تست	قطعات مدار
۱	مدارهای توان AC به مدارهای توان DC
۲	مدارهای توان AC و DC به قطعات فلزی بدون برق قابل دسترسی
۳ ^a	سیم‌کشی اولیه به ثانویه ترانسفورماتور ایزوله گردد.
a: فقط بعد از تست اتصال کوتاه، انجام شود.	

خطر آتش‌سوزی، برق‌گرفتگی یا آسیب‌دیدگی افراد در موارد زیر وجود دارد:

الف) بیرون زدن شعله، فلز مذاب، بخش‌های جرقه‌دار یا شعله‌ور از روزنه‌های از قبل موجود یا ایجاد شده در نتیجه آزمایش،

ب) نیم‌سوز شدن، جرقه زدن یا شعله‌وری سطح تکیه‌گاه، دستمال کاغذی یا پارچه پنبه‌ای.

ج) احتراق محفظه،

د) ایجاد هرگونه روزنه‌ای در محفظه که منجر به دسترسی به قسمت‌های برق‌دار شود.

ه) اتصال با فیوز ۳ آمپری متصل به زمین.

در طی این آزمایش‌ها، واحد باید روی سطح چوب نرم و پوشیده شده با دستمال کاغذی سفید قرار داده شود. یک لایه از پارچه پنبه‌ای باید به طور آزاد روی کل محفظه کشیده شود. پارچه پنبه‌ای باید از جنس پنبه فرآوری نشده با m^2/kg ۲۸-۳۰ (۱۵ - ۱۴ یارد در هر پوند) باشد و در هر اینچ مربع باید تعداد ۳۲ نخ در یک جهت و ۲۸ نخ در جهت دیگر داشته باشد.

استثناء شماره ۱: واحدی که دارای دریچه کف نیست، لازم نیست روی سطح چوب نرم و پوشیده از دستمال کاغذی قرار گیرد.

استثناء شماره ۲: در صورتی که امکان پوشاندن کل واحد با پارچه میسر نیست، پارچه پنبه‌ای را باید فقط روی کل دریچه تهویه کشید.

مدارهای ورودی و خروجی واحد باید در طول این آزمایش‌ها مطابق با ۴-۴۱- متصل شوند. فیوز مدارهای ورودی و خروجی باید مطابق دستورالعمل‌های ارائه شده برای واحد و مطابق با برچسب روی واحد متصل شود. محفظه واحد باید از طریق فیوز ۳ آمپری با عملکرد سریع به زمین متصل شود.

هر آزمون باید تا دستیابی به نتایج نهایی ادامه یابد و هیچ تغییری در نتیجه شرایط آزمایش نباید وجود داشته باشد. هنگامی که یک محافظ شروع مجدد به طور خودکار در طول آزمایش عمل کند، آزمایش باید به مدت ۷ ساعت ادامه یابد. هنگامی که یک محافظ شروع مجدد به طور دستی در طول آزمایش عمل کند، آزمایش باید تا زمانی ادامه یابد که محافظ با استفاده از حداقل زمان شروع مجدد برای ۱۰ چرخه (سیکل) عمل کند (نه با سرعتی بیشتر از ۱۰ سیکل در دقیقه). موارد زیر خاتمه آزمون را مشخص می‌کند:

الف) باز شدن یا اتصال کوتاه یک یا چند قطعه مانند خازن‌ها، دیودها، مقاومت‌ها، دستگاه‌های حالت جامد، آثار برد مدار چاپی یا قطعات مشابه.

ب) باز شدن فیوز داخلی.

استثناء شماره ۱: هنگامی که محافظ شروع مجدد دستی یک قطع کننده مدار است که با استاندارد مدارشکن قالب‌بندی شده، سوئیچ‌های قالب‌بندی شده و محفظه مدارشکن، UL 489 مطابقت دارند، باید برای ۳ سیکل با حداقل زمان شروع مجدد کمتر از ۱۰ سیکل در دقیقه عمل کند.

استثناء شماره ۲: یک محافظ شروع مجدد دستی که در شرایط باز غیرفعال می‌شود، قادر است کمتر از ۱۰ سیکل و بیشتر از ۳ سیکل عمل کند.

۴-۴۷-۲- تست اضافه بار

پس از رسیدن به ثبات حرارتی در شرایط مذکور در بخش دما، آزمایش‌های زیر انجام می‌شود:

الف) یک اینورتر مستقل در حالی مورد آزمایش اضافه بار قرار می‌گیرد که حداکثر توان خروجی نامی را به یک بار مقاوم قابل تنظیم متصل به مدار AC خروجی تحویل می‌دهد،

ب) اینورتر در تعامل با تاسیسات باید مورد آزمایش اضافه بار قرار گیرد.

در نتیجه آزمایش‌ها، یک واحد نباید شعله یا فلز مذابی را ایجاد کند و موجب خطر آتش‌سوزی، برق گرفتگی یا آسیب دیدگی افراد شود.

سخت‌افزار یا نرم‌افزار کنترل کننده محدودیت‌های دمای اینورتر باید برای انجام آزمایش‌های مذکور در این بخش غیرفعال شود یا مطابق با استاندارد نرم‌افزار در قطعه‌های قابل برنامه‌ریزی، UL 1998، از لحاظ قابلیت اطمینان ارزیابی شود.

در واحدهایی که باتری را شارژ می‌کنند، خروجی DC باید به یک باتری شبیه‌سازی شده متصل شود. بار باید با مقادیر ۱۰ درصد حداکثر مقدار مجاز خروجی واحد افزایش یابد و در هر مرحله افزایش به مدت نیم ساعت ثابت نگه داشته شود تا:

الف) هیچ تغییری در اثر شرایط آزمایش به وجود نیاید،

ب) واحد خاموش شود.

استثنا: تثبیت حرارتی از طریق تنظیم بار برای رسیدن به حداکثر توان خروجی قابل دستیابی بدون تاثیر بر کار دستگاه‌های محافظ جریان زیاد و سپس افزایش تدریجی بار طبق روال مذکور امکان‌پذیر است.

برای اینورتر در تعامل با تاسیسات، ورودی باید به منبعی متصل شود که حداقل دو برابر جریان ورودی نامی را تحویل می‌دهد. ولتاژ تاسیسات برای تامین حداکثر جریان خروجی تنظیم می‌شود. تاسیسات قرار نیست به میزان کمتر از مقدار

مجاز ولتاژ قطع تاسیسات تنظیم شود. اینورتر باید تا زمانی که خاموش شود، به ثبات حرارتی برسد، یا به مدت هفت ساعت کار کرده باشد (هر کدام ابتدا رخ بدهد)، در حالت بارگذاری شده باقی بماند.

۴-۴۷-۳- آزمون اتصال کوتاه

مدار باتری DC و مدار خروجی AC یک واحد باید به طور جداگانه اتصال کوتاه پیدا کنند. این اتصال کوتاه باید از خط به نول (در صورت امکان) و از خط به خط باشد. هنگام اتصال کوتاه واحد، منبع (ورودی یا خروجی / تاسیسات) باید با رله یا دستگاه مشابه قطع شود. حداکثر جریان خطای خروجی اینورتر (پیک و RMS) و مدت زمان جریان اتصال کوتاه باید بلافاصله پس از تحقق اتصال کوتاه اندازه‌گیری شود.

آزمایش اتصال کوتاه باید در مجموع چهار بار انجام شود تا اتصال کوتاه در قسمت‌های مختلف سیکل خط رخ دهد. برای واحدی با خروجی ۳ فاز، آزمایش باید با اتصال کوتاه‌های اعمال شده از فاز به فاز و از فاز به نول یا زمین انجام شود. در خصوص واحدی که برای ترانسفورماتورهای ایزولاسیون خارجی در نظر گرفته شده است، اتصال کوتاه باید قبل و بعد از ترانسفورماتور خارجی اعمال شود. مکان اعمال اتصال کوتاه در مدار تست نباید جریان آزمایش اتصال کوتاه خروجی را از طریق فیوز زمین ۳ آمپری مذکور در ۴-۴۷-۶- هدایت کند.

۴-۴۷-۴- تست سیم‌کشی اشتباه ورودی DC

ورودی DC یک واحد باید طبق جدول ۴-۳۲ وصل شود. در نتیجه این آزمایش‌ها، یک واحد نباید شعله یا فلز مذاب ایجاد کند و یا موجب خطر آتش‌سوزی، برق‌گرفتگی یا آسیب‌دیدگی افراد شود. هنگامی که از یک منبع ورودی شبیه‌سازی شده برای آزمایش استفاده می‌شود، باید منبع را به حداکثر ولتاژ ورودی نامی تنظیم کرد و جریان باید به ۱/۵ برابر جریان ورودی نامی محدود شود.

جدول ۴-۳۲: آزمون سیم‌کشی اشتباه ورودی DC

قطبیت ترمینال ورودی	قطبیت منبع DC
مثبت	منفی
منفی	مثبت

۴-۴۷-۵- آزمایش تهویه

واحدی که دارای تهویه اجباری است، با استفاده از موتورهای فن که از نظر شرایط روتور قفل شده مورد بررسی قرار گرفته است، باید بتواند با بار کامل در شرایط قطعی برق به تهویه اجباری کار کند. همچنین با استفاده از موتورهای فن که از نظر وضعیت روتور قفل شده مورد بررسی قرار نگرفته است یا هنگامی که گرم شدن موتور فن قفل شده موجب

افزایش گرمای محفظه می‌شود، باید بتواند با روتور یک موتور فن قفل شده کار کند. برای واحدی که بیش از یک موتور فن داشته باشد، آزمایش روی روتور هر موتور فن قفل شده (هر بار یک موتور) انجام می‌شود. استثنا: قفل همزمان همه موتورهای فن در واحدی که دارای بیش از یک موتور فن باشد، ممنوع نیست. واحدی که دارای فیلترها، محافظ‌ها یا صفحه نمایش‌هایی روی دریچه تهویه ورودی است که می‌توان آنها را مسدود کرد، باید با دریچه مسدود شده کار کند تا شرایط گرفتگی و مسدودی دریچه نیز اعمال شود. این آزمایش ابتدا باید در شرایطی انجام شود که دریچه تهویه ورودی 50° درصد مسدود شده و سپس آزمایش باید در شرایط دریچه کاملاً مسدود شده تکرار شود. برای واحدی که دارای چندین دریچه تهویه ورودی است، آزمایش در شرایطی که تمام دریچه‌های تهویه ورودی به میزان 50° درصد مسدود شده‌اند، انجام می‌شود و سپس در شرایطی که تمام دریچه‌های تهویه ورودی کاملاً مسدود شده‌اند، تکرار می‌شود.

۴-۴۷-۶- آزمایش اتصال کوتاه و مدار باز قطعات

هر یک از جفت ترمینال‌های قطعاتی از قبیل خازن‌ها، دیودها، دستگاه‌های حالت جامد و اجزاء مشابه باید تحت شرایط اتصال کوتاه یا باز شدن مدار قرار گیرد (هر بار یک جفت). اتصال کوتاه برای یک مقاومت وجود ندارد. استثنا: این آزمون در موارد زیر لازم نیست:

الف) وقتی آنالیز مدار نشان دهد که هیچ قطعه یا بخشی دیگری از مدار قادر به بارگیری بیش از حد نیست.

ب) در مورد قطعات موجود در مدارهای ولتاژ کم، انرژی کم (LVLE) یا مدارهای دیگری که مطابق با این استاندارد نیازی به بررسی آنها نیست.

علاوه بر سازگاری با بند ۴-۴۷-۱- در طی تست مذکور برای یک اینورتر یا کانورتر در تعامل با تاسیسات، حداکثر جریان برگشتی که در نتیجه معیوب شدن یک قطعه، از منبع برق شبیه‌سازی شده به سوی منبع ورودی جاری می‌شود، نباید از حداکثر جریان برگشتی مشخص شده منبع ورودی فراتر رود.

۴-۴۷-۷- آزمایش انتقال بار

سوئیچ بای‌پس بعد از اتمام تست‌های ذیل باید به طور معمول به کار خود ادامه دهد.

منبع بای‌پس AC باید 120° درجه الکتریکی از خروجی AC اینورتر برای منبع تغذیه سه‌فاز یا 180° درجه الکتریکی برای منبع تک‌فاز جابجا شود. سوئیچ انتقال باید تحت یک عملیات سوئیچینگ بار از خروجی AC اینورتر به یک منبع بای‌پس AC قرار گیرد. بار برای دریافت حداکثر توان AC نامی تنظیم می‌شود. برای اینورتر دارای سوئیچ بای‌پس که مانع از جابجایی و سوئیچینگ بدون هماهنگی بین دو منبع AC می‌شود، آزمایش مشخص شده در پاراگراف قبل تحت شرایط نقص و خرابی قطعه انجام می‌شود. چنین شرایطی منجر به انتقال خارج از فاز بین دو منبع AC می‌شود.

۴-۴۷-۸- از دست دادن مدار کنترل

یک اینورتر در تعامل با تاسیسات یا تجهیزات سیستم اتصالات (ISE) در هنگام از دست دادن توان مدار کنترل موقع انجام آزمایش مطابق با این بند باید ارسال برق به EPS را متوقف کند. اینورتر، کانورتر یا تجهیزات سیستم اتصالات (ISE) باید به منبع ورودی نامی و منبع برق شبیه‌سازی شده خود وصل شود. خطا باید به گونه‌ای قرار گیرد که توان مدار کنترل را غیرفعال کند.

استثناء شماره ۱: هنگامی که امکان غیرفعال‌سازی مدار کنترل تحت تمام شرایط خرابی وجود ندارد، انجام این آزمایش لازم نیست.

استثناء شماره ۲: در صورت تداوم مطابقت واحد با ۴-۴۰- با وجود تک خطای مذکور در این بخش، واحد ممکن است ارسال برق را ادامه دهد.

۴-۴۸- تست امپدانس زمین

در ۶۰ هرتز امپدانس بین نقطه اتصال وسایل زمین تجهیزات و هر قطعه فلزی دیگری که لازم است زمین شود، هنگام اندازه‌گیری نباید بیش از ۰/۱ اهم باشد.

۴-۴۹- تست کالیبراسیون محافظت در برابر جریان زیاد

فیوز یا دستگاه محافظ مدار متصل به اولیه ترانسفورماتور برای محافظت از مدار ثانویه باید طوری کار کند که وقتی ترانسفورماتور جریان ثانویه مشخص شده را انتقال می‌دهد، مدار را حداکثر به میزان زمان مشخص شده در جدول ۴-۳۳ باز کند.

جدول ۴-۳۳: حداکثر زمان باز کردن مدار

حداکثر ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور در حالت مدار باز (V_{max}) بر حسب ولت	جریان تست ثانویه بر حسب آمپر	حداکثر زمان باز کردن مدار توسط دستگاه محافظ جریان زیاد بر حسب دقیقه
۲۰ یا کمتر	۱۰	۲
۲۰ یا کمتر	۶/۷۵	۶۰
بیشتر از ۲۰	$200/V_{max}$	۲
بیشتر از ۲۰	$135/V_{max}$	۶۰

برای تعیین عملکرد یا عدم عملکرد فیوز یا دستگاه محافظ مدار مطابق با الزامات مذکور، ترانسفورماتور باید جریان آزمایش را طبق آنچه در ۴-۴۱- توضیح داده شده است، به یک بار مقاومت با اولیه متصل به یک مدار انتقال دهند. در

طول تست ۲ دقیقه‌ای، بار همواره باید تنظیم شود تا جریان تست مورد نیاز را حفظ کند. در طول آزمایش ۶۰ دقیقه‌ای، بار باید هر ۱۵ دقیقه یک بار تنظیم شود و آزمایش بدون تنظیم بیشتر ادامه می‌یابد. در جایی که از فیوز یا محافظ مدار برای محافظت از بیش از یک سیم‌پیچ ثانویه یا سر وسط استفاده می‌شود، هر سیم‌پیچ یا سیم‌پیچ جزئی باید مطابق پارگراف‌های قبل در حالی که بقیه سیم‌پیچ‌ها بار نامی را تحویل می‌دهند، مورد آزمایش قرار بگیرد.

۴-۵۰- آزمایش تسکین کرنش

یک سیم رابط در نظر گرفته شده برای اتصال سیم‌کشی میدان، باید بتواند بدون آسیب و جابجایی در برابر فشار کششی مستقیم به شرح زیر مقاومت کند:

الف) فشار کششی N89 (lbf20) به مدت ۱ دقیقه که بر روی رابطی اعمال می‌شود که از محفظه خارج شده است (مثلاً از طریق ناک آوت)

ب) فشار کششی N 5/44 (lbf 10) به مدت ۱ دقیقه که روی یک رابط درون جعبه سیم‌کشی اعمال می‌شود. کابل ورودی یا خروجی باید در برابر فشار کششی N 7/155 (lbf 35) به مدت یک دقیقه در شدیدترین حالت بدون آسیب و جابجایی مقاومت کند. تمام اتصالات داخلی در طول آزمایش قطع می‌شوند.

۴-۵۱- کاهش فاصله در آزمایش برد مدار چاپی

۴-۵۱-۱- کلیات

در برد مدار چاپی از پتانسیل‌های مختلف با کاهش فاصله، باید مطابق با موارد زیر باشد:

الف) تست مقاومت در برابر ولتاژ دی الکتریک،

ب) آزمایش رد کوتاه،

۴-۵۱-۲- تست مقاومت در برابر ولتاژ دی الکتریک

برد مدار چاپی باید بدون هیچ مشکلی به مدت ۱ دقیقه در برابر اعمال پتانسیل بین ردیف‌های دارای فاصله کاهش یافته، مقاومت کند.

قطعات مؤثر در اتلاف برق، دستگاه‌های الکترونیکی و خازن‌های متصل شده بین ردیف‌هایی که فاصله آنها کاهش می‌یابد، باید جدا یا قطع شوند تا فاصله‌ها و عایق‌ها به جای این بخش‌ها در معرض پتانسیل کامل تست قرار گیرند.

۴-۵۱-۳- تست رد کوتاه

ردیف‌های مدار چاپی مذکور در ۴-۵۱-۱- باید دچار اتصال کوتاه شوند (هر بار یک مکان) و آزمایش باید مطابق با ۴-۴۷-۱- انجام شود. در نتیجه آزمون:

- (الف) محافظ جریان زیاد مربوط به مدار شاخه به واحد نباید باز شود،
 (ب) یک سیم یا رد مورد مدار چاپی نباید باز شود. هنگامی که مدار با باز شدن یک قطعه قطع می‌شود، آزمایش باید دو بار دیگر با استفاده از قطعات جدید (در صورت نیاز) تکرار شود. باز شدن دستگاه محافظ جریان زیاد داخلی نتیجه‌ای است که با الزامات مطابقت دارد و آزمایش مجدد لازم نیست.

۴-۵۲- تست هادی همبندی

مدار همبندی شامل هادی، ترمینال‌ها و قسمت‌هایی از واحد که برای همبندی در نظر گرفته شده‌اند، باید با استفاده از یک مدار همبندی جداگانه برای هر آزمایش، تحت آزمایش‌های زیر قرار بگیرد:

- (الف) هادی باید جریان‌هایی برابر با ۱۳۵ و ۲۰۰ درصد از مقدار مجاز یا تنظیم دستگاه محافظ جریان اضافی مدار را در شاخه مورد نظر برای زمان‌های مشخص شده در جدول ۴-۳۴ حمل کند،
 (ب) سه نمونه باید با استفاده از جریان آزمایش مذکور در

جدول ۴-۳۵ در حالی که به صورت سری وصل شده‌اند و فیوز دارای مقدار مجاز برابر با دستگاه محافظ جریان زیاد مدار شاخه مد نظر است، تحت آزمایش اتصال کوتاه محدود قرار بگیرند.
 استثنا: هنگامی که فیوزی کوچک‌تر از آنچه در قسمت (الف) و (ب) ذکر شده است، برای حفاظت از مداری که هادی همبندی به آن وصل شده است، در واحد به کار رود، دامنه جریان تست و اندازه فیوز مورد استفاده در طول آزمایش باید بر اساس مقدار مجاز فیوز کوچک‌تر باشد.

جدول ۴-۳۴: مدت زمان تست جریان زیاد

زمان تست بر حسب دقیقه		مقدار مجاز یا تنظیمات دستگاه محافظ جریان زیاد مدار شاخه بر حسب آمپر
۲۰۰ درصد جریان	۱۳۵ درصد جریان	
۲	۶۰	۳۰-۰
۴	۶۰	۶۰-۳۱
۶	۱۲۰	۱۰۰-۶۱
۸	۱۲۰	۲۰۰-۱۰۱

جدول ۴-۳۵: ظرفیت مدار برای تست اتصال کوتاه هادی همبندی

ظرفیت مدار تست بر حسب آمپر	ولت	مقدار مجاز واحد	
		سه فاز	تک فاز
۲۰۰	۰-۲۵۰	۰-۸۳۲	۰-۱۱۷۶
۱۰۰۰	۲۵۱-۶۰۰	۰-۸۳۲	۰-۱۱۷۶
۱۰۰۰	۰-۶۰۰	۹۳۳-۱۴۹۶	۱۱۷۷-۱۹۲۰
۲۰۰۰	۰-۲۵۰	۱۴۹۷-۳۹۹۰	۱۹۲۱-۴۰۸۰
۳۵۰۰	۰-۲۵۰	۳۹۹۱-۹۱۴۵	۴۰۸۱-۹۶۰۰
۵۰۰۰	۰-۲۵۰	۹۱۴۶ یا بیشتر	۹۶۰۱ یا بیشتر
۵۰۰۰	۲۵۱-۶۰۰	۱۴۹۷ یا بیشتر	۱۹۲۱ یا بیشتر

مدار تست مذکور در بند (ب) فوق باید دارای ضریب توان $0.9 - 1.0$ و ولتاژ تست مدار بسته مذکور در جدول ۴-۲۷ باشد. ولتاژ مدار باز باید $100 - 105$ درصد از ولتاژ مدار بسته باشد. آزمایش بر روی هر یک از سه نمونه انجام می‌شود. بعد از اینکه مدارهای همبندی مورد آزمایش قرار گرفتند، مدارها باید با تست امپدانس زمین، بخش ۴-۴۸- مطابقت داشته باشند.

۴-۵۳- آزمون نوسان ولتاژ

واحدی که دارای GFDI است، در رطوبت نسبی $93 \pm 2\%$ در دمای 32 ± 2 (89.6 ± 3.6) قرار داده می‌شود. اینورتر در معرض هوای محیط با دمای حداقل 30 (89.6) قرار می‌گیرد تا تعادل حرارتی قبل از قرار گرفتن در اتاق آزمایش به دست آید. یک واحد نامی در فضای باز باید 168 ساعت در اتاق آزمایش نگه داشته شود. واحدهای دیگر باید به مدت 48 ساعت در اتاق آزمایش نگهداری شوند.

پس از آماده‌سازی، واحد به ترتیب زیر باید تحت ضربه ولتاژ نوسانی قرار گیرد:

الف) ده مورد ضربه نوسانی 6 کیلوولتی در فواصل 60 ثانیه‌ای. در صورت عدم خطر آتش‌سوزی یا برق گرفتگی، از کار افتادگی قطع کننده مدار مطابق با الزامات است.

ب) ده مورد ضربه نوسانی 3 کیلوولتی در فواصل 60 ثانیه‌ای. آشکارساز خرابی زمین نباید از کار بیفتد.

یک ژنراتور نوسان عادی و رله کنترل DC در استاندارد مدارشکن خرابی زمین، UL 943 نشان داده شده است.

واحد باید به منبع تغذیه ولتاژ نامی وصل شود. اینورترهای در تعامل با تاسیسات نیز باید از یک منبع برق شبیه‌سازی شده تغذیه شوند. رابط زمین یا ترمینال واحد باید به هادی منبع تغذیه که به عنوان خنثی (نول) عمل می‌کند، متصل شود. واحد باید در شرایط «on» (روشن) باشد و هیچ باری به آن وصل نشده باشد. برای هر آزمایش، ولتاژ باید دامنه پیک

اولیه مشخص شده ۶ یا ۳ کیلوولت را هنگام استفاده برای منبع تغذیه واحد مورد آزمایش داشته باشد. با توجه به فاز ولتاژ منبع ۶۰ هرتزی هنگام اعمال بر روی مدارهای AC یا در ولتاژ پیک مدارهای DC، هر یک از ده ضربه نوسانی باید تصادفی باشد. هنگامی که سه ضربه نوسانی کنترل شده برای مدارهای AC استفاده می‌شود، یک ضربه باید در عبور از صفر موج ولتاژ منبع تغذیه باشد، یکی باید در پیک مثبت و یکی هم باید در پیک منفی باشد.

ژنراتور نوسان باید امپدانس نوسان ۵۰ اهمی داشته باشد. هنگامی که هیچ باری در ژنراتور وجود ندارد، شکل موج نوسان باید به شرح زیر باشد:

(الف) زمان پیدایش اولیه، ۵/۰ میکروثانیه بین ۱۰ درصد و ۹۰ درصد دامنه پیک،

(ب) دوره موج نوسانی بعدی، ۱۰ میکروثانیه

(ج) هر پیک متوالی، ۶۰ درصد پیک قبلی.

پس از انجام تست ولتاژ نوسانی، واحد باید تحت شرایط مذکور در بند ۵۴-۱ (الف) با الزامات تست کالیبراسیون، بخش ۵۴ مطابقت داشته باشد.

۵۴-۴- تست کالیبراسیون

هنگامی که جریان خرابی زمین تحت هر یک از شرایط مذکور در زیر باشد، مدت زمان کارکرد یک آشکارساز / قطع کننده خرابی زمین (GFDI) نباید از زمان ذکر شده در جدول ۴-۳۶ بیشتر شود:

(الف) به همان صورت دریافتی در محیط $25 \pm 3.0^{\circ}\text{C}$ ($77.0 \pm 5.4^{\circ}\text{F}$)

(ب) بلافاصله پس از آماده‌سازی ۴۸ ساعته در رطوبت نسبی $85 \pm 5\%$ در دمای $32 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$ ($89.6 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$),

(ج) بعد از ۴ ساعت در دمای محیط $40 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$ ($104 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$),

(د) پس از ۵ سیکل شوک حرارتی متشکل از ۴ ساعت در دمای $40 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$ ($104 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$) و به دنبال آن ۴ ساعت در دمای $0 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$ ($32 \pm 3.6^{\circ}\text{F}$) برای تجهیزات دارای مصارف عمومی یا ۴ ساعت در دمای $66 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$ و به دنبال آن ۴ ساعت در دمای $-35 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$ برای تجهیزات مورد استفاده در فضای باز

(ه) در دمای $25 \pm 3.0^{\circ}\text{C}$ ($77.0 \pm 4.5^{\circ}\text{F}$)

جدول ۴-۳۶: زمان کارکرد

جریان خرابی زمین (آمپر)	زمان (ثانیه)
۱۱۵ درصد جریان پیکاپ ^۱	در نهایت قطع خواهد شد
۱۵۰ درصد جریان پیکاپ	۲/۰
۲۵۰ درصد جریان پیکاپ	۱/۰

^۱ Pickup Current

دستگاه رله جریان GFDI با تاخیر مشخص در زمان کارکرد (چه ثابت و چه قابل تنظیم)، به عنوان بخشی از تست فوق‌الذکر و در هر یک از شرایط، باید از لحاظ چنین تاخیری ارزیابی شود.

تاخیر باید در محدوده تلورانس مشخص شده توسط سازنده برای تنظیمات خاص باشد. هنگامی که محدوده تلورانس وابسته به دما باشد، محدوده مخصوص دمای مورد استفاده در آزمایش باید در نظر گرفته شود. هنگامی که دامنه تاخیر مشخص است، آزمایش باید در حداکثر، میانگین و حداقل تنظیمات تاخیر انجام شود. تاخیر بیان شده بر حسب چرخه (سیکل) باید با فرض فرکانس ۶۰ هرتزی به زمان تبدیل شود.

در تعیین زمان کارکرد (شامل تاخیر) تحت شرایط محیطی مذکور، آزمایش باید در پایان زمان تماس مشخص شده، در حالی که دستگاه هنوز در محیط آزمایش است، انجام شود.

برای تعیین مطابقت یک GFDI با الزامات آزمایش کالیبراسیون، قطع کننده باید سه بار تحت هر یک از شرایط آزمایش مورد بررسی قرار گیرد. مدار آزمایش باید از پیش تنظیم شود تا جریان زمین مورد نیاز را تحویل دهد. پس از اعمال جریان تست بر روی حسگر قطع کننده، زمان لازم برای به کار افتادن دستگاه رله قطع کننده باید اندازه‌گیری شود. وقتی قرار باشد قطع کننده به یک منبع توان کنترل جداگانه وصل شود، ولتاژ کنترل باید روی مقدار نامی آن تنظیم شود. جریان پیکاپ میدانی باید در حداکثر مقدار آن تنظیم شود.

وقتی نیرو از منبع توان کنترل برای عملکرد دستگاه لازم است، سه تست ابتدایی این بخش باید در هنگام وصل بودن GFDI به ۵۵ درصد از ولتاژ نامی آن برای توان کنترل AC و ۸۰ درصد ولتاژ نامی آن برای توان کنترل DC تکرار شود. عملکرد یک GFDI نباید منجر به از کارافتادگی قطع کننده مدار در جریان‌های خرابی زمین کمتر از ۸۵ درصد از حد مجاز قطع جریان پیکاپ حسگر خرابی زمین و دستگاه رله شود.

۴-۵۵- تست ولتاژ زیاد

یک GFDI که قرار است به طور مداوم به منبع ولتاژ کنترل وصل باشد، باید بتواند در برابر ۱۱۰ درصد از ولتاژ کنترل نامی خود بطور مداوم و بدون آسیب مقاومت کند.

پس از آزمایش پاراگراف قبل، GFDI باید با تست مقاومت در برابر ولتاژ دی الکتریک (بخش ۴-۴۴-)، مطابقت داشته باشد.

۴-۵۶- آزمون مقاومت در برابر جریان

پس از آنکه GFDI در معرض شرایط جریان خرابی بالا و مقدار مجاز مقاومت آن (جریان و زمان) قرار گرفت، باید تحت شرط مذکور در بخش ۴-۵۴-(الف)، با الزامات آزمون کالیبراسیون مطابقت داشته باشد. وضعیت جریان خرابی بالای مذکور توسط هر تعداد چرخش در حسگر «window» که مقدار چرخش آمپر مورد نیاز را تولید می‌کند، ایجاد می‌شود.

۴-۵۷- تست تعیین ولتاژ خازن

به منظور تعیین انرژی ذخیره شده یک خازن، واحد باید با ولتاژ DC برابر با مقدار پیک موج سینوسی ورودی AC برای مدارهای AC و در حداکثر ورودی نامی برای مدارهای DC کار کند و سپس تخلیه انرژی شود. هرگونه پوشش دسترسی باید به سرعت برداشته شود و بلافاصله پس از برداشته شدن، ولتاژ باقیمانده روی هر خازن قابل دسترسی باید اندازه‌گیری شود و انرژی ذخیره شده محاسبه شود.

۴-۵۸- ثبات و پایداری

واحد در شرایط کمترین حالت عملیاتی عادی پایدار باید به حالت عادی خود در حالت استراحت بازگردد و در موارد زیر قطع نشود:

(الف) زمانی که با زاویه 10° درجه در جهت حداقل پایداری از موقعیت استراحت بر روی یک سطح افقی به حالت کج قرار دارد،

(ب) زمانی که روی صفحه‌ای با زاویه 10° درجه از افق به حالت کج قرار گرفته است،

(ج) زمانی که مطابق با دستورالعمل‌های سازنده روی سطح قرار داده شده و در معرض نیروی افقی خارجی با 20% از وزن واحد یا $22/7$ کیلوگرم (50 پوند) (هر کدام که کمتر باشد) قرار دارد.

استثنا: واحدی که طبق دستورالعمل سازنده باید به سازه تکیه‌گاه وصل شود، لازم نیست تحت آزمایش ثبات قرار گیرد. وقتی بخشی از واحد یا سطح واحد که به طور معمول با سطح تکیه‌گاه افقی در تماس نیست، قبل از اینکه واحد با زاویه 10° درجه کج بایستد، سطح تکیه‌گاه را لمس می‌کند، کج شدن باید ادامه یابد تا سطح یا صفحه سطح واحد که در اصل با سطح تکیه‌گاه افقی در تماس خواهد بود، در زاویه 10° درجه از سطح تکیه‌گاه افقی قرار بگیرد.

نیروی مشخص شده در بند (ج) باید در جهت افقی در نقطه‌ای بر روی واحد اعمال شود که انتظار می‌رود واحد را واژگون کند. این نیرو نباید در بالاتر از $1/5$ متر (5 فوت) از سطح کف اعمال شود. پایه‌ها یا نقاط تکیه‌گاه باید بسته و محکم شوند تا از سر خوردن و لغزیدن واحد در حین اعمال نیروی جلوگیری شود.

۴-۵۹- بار استاتیک

هنگامی که واحد مطابق با دستورالعمل سازنده نصب شد، واحدی که قرار است به یک سازه تکیه‌گاه محکم شود، باید با نیرویی سه برابر وزن واحد و نه کمتر از 89 N بارگذاری شود. در نتیجه بارگیری، هیچ‌گونه تغییر شکل دائمی، شکستگی، دررفتگی، ترک خوردگی یا آسیب دیگری نباید به واحد یا سخت‌افزار نصب آن وارد شود.

استثنا: لازم نیست یک مازول AC یا واحدی که برای نصب روی کف زمین در نظر گرفته شده است تحت این آزمایش قرار بگیرد.

نیرو باید از طریق مرکز ثقل واحد اعمال شود و باید به تدریج افزایش یابد تا در ۵ تا ۱۰ ثانیه به مقدار مورد نظر برسد و باید برای مدت زمان ۱ دقیقه در آن مقدار بماند.

۴-۶۰- تست فشردگی

محفظه‌ای که نازکتر از حد مذکور در جدول ۴-۱، جدول ۴-۲، یا جدول ۴-۳ است، باید به گونه‌ای ساخته شود که جابجایی حاصل از تست پاراگراف بعد، منجر به ایجاد فاصله‌هایی کمتر از حد بخش فواصل (بخش ۴-۲۴-) یا فواصل متناوب، فواصل استاندارد و فواصل خزشی (بخش ۴-۲۵-) نشود. در این تست نیرویی برابر با ۴۴۵ N باید روی انتها، طرفین و دیواره‌های محفظه اعمال شود. محفظه باید روی سطح صاف و افقی محکمی قرار گیرد. یک نیروی عمودی باید در هر نقطه‌ای از طریق یک میله‌ای با سطح فولادی صاف ۱۲/۷ میلی‌متر (۱/۲ اینچ) مربع وارد شود.

۴-۶۱- آزمایش باران و آب‌پاش

۴-۶۱-۱- کلیات

قبل از انجام آزمایش باران یا آب‌پاش، دستگاه باید به وسیله اتصالات مورد نظر، همانطور که در دستورالعمل نصب واحد توضیح داده شده است، محکم شود. واحدی که برای نصب در جهت‌های مختلف در نظر گرفته شده است، باید در تمام جهت‌های در نظر گرفته شده تست شود. آزمایش باران و آب‌پاش به ترتیب عملیاتی مشخص شده در جدول ۴-۳۷ انجام می‌شود.

جدول ۴-۳۷: ترتیب عملیاتی برای آزمایش باران و آب‌پاش

مدت به ساعت	واحد	آب
۱	روشن	قطع
۱/۲ (نیم ساعت)	خاموش	وصل
۱	روشن	وصل
۱/۲ (نیم ساعت)	خاموش	وصل

در نتیجه آزمایش باران و آب‌پاش، هیچ آبی نباید وارد واحد شود.

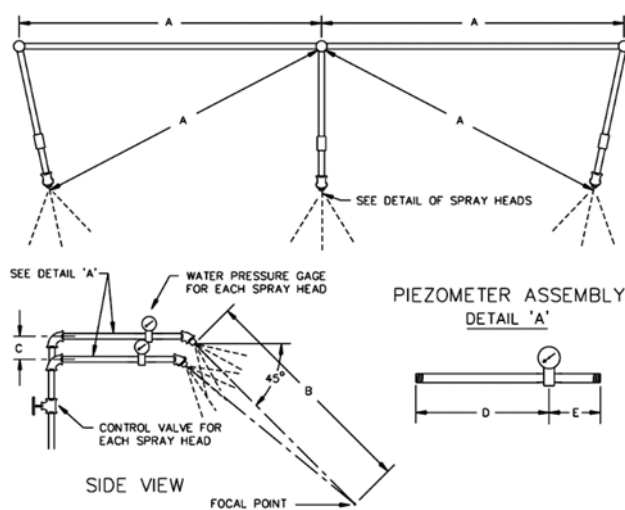
استثنا: وقتی آب وارد واحدهای نصب شده روی زمین یا روی سطح می‌شود و موجب خیس شدن هیچ سیم یا قطعه الکتریکی که ذاتاً ضد آب نیست، نمی‌شود و هنگامی که واحد مجهز به سوراخ تخلیه آب (زهکشی) است، واحد با الزامات آزمایش باران و آب‌پاش مطابقت دارد.

۴-۶۱-۲- تست باران

واحد مورد نظر برای آزمایش باران باید مطابق این بخش آزمایش شود.

دستگاه تست اسپری آب از سه سر اسپری نصب شده روی یک لوله آب (مطابق شکل ۸-۴) تشکیل شده است. سرهای اسپری باید مطابق با جزئیات مذکور در شکل ۹-۴ ساخته شوند. واحد باید همانند شرایط نصب عادی با اتصالات لوله کاندوئیت (سیم پوش) نصب شود. محفظه باید در قسمت کانونی سرهای اسپری قرار گیرد تا بیشترین مقدار ممکن آب وارد محفظه شود. فشار آب باید در هر سر اسپری در $34/5 \text{ kPa}$ حفظ شود.

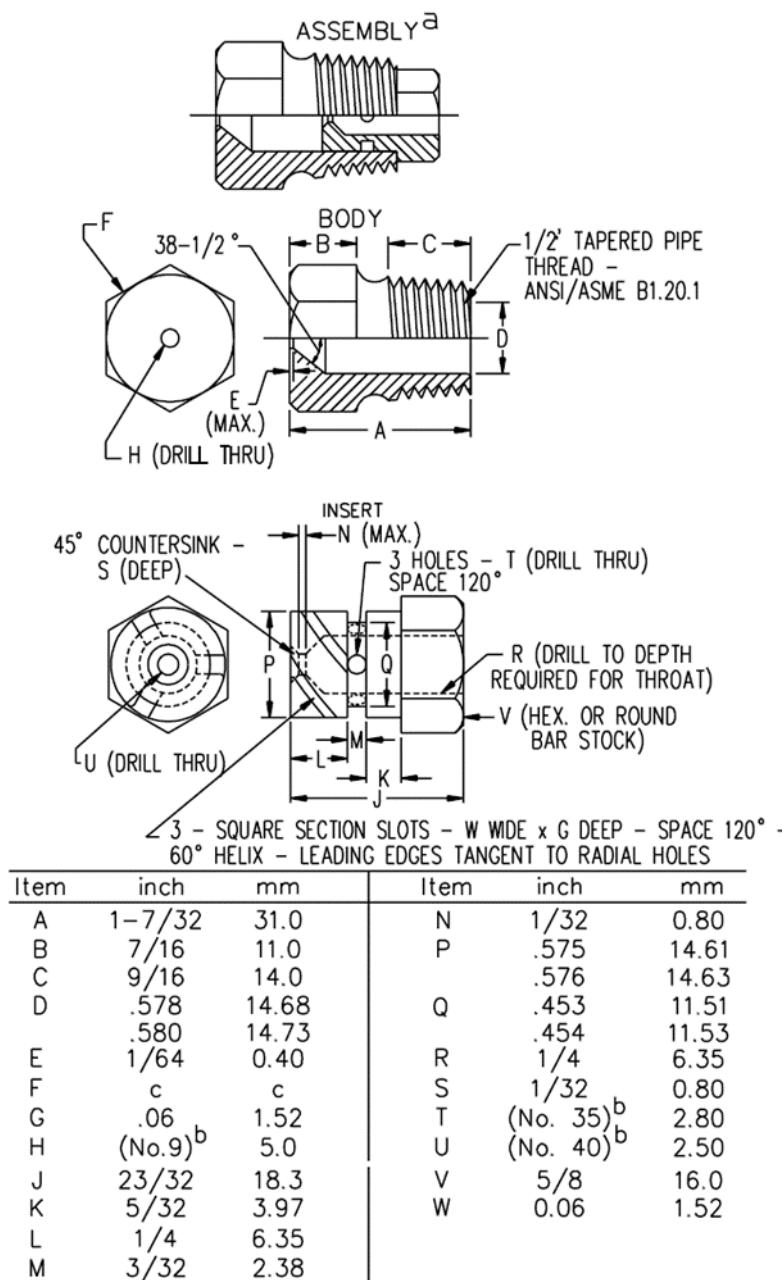
واحد درزگیری شده باید بعد از آزمایش دما و یا بعد از کار به مدت نیم ساعت و سپس جداسازی و نصب مجدد درها، پانل‌های دسترسی، فریم‌ها، روکش‌ها یا سایر قسمت‌های قابل جداسازی که موجب فشرده‌سازی درز می‌شوند، مورد آزمایش قرار گیرد.



Item	inch	mm
A	28	710
B	55	1400
C	2-1/4	55
D	9	230
E	3	75

RT101E

شکل ۸-۴: لوله‌کشی سر اسپری-نمای پلان



^a Nylon Rain-Test Spray Heads are available from Underwriters Laboratories

^b ANSI B94.11M Drill Size

^c Optional - To serve as a wrench grip.

RT100E

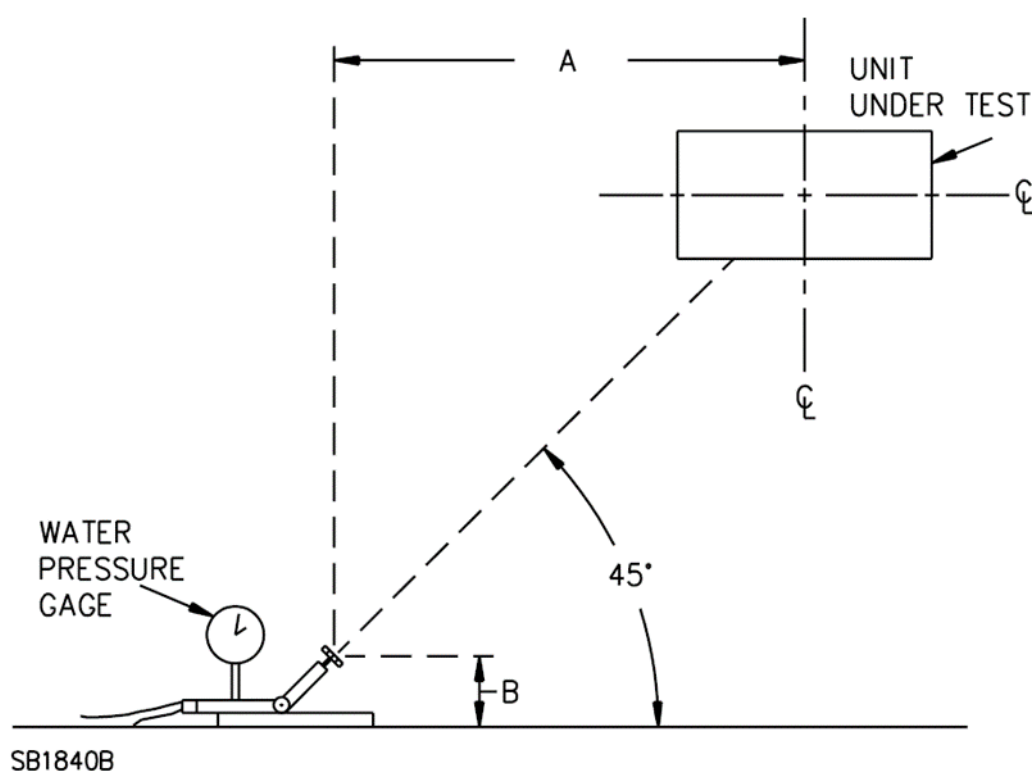
شکل ۴-۹: سر اسپری

۴-۶۱-۳- تست آبپاش

واحدی که باید مورد آزمایش آبپاش قرار بگیرد، باید مطابق توضیحات این بخش آزمایش شود.

یک واحد نصب شده در سطح زمین در فضای باز در حالی که قطعات قابل تنظیم برای حداکثر آسیب‌پذیری در برابر اسپری آب تنظیم شده‌اند، باید روی محور عمودی خود به هر یک از چهار موقعیت 90° درجه از یکدیگر چرخانده شود (هر یک به مدت ۳۰ دقیقه در طول مدت ۲ ساعته آزمایش). واحدهای نصب شده روی دیوار که برای نصب در ارتفاع ۹۱۴ میلی‌متر (۳ فوت) از زمین در نظر گرفته شده‌اند، باید به همان طریق در آسیب‌پذیرترین حالت نصب عادی خود آزمایش شوند.

واحد باید مطابق شکل ۴-۱۰ در مقابل یک سر اسپری آب استاندارد از نوع نشان داده شده در شکل ۴-۹ قرار گیرد که فشار آب در آن در سطح ۱۳۸ kPa (۲۰ psi) حفظ می‌شود.



شکل ۴-۱۰: تنظیمات تست آبپاش که A برابر با ۹۱۴/۴ میلی‌متر (۳۶ اینچ) و B برابر با ۷۶/۲-۱۵۲/۴ میلی‌متر (۳-۶ اینچ) می‌باشند.

نکات:

واحد باید همانطور که مد نظر است با قرار گرفتن مرکز ابعادی واحد بر روی خطی که از خط مرکزی سر نازل بیرون می‌آید، نصب شود.

۴-۶۲- مقدار مجاز

مقدار مجاز واحد باید مطابق جدول ۴-۳۸ باشد.

جدول ۴-۳۸: مقدار مجاز واحد

نوع مقدار مجاز	در تعامل با تاسیسات	مستقل	در تعامل با تاسیسات با کنترل شارژ ^d	مستقل با کنترل شارژ ^d	ISE	کنترل کننده‌های شارژ
الف) حداکثر ولتاژ ورودی ^a	X ^b	X	X	X	X	X
ب) دامنه ولتاژ عملیاتی ورودی	X ^b	X	X	X	X	X
ج) حداکثر جریان ورودی (AC یا DC)	X ^b	X	X	X		X
د) حداکثر جریان اتصال کوتاه ورودی	X ^b	X	X	X	X	X
هـ) حداکثر جریان بازگشتی منبع ورودی به منبع ورودی	X		X			
و) مقدار مجاز ضریب توان خروجی	X	X	X	X		
ز) دامنه ولتاژ عملیاتی (AC)	X	X	X	X	X	X
ح) دامنه فرکانس عملیاتی یا تک فرکانس	X	X	X	X		X
ط) ولتاژ خروجی اسمی (AC)	X	X	X	X		
ی) فرکانس خروجی اسمی	X	X	X	X		
ک) حداکثر جریان خروجی پیوسته (AC)	X	X	X	X		
ل) حداکثر توان خروجی پیوسته AC	X	X	X	X		
م) حداکثر جریان خرابی خروجی AC و مدت زمان	X	X	X	X		
ن) حداکثر محافظت در برابر جریان زیاد خروجی ^c	X	X	X	X		
س) ولتاژ خروجی اسمی DC			X	X		
ع) دامنه شارژ عملیاتی ولتاژ خروجی DC			X	X		X
ف) ولتاژ اتصالات تاسیسات و محدوده قطع فرکانس و زمان قطع	X				X	
ص) هماهنگ سازی جریان هجومی	X					
ق) دقت محدوده قطع و زمان قطع	X		X		X	
گ) دامنه دمایی عملیات عادی	X	X	X	X	X	X
ث) کاهش حد مجاز ^۱ دمای توان خروجی و حداکثر دمای محیط در حالت عملکرد با تمام توان	X	X	X	X		X

توجه: ممکن است برای نوع مقدار مجاز از اختصارات رایج پذیرفته شده ملی استفاده شود.

a: حداکثر ولتاژ ورودی تعیین شده مطابق با بند ۶۹۰-۷ (الف) قانون ملی برق آمریکا (NFPA 70) ممکن است برای اینورترهای فتوولتائیک و کنترل کننده‌های شارژ استفاده شود.

b: برای ماژول‌های AC لازم نیست.

c: به طور معمول محافظت در برابر جریان زیاد مدار شاخه.

^۱ derate

d: شارژ باتری می‌تواند از منبع DC یا AC باشد. متعاقباً نوع حد مجاز مربوطه برای AC یا DC اعمال می‌شود.
e: فقط برای واحدهایی که دمای خروجی آنها از حد مجاز کاهش می‌یابد.

۴-۶۳- جزئیات نشانه‌گذاری

تمام علائم باید دائمی باشند مگر اینکه طور دیگری بیان شده باشد. انواع نشانه‌گذاری‌های زیر یا معادل آنها با این شرط مطابقت دارد:

(الف) قالب‌بندی شده،

(ب) قالب‌گیری حديد‌ای،

(ج) رنگ استنسیلی،

(د) فلز قالب‌بندی شده یا حکاری شده که به طور دائمی محکم شده است،

(هـ) الصاق ثابت روی برچسب حساس به فشار مطابق با استاندارد سیستم‌های علامت‌گذاری و برچسب زنی، UL969. موارد زیر باید به طور واضح و دائمی در جایی روی واحد علامت‌گذاری شود که پس از نصب به راحتی قابل مشاهده باشد:

(الف) نام سازنده، نام تجاری یا مارک تجاری که از طریق آن بتوان سازمان مسئول تولید این محصول را شناسایی کرد. (از این پس به عنوان نام سازنده به این مورد اشاره خواهد شد)

(ب) شماره کاتالوگ متمایز یا معادل آن،

(ج) حدمجاز الکتریکی به غیر از موارد u, t, s, r, q, n, m, e, d, a که در جدول ۴-۳۸ مشخص شده‌اند،

(د) تاریخ یا دوره تولید که از سه ماه متوالی بیشتر نمی‌شود. چرخه زمان تکرار کد تاریخ نباید کمتر از ۲۰ سال باشد.

کد تاریخ برای تعیین زمان تولید یک واحد نباید نیازی به مراجعه به اسناد تولید کننده داشته باشد.

استثناء شماره ۱: در هنگام شناسایی واحد توسط برند یا مارک تجاری یک برچسب خصوصی، شناسایی سازنده می‌تواند در یک کد قابل ردیابی باشد.

استثناء شماره ۲: تاریخ تولید را می‌توان به طور خلاصه به صورت رایج در کشور درج کرد.

هنگامی که اینورتر، کانورتر یا تجهیزات سیستم اتصالات (ISE) برای اتصال به EPS در نظر گرفته شده‌اند و با بخش سازگاری تاسیسات مطابقت دارند، آنها را باید با عبارات «تجهیزات در تعامل با تاسیسات»، «تجهیزات سیستم اتصالات» یا عبارات معادل آن علامت‌گذاری کرد.

دفترچه راهنمای اینورتر یا تجهیزات سیستم اتصالات (ISE) باید با این موارد علامت‌گذاری شود: «این واحد یا سیستم دارای محدوده قطع ثابت است و نباید تراکم بالای ۳۰ کیلو وات در یک نقطه اتصال مشترک داشته باشد.»

واحد یا دستگاه جداگانه‌ای که دارای محافظ GFDI یکپارچه DC مطابق با بخش شناساگر/قطع کننده خرابی زمین DC باشد، باید این مورد در برچسب آن ذکر شود. اگر دستگاه جداگانه درون واحد وجود نداشته باشد و برای نصب در محفظه دیگری در نظر گرفته شده باشد، دستگاه باید برچسبی برای الصاق به قسمت خارجی محفظه داشته باشد تا وجود چنین دستگاهی اطلاع‌رسانی شود. هنگامی که واحدی در بیش از یک کارخانه تولید یا مونتاژ می‌شود، کارخانه تولید کننده هر واحد باید روی برچسب آن مشخص شود.

نمادهای مذکور در موارد (الف) تا (ج) برای مطابقت علامت‌گذاری‌ها با الزامات مندرج در جدول ۴-۳۸ قابل استفاده هستند:

(الف) اگر مداری برای اتصال به مدار DC در نظر گرفته شده است، باید با علامتی مشخص شود که این مدار باید به DC وصل شود. نمادی که در شکل ۴-۱۱ نشان داده شده است، با این استلزام مطابقت دارد.

(ب) اگر مداری برای اتصال به مدار AC در نظر گرفته شده است، باید با علامتی مشخص شود که این مدار باید به AC وصل شود. علامت‌ها باید شامل فرکانس مدار منبع یا حد مجاز دامنه فرکانس مدار منبع باشند (سیکل در ثانیه، سیکل/ثانیه، هرتز، cps، s/c، یا Hz). نمادی که در شکل ۴-۱۲ نشان داده شده است، با این استلزام مطابقت دارد.

(ج) تعداد فازها هنگامی که واحد برای استفاده در مدار چند فاز طراحی شده است، باید مشخص شود. نمادی که در شکل ۴-۱۳ نشان داده شده است، معادل کلمه «phase» است.



IEC5031

شکل ۴-۱۱: نماد منبع جریان مستقیم، انتشارات IEC نماد ۵۰۳۱



IEC5032

شکل ۴-۱۲: نماد جریان متناوب، انتشارات IEC، نماد ۵۰۳۲



S3862

شکل ۴-۱۳: نماد فاز

در صورت استفاده از نمادهای مذکور در بندهای (الف)، (ب) و (ج)، اطلاعات مذکور در بخش ۴-۶۶- (ز) باید به عنوان بخشی از دستورالعمل‌های مهم ایمنی ارائه شود. موقعیت‌های عملیاتی دکمه، دستگیره یا وسایل دیگری که برای کارهای دستی توسط کاربر در نظر گرفته شده است، باید علامت‌گذاری شود. ترمینال‌های سیم‌کشی باید مشخص شوند تا اتصالات در نظر گرفته شده برای واحد را نشان دهند، یا یک نمودار سیم‌کشی کدگذاری شده در علامت‌های ترمینال باید به طور محکم به واحد چسبانده شود.

استثنا: در صورت مشهود بودن اتصالات سیم، علامت‌گذاری ترمینال لازم نیست.

ترمینال‌های سیم‌کشی میدانی باید مطابق با بخش ۴-۶۶- (ل) و (م)،

جدول ۴-۴۲ و موارد زیر علامت‌گذاری شوند:

(الف) «فقط از هادی‌های مسی استفاده شود»: هنگامی که ترمینال فقط برای اتصال به سیم مسی ساخته شده است،

(ب) «فقط از هادی‌های آلومینیومی استفاده شود» یا «فقط از هادی‌های آلومینیومی یا آلومینیوم با روکش مس استفاده

شود»: هنگامی که ترمینال فقط برای اتصال به سیم آلومینیومی ساخته شده است،

(ج) «از هادی‌های مسی یا آلومینیومی استفاده شود» یا «از هادی‌های آلومینیومی، مسی یا آلومینیومی با روکش مسی

استفاده شود»: وقتی ترمینال برای اتصال به سیم مسی یا آلومینیومی ساخته شده است.

کانکتور سیم فشار یا ترمینالی از نوع گل میخی و مهره‌ای در نظر گرفته شده برای اتصال یک کنداکتور زمین تجهیزات

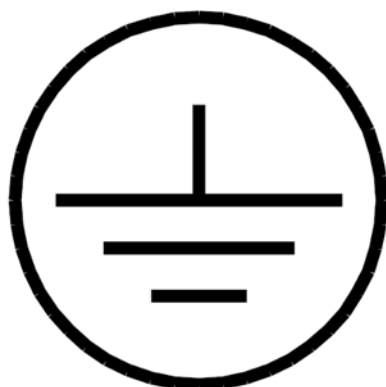
باید به شرح زیر شناسایی شود:

(الف) با علائم Grounding, Ground, GND, GR, G یا معادل آنها علامت‌گذاری شود،

(ب) علامتی روی نمودار سیم‌کشی ضمیمه شده به واحد،

(ج) نمادی که در شکل ۴-۱۴ نشان داده شده است، باید روی کانکتور یا مجاور کانکتور یا روی نمودار سیم‌کشی یا روی

واحد درج شود.



شکل ۴-۱۴: نمادی برای هادی زمین تجهیزات

واحدی که دارای حد مجاز دمای محیطی بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد (۷۷ درجه فارنهایت) باشد، باید علامت‌گذاری شود تا حداکثر حد مجاز دمای محیطی آن را نشان دهد. هنگامی که این واحد مطابق با ۴-۴۳-ج و ۴-۴۵-۲-آزمایش می‌شود، این حد مجاز باید شامل حد مجاز توان خروجی کاهش یافته نیز باشد.

الزامات زیر در هنگام استفاده از نماد نشان داده شده در شکل ۴-۱۴ باید رعایت شود:

الف) اطلاعات مندرج در بخش ۴-۶۶-ز) باید در دستورالعمل‌های مهم ایمنی ارائه شود.

ب) این نماد فقط برای شناسایی ترمینال زمین تجهیزات سیم‌کشی میدانی قابل استفاده است. با این حال، نمادی که در شکل ۴-۱۴ نشان داده شده است، با حذف دایره آن برای شناسایی نقاط مختلف درون واحد که متصل به زمین هستند، قابل استفاده است.

استثنا: در صورتی که نماد نشان داده شده در شکل ۴-۱۴ با یکی از روش‌های جایگزین شناسایی مذکور استفاده شود، لازم نیست اطلاعات در دستورالعمل‌های مهم ایمنی ارائه شود.

ترمینال برای اتصال یک هادی زمین شده باید با استفاده از یک روکش فلزی عمدتاً سفید رنگ مشخص شود و باید به راحتی قابل تمایز از ترمینال‌های دیگر باشد. یا شناسایی ترمینال برای اتصال هادی زمین شده باید به روش دیگری نشان داده شود، مانند:

الف) علامت‌گذاری روی واحد،

ب) نشانه‌ای در نمودار سیم‌کشی ضمیمه شده به واحد،

ج) اطلاعات مندرج در دفترچه راهنما.

رابط سیم‌کشی میدانی که قرار است زمین شود، باید رنگ سفید یا خاکستری داشته باشد و به راحتی از سایر رابط‌ها قابل تشخیص باشد.

یک ترمینال که برای اتصال هادی الکتروود زمین در نظر گرفته شده است، باید به عنوان «ترمینال الکتروود زمین» علامت‌گذاری شود.

واحدی که از کانکتورهای ترمینال فشار برای اتصالات سیم‌کشی میدانی استفاده می‌کند، باید دارای علامتی باشد که به راهنمای دستورالعمل استفاده از گشتاور سفت کننده در ترمینال‌های سیم‌کشی اشاره می‌کند.

واحد در نظر گرفته شده برای استفاده در منبع باتری ریموت باید به طور واضح علامت‌گذاری شود تا قطب اتصالات بین منبع باتری و واحد با عبارات زیر نشان داده شود:

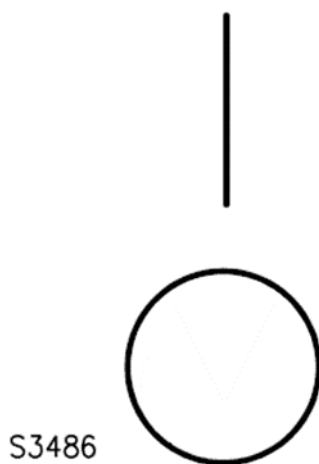
الف) کلمات "مثبت positive" و "منفی negative"،

ب) علائم «+» برای مثبت و «-» برای منفی،

ج) نمایش تصویری قطب، جهت‌گیری و ویژگی‌های مشابه اتصالات باتری مناسب برای نوع باتری مربوطه.

یک واحد خروجی چند ولتاژی برای اتصال دائمی به مدار شاخه باید علامت‌گذاری شود تا ولتاژ خاصی را کارخانه برای آن در نظر گرفته است، مشخص شود. علامت‌گذاری می‌تواند به صورت برچسب کاغذی یا هر چیز غیر ماندگار دیگری باشد.

هر دو حالت خاموش و روشن دستگاه‌های کنترل قطع اتصال مذکور در بخش سوئیچ‌ها و کنترل‌ها باید مشخص شوند. نمادهای نشان داده شده در شکل ۴-۱۵ برای این منظور قابل استفاده هستند.



شکل ۴-۱۵: نمادهای روشن و خاموش انتشارات IEC

هنگامی که نماد نشان داده شده در شکل ۴-۱۵ استفاده می‌شود، اطلاعات مذکور در بخش ۴-۶۶-ز) باید ارائه شود. ساعت، دستگاه زمان‌سنج، یا مدار زنگ هشدار (در واحد یا به صورت ریموت) که به صورت یک مدار ولتاژ کم، با انرژی محدود (LVLE) نیست و در حین عملکرد سرویس‌دهی با انرژی باقی می‌ماند، باید علامت‌گذاری شود تا نشان دهد که این مدار در حین خاموشی واحد همچنان انرژی دارد.

واحدی که دارای یک رابط سیم‌کشی میدانی است و قرار است به یک سیم اتصال دهنده پیچ قرار گرفته در جعبه سیم‌کشی میدانی متصل شود، باید با اطلاعاتی که به روشنی بیانگر مورد مصرف این رابط است، علامت‌گذاری شود.

رابط سیم‌کشی میدانی کم ولتاژ کلاس ۲ که کدگذاری رنگی نشده‌اند، باید شناسایی شوند. برای شناسایی نباید نیازی به استفاده از نمودار سیم‌کشی جداگانه برای ایجاد اتصالات مناسب باشد.

یک واحد مستقل که دارای پریز نوع زمین برای اتصالات جریان خروجی AC است، باید به این صورت علامت‌گذاری شود: «یک طرف مدار خروجی به قاب اینورتر متصل است. ترمینال الکتروود زمین را مطابق با قوانین محلی به یک الکتروود زمین وصل کنید.»

یک علامت باید نشانگر دستگاه قطع اتصال، سوئیچ یا قطع کننده مدارهای توان خروجی AC و DC باشد. واحد در نظر گرفته شده برای استفاده با یک کنداکتور نصب شده میدانی که اندازه‌ای کوچکتر از حداکثر اندازه نامی هادی دارد اما برای استفاده با ترمینال فشار اتصال میدانی مقدار مجاز شده است، باید به صورت زیر علامت‌گذاری شود: «از _____ حداکثر سیم AWG فقط برای کانکتور میدانی استفاده کنید» یا معادل آن.

یک اینورتر با مجموع RMS اعوجاج هارمونیک بیش از ۳۰ درصد از مقدار مجاز ولتاژ خروجی RMS اساسی باید علامت‌گذاری شود تا مشخص شود مجموع اعوجاج هارمونیک RMS چند درصد از حد مجاز ولتاژ خروجی RMS اساسی فراتر رفته است.

محفظه‌ای غیر از نوع ۱ باید به طور دائم با عنوان نوع آن مشخص شود تا شرایط خارجی که برای آن در نظر گرفته شده است، مطابق استاندارد محفظه تجهیزات برقی، UL50 مشخص شود. محفظه‌ای را که با الزامات مربوط به بیش از یک نوع محفظه مطابقت داشته باشد، می‌توان با چندین نام علامت‌گذاری کرد. علامت‌گذاری باید روی سطح داخلی یا خارجی باشد و باید پس از نصب هنگام بازرسی اتصالات سیم‌کشی میدانی قابل مشاهده باشد. علاوه بر علامت تعیین نام، از علامت‌های اختیاری مشخص شده در جدول ۴-۳۹ نیز می‌توان استفاده کرد.

جدول ۴-۳۹: علائم اختیاری

نوع محفظه	علامت‌گذاری اختیاری ^a
استفاده فقط در فضای بسته	۱
باران ناپذیر	۳ و S۳ و ۴ و X۴ و ۶ یا P۶
ضد باران (عایق باران)	R۳
آب ناپذیر (آب بندی شده)	۴ یا ۴X
مقاوم در برابر فرسایش	۶P یا ۴X
ریزش ناپذیر	۲ و ۱۲ و ۱۲k یا ۱۳
غبار ناپذیر	۳ و S۳ و ۱۲ و ۱۲K یا ۱۳
a: این علائم را می‌توان علاوه بر علائم ضروری مربوط به نوع محفظه به کار برد.	

هنگامی که هاب کاندوئیت برای محفظه نوع ۲، ۳، R۳ یا S۳ ارائه نشود، محفظه، دفترچه دستورالعمل همراه محفظه یا کارتن بسته‌بندی باید علامت‌گذاری شود تا مشخص شود که باید از هاب‌های مقاوم در برابر باران یا هاب محل مرطوب مطابق با الزامات استاندارد مربوط به اتصالات لوله کاندوئیت، لوله و کابل (UL 514B) استفاده کرد.

هاب کاندوئیت مجزا و اتصالات بسته باید با نام یا مارک تجاری سازنده و شماره کاتالوگ یا معادل آنها علامت‌گذاری شود. چنین هاب یا اتصالاتی را می‌توان به طور جداگانه حمل و نقل کرد و هر واشر، سخت‌افزار و دستورالعمل مورد نیاز برای نصب باید همراه با اتصالات یا به صورت بسته‌بندی شده همراه محفظه عرضه شود.

یک محفظه نوع ۲ یا R۳ که دارای ناک آوت برای لوله کاندوئیت در طرفین یا پشت محفظه است و تجهیزات نصب شده در آن مشخص نیست، باید علامت‌گذاری شود تا محل نصب قطعات برقرار مشخص شود.

یک محفظه نوع X۴ که فقط برای استفاده در محیط داخلی (فضای بسته) در نظر گرفته شده است، باید با حروفی با ابعادی بیشتر از ۴ میلی‌متر (۵/۳۲ اینچ) به صورت «X۴ فقط برای استفاده در فضای بسته» علامت‌گذاری شود.

در صورت نیاز، یک علامت باید برای راهنمایی نصاب ارائه شود تا دریچه را با اتصالات کاندوئیت نوع ۱۲ پر کند.

۴-۶۴- علائم احتیاطی

در متن علامت‌گذاری نباید هیچ جایگزینی برای کلمات "احتیاط CAUTION"، "هشدار WARNING"، یا "خطر DANGER" باشد.

استثنا: کلمات "هشدار" یا "خطر" به جای کلمه "احتیاط" قابل استفاده هستند.

علامت احتیاط باید با کلمات "احتیاط"، "هشدار"، "خطر" با حروفی با اندازه بزرگتر از ۳/۲ میلی‌متر (۱/۸ اینچ) درج شود. حروف سایر قسمت‌های متن مربوطه نباید کوچکتر از ۱/۶ میلی‌متر (۱/۱۶ اینچ) باشد.

علامت احتیاط باید:

الف) در بخشی قرار گیرد که بدون ایجاد اختلال در عملکرد واحد قابل حذف نباشد

ب) در حین کار عادی واحد، برای کاربر قابل مشاهده و خوانا باشد.

استثنا: علائم احتیاطی مربوط به قسمت‌های داخلی که فقط مربوط به پرسنل خدماتی است، باید با توجه به قسمت‌های مربوط در مکان مناسبی در قسمت داخلی واحد قرار بگیرد.

یک انباره حرارتی برقرار یا قسمت دیگری که:

الف) امکان اشتباه گرفته شدن با فلز بدون برق را دارد،

ب) مطابق با بخش برق گرفتگی شامل خطر برق گرفتگی است

ج) و محافظت نمی‌شود،

باید به این صورت علامت‌گذاری شود: «احتیاط: خطر برق گرفتگی: قطعات برق‌دار هستند. قبل از سرویس، واحد را از برق جدا کنید.» علامت‌گذاری باید روی قطعه برق‌دار یا در نزدیکی آن باشد تا شخص قبل از لمس آن قطعه از خطر موجود آگاه شود. می‌توان از یک علامت برای چندین قسمت استفاده کرد.

اینورتر در نظر گرفته شده برای استفاده همراه با ترانسفورماتور ایزولاسیونی که با اینورتر تغذیه نمی‌شود، باید به این صورت علامت‌گذاری شود: «احتیاط: برای ایزوله‌سازی مناسب مدار، یک ترانسفورماتور ایزولاسیون با حداقل ____ kVA نامی را بین خروجی واحد و اتصالات خط توان تاسیسات وصل کنید. ترانسفورماتور باید از نوع ایزولاسیونی باشد که سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه جداگانه دارد.»

یک واحد باید به صورت زیر علامت‌گذاری شود: «احتیاط: خطر برق گرفتگی، کاور را بر ندارید. هیچ قطعه قابل سرویس توسط کاربر در داخل محفظه وجود ندارد. برای سرویس به پرسنل خدماتی واجد شرایط مراجعه کنید.» برای هر فیوزی که جهت مطابقت با الزامات مندرج در این استاندارد استفاده می‌شود، باید یک علامت خوانا وجود داشته باشد که آمپر، ولتاژ و مقدار مجاز AC یا DC فیوز قابل استفاده برای جایگزینی را نشان می‌دهد. علامت‌گذاری باید به گونه‌ای باشد که مشخص باشد علامت مربوط به کدام فیوز یا نگهدارنده فیوز است. این علامت می‌تواند شامل تصویری باشد که مقدار مجاز یک یا چند فیوز را نشان می‌دهد. علاوه بر این، علامت برجسته زیر باید ارائه شود (یک علامت می‌تواند برای گروهی از فیوزها به کار برود): «هشدار: برای حفاظت مداوم در برابر خطر آتش‌سوزی، فیوز را فقط با فیوزی از همان نوع و مقدار مجاز جایگزین کنید.»

استثنا: این شرط در مورد فیوز محکم و لحیم شده توسط سازنده صدق نمی‌کند.

اینورتر باید به شرح زیر علامت‌گذاری شود: «احتیاط: خطر برق گرفتگی» و هشدارهای دیگری که در ادامه ذکر می‌شوند. علامت‌گذاری باید در قسمت بیرونی واحد قرار داشته باشد یا با باز کردن و برداشتن هر نوع کاور یا پانلی قابل مشاهده باشد:

الف) «هر مدار قبل از سرویس باید به صورت جداگانه قطع شود»

ب) «هنگامی که آرایه فتوولتائیک در معرض نور باشد، ولتاژ DC را در این وسیله تولید می‌کند.»

واحدی که از محدوده دمای مذکور در بخش ۴-۴۳- بیشتر شود، عبارت «احتیاط: سطح داغ: برای رفع خطر سوختگی، به این قسمت دست نزنید» باید در بخش خارجی آن و در جایی که برای نصاب قابل مشاهده باشد، به صورت خوانا درج شود.

واحدی که دارای مدارشکن تک قطبی در مدار ورودی یا خروجی است، باید با عبارت «احتیاط: برای کاهش خطر برق گرفتگی و آتش‌سوزی، این مدار را به مداری که با بیش از ۱۵۰ ولت به زمین عمل می‌کند، وصل نکنید» علامت‌گذاری شود.

یک پانل قابل جابجایی و جداسازی که خازنی را پوشش می‌دهد، باید به شرح زیر علامت‌گذاری شود: «احتیاط: خطر برق گرفتگی در اثر انرژی ذخیره شده در خازن. تا ____ دقیقه پس از قطع تمام منابع برق، کاور را بر ندارید. زمان مذکور در علامت، مدت زمان لازم برای تخلیه خازن است و باید کمتر از ۵ دقیقه باشد.

با توجه به استثنا شماره ۲ در ۴-۱۱-۲- واحد باید به شرح زیر علامت‌گذاری شود: «احتیاط: خطر برق گرفتگی و یا سطوح جریان با انرژی الکتریکی بالا: از برق جدا کرده و خازن را (تعیین خازن) قبل از برداشتن پانل به شرح زیر تخلیه کنید:». دستورالعمل‌های مناسب برای تخلیه خازن ذکر شود. هنگامی که زمان تخلیه خازن یا بانک خازن بیش از ۱ ثانیه باشد، واحد باید به شرح زیر علامت‌گذاری شود تا حداقل زمان تخلیه آن مشخص باشد: «تا ____ دقیقه پس از اتصال مدار تخلیه، کاور را بردارید.» زمان مشخص شده در این علامت‌گذاری نباید بیش از ۱ دقیقه برای کلیدهای نوع لحظه‌ای و بیش از ۵ دقیقه برای سایر وسایل فعال‌سازی مدار تخلیه باشد.

یک قطعه فلزی بدون برق غیرزمین، باید به شرح زیر علامت‌گذاری شود: «احتیاط: ارت زمین نشده است (در جای خالی بخش یا قطعاتی را که ارت زمین نشده اند، ذکر کنید) و دارای خطر برق گرفتگی است. قبل از لمس تست کنید.» علامت‌گذاری باید به گونه‌ای قابل مشاهده روی قسمت فلزی بدون برق غیرزمین یا در مجاورت آن باشد.

با استناد به استثنای شماره ۳ در ۴-۱۱-۲-، یک علامت‌گذاری باید به شرح زیر باشد: «احتیاط: خطر برق گرفتگی یا سطوح جریان با انرژی الکتریکی بالا: بار الکتریکی با انرژی بالا در و مدار مربوطه ذخیره می‌شود (در قسمت خالی خازن مشخص می‌شود). قبل از لمس تست کنید.» علامت‌گذاری باید در داخل در مجاورت خازن باشد.

واحدهای دارای GFDI و یا دستگاه‌های جداگانه با همان عملکرد، باید به شرح زیر علامت‌گذاری شوند: «احتیاط: خطر برق گرفتگی: در صورت وجود خرابی زمین، هادی‌هایی که در حالت عادی زمین شده‌اند، ممکن است غیرزمین شده و انرژی‌دار شوند.»

۴-۶۵- اطلاعات و دستورالعمل‌های مربوط به تجهیزات

۴-۶۵-۱- تفکیک اطلاعات

دستورالعمل‌های عملیاتی و سرویس کردن توسط کاربر باید از دستورالعمل‌های مربوط به سرویس کردن تخصصی جدا شوند.

در مواردی که سرویس کردن نیازمند دسترسی به قسمت‌هایی است که خطر برق گرفتگی دارند، قبل از دستورالعمل‌های سرویس باید عبارات هشداردهنده درج شود. هشدار باید به شرح زیر باشد: «هشدار: این دستورالعمل‌های سرویس کردن فقط برای پرسنل واجد شرایط و حرفه‌ای است. برای کاهش خطر برق گرفتگی، هیچ گونه عملیات سرویسی

به غیر از آنچه در دستورالعمل مشخص شده است، انجام ندهید، مگر اینکه واجد شرایط انجام این کار باشید.» بزرگی حروف باید مطابق با ۴-۶۴- باشد.

۴-۶۵-۲- دستورالعمل‌های عملیاتی و نصب

دستورالعمل‌های عملیاتی و نصب باید:

الف) نصب تجهیزات، از جمله موارد زیر را با جزئیات شرح دهد:

(۱) مونتاژ و نصب در صورت لزوم،

(۲) لوازم زمین،

(۳) ملاحظات تهویه؛

ب) علائم مربوط به تجهیزات، از جمله موارد زیر را با جزئیات توضیح دهد:

(۱) نمادها،

(۲) کنترل‌ها،

(۳) کلیه نقادیر مجاز مربوطه مذکور در جدول ۴-۳۸؛

ج) اتصالات درونی با موارد زیر را مشخص کرده و توصیف کند:

(۱) منبع ورودی،

(۲) تاسیسات،

(۳) تجهیزات کمکی و لوازم جانبی؛

د) عملکرد تجهیزات را توضیح دهد.

ه) بیان کند که خروجی AC (خنثی یا نول) به زمین وصل شده (یا نشده) است.

و) در مورد یک اینورتر که دارای یک خروجی AC ثابت است، باید به نصاب اطلاع داده شود که مدارهای ورودی و خروجی از محفظه ایزوله و جدا هستند و در موارد الزامی طبق بخش‌های ۴۱-۶۹۰، ۴۲-۶۹۰ و ۴۳-۶۹۰ در قانون ملی برق آمریکا، ANSI / NFPA 70، مسئولیت زمین کردن سیستم بر عهده نصاب است.

ز) محدوده قطع قابل تنظیم میدانی برای ولتاژ و فرکانس باید شرح داده شود و باید شامل دامنه تنظیم ولتاژ، فرکانس و زمان قطع باشد. تنظیمات پیش فرض «به همان صورت بسته‌بندی شده» باید مشخص شود.

ح) محافظ GFDI یکپارچه DC باید روش مناسب برای اتصال و زمین کردن سیستم فتوولتائیک را توصیف کند.

دستورالعمل‌های مهم ایمنی باید قبل از مراحل نصب و نگهداری باتری ذکر شود.

در دستورالعمل نصب باید ذکر شود که روش سیم‌کشی مطابق با قانون ملی برق آمریکا، ANSI/NFPA70، باید مورد استفاده قرار گیرد.

محفظه علامت‌گذاری با نوع ۴، X۴، ۶ یا P۶ در صورت عدم نصب اتصال روی محفظه، باید دستورالعمل‌هایی برای نصب اتصال کاندوئیت آب ناپذیر داشته باشد.

دستورالعمل نصب باید همراه محفظه در نظر گرفته شده برای مونتاژ میدانی وسایل اتصال که قطعات مربوط به اتصال و روش نصب را مشخص می‌کند، ارائه شود.

هنگامی که هاب یا اتصالات (fitting) روی یک محفظه نوع ۴ یا X۴ نصب نشده و ارائه نشده است، دستورالعمل‌های تعیین‌کننده هاب یا اتصالات خاص و روش نصب باید همراه محفظه ارائه شود.

یک محفظه پلیمری باید دستورالعمل‌هایی داشته باشد که نشان دهد در موارد زیر، هاب قبل از اتصال به محفظه باید به کاندوئیت متصل شود:

- الف) وقتی برای اتصال به سیستم کاندوئیت سفت در نظر گرفته شده است،
 - ب) وقتی تحت آزمایش گشتاور مذکور در تست‌های اتصال کاندوئیت فلزی سفت محفظه پلیمری در استاندارد محفظه تجهیزات الکتریکی (UL 50) قرار نگرفته است،
 - ج) وقتی هاب از پیش مونتاژ شده ارائه نشده است.
- محصولی که تحت پوشش ۴-۳۳ نباشد و از ترانسفورماتور ایزولاسیون خارجی مشخص شده توسط سازنده استفاده می‌کند، باید دارای دستورالعمل‌هایی باشد که سازنده، مدل، مقادیر مجاز الکتریکی و مقادیر مجاز زیست محیطی برای ترانسفورماتور ایزولاسیون خارجی مورد نظر برای استفاده را مشخص می‌کند.

۴-۶۶- دستورالعمل‌های مهم ایمنی

عناوین «دستورالعمل‌های مهم ایمنی» و «این دستورالعمل‌ها را به خاطر بسپارید» در دفترچه راهنما و جملات آغازین هر دستورالعمل قید شده در ادامه این عناوین باید به طور کلی با حروف بزرگ (در زبان انگلیسی) نوشته شود و اندازه فونت نباید کمتر از ۴/۸ میلی‌متر (۳/۱۶ اینچ) باشد. این موارد باید مجزا از بقیه مطالب باشد. اندازه حروف بزرگ انگلیسی در دستورالعمل‌ها نباید کمتر از ۲ میلی‌متر (۵/۶۴ اینچ) باشد و حروف کوچک انگلیسی نیز نباید کوچکتر از ۱/۶ میلی‌متر (۱/۱۶ اینچ) باشد.

در متن دستورالعمل‌ها نباید هیچ جایگزینی برای کلمات "احتیاط"، "هشدار"، یا "خطر" قرار داده شود.

استثنا: کلمات "هشدار" یا "خطر" به جای کلمه "احتیاط" قابل استفاده هستند.

دستورالعمل‌های مهم ایمنی مذکور در بندهای (الف) تا (ق) پاراگراف بعد، باید برای هر واحد ارائه شوند. اطلاعات موجود در بندهای (ج) تا (ق) را می‌توان روی واحد یا در دفترچه راهنما درج کرد.

دستورالعمل‌های مهم ایمنی باید شامل دستورالعمل‌های مربوط به بندهای (الف) تا (ق) زیر باشد. جمله "دستورالعمل‌های ایمنی مهم" و جمله "این دستورالعمل‌ها را به خاطر بسپارید" باید در ابتدای لیست قرار گیرند. کلمه‌های "احتیاط"، "هشدار"، و "خطر" باید در کل با حروف بزرگ (در زبان انگلیسی) نوشته شوند.

دستورالعمل‌های مهم ایمنی شامل موارد ذیل است:

الف. این دستورالعمل‌ها را به خاطر بسپارید: این راهنما حاوی دستورالعمل‌های مهم برای مدل‌های است (جای خالی را باید با شماره مدل پر کرد) و باید در حین نصب و نگهداری رعایت شوند (در جای خالی باید نام اینورتر یا کنترل کننده شارژ را ذکر کرد).

استثنا: هنگامی که دستورالعمل‌ها برای همه مدل‌ها دقیقاً یکسان هستند، شماره مدل خاصی لازم نیست.

ب. وقتی کانکتور ترمینال فشار یا سخت‌افزار اتصال دهنده همراه واحد تعبیه نشده است، در دفترچه راهنما باید مشخص شود که چه نوع کانکتور ترمینال فشار یا مونتاژ ترمینال قطعه‌ای برای استفاده در آن واحد مناسب است.

ج. با توجه به بند ب، بسته‌های مونتاژ ترمینال و دفترچه راهنما باید شامل اطلاعاتی باشد که اندازه سیم و نام تولیدکننده، مارک تجاری یا سایر علائم توصیفی را مشخص می‌کند که بر اساس آنها سازمان مسئول تولید محصول قابل شناسایی می‌شود.

د. هنگامی که یک کانکتور ترمینال فشار ارائه شده در واحد برای یک هادی نصب شده میدانی مستلزم استفاده از ابزاری غیر از یک ابزار رایج برای وصل و محکم کردن هادی است، مشخصات ابزار و هرگونه دستورالعمل لازم برای استفاده از ابزار باید در دفترچه راهنما درج شود.

ه. واحد دارای کانکتور سیم برای سیم‌کشی‌های نصب شده در میدان باید دارای دستورالعمل‌هایی باشد که مشخص کند کانکتور ارائه شده باید برای برقراری اتصال میدانی استفاده شود.

و. واحدی که از اتصالات ترمینال فشار برای اتصالات سیم‌کشی میدانی استفاده می‌کند، باید دارای دستورالعمل‌هایی باشد که دامنه مقادیر یا مقدار اسمی گشتاور سفت کننده، پیچ‌های ترمینال را مشخص می‌کنند. حداقل گشتاور سفت کننده نباید کمتر از ۹۰ درصد از مقدار مشخص شده در جدول ۴-۴۰ یا جدول ۴-۴۱ مربوط به اندازه سیم باشد.

استثنا: گشتاور کمتر از ۹۰ درصد زمانی قابل استفاده است که کانکتور دارای مقدار گشتاور کمتر، با استاندارد اتصالات سیم، UL 486A-486B یا استاندارد ترمینال‌های سیم‌کشی تجهیزات برای استفاده در هادی‌های آلومینیومی/مسی، UL 486E مطابقت داشته باشد.

ز. وقتی یک نماد برای انطباق با الزامات علامت‌گذاری استفاده می‌شود، دفترچه راهنما باید این نماد را معرفی کند.

ح. در دفترچه راهنمای واحدهایی که از محدوده دمایی فراتر می‌روند، باید مشخص شود که این واحد باید طوری نصب شود که افراد با آن تماس نداشته باشند.

ط. دفترچه راهنما برای کنترل کننده شارژ یا اینورتری که برای شارژ باتری‌ها در نظر گرفته شده است، باید دارای مقدار مجاز ولتاژ اسمی منبع باتری و شرح عمومی باتری‌ها (از قبیل اسید سربی، نیکل کادمیومی و دارای خروجی هوا یا مهر و موم شده) باشد.

ی. دفترچه راهنمای مربوط به اینورتری با دمای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد (۷۷ درجه فارنهایت) باید مقدار مجاز حداکثر دمای محیط را ذکر کند.

ک. برای واحدی که دارای یک ترمینال سیم‌کشی میدانی تجهیزات است که برای اتصال به بیش از یک هادی در نظر گرفته شده است، دفترچه راهنما باید شامل اطلاعاتی باشد که تعداد هادی‌ها و دامنه اندازه هادی را مشخص می‌کند.

ل. برای واحدی که دارای ترمینال‌های سیم‌کشی میدانی یا رابط است، دفترچه راهنما در موارد زیر باید شامل اطلاعات مندرج در ردیف ۱، ۲، ۳ یا ۴

جدول ۴-۴۲ یا عبارت معادل آن باشد:

(۱) زمانی که برای استفاده در مدار منبع دارای ۱۱۰ آمپر یا کمتر در نظر گرفته شده است

(۲) زمانی که برای اتصال میدانی با AWG ۱ ($4/42 \text{ mm}^2$) یا هادی‌های کوچکتر در نظر گرفته شده است.

م. برای واحدی که دارای ترمینال‌های سیم‌کشی میدانی یا رابط است، دفترچه راهنما در موارد زیر باید شامل اطلاعات

مندرج در سطر ۳ یا ۴

جدول ۴-۴۲ یا عبارت معادل آن باشد:

(۱) زمانی که برای استفاده در مدار منبع با بیش از ۱۱۰ آمپر در نظر گرفته شده است.

(۲) زمانی که برای اتصال میدانی با هادی‌های بزرگتر از AWG ۱ ($4/42 \text{ mm}^2$) در نظر گرفته شده است.

ن. در صورت لزوم بر حسب الزامات. Error! Reference source not found. دفترچه راهنما باید شامل جمله‌ای باشد

که نشان می‌دهد روش‌های سیم‌کشی کلاس ۱ برای اتصالات سیم‌کشی میدانی به ترمینال‌های مدار کلاس ۲ استفاده می‌شوند.

س. هنگامی که یک آزمایش غیرعادی با عملکرد وسیله محافظت در برابر جریان زیاد شاخه مدار خاتمه می‌یابد، دفترچه

راهنمای یک واحد باید شامل عبارات هشدار زیر باشد: «احتیاط: مطابق با قانون ملی برق آمریکا، ANSI / NFPA 70،

برای کاهش خطر آتش‌سوزی، فقط به مداری با حداکثر _____ آمپر حفاظت در برابر جریان زیاد مدارشاخه وصل

کنید.» فضای خالی باید با مقدار مجاز آمپر حفاظت در برابر جریان زیاد مدارشاخه، پر شود.

ع. در صورت الزامی بودن بر حسب استثناء بند اول بخش ۴-۳۰-۱، دفترچه راهنما باید شامل جمله‌ای باشد که نشان

می‌دهد محافظت در برابر جریان زیاد برای مدار خروجی AC باید از جای دیگری تامین شود.

ف. در صورت الزامی بودن بر حسب استثناء بند اول بخش ۴-۳۰-۴، دفترچه راهنما باید شامل جمله‌ای باشد که

نشان می‌دهد محافظت در برابر جریان زیاد برای مدار باتری باید از جای دیگری تامین شود.

ص. اینورتر با خروجی ۱۲۰ ولت باید شامل جملات هشداری زیر در دستورالعمل خود باشد: «هشدار: برای کاهش خطر آتش‌سوزی، به یک مرکز بار AC (پنل مدارشکن) که دارای مدارهای شاخه ای چند سیمی متصل است، وصل نکنید.»

ق. در صورت الزامی بودن، دفترچه راهنما باید شامل عبارات هشداری زیر باشد: «هشدار: برای این واحد دستگاه GFDI ارائه نشده است. این اینورتر یا کنترل کننده شارژ باید با دستگاه GFDI خارجی مطابق ماده ۶۹۰ قانون ملی برق برای محل نصب استفاده شود.»

جدول ۴-۴۰: گشتاور سفت کننده برای اتصالات سیم فشار

گشتاور سفت کننده بر حسب N.m (پوند-اینچ)								اندازه سیم مورد استفاده برای اتصالات واحد	
سر شش گوش - آچار سوکت خارجی				سر شیارى شماره ۱۰ و بزرگتر					
سایر کانکتورها		کانکتورهای اسپلیت-بولت		عرض شیار بیشتر از ۱/۲mm (۰/۰۴۷ اینچ) و طول شیار بیشتر از ۱/۴) ۶/۴mm اینچ) یا کمتر		عرض شیار ۱/۲mm (۰/۰۴۷ اینچ) یا کمتر و طول شیار ۱/۴) ۶/۴mm اینچ) یا کمتر		mm ²	AWG/kcmil
(۷۵)	۸/۵	(۸۰)	۹/۰	(۳۵)	۴/۰	(۲۰)	۲/۳	(۰/۸۲-۵/۳)	۱۰-۱۸
(۷۵)	۸/۵	(۸۰)	۹/۰	(۴۰)	۴/۵	(۲۵)	۲/۸	(۸/۴)	۸
(۱۱۰)	۱۲/۴	(۱۶۵)	۱۸/۶	(۴۵)	۵/۱	(۳۵)	۴/۰	(۱۳/۳-۲۱/۲)	۶-۴
(۱۵۰)	۱۶/۹	(۲۷۵)	۳۱/۱	(۵۰)	۵/۶	(۳۵)	۴/۰	(۲۶/۷)	۳
(۱۵۰)	۱۶/۹	(۲۷۵)	۳۱/۱	(۵۰)	۵/۶	(۴۰)	۴/۵	(۳۳/۶)	۲
(۱۵۰)	۱۶/۹	(۲۷۵)	۳۱/۱	(۵۰)	۵/۶	-	-	(۴۲/۴)	۱
(۱۸۰)	۲۰/۳	(۳۸۵)	۴۳/۵	(۵۰)	۵/۶	-	-	(۵۳/۵-۶۷/۴)	۱/۰-۲/۰
(۲۵۰)	۲۸/۲	(۵۰۰)	۵۶/۵	(۵۰)	۵/۶	-	-	(۸۵/۰-۱۰۷/۲)	۳/۰-۴/۰
(۳۲۵)	۳۶/۷	(۶۵۰)	۷۳/۴	(۵۰)	۵/۶	-	-	(۱۲۷-۱۷۷)	۲۵۰-۳۵۰
(۳۲۵)	۳۶/۷	(۸۲۵)	۹۳/۲	(۵۰)	۵/۶	-	-	(۲۰۳)	۴۰۰
(۳۷۵)	۴۲/۴	(۸۲۵)	۹۳/۲	(۵۰)	۵/۶	-	-	(۲۵۳)	۵۰۰
(۳۷۵)	۴۲/۴	(۱۰۰۰)	۱۱۳/۰	(۵۰)	۵/۶	-	-	(۳۰۴-۳۸۰)	۶۰۰-۷۵۰
(۵۰۰)	۵۶/۵	(۱۱۰۰)	۱۲۴/۳	(۵۰)	۵/۶	-	-	(۴۰۶-۵۰۸)	۸۰۰-۱۰۰۰
(۶۰۰)	۶۷/۸	(۱۱۰۰)	۱۲۴/۳	-	-	-	-	(۶۳۵-۱۰۱۶)	۱۲۵۰-۲۰۰۰

جدول ۴-۴۱: گشتاور سفت کننده برای کانکتورهای سیم فشار دارای درایو داخلی، پیچ‌های سرسوکتی

گشتاور سفت کننده		اندازه سوکت	
(پوند-اینچ)	N.m	اینچ	mm
(۴۵)	۵/۱	(۱/۸)	۳/۲
(۱۰۰)	۱۱/۴	(۵/۳۲)	۴/۰
(۱۲۰)	۱۳/۸	(۳/۱۶)	۴/۸
(۱۵۰)	۱۷/۰	(۷/۳۲)	۵/۶
(۲۰۰)	۲۲/۶	(۱/۴)	۶/۴
(۲۷۵)	۳۱/۱	(۵/۱۶)	۷/۹
(۳۷۵)	۴۲/۴	(۳/۸)	۹/۵
(۵۰۰)	۵۶/۵	(۱/۲)	۱۲/۷
(۶۰۰)	۶۷/۸	(۹/۱۶)	۱۴/۳

جدول ۴-۴۲: علائم خاتمه کار

مقدار مجاز دمای سیم مورد استفاده برای اتصال واحد		فقط کندانکتور مسی	کندانکتور آلومینیومی یا روکش مسی
ردیف ۱	۶۰ °C یا ۷۵ °C	استفاده از سیم مسی یا ^b AWG, 60°C ^c AWG, 75°C	استفاده از سیم 60°C AWG، مسی ^b یا آلومینیومی ^b یا سیم 75°C AWG، آلومینیومی ^c
ردیف ۲	۶۰ °C	استفاده از سیم مسی ^b AWG, 60°C	استفاده از سیم 60°C AWG، مسی ^b یا آلومینیومی ^b
ردیف ۳	۷۵ °C	استفاده از سیم مسی ^c AWG, 75°C	استفاده از سیم 75°C AWG، مسی ^c یا آلومینیومی ^c
ردیف ۴	۹۰ °C	استفاده از سیم مسی ^c AWG, 90°C	استفاده از سیم 90°C AWG، مسی ^c یا آلومینیومی ^c
a: وقتی ترمینال‌های سیم کشی مطابق با بخش ۴-۶۳- علامت‌گذاری شده‌اند، نباید رفرنس به سیم مسی درج شود. b: اندازه سیم برای سیم ۶۰ درجه سانتی‌گراد لازم نیست در علامت‌گذاری قید شود. با این حال، در صورت قید شدن، باید بر اساس ظرفیت‌های ذکر شده در جدول ۳۱۰-۱۶ مربوط به قانون ملی برق آمریکا، ANSI / NFPA 70، برای سیم ۶۰ درجه سانتی‌گراد و ضریب کاهش حد مجاز باشد. c: اندازه هادی نباید کوچکتر از موارد زیر باشد: الف) اندازه هادی مورد استفاده برای آزمایش دما ب) اندازه سیم ۷۵ درجه سانتی‌گراد بر اساس ظرفیت‌های ذکر شده در جدول ۳۱۰-۱۶ مربوط به قانون ملی برق آمریکا، ANSI / NFPA 70 و ضریب کاهش حد مجاز.			

۴-۶۷- آزمایش‌های ساخت و تولید

۴-۶۷-۱- آزمون مقاومت در برابر ولتاژ دی‌الکتریک

به عنوان یک آزمایش معمول خط تولید، هر واحد باید بتواند بدون خرابی در مقابل اعمال پتانسیلی از سوی موارد زیر مقاومت کند:

الف) از سیم‌کشی ورودی و خروجی، شامل قطعات متصل به قطعات فلزی بدون برق در دسترس که امکان انرژی‌دار شدن آنها وجود دارد

ب) از سیم‌کشی ورودی و خروجی به قطعات فلزی در دسترس با ولتاژ کم انرژی محدود، از جمله ترمینال‌ها. به غیر از آنچه که در پاراگراف قبل ذکر شد، پتانسیل تست خط تولید باید مطابق با شرایط A یا شرایط B مذکور در جدول ۴-۴۳ در فرکانسی در محدوده ۴۰-۷۰ هرتز باشد.

جدول ۴-۴۳: شرایط تست خط تولید

مقدار مجاز واحد، ولت	شرایط A		شرایط B		شرایط C		شرایط D	
	پتانسیل ولت AC	زمان، ثانیه	پتانسیل ولت AC	زمان، ثانیه	پتانسیل ولت DC	زمان، ثانیه	پتانسیل ولت DC	زمان، ثانیه
۲۵۰ یا کمتر	۱۰۰۰	۶۰	۱۲۰۰	۱	۱۴۰۰	۶۰	۱۷۰۰	۱
بیش از ۲۵۰	$V^a 1000+2$	۶۰	$1200 + 2/8$ V^a	۱	$1400 + 2/8$ V^a	۶۰	$1700 + 3/4$ V^a	۱

a: حداکثر ولتاژ علامت‌گذاری شده

واحدی را که از مداری استفاده می‌کند که ممکن است در اثر پتانسیل AC آسیب ببیند، می‌توان مطابق با شرایط C یا D مذکور در جدول ۴-۴۳ با استفاده از یک پتانسیل DC مورد آزمایش قرار داد.

آزمایش یک واحد در شرایط حرارت دیده یا بدون حرارت دیدن مطابق با الزامات آزمایش‌های ساخت و تولید است. آزمون بر روی یک واحد کاملاً مونتاژ شده انجام می‌شود. لازم نیست برای انجام آزمایش، تغییری در واحد ایجاد کرد، سیم‌کشی آن را قطع کرد یا آن را از حالت مونتاژ درآورد.

استثناء شماره ۱: قطعاتی از قبیل کاور یا گیره ضد اصطکاک که در عملکرد آزمون تداخل ایجاد کنند، باید برداشته شوند.

استثناء شماره ۳: اتصال زمین یک ترمینال ورودی زمین شده را می‌توان قطع کرد.

واحدی را که از یک قطعه حالت جامد استفاده می‌کند که نمی‌تواند خطر برق گرفتگی را کاهش دهد و مستعد آسیب در اثر پتانسیل دی الکتریک است، می‌توان قبل از اتصال الکتریکی این قطعه یا بعد از قطع شدن اتصال الکتریکی آن آزمایش کرد. مدار را می‌توان در راستای اهداف آزمون طوری تنظیم کرد تا ضمن حفظ تنش دی الکتریک مدار، احتمال آسیب به قطعه حالت جامد را به حداقل رساند.

تجهیزات آزمایش برای تامین پتانسیل AC باید شامل ترانسفورماتوری با خروجی سینوسی باشد. تجهیزات آزمایش باید شامل ابزاری برای نشان دادن پتانسیل تست، یک نشانگر شنیداری یا بصری برای خرابی و یک دستگاه ریست دستی برای بازیابی تجهیزات پس از خرابی یا یک ویژگی برای رد کردن خودکار یک واحد ناسازگار باشد.

در صورتی که مقدار مجاز خروجی ترانسفورماتور تجهیزات تست کمتر از ۵۰۰ VA باشد، تجهیزات باید شامل یک ولت متر در مدار خروجی باشد تا مستقیماً پتانسیل تست را نشان دهد.

در صورتی که مقدار مجاز خروجی ترانسفورماتور تجهیزات تست ۵۰۰ VA یا بیشتر باشد، پتانسیل آزمایش باید به شرح زیر نشان داده شود:

الف) توسط یک ولت متر در مدار اولیه یا در یک مدار سه سیم‌پیچی،

ب) توسط سوئیچ انتخابگر مخصوص نشان دادن پتانسیل تست،

ج) در صورتی که تجهیزات دارای یک خروجی با پتانسیل آزمایش باشد، پتانسیل آزمایش با علامت‌گذاری در جایی که به راحتی قابل مشاهده است، نشان داده می‌شود. هنگامی که از علامت بدون ولت متر شاخص استفاده می‌شود، تجهیزات باید دارای یک وسیله مثبت مانند لامپ شاخص باشد تا نشان دهد که سوئیچ ریست دستی پس از خرابی دی الکتریک ریست شده است.

تجهیزات دیگر برای تست (غیر از موارد مذکور) در صورت مطابقت با تنظیمات کارخانه قابل استفاده است.

در طول تست، سوئیچ‌های واحد باید در حالت روشن باشند، هر دو طرف مدارهای ورودی و خروجی واحد باید به هم و به یک ترمینال تجهیزات تست وصل باشند و دومین ترمینال تجهیزات تست باید به فلز بدون برق در دسترس وصل باشد.

استثنا: هنگامی که وسایل آزمایش در حالت روشن نبودن سوئیچ از پتانسیل تست کامل از سیم‌کشی ورودی و خروجی به قطعات فلزی بدون برق استفاده می‌کند، لازم نیست سوئیچ در موقعیت روشن باشد.

۴-۶۷-۲- تست تغییرات فرکانس و ولتاژ تاسیسات

به عنوان یک تست معمول خط تولید، هر اینورتر در تعامل با تاسیسات که در ابتدا توان را در محدوده عملیاتی عادی خود صادر می‌کند، باید پس از تنظیم ولتاژ خروجی و فرکانس منبع برق شبیه‌سازی شده روی هر یک از شرایط مشخص

شده در جدول ۴-۴۴ در مدت زمان مشخص شده در این جدول، خروج توان به منبع برق شبیه‌سازی شده را متوقف کند. اینورتر برای تایید مطابقت باید یک بار در هر شرایط آزمایش شود. استثنا: پس از اینکه مشخص شد که یک اینورتر با سیستم تنظیم مجدد خودکار با حداقل زمان ۵ دقیقه تطبیق دارد، برنامه ریزی کنترل برای ریست طی زمان کمتر از ۵ دقیقه به جهت کاهش زمان تست برای تأمین هدف این الزام کافی خواهد بود. زمان انتظار ۵ دقیقه می‌بایستی قبل از ارسال محصول کنترل و تایید گردد.

جدول ۴-۴۴: محدودیت ولتاژ و فرکانس برای تعامل با تاسیسات

شرایط	منبع برق شبیه سازی شده		حداکثر زمان (ثانیه) (سیکل) در ۶۰ هرتز ^a قبل از قطع جریان به تاسیسات شبیه سازی شده	
	ولتاژ (V)	فرکانس (Hz)		
A	$< 0.50 V_{nor}^b$	نامی	۰/۱	(۶)
B	$0.50 V_{nor} \leq V < 0.88 V_{nor}$	نامی	۲	(۱۲۰)
C	$1.10 V_{nor} < V < 1.37 V_{nor}$	نامی	۲	(۱۲۰)
D	$1.37 V_{nor} \leq V$	نامی	۲/۶۰	(۲)
E	نامی	$f > f_{نامی} + 0.5^c$	۰/۱	(۶)
F	نامی	$f < f_{نامی} - 0.7^c$	۰/۱	(۶)

a: هنگامی که یک فرکانس تاسیسات به غیر از ۶۰ هرتز برای آزمایش استفاده می‌شود، حداکثر تعداد سیکل‌های لازم برای قطع توان تاسیسات شبیه‌سازی شده نباید بیشتر از تعداد سیکل‌هایی باشد که فرکانس تاسیسات ۶۰ هرتزی لازم دارد (صرف‌نظر از زمان لازم برای اینورتر جهت قطع صادرات توان به تاسیسات شبیه‌سازی شده).

b: V_{nor} مقدار مجاز ولتاژ خروجی اسمی است.

c: نرخ تغییر فرکانس باید کمتر از ۰/۵ هرتز در ثانیه باشد.

هر اینورتر با نقاط قطع قابل تنظیم میدانی باید دارای نقاط قطع تعیین شده کارخانه مطابق دستورالعمل نصب کارخانه سازنده باشد.

لازم نیست اینورتر در توان خروجی نامی کامل خود آزمایش شود و همچنین لازم نیست منبع تاسیسات شبیه‌سازی شده مطابق با ۴-۴۱ باشد.

۴-۶۸- کنترل کننده‌های شارژ

۴-۶۸-۱- کلیات

این الزامات مربوط به کنترل کننده‌های شارژ متصل دائمی است که برای نصب در پنل‌های فتوولتائیک، تجهیزات توزیع برق فتوولتائیک و کنترل پنل‌ها یا سیستم‌ها در نظر گرفته شده‌اند.

الزامات مذکور در بخش‌های ۴-۶۸-۲ تا ۴-۶۸-۸- مکمل و در برخی موارد اصلاحیه‌ای برای الزامات مذکور در بخش‌های ۴-۴ تا ۴-۶۷- هستند.

۴-۶۸-۲- ساخت

یکی از هادی‌های انتقال جریان داخلی (معمولاً منفی)، که ورودی کنترل کننده شارژ را به خروجی متصل می‌کند، باید به عنوان هادی زمین در نظر گرفته شود که در آن کنترل کننده در مدارها یا سیستم‌های زمین استفاده می‌شود. هادی زمین نباید شامل قطعه‌هایی مانند رله، ترانزیستور یا دستگاه‌های مشابه باشد.

استثنا: شنت ارائه شده در خط منفی مطابق با این الزام است.

وقتی شنت مطابق با استثناء فوق ارائه شود، نقطه اتصال به سیستم زمین باید مشخص شود. سطح مقطع شنت نباید کمتر از هادی با اندازه متوسط برای نوع جریان و جنس ماده مد نظر باشد.

استثنا: یک شنت با اندازه کوچکتر زمانی با هدف مد نظر مطابقت دارد که:

الف) دماهای اندازه‌گیری شده از حد مجاز جنس تکیه‌گاه یا قطعات اطراف آن در حالت عملکرد عادی بیشتر نشود؛

ب) شنت در نتیجه آزمایش‌های در تست‌های غیرطبیعی باز نشود.

کنترل‌های لازم برای تنظیم حالت شارژ باتری باید فقط برای پرسنل خدماتی واجد شرایط قابل دسترسی باشد.

استثنا: یک سوئیچ روشن/خاموش یا یک دستگاه کنترل کننده شارژ، پانل توزیع برق یا اینورتر نباید به عنوان کنترل برای حالت شارژ باتری در نظر گرفته شود.

هنگامی که یک کنترل کننده شارژ از مانیتورینگ جبران دما استفاده می‌کند، وسایل مانیتورینگ باید از کنترل شارژ دور باشند.

استثنا: وسایل مانیتورینگ زمانی می‌توانند در داخل واحد باشند که واحد مطابق با بند چهارم بخش ۴-۶۹-۲- علامت‌گذاری شده باشد. واحد مطابق ۴-۶۹-۳- دارای دفترچه راهنما باشد.

مواد پلیمری در یک کنترل کننده شارژ که برای نصب داخلی در محفظه سیم‌کشی یک ماژول فتوولتائیک در نظر گرفته شده‌اند، باید دارای یک شاخص حرارتی نسبی ۹۰ درجه سانتی‌گراد (۱۹۴ درجه فارنهایت) باشند.

۴-۶۸-۳- عملکرد

کنترل‌کننده شارژ باید مطابق ۴-۶۸-۴ تا ۸-۶۸-۴ تست شود.

یک کنترل‌کننده شارژ در نظر گرفته شده برای استفاده در یک کنترل پنل فتوولتائیک باید در کوچکترین اندازه مشخص شده محفظه نصب شود.

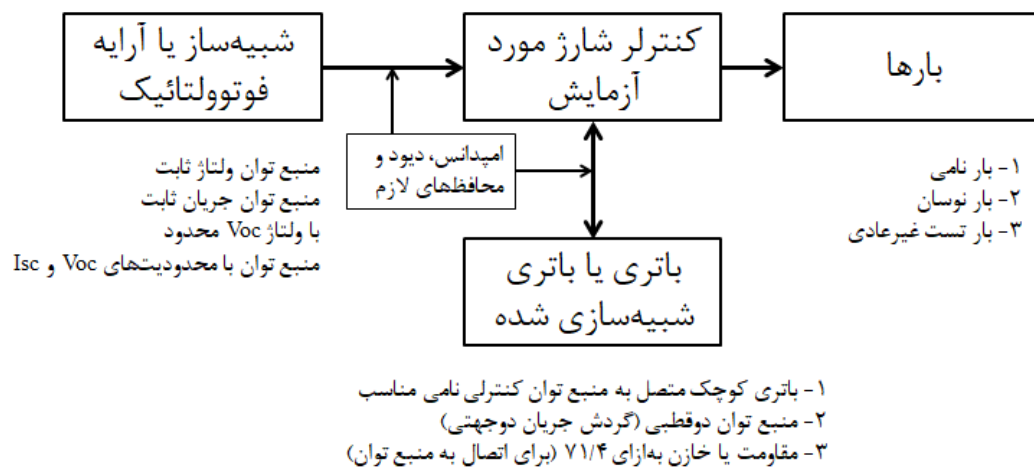
یک کنترل‌کننده شارژ در نظر گرفته شده برای استفاده در محفظه سیم‌کشی ماژول فتوولتائیک باید در کوچکترین اندازه محفظه‌ای که امکان نصب کنترل‌کننده در آن وجود دارد، نصب شود. قبل از انجام آزمایش، کنترل‌کننده شارژ باید مطابق با استاندارد ماژول‌ها و پانل‌های فتوولتائیک صفحه مسطح، UL 1703 تحت ۲۰ سیکل آزمایش سیکل دما قرار گیرد. کنترل‌کننده شارژ فاقد محفظه الکتریکی در هنگام انجام آزمایش باید در دمای محیط حداقل ۶۰ درجه سانتی‌گراد (۱۴۰ درجه فارنهایت) (یا دمای تعیین شده توسط سازنده) باشد.

در هنگام انجام آزمایش‌های بر روی یک کنترل‌کننده شارژ، ولتاژ DC ورودی باید برابر با ۱۲۵ درصد از ولتاژ مدار باز بوده و باید بتواند ۱۲۵ درصد از جریان اتصال کوتاه نامی مدار منبع فتوولتائیک در نظر گرفته شده برای استفاده همراه کنترل‌کننده شارژ را تحویل دهد. باتری یا بار باتری شبیه‌سازی شده قابل استفاده است. بار باتری شبیه‌سازی شده باید متشکل از یکی از بارهای زیر باشد:

جدول ۴-۴۵: بارهای شبیه‌سازی شده باتری

مقدار مجاز جریان باتری (آمپر)	خازن (میکروفاراد)
۲۰-۰	۱۰۰,۰۰۰
۲۰-۴۰	۱۸۵,۰۰۰
>۴۰	۳۰۰,۰۰۰

طبق طراحی کنترل‌کننده شارژ، خازن باید به طور موازی با یک مقاومت و یک منبع تغذیه تنظیم شده برای شبیه‌سازی ولتاژ باتری و تنظیم شده برای دریافت جریان شارژ عملکردی باتری قرار داشته باشد. یک کنترل‌کننده شارژ سری را نیز می‌توان همانطور که در شکل ۴-۱۶ نشان داده شده است، آزمایش کرد.



شکل ۴-۱۶: شماتیک تست کنترل‌کننده شارژ

۴-۶۸-۴- عملکرد عادی

هنگام آزمایش‌های این بخش، یک کنترل‌کننده شارژ نباید بیش از $1^\circ +$ درصد از ورودی نامی، خروجی نامی، یا جریان نامی شارژ / تخلیه باتری یا از ولتاژ نامی خود بیشتر شود. کنترل‌کننده ولتاژ ثابت و روشن / خاموش نباید در ترمینال‌های باتری یا در ترمینال‌های بار دارای یک ولتاژ خروجی باشد که بعد از اولین دقیقه فعالیت به میزان بیش از $1^\circ +$ درصد از مقدار نامی آن بیشتر می‌شود.

الف) کنترل‌کننده بار باید به یک آرایه فتوولتائیک یا منبع شبیه‌سازی شده متصل شود که قادر به تامین ۱۲۵ درصد از جریان نامی و ۱۲۵ درصد ولتاژ نامی مدار فتوولتائیک مورد نظر باشد. ترمینال‌های رابط باتری کنترل‌کننده شارژ باید به صورت مدار باز باشد. ترمینال‌های خروجی یا ترمینال‌های بار کنترل‌کننده شارژ باید به یک بار وصل شوند. بار باید تنظیم شود تا حداکثر جریان خروجی قابل دستیابی را از کنترل‌کننده شارژ دریافت کند و ولتاژ باید در ترمینال‌های بار و ترمینال‌های باتری اندازه‌گیری شود. هنگامی که کنترل‌کننده شارژ با ترمینال‌های باتری مدار باز کار نمی‌کند، باید از روش تست مذکور در بند (ج) استفاده شود.

ب) در حالت عملکردی، بار باید در دامنه عملکردی تنظیم شود، اتصال کوتاه مستثنی شود و ولتاژ باید در ترمینال‌های خروجی (ترمینال‌های بار) و در رابط باتری برای هر مقدار بار اندازه‌گیری شود.

ج) برای یک کنترل‌کننده شارژ که با ترمینال‌های باتری مدار باز کار نمی‌کند، کنترل‌کننده شارژ باید به یک منبع فتوولتائیک یا منبع شبیه‌سازی شده‌ای متصل شود که قادر به ارائه ۱۲۵ درصد از جریان نامی مدار فتوولتائیک مد نظر است. خروجی کنترل‌کننده شارژ به یک بار وصل می‌شود. ترمینال‌های باتری باید به یک باتری یا شبیه‌ساز باتری متصل شوند که در ولتاژ باتری نامی کنترل‌کننده شارژ کار می‌کند. بار باید تنظیم شود تا حداکثر جریان نامی کنترل‌کننده شارژ را دریافت کند. هنگام اندازه‌گیری جریان خروجی باید از روش آزمایش مذکور در بند (ب) استفاده شود.

۴-۶۸-۵- دما

هنگام آزمایش مطابق با بخش دما، دمای اندازه‌گیری شده روی مواد پلیمری در کنترل‌کننده شارژ مد نظر برای نصب مطابق با بخش ساخت نباید بیشتر از حد مجاز شاخص حرارتی نسبی مواد تعیین شده مطابق با استاندارد مواد پلیمری (ارزیابی بلند مدت خواص، UL 746B) باشد.

۴-۶۸-۶- جبران دما

هرگاه ورودی حسگر دما در وضعیت مدار کوتاه یا مدار باز باشد، کنترل‌کننده شارژ مجهز به جبران دمای یکپارچه باید در هنگام آزمایش مطابق با پاراگراف بعد شارژ خروجی را خاموش یا محدود کند. کنترل‌کننده شارژ باید به منبع ورودی نامی و بار نامی آن وصل شود. ورودی حسگر دما باید به صورت مدار باز و سپس مدار کوتاه باشد (هر بار یکی از این موارد).

۴-۶۸-۷- توالی اتصال

هنگام آزمایش مطابق بندهای (الف) تا (ج)، ولتاژ و جریان برای یک کنترل‌کننده شارژ باید در محدوده مقادیر نامی آنها باقی بماند.

(الف) کنترل‌کننده شارژ علامت‌گذاری شده با توالی اتصال باید به روش مذکور وصل شده و سپس مطابق با بخش عملکرد عادی (بخش ۴-۶۸-۴) تست شود.

(ب) یک کنترل‌کننده شارژ علامت‌گذاری نشده با توالی اتصال از پیش تعیین شده، باید اول در حالی تست شود که باتری قبل از منبع فتوولتائیک وصل شده است و سپس در حالتی تست شود که منبع فتوولتائیک قبل از وصل شدن باتری متصل شده است. خروجی به باتری یا بار باید مطابق با عملکرد عادی (بخش ۴-۶۸-۴) اندازه‌گیری شود.

(ج) برای کلیه کنترل‌کننده‌های شارژ، ولتاژ باتری در حین عملکرد عادی باید قطع و سپس دوباره وصل شود. ولتاژ و جریان‌ها باید در ورودی‌های فتوولتائیک، خروجی بار و ترمینال‌های باتری اندازه‌گیری شوند.

۴-۶۸-۸- تست‌های غیرعادی

هنگام آزمایش‌های این بخش، یک کنترل‌کننده شارژ باید با ۴-۴۷-۱- مطابقت داشته باشد.

در هر یک از آزمایش‌های مذکور در بند ۴-۶۸-۸-، هرگاه لازم شد ترمینال‌های خروجی باتری تحت بار اتصال کوتاه شوند، از رله برای اتصال کوتاه کردن ترمینال‌های واحد مورد آزمایش در هنگام مدار باز کردن باتری استفاده می‌شود.

۴-۶۸-۸-۱- خرابی‌های ورودی و خروجی

اتصالات آرایه فتوولتائیک یک کنترل‌کننده شارژ باید به یک شبیه‌ساز DC وصل شوند و ترمینال‌های بار (خروجی) باید به بار نامی خود بارگیری شوند. در حالت بارگذاری شده، ورودی فتوولتائیک به کنترل‌کننده شارژ باید اتصال کوتاه شود.

اتصالات آرایه فتوولتائیک یک کنترل‌کننده شارژ باید به یک منبع تغذیه DC و بار (خروجی) نامی وصل شوند. در حالت بارگذاری شده، خروجی کنترل‌کننده شارژ باید اتصال کوتاه شود.

۴-۶۸-۸-۲- سیم‌کشی اشتباه کنترل‌کننده شارژ

یک کنترل‌کننده شارژ باید به منبع فتوولتائیک نامی یا منبع و باتری فتوولتائیک شبیه‌سازی شده وصل شود (همانطور که در جدول ۴-۴۶ ذکر شده است). ترتیب اتصال و قطبیت باید به شرح مذکور در جدول باشد. هنگام اتصال منبع تغذیه دوم، باتری یا آرایه، باید از طریق دستگاه رله به گونه‌ای وصل شود که منبع اول قبل از منبع دوم انرژی‌دار شود. استثنا: آن دسته از تست‌هایی که توالی اتصال را محدود می‌کنند، در مورد کنترل‌کننده شارژی که مطابق با ۴-۶۹-۱ علامت‌گذاری شده است، صدق نمی‌کند. به عنوان مثال، هنگامی که یک کنترل‌کننده علامت‌گذاری شده که نشان می‌دهد ابتدا آرایه وصل می‌شود، لازم نیست آزمایش‌های A، C، D و E انجام شود.

جدول ۴-۴۶: ترتیب اتصال و قطبیت

شرایط تست	اول متصل شدن منبع	منجر به اتصال به ترمینال مثبت	منجر به اتصال به ترمینال منفی	دوم ^a متصل شدن منبع توسط رله	منجر به اتصال به ترمینال مثبت	منجر به اتصال به ترمینال منفی
A	باتری	+	-	آرایه	+	-
B	آرایه	+	-	باتری	+	-
C	باتری	-	+	هیچ اتصال	-	+
D	باتری	-	+	آرایه	-	+
E	باتری	-	+	آرایه	+	-
F	آرایه	-	+	هیچ اتصال	+	-
G	آرایه	-	+	باتری	+	-
H	آرایه	-	+	باتری	+	-

a هنگام اتصال منبع تغذیه دوم، باتری یا آرایه، باید از طریق یک دستگاه رله به گونه‌ای وصل شود که منبع اول قبل از منبع دوم انرژی‌دار شود.

هنگامی که از یک منبع آرایه شبیه‌سازی شده استفاده می‌شود، یک دیود بایاس معکوس باید بر روی منبع قرار داده شود تا بتواند فعال‌سازی احتمالی یک دیود بای‌پس آرایه را شبیه‌سازی کند.

در نتیجه آزمایش برای کنترل‌کننده‌های شارژ که دارای ترمینال‌های کنترل بار هستند، نباید ولتاژ قطبیت معکوس در ترمینال‌ها یا جریان وجود داشته باشد، مگر اینکه شرایط A از جدول ۴-۴۶ رخ دهد.

در طول آزمایش، هیچ گونه محافظ جریان زیاد خارجی اضافی نباید در مدار آزمایش باشد.

۴-۶۸-۳- قطع کم ولتاژ

هنگام آزمایش طبق ۴-۶۸-۱-، یک کنترل‌کننده شارژ باید در تمام دوره‌های شارژ و تخلیه بار باتری به صورت پایدار و کنترل شده کار کند.

یک کنترل‌کننده شارژ با قطع کم ولتاژ باید به منبعی متصل شود که ورودی نامی کنترل‌کننده شارژ، بار یک باتری یا باتری شبیه‌سازی شده و بار نامی را تامین می‌کند. منبع باتری باید روی ۲۵ درصد، ۵۰ درصد، ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد ولتاژ باتری نامی تنظیم شود. بار باید به گونه‌ای تنظیم شود که کنترل‌کننده شارژ مطابق با طراحی کنترل‌کننده شارژ از شارژ باتری به حالت تخلیه باتری چرخه (سیکل) داشته باشد. نقاط SET-POINT قابل تنظیم باید روی نزدیکترین تلورانس تنظیم شوند تا کنترل‌کننده شارژ در طول شارژ باتری چرخه داشته باشد.

۴-۶۹- علامت‌گذاری

۴-۶۹-۱- علائم احتیاطی

یک کنترل‌کننده شارژ که نیازمند یک روش اتصال خاص است، باید به شرح زیر علامت‌گذاری شود: «احتیاط: خطر آتش‌سوزی و برق‌گرفتگی: ترمینال‌های _____ را قبل از اتصال ترمینال‌های _____ وصل کنید.»

۴-۶۹-۲- جزئیات

کنترل‌کننده شارژ باید مطابق با جزئیات بخش و علائم احتمالی علامت‌گذاری شود.

یک کنترل‌کننده شارژ در نظر گرفته شده برای نصب در محفظه سیم‌کشی یک ماژول فتوولتائیک باید طوری علامت‌گذاری شود که تولید کننده و شماره مدل ماژول فتوولتائیک مد نظر برای نصب کنترل‌کننده را مشخص کند.

یک کنترل‌کننده شارژ با یک نقطه تنظیم و مرجع^۱ جبران‌کننده دما که برای تنظیم توسط پرسنل خدمات در نظر گرفته شده است، باید با جزئیات مربوط به نقطه تنظیم و مرجع علامت‌گذاری شود.

یک کنترل‌کننده شارژ با وسیله جبران‌کننده دمای داخلی باید به شرح زیر علامت‌گذاری شود: «احتیاط: جبران دمای داخلی. خطر آتش‌سوزی، در فاصله _____ متر (فوت) از باتری‌ها استفاده شود.» یا «خطر آتش‌سوزی، در تماس با باتری‌ها نصب شود.»

^۱ Set-point

یک کنترل‌کننده شارژ باید با حداقل حد مجاز قطع دستگاه محافظ جریان زیاد مورد استفاده برای حفاظت از اتصال کوتاه علامت‌گذاری شود. به عنوان مثال، «حداقل مقدار مجاز قطع _____ یک DC».

۴-۶۹-۳- دستورالعمل‌های مهم ایمنی

دستورالعمل‌های نصب باید هادی یا ترمینال مذکور در ۴-۶۸-۲- را به عنوان هادی یا ترمینال مورد نظر برای استفاده به عنوان هادی زمین در مدارهای زمین شده معرفی کنند.

در دستورالعمل نصب باید نوع و ترکیب شیمیایی باتری مورد نظر جهت استفاده در کنترل‌کننده شارژ مشخص شود. یک کنترل‌کننده شارژ در نظر گرفته شده برای نصب میدانی باید دارای یک نمودار سیم‌کشی یا دستورالعمل نصب باشد که روش نصب (شامل روش اتصال و اندازه سیم) را ماده ۶۹۰ قانون برق ملی آمریکا، NFPA 70، مشخص می‌کند. دستورالعمل‌های نصب برای کنترل‌کننده شارژ مورد نظر برای نصب در محفظه سیم‌کشی یک ماژول فتوولتائیک باید نام سازنده و مدل ماژول فتوولتائیک را مشخص کنند.

دستورالعمل‌های نصب برای کنترل‌کننده شارژ باید حداکثر محافظت در برابر جریان زیاد را مطابق با ماده ۶۹۰ قانون برق ملی آمریکا، NFPA 70، مشخص کنند.

دستورالعمل‌های نصب برای کنترل‌کننده شارژ با وسیله جبران کننده دمای داخلی باید مکان مورد نظر برای استفاده از کنترل‌کننده را با توجه به باتری‌ها و خطرات ناشی از نصب نادرست را توضیح دهند.

دستورالعمل نصب برای کنترل‌کننده شارژ دارای نقاط تنظیم و مرجع جبران دمای قابل تنظیم توسط پرسنل خدمات باید مواد شیمیایی و نوع باتری را برای هر نقطه تنظیم و مرجع توصیف کند. این دستورالعمل باید خطرات مرتبط با تنظیمات نادرست را با جزئیات کامل شرح دهد.

۴-۷۰-۷- ماژول‌های AC

الزامات این بخش مکمل و در بعضی موارد اصلاحیه‌ای برای الزامات عمومی در بخش‌های ۴-۴ تا ۴-۶۷-۴-۶۸- هستند.

۴-۷۰-۱- کلیات

یک ماژول AC باید در تعامل با تاسیسات باشد و نباید قادر به عملکرد مستقل باشد. کلیه الزامات برای اینورترهای در تعامل با تاسیسات در بخش‌های ۴-۴ تا ۴-۶۷- باید صادق باشد.

پانل یا ماژول فتوولتائیک یک ماژول AC باید با الزامات مندرج در استاندارد ماژول‌ها و پانل‌های فتوولتائیک صفحه مسطح، UL 1703 مطابقت داشته باشد. کلیه قطعه‌های موجود در مدار ورودی DC یک ماژول AC باید برای ۱۲۵ درصد

از ولتاژ مدار باز ماژول فتوولتائیک سیلیکون کریستالی نامی حد مجاز شود. برای ماژول‌های فتوولتائیک سیلیکات آمورف یا فیلم نازک، قطعات موجود در خط باید برای ولتاژ مدار باز ماژول فتوولتائیک (صرف نظر از دما) حد مجاز شوند. ابزار قطع اتصال AC نظیر ترمینال، کانکتور یا وسایل مشابه باید ارائه شود. مواد پلیمری باید دارای شاخص حرارتی نسبی مطابق با استاندارد مواد پلیمری (ارزیابی خواص بلند مدت، UL 746B) بیشتر از دمای اندازه‌گیری شده در طی آزمایش دمای معمولی و نه کمتر از ۹۰ درجه سانتی‌گراد (۱۹۴ درجه فارنهایت) باشد.

کانکتورهای بکار رفته در خارج از ماژول باید علاوه بر الزامات مواد و شرایط تهویه مطبوع در استاندارد ماژول‌ها و پانل‌های فتوولتائیک صفحه مسطح، UL 1703، با استاندارد پلاگین‌های پیوستی و پریزها UL498 مطابقت داشته باشند. اتصال نباید با پیکربندی NEMA باشد.

تجهیزات زمین برای مدار ورودی DC، برای ماژول AC اعمال نمی‌شود. واکش ارائه شده به عنوان بخشی از محفظه محافظتی مورد استفاده در یک محفظه ماژول AC باید با الزامات مندرج در استاندارد ماژول‌ها و پانل‌های فتوولتائیک صفحه مسطح، UL 1703 مطابقت داشته باشد.

۴-۷۰-۲- عملکرد

یک نمونه از ماژول AC پس از تنظیم شدن مطابق با تست‌های سیکل دما و سیکل رطوبت در استاندارد ماژول‌ها و پانل‌های فتوولتائیک صفحه مسطح، UL 1703 باید با تست مقاومت در برابر ولتاژ دی الکتریک، مطابقت داشته باشد. در صورت نصب اینورتر با چسب روی ماژول فتوولتائیک، چفت شدگی اینورتر به ماژول باید مطابق با تست چفت اینورتر ماژول AC، بخش ۴-۷۰-۳ باشد.

تست دما، باید در دمای محیطی ۴۰ درجه سانتی‌گراد (۱۰۴ درجه فارنهایت) یا بیشتر انجام شود. کل مجموعه ماژول‌های AC باید تحت آزمایش باران و آبپاش، قرار گیرند. پس از آزمایش‌ها، واحد باید با تست مقاومت در برابر ولتاژ دی الکتریک، مطابقت داشته باشد.

۴-۷۰-۳- تست چفت اینورتر ماژول AC

یک اینورتر ماژول AC که با چسب به پشت ماژول فتوولتائیک محکم شده است، باید با بندهای (الف) تا (ه) این بخش مطابقت داشته باشد.

یک اینورتر ماژول AC که با چیزی به جز چسب به پشت ماژول فتوولتائیک محکم شده است، باید با بندهای (ب) تا (ه) این بخش مطابقت داشته باشد.

الف- تست مذکور در (ج) تا (ه) در سه نمونه جداگانه انجام می‌شود: یک ماژول AC در همان شرایط دریافتی، یک ماژول AC قرار گرفته تحت آزمایش سیکل دما و یک ماژول AC قرار گرفته تحت آزمایش سیکل رطوبت (مطابق با استاندارد ماژول‌ها و پانل‌های فتوولتائیک صفحه مسطح، UL 1703).

ب- در نتیجه آزمایش مذکور در (ج) تا (ه)، نیرو نباید:

- محفظه را از لایه زیرین یا لایه رویی جدا کند؛

- موجب شکستگی محفظه، زیرلایه یا رولایه شود.

ج- هنگامی که جهت نصب مشخص نشده باشد، آزمایش مذکور در (د) و (ه) باید در دشوارترین جهت انجام شود.

د- نیروی برشی برابر ۵/۴۷ نیوتن یا ۴ برابر وزن مجموعه کامل اینورتر (هر کدام بیشتر باشد) باید در قسمت خارجی بالایی محفظه که در جهت موازی با چسب (یا وسیله مشابه چفت کننده) دورترین فاصله را از سطح نصب دارد، اعمال شود.

ه- نیرو باید برای حداقل یک دقیقه اعمال شود.

۴-۷۰-۴- مقدار مجاز

لازم نیست برای اینورتر ماژول AC که به صورت یکپارچه برای ماژول فتوولتائیک ارائه شده است، مقدار مجاز ورودی DC مذکور در (الف) - (ه) در جدول ۴-۳۸ ارائه شود.

۴-۷۰-۵- علامت‌گذاری

خروجی ماژول AC باید با حداکثر ترکیب موازی ماژول‌هایی که برای آن در نظر گرفته شده است، علامت‌گذاری شود. ماژول AC باید به صورت زیر علامت‌گذاری شود: «فقط به مدار شاخه اختصاصی وصل شود». ماژول AC باید با حداکثر اندازه محافظت در برابر جریان زیاد مدارشاخه‌ای که قرار است به آن وصل شود، علامت‌گذاری شود.

۴-۷۰-۶- دستورالعمل‌های مهم ایمنی

دستورالعمل‌های مهم ایمنی باید شامل جمله‌ای باشند که نشان می‌دهد ماژول AC فقط باید به مدار شاخه اختصاصی متصل شود.

فصل ۵

**الزامات موردنیاز جهت طراحی، نصب
و بهره‌برداری از سیستم‌های کنترلی و
ارتباط با شبکه و هوشمندسازی
پیل‌های سوختی با کاربرد ساکن**

۵-۱- ضرورت‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی توسعه شبکه هوشمند برق

شبکه هوشمند برق دارای ضرورت‌های متعددی در ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی است که اهم موارد آن عبارتند از:

- ارتقای کارایی و قابلیت اطمینان شبکه انتقال و توزیع برق
- کاهش تلفات شبکه انتقال و توزیع برق
- تعویق سرمایه‌گذاری در توسعه ظرفیت‌های جدید تولید، انتقال و توزیع
- مدیریت بهینه دارایی‌ها و صرفه‌جویی در هزینه‌های عملیاتی
- کاهش میزان اوج مصرف
- مدیریت بهینه مصرف انرژی
- ایجاد زیرساختی جهت توسعه مولدهای پراکنده اعم از مولدهای تولید همزمان برق و حرارت و تجدیدپذیر
- ارتقای سطح پایداری و امنیت انرژی
- ارائه خدمات بهتر و ارتقای سطح رضایت‌مندی مشترکین برق
- استفاده از زیرساخت ارتباطات و فناوری اطلاعات
- کاهش انتشار آلاینده‌های زیست محیطی

با توجه به خلاصه و مفید بودن ۵۵ مزیت تعریف شده در متدولوژی EPRI، متدولوژی JRC نیز آنها را مبنا قرار داده است. مزایای EPRI به ۳ زیرمجموعه اقتصادی، قابلیت اطمینان، زیست محیطی و امنیت تقسیم می‌شود. متدولوژی JRC، ده قابلیت حداقل تعریف نموده است که کلیه کشورهای اتحادیه اروپا که طبق نتیجه تحلیل هزینه - فایده مثبت، قصد پیاده‌سازی شبکه هوشمند برق را دارند، ملزم به اجرای آنها هستند. با تحلیل و بررسی این قابلیت‌ها، ملاحظه می‌شود که تمرکز اصلی بر کنترلهای هوشمند و مخابرات دوطرفه بر سرعت می‌باشد که هریک دارای ویژگی‌های خاص خود می‌باشند.

برای تحقق ۱۳ قابلیت حداقلی فوق به استناد جداول مرجع استفاده از دارایی‌های کنتر هوشمند (Smart Meter) و مخابرات دوطرفه در طرح‌های پیاده‌سازی گسترده برای فعال‌سازی این قابلیت‌ها الزامی است. به عبارت دیگر، در صورتی که متدولوژی JRC مبنای کار قرار گیرد، و تحلیل هزینه فایده پیاده‌سازی گسترده شبکه هوشمند در ایران مثبت و به صرفه گردد، می‌بایست این دو نوع دارایی با ویژگی‌های مشخص شده در ذیل در کلیه سناریوهای احتمالی مورد استفاده قرار گیرند. با تحلیل حداقل قابلیت‌های فوق، ویژگی‌های خاص مورد نیاز این دارایی‌ها عبارتند از:

- شمارنده هوشمند: با قابلیت‌های اندازه‌گیری دوطرفه (ورودی/خروجی)، اندازه‌گیری توان راکتیو (VAR)، درگاه‌های داده خروجی استاندارد (برای سیستم‌های مدیریت ساختمان، نمایشگر داخل منزل، لوازم خانگی هوشمند، پرتال اینترنتی)،

تناوب به روزرسانی قرائت قابل تنظیم، قرائت از راه دور، پیکربندی مجدد از راه دور، کنترل از راه دور (قطع/وصل، محدود کردن جریان یا توان)، پشتیبانی از سیستم‌های تعرفه‌بندی پیشرفته.

• ارتباط دوطرفه: با قابلیت‌های پهنای باند بالا، تبادل امن داده، تشخیص و جلوگیری از تقلب نرخ به روزرسانی قرائت داده‌های کنتور هوشمند بایستی منطبق با زمان پاسخ‌دهی محصولات مولدهای انرژی را مصرف کنندگان انرژی باشد. اجماع عمومی بر نرخ به روزرسانی حداقل در هر ۱۲ دقیقه است (سرند EU/148/2012).

شایان به ذکر است، بر اساس توصیه‌های JRC مدت زمان‌های بیشتر از یک ساعت (مثلاً به روزرسانی روزانه یا آفلاین)، هدف سیستم بازخورد جهت مدیریت مصرف و ارائه تنوع تعرفه‌ها را برآورده نمی‌کند.

چالش برانگیزترین قابلیت مورد بحث، تواتر به روزرسانی داده‌هایی است که بازخورد مصرف را مستقیماً به مصرف کننده و طرف سوم می‌دهند. اهمیت این قابلیت در شناسایی الگوی مصرف توسط مصرف کننده و تسهیل ارائه خدمات نوین خرده فروشی برق است. JRC تاکید دارد که در صورتی که این قابلیت در کنتورهای هوشمند در نظر گرفته نشده باشد، طرح توسعه بایستی به گونه‌ای باشد که بعدها بتوان این قابلیت را به شبکه اضافه کرد. در غیر این صورت، بایستی این قابلیت از طریق سایر ابزارها و تنظیمات شبکه به دست آید.

۵-۲- چشم‌انداز شبکه هوشمند برق ایران

پس از بررسی گسترده چشم‌انداز شبکه هوشمند برق در کشورهای دنیا، اسناد بالادستی مرتبط با هوشمند سازی برق در ایران و در نهایت مسیر آینده صنعت برق، بیانیه چشم انداز شبکه هوشمند برق و با نظرات خبرگان تدوین می‌گردد. ارکان اساسی بیانیه چشم‌انداز ایران به صورت جدول ۵-۱ است.

جدول ۵-۱: چشم‌انداز شبکه هوشمند برق ایران

افق ۱۴۰۴
جایگاه و رتبه (Competitiveness)
در توسعه و پیاده‌سازی شبکه هوشمند برق (مطابق سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ و نقشه جامع علمی کشور)
تکنولوژی‌های کاربردی (Applied Technology)
فناوری‌های ارتباطات و اطلاعات، سامانه‌های هوشمند، تجهیزات پیشرفته شبکه شامل HVDC, Synchrophasor و Facts
کاربردهای مورد انتظار (Desired Application)
بازار آزاد برق و انرژی
الزامات (Requirements)
• تامین خدمت انرژی ایمن • پایدار: منجر به استفاده از منابع تجدیدپذیر و تامین انرژی برای نسل‌های آینده • اقتصادی: ارزش‌افزایی با نوآوری (مهمترین بعد چشم‌انداز) • با قابلیت اطمینان: ارتقای امنیت و کیفیت تامین انرژی متناسب با رشد تقاضای عصر دیجیتال با بازیابی سریع از مخاطرات و نااطمینانی‌ها • منعطف: تامین نیازهای مشتریان با پاسخ به تغییرات و چالش‌های پیش‌رو- خدمات بهتر • در دسترس: امکان اتصال به شبکه برای همه کاربران شبکه به ویژه برای مولدهای تجدیدپذیر

۵-۳- استانداردها و الزامات

یکی از مهمترین نیازمندی‌ها استانداردسازی است (به ویژه برای ICT). جدول ۵-۲ استانداردهای بخش‌های مختلف شبکه هوشمند برق را نشان می‌دهد.

جدول ۵-۲: استانداردهای بخش‌های مختلف شبکه هوشمند

				
مصرف نهایی	اندازه‌گیری مقدار (کمیت انرژی)	شبکه انتقال	تولید انرژی غیرمتمرکز	
ISO/IEC 14543-3-1 (KNX)	IEC 61968(integration of application into electricity supply facilities)			سطح کاربرد ^۱
	IEC 62443 (safety)	IEC TS 62351 (data and communication security)		
		-IEC 61970 (API energy management systems) -IEC TR 62325 (ebXML)	-IEC 61400-25 (wind power plants) -IEC 61850-7-420 (decentralized energy generation)	
-EN 13757-2 (M-BUS & KNX) -ZigBee + IEEE (2.4 GHz) 802.15.4		IEC 61850 (station autoation)		سطح کاربرد و انتقال ^۲
-ISO/IEC 14543-3 (KNX) -ISO 16484-5 (BacNet) -EN 14908-x (LON)	-IEC 62055 (electric meter) -IEC 62056 (DLMS/COSEM) -EN 13757 (M-BUS)	3GPP		
-ISO/IEC 14543-3-5 to 8 (KNX) -BacNet/IP -LAN -W-LAN	IEC 61334 (PLC)	TCP/IP		سطح ارتباطات و انتقال ^۳
		-WiMax -CDMA -Ethernet	IEC 60255 (Protection installations)	
	-IEC 61334 (PLC) -GPRS/GSM -DSL			

برای شناسایی استانداردهای اساسی مطالعات مختلفی توسط نهادهای جهانی انجام شده‌اند که عبارتند از:

- آلمان E-energy: در نسخه اول این استاندارد، استانداردهای اساسی ICT شناسایی شده‌اند، در نسخه دوم که در حال تدوین است خدمات چندگانه (آب، برق، گاز) در حال بررسی است به علاوه استانداردهای ارتباطات بازار، HVDC و FACTS معرفی خواهند شد.

^۱ Application Level^۲ Application and Transport Level^۳ Transport and communication media level

- NIST IOP آمریکا: نسخه اول آن خلاصه ۷۳ استاندارد مرجع شبکه هوشمند (ارتباط مستقیم) را شامل می‌شود. ۱۲ حوزه کلیدی که به مطالعات استانداردسازی بیشتر نیاز دارند نیز شناسایی شده‌اند. در این استاندارد ۱۴ استاندارد اساسی پیشنهاد شده‌اند.
- IEC SMB SG 3: تمرکز اصلی آن بر مانیتورینگ و کنترل اجزاء شبکه است. سایر نیازمندی‌ها غالباً بر اساس استاندارد SIA شناسایی می‌شوند. در SG 3، ۱۳۳ استاندارد شناسایی شده که دو مورد از آنها استاندارد اساسی و با اولویت بالا شناخته شده‌اند. در این مطالعه ۱۵ حوزه کاری و ۴ موضوع در مطالعات شبکه هوشمند معرفی شده‌اند.
- BMWi E-Energy آلمان: این مطالعه ۴ برنامه منطقه‌ای را شامل می‌شود. ۱۱ استاندارد برای ۷ حوزه به عنوان استاندارد اساسی پیشنهاد شده‌اند.
- اینترنت انرژی آلمان BDI: در این مطالعات استانداردهای متعدد به ۳ حوزه (مولدهای غیرمتمرکز، شبکه حمل و نقل، اندازه‌گیری انرژی و مصرف کننده نهایی) مربوط شده‌اند.
- میکروسافت SERA: یک مرجع یکپارچه‌سازی بر اساس NIST و محصولات میکروسافت است. برای تدوین آن با شرکای مهم بخش انرژی (ABB، ASRI، Alstom و غیره) مشورت شده است.
- CIGRE D2.24: این معماری یک استاندارد نیمه رسمی است که در آن سیستم‌های لحظه‌ای بایستی با شبکه انتقال و سیستم‌های بازار مرتبط شوند به طوری که عملیات متقابل و استفاده مجدد الزامات غیر عملکردی تلقی شده‌اند. ۱۳ قاعده طراحی برای توسعه معرفی شده است. این استاندارد همراه با استاندارد IEC TC 57 مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- الزام CEN/CENELEC M/441 اتحادیه اروپا: الزام این اتحادیه استانداردهای موجود را در ۴ بخش دسته‌بندی کرده است. الزام M/441 استاندارد، قابلیت‌های کنترلهای هوشمند و ارتباطات را شامل می‌شود. این الزام به موسسه استاندارد ارتباطات اروپا (ETSI) نیز ارائه شده است.
- سایر مطالعات و چارچوب‌ها: IEEE P2030 نیز استاندارد را به صورت ویرایش اولیه منتشر کرده است. کشورهایی نظیر اسپانیا، اتریش، بریتانیا، ژاپن، فرانسه و آلمان نیز استانداردهایی را منتشر کرده‌اند. همچنین ITU یک گروه مطالعاتی خاص برای استاندارد ارتباطات تشکیل داده است.

۵-۴- استانداردهای پیشنهادی توسط OFFIS

موسسه OFFIS استانداردهای زیر را به عنوان استاندارد اساسی ارتباطات توصیه نموده است:

- IEC 61970/61968: common Information Model (CIM)
- IEC 61850: substation automation system (SAS) and DER

- IEC 62351: Security for the smart grid
- IEC 62357: TC 57 seamless Integration Architecture
- IEC 60870: communication and monitoring for wind power plants
- IEC 61334: DLMS
- IEC 62056: COSEM
- IEC 62325: Market Communication using CIM

استانداردهای فوق توسط اکثر مطالعات استانداردسازی مورد ارجاع قرار گرفته‌اند و نقش مهمی در IEC SIA دارند.

همه این استانداردها در IEC TC 57 توسعه یافته‌اند.

فصل ۶

**الزامات موردنیاز جهت طراحی، نصب
و بهره‌برداری از سایر تجهیزات
سیستم‌های پیل‌های سوختی با کاربرد
ساکن**

۶-۱- ساختار

این بخش، برای سیستم‌های برق پیل سوختی کامل و مجتمع شده ساکن، یا سیستم‌های برق پیل سوختی که بسته های یکسانی از سیستم‌های یکپارچه کارخانه را در بردارند و الکتریسیته را از طریق واکنش‌های الکتروشیمیایی تولید می‌کنند، به کار می‌رود.

این بخش برای سیستم‌های زیر به کار می‌رود:

(الف) سیستم‌هایی که به طور مستقیم یا به کمک یک سوئیچ مبدل، اتصال الکتریکی دارند یا اینکه به یک سیستم توزیع برق مستقل از شبکه متصلند.

(ب) سیستم‌هایی که برق مستقیم یا متناوب ارائه می‌کنند.

(ج) سیستم‌هایی که توانایی بازیافت گرمای مناسب را دارند و سیستم‌هایی که این توانایی را ندارند.

(د) سیستم‌هایی که با سوخت‌های ورودی زیر کار می‌کنند:

(۱) گاز طبیعی و سایر گازهای غنی از متان (زیست توده) که از منابع سوخت فسیلی یا تجدیدپذیر مشتق شده‌اند، به عنوان مثال، گازهای حاصل از دفن زباله، گاز تخمیر، گاز معدن زغال‌سنگ.

(۲) سوخت‌های مشتق از تصفیه نفت، به عنوان مثال، دیزل، گازوییل، نفت سفید، گازهای پتروشیمی مایع شده مانند پروپان و بوتان.

(۳) الکل، استر، اتر، آلدهید، کتون، مایع فشر-تروپیش، و سایر ترکیبات مناسب آلی غنی از هیدروژنی که از منابع سوخت فسیلی یا تجدیدپذیر (زیست توده) مشتق شده‌اند به عنوان مثال، متانول، اتانول، دی متیل اتر، بیودیزل.

(۴) هیدروژن، ترکیبات گازی شامل گاز هیدروژن، به عنوان مثال: گاز سنتز و گاز شهری

این مطالعه سیستم‌های برق پیل سوختی قابل حمل و نقل و سیستم‌های برق پیل سوختی قوای محرکه را پوشش نمی‌دهد.

این بخش برای سیستم‌هایی قابل استفاده است که در فضاهای مسکونی، صنعتی، تجاری داخلی و خارجی و در مناطق غیر خطرناک و طبقه‌بندی نشده کاربرد دارند. همچنین این فصل، خطرات مهم و اتفاقات خطرناک مرتبط با سیستم‌های نیروگاه پیل سوختی (به استثنای خطرات مرتبط با شرایط نصب) را در نظر می‌گیرد.

الزامات این بخش، نوآوری را محدود نمی‌کند. زمانی که سوخت، مواد، طراحی‌ها یا ساختارهای مورد نظر به طور خاص مرتبط با این بخش نیستند، این گزینه‌ها باید مطابق با عملکردشان ارزیابی شوند تا به سطوحی از ایمنی و عملکرد دست یابند که با موارد تعیین شده در استاندارد برابری کند.

کدها و استانداردهایی که به طور ملی تعیین شده‌اند و در اینجا به آنها ارجاع داده می‌شود، در Exhibit A (لیست استانداردهای مرجع) فهرست شده است. چنانچه قابل استفاده باشد، ممکن است سایر انتشارات ملی جهت تکمیل کدها (و استانداردها) مرجع شده در اینجا به کار گرفته شوند.

در غیاب انتشارات قابل استفاده، سازنده ممکن است مدرک تایید شده دیگری را به موسسه تست ارائه کند. در هر صورت، پذیرش چنین مدرکی به صلاح دید موسسه انجام دهنده تست بستگی دارد.

اگر برای یک اندازه گیری، مقدار داده شده در این استاندارد برابر با مقدار سایر واحدها باشد، اولین مقدار بیان شده به عنوان مشخصه در نظر گرفته می شود.

واحدهای SI که در اینجا بیان شده اند مطابق با "استانداردی برای به کارگیری سیستم بین المللی واحدها" می باشند؛ سیستم اندازه گیری نوین IEEE/ASTM SI 10.

در کل این بخش، تمامی ارجاعات به psi، به عنوان فشار نسبی در نظر گرفته می شوند مگر اینکه به طریق دیگر تعریف شوند.

۶-۲- سیستم های تولید توان

طرح کلی یک سیستم تولید برق پیل سوختی (که توسط این استاندارد پیش بینی شده است) مونتاژی از سیستم های یکپارچه (که در صورت لزوم توابع معین را انجام می دهند) است، که به صورت زیر می باشد:

- ۱) سیستم فرایند سوختی-سیستمی از تجهیزات فیزیکی و شیمیایی به علاوه مبدل های گرمایی مربوطه و کنترل کننده های مورد نیاز جهت آماده کردن (و در صورت لزوم تنظیم فشار) سوخت جهت بکارگیری در سیستم تولید توان پیل سوختی می باشند.
- ۲) سیستم پردازش اکسیدان: سیستمی که اندازه گیری می کند، شرایط را تعیین می کند، فرایند را اجرا می کند و ممکن است فشار ورودی (جهت استفاده در سیستم تولید توان پیل سوخت) را نیز تنظیم کند.
- ۳) سیستم مدیریت گرمایی: سیستمی که گرما و سرما (یا عدم پذیرش گرما) را جهت حفاظت از سیستم تولید توان پیل سوختی در محدوده دمای کاری ارائه می کند و ممکن است جهت کشف گرمای اضافی و گرم کردن نیروی محرکه، در طول عملکرد ارائه شود.
- ۴) سیستم تصفیه آب: سیستمی که تمام خالص سازی های مورد نیاز آب اضافی یا بازیابی شده جهت بکارگیری در سیستم تولید توان پیل سوختی را انجام می دهد.
- ۵) سیستم تهویه برق: تجهیزاتی که جهت تطبیق انرژی الکتریکی تولید شده (توسط پشته های پیل سوختی) با نیازهای کاربردی (همان گونه که توسط سازنده مشخص شده است) بکار می رود.
- ۶) سیستم کنترل خودکار: سیستمی که حسگرها، فعال کننده ها، شیرها، سوئیچ ها و اجزاء منطقی را (که پارامترهای سیستم پیل سوختی را در حدود مشخص شده توسط سازنده (بدون دخالت دست) حفاظت می کنند) ترکیب می کند.
- ۷) سیستم تهویه: سیستمی است که هوا را از طرق طبیعی یا اعمال نیرو به محفظه های سیستم برق پیل سوختی می رساند.

۸) ماژول پیل سوختی: مونتاژ تجهیزاتی همچون یک یا چند پشته پیل سوختی که از طریق الکتروشیمیایی انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی و انرژی گرمایی (که قرار است با یک سیستم تولید برق یا وسیله نقلیه یکپارچه شود) تبدیل می‌کنند.

۹) پشته پیل سوختی: مونتاژ تجهیزاتی همچون پیل‌ها، جداکننده‌ها، صفحات خنک کننده، منیفولدها و یک ساختار پشتیبان که به طریق الکتروشیمیایی به طور مثال، گاز غنی از هیدروژن و واکنش دهنده‌های هوا را به برق جریان مستقیم، گرما و سایر محصولات واکنش تبدیل می‌کند.

۱۰) مخزن انرژی همراه: سیستمی تشکیل شده از ابزارهای داخلی ذخیره انرژی الکتریکی. این سیستم به ماژول پیل سوختی در تهیه برق برای تامین بارهای خارجی (یا داخلی) کمک می‌کند.

این الزامات مانع از طراحی یا ساخت یک سیستم برق پیل سوختی ساکن (که به طور خاص در این نشریه تعیین نشده است) نمی‌شوند اگر چنین گزینه‌ای در آزمودن و فهرست کردن سیستم در نظر گرفته شود. در طراحی و ساخت گزینه مورد نظر، موارد و ابزارهای مورد استفاده باید مطابق با قابلیت‌هایشان ارزیابی شوند تا منجر به عملکردی مطابق با استاندارد شوند.

۳-۶- محیط فیزیکی و شرایط عملکردی

۳-۶-۱- عمومی

سیستم تولید توان پیل سوختی و سیستم‌های مربوطه باید به گونه‌ای طراحی و ساخته شوند که قادر به اجرای عملکرد مطلوب در محیط فیزیکی و شرایط عملکردی گفته شده در این بخش باشند.

۳-۶-۲- ورودی توان الکتریکی

سیستم تولید توان الکتریکی پیل سوختی باید طوری طراحی شود که بتواند به طور صحیحی با شرایط ورود توان الکتریکی در NFPA 79 (استاندارد الکتریکی برای ماشین‌های صنعتی) یا آنچه که توسط سازنده مشخص شده است، عمل کند.

۳-۶-۳- محیط فیزیکی

سازنده باید شرایط محیط فیزیکی مناسب برای سیستم تولید توان پیل سوختی را مشخص کند. ملاحظات باید در زمینه‌های ذیل باشد:

الف) کاربرد ورودی/خروجی

ب) ارتفاع بالاتر از سطح دریا که تا آن ارتفاع سیستم تولید توان پیل سوختی بتواند به درستی کار کند.

- (ج) محدوده دما و رطوبت هوا که تحت آن سیستم تولید توان پیل سوختی بتواند به درستی کار کند.
- (د) ارتعاش (و زلزله خیز بودن) منطقه‌ای که سیستم ممکن است در آن منطقه قرار بگیرد.
- (ح) ملاحظات نسبت به وضعیت شدت باد، گرما، برف، همانطور که در ASCE 7 (کمینه بارهای طراحی برای ساختمان و سایر ساختارها) اشاره شده است.

۶-۳-۴- ورودی سوخت

سیستم تولید توان پیل سوختی باید طوری طراحی شود که بتواند به طور صحیحی در محدوده ترکیب و مشخصات تامین مربوط به سوخت‌های مورد استفاده در طرح (به عنوان مثال گاز طبیعی خط لوله) عمل کند. در استفاده دستی کاربران، سازنده باید حدود ترکیب و مشخصات تامین مربوط به سوخت‌هایی که قرار است در سیستم تولید توان پیل سوختی استفاده شوند را مشخص کند.

۶-۳-۵- ورودی آب

کیفیت و مشخصات آبی که قرار است در سیستم تولید توان پیل سوختی به کار رود باید توسط سازنده مشخص شود.

۶-۳-۶- پاک‌سازی سیستم

به دلایل ایمنی، باید ابزارهایی را جهت پاک‌سازی سیستم تولید توان پیل سوختی ارائه کرد. بعد از خاموشی یا پیش از شروع به کار، به یک موقعیت غیرفعال^۱ نیاز است که باید توسط سازنده مشخص گردد.

باید از یک سیستم پاک‌سازی خوب که از مواد مشخص شده توسط سازنده (مانند نیتروژن، هوا یا بخار) در یک محیط امن استفاده می‌کند، استفاده کرد.

۶-۳-۷- لرزش، شوک و ضربه ناگهانی

لازم است با انتخاب تجهیزات مناسب از اثرات نامطلوب، لرزش، شوک و ضربه (که در اثر کار ماشین‌آلات و تجهیزات مرتبط با آن و همچنین محیط فیزیکی تولید می‌شوند) اجتناب کرد. می‌توان تجهیز را دور از سیستم برق پیل سوختی نصب کرد یا از یک مانیتینگ (براکت) ضد لرزش استفاده کرد. این بخش، اثرات ناشی از شوک زلزله را در بر نمی‌گیرد. چنانچه سازنده متناسب با محصول خود نیاز به بررسی شوک زلزله داشته باشد، باید به طور مجزا این شوک را مورد توجه قرار دهد.

^۱ Passive

۶-۳-۸- بکارگیری، انتقال و ذخیره

سیستم برق پیل سوختی باید طوری طراحی شود که توان مقاومت داشته باشد. می‌توان اقدامات مناسبی را جهت حفاظت در مقابل دماهای انبارش و انتقال (در محدوده ۴۰ تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد) انجام داد. محدوده دمای پیشنهادی باید توسط سازنده مشخص شود.

سیستم تولید توان پیل سوختی (یا هر بخش از آن) باید موارد زیر را در برگیرد:

- (الف) در صورت لزوم امکان بکارگیری و حمل و نقل ایمن را داشته باشد (با ابزارهایی مانند جرثقیل یا تجهیزات مشابه).
- (ب) طوری بسته‌بندی و طراحی شود که امکان انبارش بدون آسیب و ایمن را داشته باشد.
- در صورت لزوم، سازنده باید ابزارهای مناسبی را جهت بکارگیری، انتقال و انبار کردن مشخص نماید.

۶-۳-۹- حفاظت در مقابل خطرات ناشی از انفجار یا آتش

در سیستم تولید توان پیل سوختی حفاظت در مقابل خطرات ناشی از انفجار یا آتش توسط پوشش خارجی تجهیزات فراهم می‌شود.

(الف) سیستم‌های یکپارچه مربوط به سیستم تولید توان پیل سوختی باید طوری مونتاژ شوند که از خطرات مرتبط با تجمع هوای قابل اشتعال در سیستم تولید توان پیل سوختی جلوگیری شود.

(ب) حد رقیق‌سازی انتشار عادی تا زیر ۲۵ درصد پایین‌تر از حد قابلیت اشتعال را می‌توان از طریق تحلیل محاسباتی پویایی‌های سیال، گاز ردیاب یا روش‌های مشابه (مانند روش‌های گفته شده در NFPA 70، مقاله ۲۰۵، جایگاه‌های ۲۰۱، NFPA 497، تمرین پیشنهادی جهت طبقه‌بندی مایعات، گازها و بخارات قابل اشتعال و طبقه‌بندی مکان‌های خطرناک جهت تجهیزات الکترونیکی در منطقه فرایند شیمیایی) تعیین کرد.

همه دستگاه‌های نصب شده در مرزهای رقیق‌سازی باید با الزامات پاراگراف (ه) مطابقت داشته باشند. حجم در مرزهای رقیق‌سازی باید مطابق NFPA 70 یا NFPA 497 طبقه‌بندی شود. حد پایین اشتعال گازهای نمونه در NFPA 497 ارائه شده است.

(ج) محفظه پوشش خارجی تجهیزات^۱ به همراه منابع داخلی پخش کننده بخار/گاز قابل اشتعال، به عنوان "بخش‌ها (محفظه‌ها)"^۲ تعریف می‌شود. بخش‌های سوختی به صورت زیر طراحی می‌شوند:

(۱) مخلوط‌های گاز را ۲۵ درصد پایین‌تر از حد پایین قابلیت اشتعال نگه می‌دارند (به جز مرزهای رقیق‌سازی).

(۲) گسترش حدود رقیق‌سازی (تا داخل بخش سوختی) را محدود کند.

^۱ Cabinet

^۲ Compartments

(د) روش‌هایی جهت نگهداشتن انتشار داخلی عادی در ۲۵ درصد پایین‌تر از حد پایین قابلیت اشتعال، به جز مرزهای رقیق‌سازی، شامل موارد ذیل است:

(۱) اکسیداسیون کنترل شده انتشار داخلی. این کار ممکن است از طریق ایجاد احتراق قابل اطمینان و پیوسته و منابع اکسیدان انجام شود که سوختن گازهای آزاد شده یا بکارگیری واحدهای اکسیداسیون کاتالیزوری^۱ را قطعی می‌کند. سازنده باید مطمئن شود که بیشینه انتشار مجاز در هنگام واکنش، منجر به تولید دماها و فشارهایی می‌شود که بخش‌های سوختی می‌تواند آن را در برگرد و اجزایی که تحت چنین شرایطی بدون حفاظ هستند، توان تحمل این دما را دارند.

(۲) رقیق‌سازی هوای انتشار داخلی. این کار ممکن است با تهویه مکانیکی انجام شود تا به کمک هوا غلظت انتشار عادی تا ۲۵ درصد کمتر از حد پایین اشتعال رقیق‌سازی شود (به جز در حدود رقیق‌سازی). در همه موارد، کمینه نرخ تهویه باید با آزمون نرخ نشت مجاز سازگار باشد.

بخش‌های سوختی تهویه شده باید طوری طراحی شوند که بتوانند در فشار منفی ناشی از سایر بخش‌های سیستم تولید توان پیل سوختی (و محیط پیرامونش) فعالیت کنند. این فشار منفی در بخش‌های سوختی به وسیله تهویه‌هایی مانند تهویه مکشی یا اجباری^۲ برقرار می‌شود. عملکرد صحیح سیستم تهویه باید از طریق اندازه‌گیری فشار و جریان تایید شود. خرابی تهویه می‌تواند منجر به توقف تجهیزات فرایندی شوند. تحت همه شرایط (بجز در محدوده حدود رقیق‌سازی یا شرایط ذکر شده در پاراگراف (ز))، چنانچه ابزارهای کافی جهت محدود کردن غلظت گاز قابل اشتعال (تا ۲۵ درصد پایین‌تر از حد پایین اشتعال) ارائه شود، نیازی نیست که بخش‌های سوختی مربوط به سیستم‌های تولید توان پیل سوختی در فشار منفی تهویه شوند.

بخش‌های سوختی که بر تهویه تکیه دارند (با هدف حفاظت در مقابل تجمع هوای قابل اشتعال)، را می‌توان به طریقی پاک‌سازی کرد که هوا به کمتر از ۲۵ درصد از حد پایین قابلیت اشتعال برسد. یک روش اجرای این عمل به کمک حداقل چهار بار تعویض هوا در یک بازه زمانی مناسب است تا بتوان از نتیجه اطمینان پیدا کرد.

پاک‌سازی، پیش از تقویت ابزاری اتفاق می‌افتد که مطابق پاراگراف (ب) برای طبقه‌بندی منطقه مناسب نیست. اگر بتوان به کمک طراحی تشریح کرد که هوای داخل بخش‌ها و مجاری مربوطه خطرناک نیست، ضرورتی به پاک‌سازی دیده نمی‌شود. همه ابزارها باید پیش از پاک‌سازی یا به منظور اجرای پاک‌سازی تقویت شوند و همچنین الزامات ذکر شده در بند (ه) رابرآورده کنند.

(ه) در مناطقی که به عنوان مناطق خطرناک طبقه‌بندی شده‌اند (پاراگراف ب)، به جز واحدهایی که از روش‌های حفاظتی (اشاره شده در پاراگراف د) استفاده می‌کنند، سازنده باید منبع احتراق را با اطمینان حاصل کردن از موارد زیر، حذف کند:

^۱ Catalytic

^۲ Induced or Exhaust Ventilation

- (۱) تجهیز الکتریکی نصب شده مطابق ANSI/ISA/UL 60079-0 (اتمسفرهای انفجاری) یا NFPA 70 برای طبقه‌بندی منطقه مناسب است.
- (۲) گرمای ناشی از مقاومت الکتریکی دستگاه نصب شده، با UL 515 (ردیابی گرمای ناشی از مقاومت الکتریکی در کاربردهای صنعتی و تجاری) مطابقت داشته باشد.
- (۳) دمای سطح از ۸۰ درصد دمای خود احتراقی بخار و گاز قابل اشتعال (بر حسب درجه سانتیگراد) بیشتر نشود. جهت راهنمایی پیرامون اتمسفرهای خود احتراقی مربوط به مایعات قابل اشتعال مختلف به NFPA 497، (تمرین پیشنهادی جهت طبقه‌بندی گازها، مایعات و بخارات قابل اشتعال و موقعیت‌های خطرناک جهت نصب الکتریکی در مناطقی که فرایندهای شیمیایی انجام می‌شود) مراجعه کنید.
- (۴) عامل تخلیه ساکن پتانسیل از طریق قید گذاری و اتصال به زمین صحیح مطابق با NFPA 79 (استاندارد الکتریکی برای ماشین آلات صنعتی) و انتخاب مناسب مواد حذف می‌گردد.
- (۵) تجهیز که از موادی تشکیل شده که قادر به سرعت بخشیدن به واکنش بین مایعات قابل اشتعال و هوا می‌باشند، باید بتواند از انتشار واکنش‌های شیمیایی تجهیز به جو قابل اشتعال محیط ممانعت کند.
- (و) بخش‌هایی که دارای تجهیزات مکانیکی یا الکتریکی هستند، باید در فشار مثبت مرتبط با بخش‌های مجاور (با منابع گاز یا بخارات قابل اشتعال) مطابق با NFPA 496 (استانداردی برای محفظه‌های پاک‌سازی شده و تنظیم فشار شده برای تجهیز الکتریکی) محافظت شوند مگر اینکه تجهیز، نیازمندی‌های ذکر شده در بند (ه) را برآورده کند.
- (ز) سیستم پیل سوختی باید به ابزارهای غیرفعال، ابزارهای فعال، و یا ترکیب آنها، مجهز شود تا انتشار غیرعادی داخلی را ۵۰ درصد پایین‌تر از حد پایین اشتعال (به جز در مرزهای رقیق‌کنندگی) نگه دارد.
- در تجهیز فشار و طرح لوله‌کشی‌ها، چنانچه به حفاظت در مقابل خرابی‌های ناگهانی و تصادفی توجه شود، نیازی نیست که در تحلیل اینگونه خرابی‌ها یک سناریوی رهاساز در نظر گرفته شود.
- ابزارهای غیرفعال، محدودسازی مکانیکی انتشار گازها یا بخارات قابل اشتعال را تا یک حد بیشینه شامل می‌شوند (محدودسازی به کمک روزنه‌های لوله و روش‌های مشابه در محدود کردن جریان یا اتصالاتی که ایمنی پایدار دارند و به گونه‌ای ساخته شده‌اند که نرخ انتشار را به یک مقدار بیشینه قابل پیش‌بینی محدود کنند). ابزارهای فعال، اندازه‌گیری و کنترل جریان یا ارائه ابزارهای ایمنی (مانند حسگرهای مربوط به گاز قابل احتراق) را شامل می‌شوند. این ابزارها باید الزامات ذکر شده در بخش اجزاء حفاظتی و سیستم‌های کنترل را برآورده کنند و در شرایطی که غلظت گاز قابل اشتعال در خروجی هوای تهویه از ۵۰ درصد حد پایین اشتعال گاز مربوطه فراتر رفت، منجر به خاموشی سیستم تولید توان پیل سوختی شوند.
- (ح) سیستم تولید توان پیل سوختی باید به گونه‌ای طراحی شود که بخارات خروجی فرایند و تهویه ایمن داشته باشند.

ط) لوله‌های غیر رسانا که سوخت را حمل می‌کنند ممکن است به دلیل اثر اصطکاک و تولید الکتریسیته، بارالکترواستاتیک را در سوخت یا بر روی لوله انباشته کنند. تخلیه بار از سوخت یا از روی سطح لوله در هنگام برخورد با یک سطح رسانا (مثلا طی اتصال در یک پتانسیل متفاوت)، می‌تواند منجر به احتراق ترکیبی از گاز یا بخارات قابل اشتعال در لوله یا در بخش سوخت شود. باید با مشخص کردن ماده لوله جداکننده استاتیک الکتریکی دارای رسانایی بالا (جهت اجتناب از ایجاد شارژ) یا با محدود کردن سرعت‌های جریان گاز(تا مقداری که پایین‌تر از آن شارژهای الکترواستاتیک تجمع می‌یابد) از این وضعیت اجتناب کرد.

ی) باید مطابق الزامات بخش ۲-۵-۱- (استراژی کلی ایمنی) عملگر کنترلی طراحی شود که مانع از افزایش بخارها و گازهای قابل اشتعال از ۲۵ درصد حد پایین اشتعال شود(مثلا به کمک رقیق کردن با هوا یا اندازه‌گیری غلظت و خاموشی در صورت عبور از مرز هشدار).

۶-۴- انتخاب مواد

تمامی مواد باید متناسب با هدف موردنظر باشند.

هنگامی که تشخیص داده می‌شود که مواد تشکیل دهنده سیستم تولید توان پیل سوختی تحت شرایط خاص منجر به خطراتی خواهند شد، سازنده باید اقداماتی را به کار گرفته و اطلاعاتی را جهت کمینه کردن خطرات تهدید کننده سلامت و ایمنی افراد ارائه کند.

پنبه نسوز یا موادی که از این جنس هستند نباید در ساخت سیستم برق پیل سوختی به کار گرفته شوند.

مواد فلزی یا غیر فلزی به کار رفته در ساخت قطعات داخلی یا خارجی سیستم برق پیل سوختی(به عنوان مثال موادی که به طور مستقیم یا غیر مستقیم در معرض رطوبت هستند یا موادی که جریان گاز یا مایع فرایند را در برمی‌گیرند، همچنین تمامی قطعات و موادی که جهت چسباندن یا اتصال به کار می‌روند مثل مواد مصرفی جوشکاری) باید با تمام شرایط گرمایی، شیمیایی و فیزیکی که به طور منطقی در عمر برنامه‌ریزی شده تجهیز و شرایط آزمایشی پیش‌بینی شده‌اند، متناسب باشند. به عنوان مثال:

الف) هنگامی که در معرض محدوده کاملی از شرایط عملکردی و طول عمر تعیین شده توسط سازنده قرار می‌گیرند، باید با توجه به میزان فرسودگی، حد تاب‌آوری و استحکام خزش، پایداری مکانیکی را حفظ کنند.

ب) باید نسبت به واکنش‌های شیمیایی و فیزیکی مایعاتی که در برمی‌گیرند و همچنین افت عملگر محیطی، مقاوم باشند. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مورد نیاز برای ایمنی عملیاتی در عمر برنامه‌ریزی شده تجهیز اثر قابل توجهی نخواهد داشت مگر اینکه "جایگزینی" پیش‌بینی شده باشد.

هنگام انتخاب مواد و روش‌های ساخت، باید مقاومت در برابر فرسودگی و خوردگی مواد، رسانش الکتریکی، استحکام فشار، مقاومت کهنگی، اثرات اختلاف دما، اثرات افزایشی هنگامی که مواد در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند (به عنوان مثال، خوردگی گالوانیک)، نیز بررسی شوند.

اثرات اشعه فرابنفش و همچنین نسبت به اثرات افت عملکرد ناشی از هیدروژن بر روی عملکرد مکانیکی مواد باید محاسباتی را انجام داد.

در جایی که امکان پیشرفت عوامل ایجاد خوردگی، سایش و سایر حملات شیمیایی وجود دارد، اقدامات ذیل را باید به کار گرفت:

(الف) با در نظر داشتن کاربرد مطلوب و به طور منطقی قابل پیش‌بینی و به کمک طراحی مناسب (مثلا ضخامت بیشتر) یا به طریق حفاظت مناسب (مثلا استفاده از لاینر، مواد روکش فلزی، یا روکش سطح) اثرات را کاهش داد.

(ب) قطعاتی که بسیار تحت تاثیر قرار می‌گیرند باید جایگزین شوند.

(ج) در دستورالعمل‌های بیان شده در بخش راهنمای تعمیرات نگهداری به نوع و فراوانی بازرسی و معیارهای نگهداری و تعمیرات لازم جهت استفاده ایمن باید توجه شود. همچنین باید مشخص شود که کدام قطعه تحت تاثیر پوسیدگی و معیارهای جایگزینی قرار دارد.

نکته: همیشه در چنین محیطی در رابطه با آلیاژهای مس و ترکیبات آن مسائلی پیش آمده است. یک راه تعیین تطابق این است که مواد مطابق با ASTM B 858 (ابزار آزمون استاندارد برای آزمون بخار آمونیاک جهت تعیین حساسیت نسبت به استرس ترک ناشی از خوردگی در آلیاژهای مس) با pH برابر با ۱۰، تست شوند. این آزمون بر روی نمونه‌های آبکاری نشده انجام می‌شود.

سیستم‌های عایق موجود در سیستم برق پیل سوختی باید طوری طراحی شوند که :

(الف) با فلزاتی که عایق می‌شوند، هوا و دمایی که سیستم در معرض آن قرار می‌گیرد و اجزاء مختلف مربوط به سیستم عایق‌کاری، سازگاری شیمیایی داشته باشند.

(ب) در مقابل اختلالات مکانیکی و حرارتی مثل آسیب‌های ناشی از شرایط جوی، محافظت شوند.

(ج) در برابر آتش ایمن باشند. با محدود کردن دمای سطح ناشی از اشیاء تولید کننده حرارت، می‌توان مانع از احتراق مواد مجاور شد

(د) در آینده قابلیت دسترسی به لوله‌گذاری‌ها، لوازم و غیره با هدف تعمیرات و نگهداری وجود داشته باشد.

به طور خاص، مواد عایق حرارت و ملزومات داخلی آنها یا ملزومات متصل به آنها که بر روی اجزاء سیستم برق پیل سوختی نصب می‌شوند باید موارد زیر را در برگیرند:

(الف) به طور مکانیکی ثابت در محل قرار گیرند و در مقابل تغییر مکان یا آسیب ناشی از عملکرد و بارهای پیش‌بینی شده، محافظت شوند.

ب) در برابر سرعت‌های متفاوت هوا، دما و مایعاتی که در عملکرد عادی ممکن است در معرض آن قرار بگیرند، مقاومت داشته باشند

جهت جلوگیری از آتش‌سوزی در هنگام مجاورت با اجزا سوختی، باید عایق‌بندی مناسب انتخاب شود. عایقی پیشنهاد می‌شود که مطابق استاندارد ملی آزمون آتش (یعنی ASTM E-84)، روش آزمون استاندارد برای مشخصه‌های سوختن سطح مواد ساختمان (NFPA 274)، روش آزمون استاندارد جهت ارزیابی مشخصه‌های عملکردی آتش عایق‌بندی لوله (UL 723) و مشخصه‌های سوختن سطح مواد ساختمان، تست و تایید شده یا با برگه داده‌های ایمنی مواد تامین شود. در صورت لزوم، جهت اجتناب از خطرات ایمنی و سلامت، سازنده باید در دستورالعمل نگهداری الزامات ایمنی و بازرسی سیستم عایق حرارتی را مشخص کند.

۶-۵- الزامات کلی

هر قطعه (مثل یک جزء، کنترل کننده یا ابزار مشابه) که باید مطابق یک استاندارد باشد (در آزمایشگاه آزمون ملی فهرست یا مشخص نشده است) چنانچه عملکرد مطلوبش یک جزء مرتبط با غیر ایمنی است، می‌تواند برای یک کاربرد خاص به درستی، کارشناسی شود و مخاطره‌ای را ایجاد نکند (همان گونه که در بخش ۵۰۰ استاندارد NFPA 70 یا IEC 60079-10 و IEC 60079-10-1 تعیین شده است).

هر قطعه مرتبط با ایمنی (همان گونه که در تحلیل اثرات و حالات خرابی تعیین شد)، هم باید با استاندارد قطعه مطابقت داشته باشد و هم از طرف آزمایشگاه آزمون دارای صلاحیت ملی، فهرست، اعتبارسنجی و ارزیابی گردد. این قطعه، چنانچه در دسته‌بندی‌های قطعه مربوطه، در آن کاربرد به کار گرفته شود ممکن است به طور مناسب جهت کاربرد خاص کارشناسی شود. قطعات دسترس‌پذیر سیستم برق پیل سوختی تا حدی که با اهداف مغایرت نداشته باشد، نباید لبه تیز، زاویه تیز یا سطوح سخت داشته باشد طوری که منجر به آسیب شود. هنگامی که انتظارات منطقی نسبت به دسترسی وجود دارد، باید سیستم برق پیل سوختی یا قطعات آن با هدف اجتناب از سر خوردن، لغزیدن یا سقوط کردن افراد بر روی این قطعات طراحی و ساخته شوند.

سیستم برق پیل سوختی، اجزاء و متناسب‌سازی‌های وابسته به آن، باید طوری طراحی و ساخته شوند که تحت شرایط پیش‌بینی شده عملکردی در حین به کارگیری (در صورت لزوم، شرایط اقلیمی نیز باید در نظر گرفت)، پایدار بمانند (بدون خطر واژگونی، سقوط یا حرکت غیرمنتظره). در غیر اینصورت، باید ابزارهای مناسب لنگرگاهی را اضافه کرده و در دستورالعمل‌ها نیز به آنها اشاره نمود.

قطعات متحرک باید طوری طراحی، ساخته و جایگذاری شوند که از مخاطرات اجتناب شود. در صورت غیر قابل اجتناب بودن مخاطرات، به کمک حفاظ‌ها یا ابزارهای حفاظتی تثبیت شوند، به طوری که از هر گونه خطر که در ارتباط داشتن با آنها می‌تواند منجر به حادثه گردد ممانعت شود.

قطعات مختلف سیستم برق پیل سوختی و اتصالات آنها طوری باید ساخته شوند که در هنگام استفاده عادی، هیچ‌گونه بی‌ثباتی، انحراف، شکست یا فرسودگی محتمل که ایمنی آنها را تحت تاثیر قرار دهد، اتفاق نیفتد.

سیستم برق پیل سوختی باید طوری طراحی، ساخته یا مجهز شود که بتوان از مخاطرات ناشی از گازها، مایعات، گرد و غبار یا بخارات (که در طول عملکرد یا تعمیرات و نگهداری یک سیستم برق پیل سوختی آزاد می‌شوند، یا در ساخت آن به کار می‌روند)، اجتناب کرد.

تمامی قطعات باید به طور ایمن نصب و یا متصل شوند و توسط سایر قطعات پشتیبانی شوند. استفاده از لرزه‌گیرها، چنانچه در کاربرد مفید واقع شوند، مجاز می‌باشد.

تمامی بخش‌های مربوط به سیستم خاموشی ایمن، که خرابی آنها منجر به رویدادهای خطرناک می‌شود، باید مشخص شده و به طور مجزا عملکرد مطلوبشان آزمایش شود.

الزامات افزایش مجاز دمای سطح به شرح زیر است:

الف) سازنده باید جهت حذف هر گونه خطر آسیب که در اثر ارتباط یا مجاورت با سطوح خارجی دیواره، دسته یا دستگیره سیستم برق پیل سوختی در دمای بالا ناشی می‌شود، گام‌های لازم را بردارد.

- اگر این احتمال وجود داشته باشد که سطوح خارجی دیواره، دسته یا قطعات مشابه دستگیره سیستم برق پیل سوختی بدون هیچگونه تجهیزات حفاظت شخصی با کاربر برخوردی داشته باشند، سازنده باید بتواند دمای این سطوح را در همه زمان‌ها کنترل کند و یا اینکه حفاظها و ابزارهای حفاظتی را به طریقی ثابت کند که از خطر حادثه این ارتباط جلوگیری شود.

- بیشینه دمای سطح، بر محیط مربوط به سطوح خارجی (سطوحی که ممکن است در طول عملکرد، بدون وجود هیچ گونه تجهیزات حفاظتی برای کارکنان، با آنها در ارتباط باشند)، غالب است.

- این مقادیر بالا در جدول ۳ استاندارد ANSI/UL 60335-1 (ایمنی وسایل الکتریکی مشابه و خانگی-بخش اول: الزامات عمومی) ذکر شده‌اند.

ب) دمای دیوار، کف و سقف مجاور با سیستم برق پیل سوختی ساکن نباید ۵۰ درجه سانتی‌گراد بالاتر از دمای محیط باشد (تحت شرایط آزمایش دمای اجزا و سطح).

سیستم برق پیل سوختی باید به گونه‌ای طراحی و ساخته شود که (در راستای استانداردها و کدهای مربوط به نویزهای هواگرد ملی یا منطقه‌ای) انتشار نویزهای هواگرد تا سطحی که مناسب کاربری مطلوب یا موقعیت مکانی است، کاهش یابد. سیستم برق پیل سوختی در مدت هدایت آزمایش‌های معین، باید بدون نویزهای اعتراض برانگیز عمل کند.

با توجه به اینکه سطح صدا (نویز) نباید از ۷۶ دسی‌بل در یک فاصله ۷ متری (۲۳ فوت) بیشتر شود، می‌توان با به کارگیری روش‌های مشخص شده در دستورالعمل‌های ASA 47 (مشخصه‌های سنجش سطح صدا)، ANSI/ASA S1.4، (میکروفن‌های اندازه‌گیری)، ANSI/ASA S1.15 (روش‌های استاندارد برای اندازه‌گیری سطوح فشار صدا در هوا)،

ANSI/ASA S1.13 (روش استاندارد جهت تخصیص توان صدای ساطع شده از تجهیز و ماشین‌آلات) و سایر دستورالعمل‌های ملی که حدود انتشار صدا را پوشش می‌دهند، در محدوده این قید عمل کرد.

تحت شرایط عادی عملکردی، غلظت مونواکسید کربن موجود در هوای خروجی سیستم برق پیل سوختی نباید از ۳۰۰ ppm بیشتر شود.

میزان غلظت مونواکسید کربن در خروجی سیستم تولید توان پیل سوختی (در شرایط عملکردی پایدار و در حجمی از نمونه بی‌هوازی از پساب‌ها که وارد جو می‌گردد نباید از ۳۰۰ ppm بیشتر شود. نمونه بی‌هوازی از پساب‌ها، نمونه‌ای است که غلظت CO پساب آن از لحاظ ریاضی به گونه‌ای اصلاح شده که گویی در ابتدا صفر درصد هوای اضافه وجود داشته است.

در جایی که مایعات سمی، قابل اشتعال و منفجره در لوله‌ها وجود دارد، در طراحی و علامت‌گذاری نمونه‌ها و نقاط take-off باید اقدامات احتیاطی انجام شود.

بیشینه دمای مواد و اجزاء که در سیستم برق پیل سوختی نصب شده‌اند، نباید از دسته‌بندی‌های دمایی بیشتر شود. تولید کننده می‌بایستی ملاحظات عملکرد مناسب سیستم پیل سوختی در جایی که آلودگی محیطی وجود دارد (برای مثال گرد و غبار، نمک، دود و گازهای ناشی از خوردگی) را ارائه کند.

دیواره سیستم برق پیل سوختی باید به گونه‌ای طراحی شود که به طور ایمن از خروج تراوشات خطرناک پیش‌بینی شده برای مایع سوختی جلوگیری کند. (بخش سیستم لوله‌کشی برای سوخت مایع). یعنی ظرفیتی معادل ۱۱۰ درصد از بیشینه حجم مایعی که احتمال نشت آن می‌رود، را داشته باشد.

۶-۶- قفسه‌ها

قفسه‌های سیستم برق پیل سوختی باید نسبت به خوردگی و سایر خواص فیزیکی استحکام، صلبیت، تاب‌آوری و مقاومت داشته باشند تا بتوانند از اجزاء قفسه‌های سیستم برق پیل سوختی و لوله‌ها محافظت کنند و همه نیازمندی‌های مربوط به انبارش، حمل و نقل، نصب و شرایط موقعیت نهایی را برآورده نمایند.

قفسه‌های سیستم برق پیل سوختی که کاربرد داخلی دارند یا تحت شرایط عملکردی اماکن خارجی محافظت شده در مقابل هوا قرار دارند، باید به گونه‌ای طراحی و آزمون شوند که درجات حفاظتی دیواره‌ها (کد IP) حداقل شرایط IP20 را مطابق با ANSI/IEC60529، برآورده کنند. قفسه‌های سیستم برق پیل سوختی که کاربرد خارجی دارند باید به گونه‌ای طراحی و آزمون شوند درجات حفاظتی دیواره‌ها (کد IP) حداقل شرایط IP23 را مطابق با NEMA/ANSI/IEC 60529 برآورده کنند. تمامی موادی که در ساخت قفسه‌ها به کار می‌روند، از جمله اتصالات، دریچه‌ها و واشر درب‌ها باید در مقابل شرایط گرمایی، شیمیایی و فیزیکی که به طور منطقی در سراسر عمر سیستم برق پیل سوختی قابل پیش‌بینی‌اند، مقاومت داشته باشند.

دریچه‌های تهویه باید به گونه‌ای طراحی شوند که طی عملکرد معمولی به دلیل گرد و غبار، برف و گیاهان در کاربردهای معمول مسدود نشوند.

فاکتورهایی همچون استحکام فیزیکی، مقاومت در برابر فشار، ویژگی‌های جذب رطوبت، قابلیت اشتعال، مقاومت در برابر خوردگی و مقاومت در برابر اعوجاج یا ذوب شدگی (ناشی از دمای مورد انتظار تحت شرایط کاری پیش‌بینی شده که به دلیل اختلالات الکتریکی در داخل اتفاق می‌افتد) جهت تعیین قابل پذیرش بودن یک دیواره به کار می‌روند.

بازرسی از ساختار و داده‌های در دسترس انطباق با الزامات تعیین شده را بررسی نموده و برای تعیین تطابق پوشش خارجی تجهیزات، دیواره‌های پلی‌متریک و سایر قطعات، بررسی و راهنمایی ارائه می‌نماید.

پلن‌ها، پوشش‌ها و عایق‌های اضافی که باید به منظور دسترس‌پذیری و خدمات عادی حذف شوند، باید به گونه‌ای طراحی گردند که رفع و جایگزینی مکرر منجر به آسیب نگردد و یا به ارزش عایق‌ها صدمه نزنند و چنانچه تعویض آنها منجر به شرایط ناایمن شود، نباید قابل تعویض باشند.

هر گونه پوشش یا درب اضافی که جهت حفاظت از تجهیز در مقابل دخالت‌های افراد یا کاربران آموزش ندیده به کار رفته‌اند، باید ابزارهایی جهت نگه داشته شدن در محل داشته باشند یا برای باز شدن آنها باید یک ابزار، کلید یا وسایل مشابه به کار رود. برای واحدهای مسکونی، تمامی پلن‌ها، پوشش‌ها و درب‌های اضافی باید این ویژگی را داشته باشند.

باید ابزارهایی جهت زهکشی مایعات جمع شده و پمپ کردن آنها به محیط خارج از دسترس، یا هدایت مجدد آنها به فرایندهای مرتبط با سیستم برق پیل سوختی وجود داشته باشد.

در جایی که کارکنان می‌توانند قفسه‌ها را کاملاً پر کنند، روش دسترسی باید در مستندات تکنیکی محصول ارائه گردد.

۶-۷- وضعیت نیروگاه‌های برق

۶-۷-۱- الزامات عمومی

سیستم تولید توان پیل سوختی باید به گونه‌ای طراحی و ساخته شود که در حالت قطع شبکه سراسری برق سیستم به طور ایمن و بدون ایجاد خطرات ایمنی و سلامت و آسیب دائم به سیستم خاموش شود.

۶-۷-۲- منبع آب (زنجیره تامین آب)

الف) هنگامی که عملکرد سیستم برق پیل سوختی به آب نیاز دارد، این آب باید از طریق اتصال به یک منبع آب در محل (مطابق با ICC IPC) و یا از طریق منبع آبی که در داخل قرار داده شده است تامین گردد و یا اینکه باید نشان داده شود که در حین عملکرد مقادیر کافی آب در دسترس است.

ب) مطابق با ICC IPC، آب فرایند نباید منجر به آلوده شدن منابع آب آشامیدنی شود.

ج) در صورت کاربردی بودن، باید ابزارهایی را جهت اجتناب از جریان بازگشتی بخارات به سیستم آب (در سیستم برق پیل سوختی) ارائه کرد. یک شیرکنترل مناسب یا ابزاری معادل آن می‌تواند این کار را انجام دهد.

۶-۷-۳- تامین گاز سوخت

در صورت کاربردی بودن، باید ابزارهایی را جهت اجتناب از جریان بازگشتی گازهای طبیعی بدبو/گازهای پاک‌سازی شده به داخل منبع سوخت ارائه کرد.

۶-۷-۴- اتصالات الکتریکی

۶-۷-۴-۱- پریز سرویس

الف) یک پریز سرویس یا مدارروشنایی که تحت کنترل ابزارهای جداکننده نیست، باید بخشی از سیستم برق پیل سوختی باشد اگر:

۱) ولتاژ از ۱۲۰ ولت بیشتر نشود.

۲) پریز، سه سیمه یا دو سیمه، دوقطبی است.

۳) پریز به گونه‌ای مکان‌یابی شود که در هنگام خدمات‌رسانی به سیستم برق پیل سوختی هیچ خطری را به دنبال نداشته باشد.

ب) در صورتی که بار مجاز کمتر از دسته‌بندی پریز باشد، یک علامت‌گذاری مناسب در مجاورت پریز قرار داده می‌شود.

۶-۷-۴-۲- قطع ارتباط از منبع برق

الف) قفل شدن (لاک اوت‌ها)^۱

لازم است یک ابزار الکتریکی جهت قطع ایمن برق توسط پرسنل وجود داشته باشد. این کار به کمک اهرم قطع ارتباط انجام می‌شود تا از ارتباط مجدد و غیر عمدی پیش از تکمیل تعمیرات اجتناب شود.

نکته: جهت مجاز بودن تعمیر قطعات تجهیز با/ بدون فعالیت ابزار قطع ارتباط، باید دستورالعمل‌هایی را ارائه کرد.

ب) جهت قطع ارتباط ژنراتور پیل سوختی از منابع برق مستقیم و متناوب توسط کارکنان ماهر، باید ابزارهای قطع ارتباط ارائه گردد. می‌توان ابزارهای ایزوله را هم در منطقه خدمت و هم خارج از تجهیز جایگذاری کرد.

قطع ارتباط باید برای گروه ولتاژهای بسیار بالا در کاربردهای معین مفید باشد. اگر در تجهیز یک ابزار قطع ارتباط قرار داشته باشد، به محض برقراری شرایط عملکردی، باید اتصال به منبع ورودی برقرار گردد. سوئیچ‌های عملکردی در صورت دارا بودن شرایط ابزارهای قطع ارتباط، می‌توانند به عنوان ابزارهای قطع ارتباط به کار روند. برای سیستم‌های پیل

^۱ Lock-out

سوختی ساکن، ابزار قطع ارتباط باید در تجهیز جای داده شود، مگر اینکه طبق دستورالعمل‌های نصب، قرارگیری ابزار قطع ارتباط در خارج از تجهیز مناسب‌تر باشد.

ج) در یک ابزار قطع برق در یک تجهیز، قطعات سمت منبع که در هنگام قطع شدن برق توسط سوئیچ همچنان انرژی‌دار باقی می‌ماند، باید محافظت و برچسب‌گذاری شوند به طوری که احتمال اتصال تصادفی با یک فرد سرویس‌کار وجود نداشته باشد.

د) اگر ابزارهای عملکردی مربوط به وسیله قطع ارتباط، به صورت عمودی کار کند (نه چرخشی و یا افقی)، موقعیت UP عملکردی، به معنای موقعیت ON است.

ه) در تجهیزات سه‌فاز، ابزار قطع ارتباط باید به طور همزمان تمامی رساناهای خطی منبع برق AC را قطع کند. برای تجهیزاتی که نیاز به یک اتصال خنثی با سیستم توزیع برق دارند، ابزار قطع برق باید یک وسیله چهار قطبی باشد و تمامی رساناهای خطی و رسانای (سیم) خنثی را قطع کند. اگر چنین ابزاری (چهار قطبی) در تجهیزات نباشد، دستورالعمل‌های نصب باید نیاز به تدارک وسیله (که در خارج از تجهیز قرار بگیرد) را ذکر نمایند. اگر یک ابزار قطع ارتباط، یک رسانای خنثی را قطع کند، باید به طور همزمان سایر رساناهای خطی نیز قطع گردند.

و) تجهیز DC و تک‌فاز: یک ابزار قطع ارتباط در صورتی که به عنوان قطعه‌ای از تجهیز در نظر گرفته شده باشد، باید هر دو قطب را به طور همزمان قطع کند مگر در موارد زیر:

۱) اگر این امکان وجود داشته باشد که به شناسایی و تعریف سیم اتصال به زمین در منبع برق DC (و یا سیم خنثی اتصال به زمین در منبع برق AC) تکیه شود، استفاده از ابزار قطع برق تک قطبی جهت قطع سیم اتصال به زمین، مجاز خواهد بود.

۲) اگر این امکان وجود نداشته باشد که به شناسایی سیم اتصال به زمین در منبع برق DC و یا سیم خنثی در منبع برق AC تکیه شود و نیز تجهیز مجهز به ابزار قطع ارتباط دو قطبی نباشد، دستورالعمل‌های نصب باید لزوم تهیه وسیله قطع ارتباط دو قطبی را ذکر کنند.

۶-۷-۴-۳- خاموشی ایمن

توقف اضطراری:

خاموشی‌های ایمن که به طور دستی انجام می‌شوند (یا همان توقف‌های اضطراری)، چنانچه تحلیل‌های قابلیت اطمینان و ایمنی نیاز به آنها را تشخیص دهد، باید کنترل‌هایی داشته باشند که به وضوح قابل شناسایی و قابل دیدن بوده و به سرعت دسترس‌پذیر باشند. اگر از دکمه‌های توقف اضطراری استفاده شود، باید با UL 508 (تجهیزات کنترل صنعتی) تطابق داشته باشند.

اگر ژنراتور پیل سوختی به همراه ابزار توقف اضطراری ساده و یا ترمینال‌هایی جهت ارتباط با ابزار توقف اضطراری دوربرد ارائه شود، مدار باید در هر حالت عملکردی، از خارج شدن برق اضافی ممانعت کند.

اگر در سیم‌کشی ساختمان، هدف تکیه بر قطع ارتباط اضافی با منابع برق باشد، باید دستورالعمل‌های مربوط به نصب را به کار گرفت.

در ژنراتورهای دارای دو شاخه کلید، چنانچه دو شاخه بتواند عملیات مشابهی را انجام دهد؛ اتصال نیازی به سوئیچ اضطراری ندارند.

۸-۶- لوله‌کشی و تجهیزات فشار

۸-۶-۱- تجهیزات فشار

مخازن تحت فشار (مانند راکتورها، مبدل‌های حرارتی، بویلرها و گرم‌کننده‌های گاز سوز لوله بویلرهای الکتریکی، کولرها، مخازن انبارش^۱ و مخازن مشابه) و مکانیسم‌های آزادسازی فشارهای مرتبط (مانند شیر فشارشکن و ابزارهای مشابه) باید مطابق ANSI/ASME (شیر فشار و بویلر) و یا بخش‌های مربوطه از ASME B31 (لوله‌کشی) ساخته و علامت‌گذاری شوند. الزامات ASME در استانداردهای این محصول جا داده شده‌اند. بویلرهای الکتریکی باید بخش‌هایی از استاندارد ANSI/UL 834 (بویلرهای برق و منبع آب و گرما) را برآورده کنند. بویلرهای گازسوز باید با بخش‌های قابل کاربرد از استاندارد UL 795 (تجهیزات حرارتی گاز تجاری-صنعتی) و یا ANSI Z21.13/CSA 4.9 (بویلرهای گازسوز آب گرم و بخار فشار پایین)، مطابقت داشته باشند.

مخازن خارج از محدوده ANSI/ASME (مخزن فشار و بویلر) و ASME (کد لوله‌کشی)، مانند تانکرها و ظرف‌های مشابه، باید از مواد مناسبی که مطابق با بخش انتخاب مواد است، ساخته شوند و همچنین بخش‌های کاربردی الزامات عمومی را رعایت کنند. این مخازن و اتصالات و لوازم آنها باید با استحکام کافی برای عملکرد و مقاومت در برابر نشت طراحی و ساخته شوند تا از آزادسازی‌های ناخواسته جلوگیری شود.

۸-۶-۲- سیستم‌های لوله‌کشی

لوله‌کشی و اتصالات و لوازم مرتبط با آن باید مطابق بخش‌های قابل اجرا در ASME B31 (لوله‌کشی) باشند.

نکته: راهنمای مربوط به ارتعاشات ناشی از لرزش در ANSI/ASME B31E (استانداردی برای طراحی ارتعاش و مقاوم‌سازی^۲ سیستم‌های لوله‌کشی روی زمین) آمده است.

^۱ Accumulator

^۲ Retrofit

در طراحی و ساخت لوله‌ها و لوازم انعطاف‌پذیر و صلب، باید جوانب زیر در نظر گرفته شود:

(الف) مواد باید الزامات مشخص شده در بخش انتخاب مواد را برآورده کنند.

(ب) سطوح داخلی لوله‌ها باید به طور سراسری پاک شوند تا ذرات اضافی برداشته شوند و انتهای لوله‌ها باید با دقت برش‌کاری شوند تا انسدادها و برآمدگی‌ها برطرف شود.

(ج) اگر در حین شروع، خاموشی و یا عملکرد، غلظت سیال یا تجمع رسوب داخل لوله‌های سیال‌گازی منجر به آسیب شود (آسیب ناشی از ضربه، شیر خلاء، خوردگی، واکنش‌های شیمیایی غیر کنترل‌شده)، سازنده باید ابزارهایی را جهت زهکشی یا زدودن رسوبات از مناطق پایین، و ابزارهایی جهت دسترسی در طول مدت تمیزکاری، بازرسی و نگهداری و تعمیرات ارائه کند. جهت اطمینان بیشتر، سازنده باید اقداماتی را در مقابل تغلیظ و تجمع رسوب در کنترل‌های گاز سوخت در نظر گیرد. باید رسوبگیر یا فیلترهایی را نصب کرد یا به میزان کافی راهنمایی‌هایی را در دستورالعمل‌های تکنیکی محصول ارائه داد.

(د) جهت اطمینان، سازنده باید اقداماتی را در مقابل تغلیظ و تجمع رسوب در کنترل‌های سوخت مایع در نظر گیرد. باید رسوبگیر یا فیلترهایی را نصب کرد یا به میزان کافی راهنمایی‌هایی را در دستورالعمل‌های تکنیکی محصول ارائه داد. (ه) لوله‌های غیر فلزی مربوط به انتقال گازهای احتراق‌پذیر، باید در مقابل آسیب‌های مکانیکی و گرمای بیش از اندازه محافظت شوند. با توجه به بخش استراتژی کلی ایمنی، باید اقداماتی را جهت اجتناب از بالا رفتن دمای قطعات (قطعات انتقال دهنده گازهای قابل اشتعال) از دمای طراحی، به کار گرفت.

(و) سیستم‌های پیل سوختی مایع باید ابزارهایی را جهت گرفتن، بازیافت و دسترسی ایمن به مایع سوختی آزاد شده داشته باشند. باید جهت اجتناب از آزاد سازی‌های غیر قابل کنترل، قطره چکان‌ها، گارداسپیل‌ها و لوله‌های دو جداره طراحی شود.

(ز) اگر برای انتقال سوخت گازی از اتصالات انعطاف‌پذیر و لوازم مرتبط استفاده شود، باید با استاندارد ANSI Z21.24/CSA 6.10 (اتصالاتی برای ابزارهای مربوط به گاز) یا UL 536 (شیلنگ فلزی انعطاف‌پذیر) تطابق داشته باشد. استاندارد ANSI Z21.24/CSA 6.10 (اتصالات فلزی برای ابزارهای مربوط به گاز) به فشارهایی که از ۱/۲ psi (۳/۴۵ kpa) بیشتر نمی‌شوند، محدود می‌شود. اگر از دید سازنده کاربردی باشد؛ برای طرح‌های بیشتر از ۱/۲ psi و کمتر از ۵ psi باید از UL 536 استفاده کرد.

(ح) شیلنگ‌هایی که برای سوخت‌های مایع به کار می‌رود باید با استاندارد SAE J30 (شیلنگ‌های روغن و سوخت) مطابقت داشته باشند. علاوه بر آزمون‌ها و الزامات ابعادی در SAE J30، همسازي با یک سوخت خاص (مثل متانول، اتانول، گازوئیل، دیزل و غیره) باید مطابق با SAE Technical report 2000-01-2013 (یک رویکرد منطقی جهت کنترل مواد برای استفاده در سیستم‌های سوختی) باشد. سازگاری به معنای، عدم وجود خوردگی در مواد شیلنگ، عدم وجود خرابی غیر قابل قبول در لوازم فیزیکی، نبودن آلودگی غیر قابل قبول در سوخت می‌باشد.

زمان‌های سکون سوخت برای آلودگی باید بر مبنای عملکرد عادی در بدترین حالت و شرایط خاموشی اضطراری و عادی باشد. شرایط خاموشی ناشی از خراب شدن نیازی به بررسی ندارد.

ط) شیلنگ‌های به کار رفته برای سوخت‌های مایع باید مطابق با استاندارد SAE J30 (شیلنگ‌های روغن و سوخت) باشند و در حداکثر دما و فشار کاری SAE J30، برای شرایط عملکردی (عادی و غیرعادی، اضطراری و خرابی) و شرایط خرابی سیستم برق پیل سوختی قابل استفاده باشند.

۶-۸-۳- سیستم تخلیه گاز دودکش

سیستم برق پیل سوختی باید به یک سیستم تخلیه مجهز باشد تا بتواند ضایعات ناشی از اشتعال را از تجهیزات سوخت به فضای بیرون منتقل کند. یک سیستم تخلیه باید توسط سازنده طراحی و ساخته شود یا اینکه دستورالعمل‌های مستند تکنیکی محصول جهت طراحی و ساخت سیستم تخلیه مطابق با الزامات زیر تدوین شود:

الف) مواد، مطابق با الزامات مشخص شده در بخش انتخاب مواد باشد. به علاوه سیستم تخلیه باید از مواد مقاوم نسبت به خوردگی ناشی از تغلیظ و چگالش ساخته شود. محدودیت دمایی، استحکام، و مقاومت نسبت به واکنش ناشی از تغلیظ و چگالش، برای مواد غیر فلزی باید کارشناسی شود.

ب) قطعات سیستم تخلیه در یک سیستم برق پیل سوختی، باید تاب‌آوری داشته باشند. همچنین قطعات سیستم تخلیه (که قطعات داخل سیستم برق پیل سوختی را در بر می‌گیرد) نباید دچار شکستگی و جداشدگی شوند و یا اینکه دچار آسیب شوند (طوری که عملکرد ایمن سیستم برق پیل سوختی را دچار اختلال کنند).

ج) باید ابزاری مانند زهکشی ارائه شود تا از تجمع آب، یخ و سایر ذرات در داخل لوله تخلیه یا انسداد لوله تخلیه جلوگیری شود.

د) سیستم تخلیه یک سیستم برق پیل سوختی باید بدون نشت باشد.

ه) اندازه دهانه خروج دود باید به گونه‌ای باشد که با رابط خروجی هوا (موجود در بازار) یا مجرا منطبق باشد (مطابق با دستورالعمل‌های نصب ارائه شده از جانب سازنده).

و) سوئیچ‌های فشار، که جهت تنظیم جریان گاز خروجی به کار می‌روند، باید تنظیمات کارخانه‌ای داشته باشند یا به صلاح دید سازنده توسط کارکنان مسئول در محل ساخت تنظیم و ایمن شوند. یک سوئیچ فشار باید شامل یک سری علامت‌گذاری باشد که به وضوح به تعداد قطعه توزیع کننده یا سازنده، یا مستندات مناسب (مرتبط با تنظیمات فشار قفل‌شده)، اشاره دارد.

ز) سیستم برق پیل سوختی باید قادر به شروع به کار باشد و چنانچه سیستم تخلیه در معرض فشار ثابت ۱۱۶ Pa یا فشار سرعت ۱۳۴/۵ Pa (۵۴ km/h) سرعت باد مطابق با آزمون‌های باد است، نباید خاموش شود.

ح) چنانچه سیستم برق پیل سوختی به یک سیستم تخلیه مجهز شود، دمای گازهای خروجی که توسط این سیستم انتقال می‌یابند نباید از دمای قابل پذیرش برای مواد به کار رفته در ساخت سیستم تخلیه بیشتر شود. نکته: چنانچه سیستم داخلی مطابق NFPA 853 (استانداردی برای نصب سیستم برق پیل سوختی ساکن) نصب شده باشد، هیدروژن آن نیازی به سیستم تخلیه ندارد.

۶-۸-۴- قطعات انتقال گاز

قطعات انتقال گاز باید نسبت به گاز طوری استحکام داشته باشد، که استحکام آن در نقل و انتقالات معمولی، عملیات نصب و حین کارکرد کاهش پیدا نکند.

۶-۹- ممانعت از خطرات انفجار یا آتش‌سوزی در مشعل‌ها^۱

الف) سیستم‌های برق پیل سوختی باید به گونه‌ای طراحی شوند که از محصولات غیر ایمن گازهای انفجاری و قابل اشتعال در مشعل‌ها (مشعل‌های شروع، اصلی و کمکی) اجتناب شود.

ب) مشعل اصلی باید با یک پیلوت یا ابزار احتراق مستقیم متناسب باشد.

ج) ابزار احتراق مستقیم باید به طور خودکار کنترل شود و نباید منجر به افت عملکرد مشعل گردد. ابزار احتراق مستقیم باید به طور مثبت با توجه به تعداد قطعات مشعل اصلی تعیین محل شود. به منظور جلوگیری از مونتاژ غیر صحیح یا نصب‌های ناکارآمد ابزار احتراق مستقیم در ارتباط با مشعلی که با آن کار می‌کند، باید ابزارهایی ارائه شود.

د) پیلوت‌ها (شمعک) باید به طور خودکار کنترل شوند و ابزار احتراق مستقیم باید هر سوخت پیلوت را روشن کند. پیلوت‌ها باید طوری طراحی شوند که طرز قرارگیری آنها نسبت به مشعل‌هایی که قرار است روشن کنند صحیح باشد. چنانچه پیلوت یک بخش تجمیع شده از مشعل آغازین باشد، لازم است که آن را تحت مشخصه‌های عملکردی یا ساخت موجود، ارزیابی کرد.

ه) سیستم‌های کنترل مشعل الکتریکی خودکار باید الزامات گفته شده در بخش سیستم‌های کنترل را برآورده کنند.

و) مشعل اصلی یا شعله پیلوت و یا هر دوی آنها، باید به کمک یک آشکارساز شعله (یا سایر ابزارهای کارآمد) نظارت شود. اگر مشعل اصلی به کمک یک پیلوت روشن شود، وجود شعله در پیلوت باید قبل از آزاد شدن گاز در مشعل اصلی تشخیص داده شود. سیستمی که یک شمعک قطع شونده دارد باید شعله مشعل اصلی را نظارت کند (شعله مشعل از دوره زمانی جهت برقراری شعله مشعل اصلی تبعیت می‌کند).

^۱ burners

ز) شعله پیلوت تحت نظارت، باید قادر به احتراق موثر سوخت در مشعل اصلی باشد؛ حتی زمانی که منبع سوخت پیلوت تا نقطه‌ای که در آن نقطه ابزار نظارت بر شعله^۱ تنها با شعله پیلوت تحریک می‌گردد، در حال کاهش است نیز باید قادر به احتراق موثر سوخت در مشعل اصلی باشد.

ح) اگر گرمای ورودی پیلوت از $0/25^{\circ}$ کیلووات بیشتر نشود، نیازی به سپری شدن زمانی جهت برقراری شعله نیست. ط) زمانی که ورود گرمای یک پیلوت از $0/25^{\circ}$ کیلووات بیشتر شود یا در حالت احتراق مستقیم مشعل اصلی، زمان قفل آغازین^۲ مطابق بخش مشعل‌های کنترل احتراق خودکار، طوری توسط سازنده تعیین می‌شود که خطرات ایمنی و سلامت برای کاربر نداشته باشد و یا آسیبی به سیستم برق پیل سوختی وارد نشود.

ی) فعالیت احتراقی هر پیلوت یا مشعل اصلی مستقیم، با باز شدن شیرهای سوخت شروع می‌شود و با بسته شدن آنها خاتمه می‌یابد. جرقه، حداقل تا زمان ایجاد احتراق یا پایان دوره برقراری شعله ادامه می‌یابد.

ک) احتراق پیلوت یا مشعل اصلی مستقیم تا حداکثر سه مرتبه تکرار می‌شود. پس از هر مرتبه یک تصفیه (تخلیه) وجود دارد. در صورت ایجاد نشدن شعله در پایان مرتبه سوم، حداقل یک قفل شدگی اتفاق می‌افتد.

ل) در حالت خرابی شعله، سیستم حداقل یک احتراق مجدد، سیکل مجدد یا قفل شدگی خواهد داشت.

م) زمان قفل شدگی، در حالت خرابی شعله مشعل اصلی یا پیلوت، نباید از ۳ ثانیه بیشتر شود.

استثنا:

اگر دمای سیستم جرقه مشعل (که ترکیب سوخت/ هوای قابل اشتعال در ارتباط با آن است) از 120% دمای خود احتراقی سوخت (بر حسب سانتی‌گراد) بیشتر شود، لازم نیست کنترل ایمن اولیه همه شیرهای خاموشی ایمنی را از کار بیندازد

ن) اگر در شرایط آزمایش بخش مشعل‌های کنترل احتراق خودکار، احتراق مجدد اتفاق بیفتد، ابزار احتراق مستقیم در بیشینه زمان یک ثانیه بعد از محو شدن سیگنال شعله، باید مجدداً فعال شود. در این حالت، دوره زمانی برقراری شعله برابر مدت زمانی است که برای احتراق صرف می‌شود و این دوره هنگامی که که ابزار احتراق انرژی می‌گیرد، آغاز می‌گردد. عدم ایجاد شعله در پایان دوره زمانی برقراری شعله، حداقل منجر به قفل شدگی خواهد شد.

س) اگر در شرایط آزمایش بخش مشعل‌های کنترل احتراق خودکار، سیکل مجدد اتفاق بیفتد؛ قطع شدن منبع گاز و تخلیه بر این کار ارجح خواهد بود. توالی احتراق بار دیگر شروع خواهد شد (از ابتدای توالی). در این حالت، دوره زمانی برقراری شعله برابر مدت زمانی است که برای احتراق صرف می‌شود و این دوره هنگامی که که ابزار احتراق انرژی دریافت می‌کند، آغاز می‌گردد. سیکل مجدد حداکثر سه مرتبه اتفاق می‌افتد و پس از هر مرتبه یک تخلیه و پاک‌سازی وجود دارد. عدم ایجاد شعله در پایان مرتبه سوم، حداقل منجر به قفل شدگی خواهد شد.

^۱ Flame Supervision

^۲ Start Lock up time

ع) سیستم کنترل خودکار مشعل الکتریکی باید بگونه‌ای تنظیم شود که از جانب یک موتور، خازن یا ابزار مشابه (که به دلیل فعال شدن یک شیر سوختی یا ابزار احتراق، پس از خاموشی مشعل اصلی توسط کنترل‌کننده اتفاق می‌افتد) بازخوردی دریافت نکند.

ف) هنگامی که به دلایل ایمنی پیش از روشن شدن و پس از خاموشی، نیاز به وضعیت غیر فعال باشد، باید پیش از هر گونه اقدامی جهت احتراق در شروع کار یا در اواسط سیکل مجدد، ابزارهایی را جهت تهویه خودکار فضای مشعل یا محفظه حاوی هر ترکیب گازی قابل اشتعال تعبیه کرد. این تهویه باید حداقل چهار تغییر هوایی در محفظه احتراق انجام دهد. مقدار هوای تهویه شده باید به کمک یک عملگر کنترل ایمن پایش شود. سطح ایمنی باید بر مبنای تحلیل خطر بیان شده بخش استراتژی ایمنی عمومی، در نظر گرفته شده باشد.

ص) اجزاء سیستم احتراق باید به گونه‌ای نصب شوند که در طول عملکرد عادی عملکرد این ابزارها و احتراق مشعل اصلی تحت تاثیر ریزش ذرات یا تغلیظ نباشد.

ق) چنانچه هوای اولیه تحت فشار با منبع سوخت مخلوط شود، باید ابزارهای مناسبی را جهت جلوگیری از بازگشت هوا به داخل خط سوخت و یا بازگشت سوخت به داخل منبع هوا ارائه کرد. منبع هوا و سوخت باید به طور مناسبی کنترل شوند تا جریان هوا را پیش از احتراق تنظیم کنند و از ورود سوخت به هر مشعل ممانعت کنند (تا زمانی که منبع هوا در دسترس است) و در صورت خرابی فن هوا، منبع سوخت را خاموش کند.

ر) باید برای عملیات سوخت و کنترل‌های هوا، اتصالات مکانیکی طراحی شود تا به طور قابل اعتمادی نرخ صحیح هوا/ سوخت را کنترل کرده و مانع از کار افتادگی‌ها و شکستگی‌های ناگهانی شود.

ش) گازهای خطرناک در سیستم فرایند، به محض وقوع خاموشی باید به طور ایمن محدود، تهویه یا دچار واکنش شوند.

ت) در سیستم برق پیل سوختی، سازنده باید ابزارهای مناسبی را جهت ممانعت از عبور هوا به داخل خطوط سوخت یا گاز فرایند احتراق‌پذیر و یا اجتناب از عبور سوخت و گاز فرایند احتراق‌پذیر به داخل خطوط هوا ارائه کند.

ث) هنگامی که راه خروج منبع هوا مسدود می‌گردد، غلظت مونواکسید کربن حاصل شده (در یک سیستم برق پیل سوختی) در یک نمونه بی‌هوازی از پساب‌ها نباید از ۳۰۰ ppm بیشتر شود (طبق آزمون بخش مجرای خروجی مسدود شده). به علاوه، هنگامی که راه ورود منبع هوا مطابق بخش آزمون منبع مسدود شده هوا، مسدود می‌گردد، غلظت مونواکسید کربن تولید شده در سیستم برق پیل سوختی در یک نمونه بی‌هوازی از پساب‌ها، نباید از ۳۰۰ ppm بیشتر شود.

۶-۱۰- ممانعت از خطرات انفجار و آتش‌سوزی در سیستم‌های اکسیداسیون سوخت کاتالیک (مشعل‌های کاتالیستی)

الف) برای اجزاء سیستم برق پیل سوختی که مایعات را حمل می‌کنند و در آنها برای هدایت واکنش‌های اکسیداسیون سوختی کاتالیک کنترل شده مانند احتراق کاتالیستی، اکسیداسیون جزئی کاتالیستی، حجمی از گاز انفجاری و قابل اشتعال تولید می‌شود، سازنده باید مانع از تولید گازهای انفجاری و قابل اشتعال شود.

ب) چنانچه به دلایل ایمنی، پیش از شروع و پس از خاموشی به یک وضعیت غیر فعال نیاز باشد، باید ابزارهایی جهت تهویه اجزاء سیستم اکسیداسیون سوخت کاتالیتیک ارائه گردد. در سیستم تهویه سازنده باید یک واسطه مانند نیتروژن، بخار یا هوا را برای استفاده توصیه کند. میزان تهویه، با در نظر داشتن مشخصه‌های جریان، دینامیک سیستم یا ژئومتری تعیین می‌گردد. سطح ایمنی، طبق بخش استراتژی کلی ایمنی، باید بر مبنای تحلیل خطر باشد.

ج) هنگامی که هوا و سوخت مخلوط شده‌اند، سازنده باید ابزارهای کافی جهت ممانعت از جریان‌ات هوا به داخل خط سوخت، یا سوخت به داخل منبع هوا ارائه کند.

۱) برای سیستم‌های غنی از هوا: منبع هوا و سوخت باید به طور مناسبی کنترل شوند به طوری که پیش از شروع واکنش، هوا تامین شود و تا زمانی که منبع هوا در دسترس است از ورود سوخت به راکتور (واکنشگر) ممانعت گردد.

۲) برای سیستم‌های غنی از سوخت: منبع هوا و سوخت باید به طور مناسبی کنترل شوند طوری که پیش از شروع واکنش، سوخت تهیه شود و تا زمانی که سوخت در دسترس است از ورود هوا به راکتور (واکنشگر) ممانعت گردد.

د) در صورت امکان، باید برای عملیات سوخت و کنترل‌های هوا، اتصالات مکانیکی طراحی شود تا به طور قابل اعتمادی نرخ صحیح هوا/ سوخت را حفظ کرده و مانع از شکستگی‌ها و از کار افتادگی‌های ناگهانی شود.

ه) زمان شروع واکنش باید با در نظر گرفتن زمان پاسخ ابزارهای کنترل سیستم و زمان مورد نیاز جهت ساخت بیشینه مقدار مجاز ترکیب انفجاری و قابل اشتعال تعیین شود. این مقدار مجاز به طور ایمن بر مبنای نرخ جریان، قابلیت اشتعال مخلوط سوخت-هوا، و ژئومتری و دینامیک سیستم در سیستم وجود دارد.

و) اگر واکنش کاتالیتیک در زمان آغاز واکنش برقرار نشود، سیستم باید به طور خودکار تامین سوخت و یا تامین واکنشگرها برای عملیات غنی از سوخت را متوقف کند.

ز) دمای کاتالیت باید هم به طور مستقیم و هم به طور غیر مستقیم پایش شود. اگر دمای کاتالیت یا نرخ تغییر دمای کاتالیت به خارج از محدوده قابل قبول تعیین شده توسط سازنده برسد، واکنش دچار شکست می‌شود. در این صورت سیستم باید به طور خودکار تامین سوخت یا تامین واکنشگرها برای عملیات غنی از سوخت را متوقف کند. زمان توقف ناشی از شکست واکنش، نباید از ۳ ثانیه بیشتر شود.

ح) اگر این احتمال وجود داشته باشد که به طور بالقوه ترکیبی از هوا و سوخت در داخل سیستم برق پیل سوختی ساخته شود (از نتایج این رویداد، اختلال در زمان شروع واکنش، خاتمه دادن به واکنش، یا کاهش و افزایش نرخ واکنش تا سطوح غیر ایمن می‌باشد)، سازنده باید نسبت به بیشینه مقدار ترکیب قابل اشتعال انباشه شده، اطمینان حاصل کند.

ط) گازهای خطرناک فرایند، به محض خاموشی سیستم، باید به طور ایمن منتقل شوند.

ی) در جایی که جریانات سوخت و هوا به عنوان بخشی از سیستم نگهداری گرمایی، ارتباط نزدیکی با هم دارند، سازنده باید ابزارهای کافی برای سیستم برق پیل سوختی ارائه کند تا مانع از خطرات سلامت و ایمنی ناشی از عبور هوا به داخل خطوط سوخت یا عبور سوخت به داخل خطوط هوا گردد.

۱۱-۶- تجهیزات و کنترل سوخت

۱-۱۱-۶- تجهیزات هیدرولیک و پنوماتیک

تجهیزات نیرو گیرنده به طریق هیدرولیک و پنوماتیک، باید مطابق ISO 4414 (توان سیال پنوماتیک- الزامات ایمنی و قوانین کلی برای سیستم‌ها و اجزاء آنها) و ISO 4413 (توان سیال هیدرولیک- الزامات ایمنی و قوانین کلی برای سیستم‌ها و اجزاء آنها) طراحی شوند.

۱۱-۶-۲- شیرها

۱-۱۱-۶-۲-۱- شیرهایی برای مسدود کردن (قطع کردن)

- الف) برای تجهیزات و سیستم‌هایی که در آنها محدود کردن یا انسداد جریان مایع فرایند در شرایط اضطراری، خرابی ناگهانی، نگهداری و تعمیرات، آزمون و قطع شدگی، امری ضروری است، الزاما باید شیرهای انسداد فراهم شود.
- ب) شیرهای انسداد بنا بر مشخصه‌های سیال، دما و فشار عملکرد متفاوتند.
- ج) فعال کننده‌هایی که بر روی شیرهای انسداد نصب می‌گردند باید متناسب با دما باشند تا بتوانند در مقابل دمای محلی محیط که منجر به انتقال گرمای بیشتر به بدنه شیر می‌شود تاب‌آوری داشته باشند.
- د) شیرهای انسداد الکتریکی، هیدرولیکی یا پنوماتیک باید به گونه‌ای باشند که به محض نقصان در انرژی محرکه به یک حالت غیر ایمن درآیند.
- ه) شیرهای انسداد دستی برای گازهای قابل اشتعال باید مطابق با ANSI/UL 842 (استاندارد برای شیرهای ایمن برای سیالات قابل اشتعال) و ANSI Z21.15/CSA 9.1 (استاندارد برای شیرهای گازی دستی در ابزارها، شیرهای ارتباطی ابزارها و شیرهای انتهای شیلنگ) باشند.
- و) شیرهای انسداد دستی برای گازهای قابل اشتعال، باید برای کاربردهای معین مناسب باشند.

۶-۱۱-۲- شیرهای سوخت منبع تامین

شیرهای منبع سوخت باید الزامات زیر را برآورده کنند:

الف) تمامی سوخت‌هایی که برای سیستم برق پیل سوختی به کار می‌روند باید حداقل از دو شیر خودکار عبور کنند که به ترتیب هر کدام از آنها به عنوان شیر عملیات و شیر ایمنی انسداد عمل می‌کنند.

زمان بسته ماندن شیر در شیرهای ایمنی انسداد نباید از ۵ ثانیه بیشتر شود مگر یک ثانیه، آن هم زمانی که تامین کل سوخت از ۲/۵ million Btu (۷۳۲/۷ kW) در ساعت بیشتر شود.

اگر تامین کل سوخت از ۲/۵ million Btu (۷۳۲/۷ kW) در ساعت بیشتر شود، سیستم برق پیل سوختی باید به یک شیر انسداد ایمن که یک قفل داخلی را در بر می‌گیرد، مجهز شود. شیر انسداد ایمن می‌تواند علاوه بر انسداد ایمن عملکردهای کنترلی دیگری نیز داشته باشد.

ب) هر سوختی که مستقیماً به تجهیزات سوخت سوز (مانند یک بویلر آغازکننده یا یک مشعل آغازین اصلاح کننده^۱) تزریق می‌شود، باید حداقل از دو شیر خودکار عبور کند که به ترتیب هر کدام از آنها به عنوان شیر عملیات و شیر ایمنی انسداد عمل می‌کنند. این شیرها ممکن است یک بدنه کنترل ساده داشته باشند و ممکن است اینگونه نباشد.

ج) شیرهای منبع سوخت که به طور الکتریکی کار می‌کنند باید مطابق UL 429 (شیرهای الکتریکی) و ANSI Z21.21/CSA 6.5 (استانداردی برای شیرهای خودکار برای لوازم گازی) باشند.

د) هنگامی که گازهای سوختی از ابزارهایی که از گاز خروجی سیستم برق پیل سوختی استفاده می‌کنند، بازیافت می‌شوند، ممکن است شیرهای قطع و وصل از کار بیفتند.

۶-۱۱-۳- تجهیزات دوار

۶-۱۱-۳-۱- الزامات عمومی

الف) تجهیزات دوار باید برای سیالات، فشار و دماهایی طراحی شوند که در شرایط عملکردی عادی ممکن است در معرض آنها قرار بگیرند.

ب) خطوط ورودی و خروجی سیال باید به میزان کافی از آسیب‌های ناشی از لرزش در امان باشند.

ج) کاسه نمد باید با مایعات پمپ شده، فشار و دماهای عملکردی مورد انتظار در شرایط عملکردی عادی و غیر عادی و در طول خاموشی‌های اضطراری و عادی سازگاری داشته باشد.

^۱ Reformer Start Burner

- (د) کاسه نمد باید به گونه‌ای طراحی شود که نشت مایعات خطرناک اتفاق نیفتد. اگر مایعات خطرناک از کاسه نمد نشت کند، سازنده باید ابزارهایی را جهت رقیق‌سازی یا محدود نگه داشتن مایع خطرناک ارائه کند به گونه‌ای که از خطرات ایمنی و سلامت اجتناب شود.
- (ه) موتورها و بلبرینگ‌ها باید برای چرخه‌های کاری مورد انتظار مناسب باشند.

۶-۱۱-۳-۲- کمپرسور

- در صورت امکان، کمپرسورهای پکیج شده باید از یک نوع تایید شده باشند.
- به جز ملاحظات غیر ضروری در بخش استراتژی کلی ایمنی، کمپرسورها یا سیستم‌های کمپرسور باید به صورت زیر ارائه شوند:
- (الف) ابزارهای فاقد فشار که فشار هر مرحله را برای سیلندر تراکم و لوله‌کشی‌های مرتبط با آن مرحله از متراکم سازی محدود می‌کنند.
- این نیازمندی فقط زمانی قابل استفاده است که تجهیز متراکم سازی قادر به تولید فشاری بیش از فشار طراحی باشد.
- (ب) یک کنترل خاموشی خودکار برای تخلیه بالا و فشار مکش پایین.
- (ج) چنانچه پس از خاموشی نیاز به راه‌اندازی مجدد کمپرسور باشد، یک ابزار تخلیه که گاز تخلیه را به منظور استفاده مجدد و تخلیه ایمن، داخل محفظه نگه می‌دارد، وارد چرخه مجدد می‌کند.
- (د) یک ابزار محدود کننده فشار جهت اجتناب از ایجاد فشار بسیار بالا در ورودی.
- کمپرسورهای فشار تخلیه پایین (فَن‌ها و دمنده‌ها) باید مطابق با UL 507 (فن‌های الکتریکی ایمن)، بخش ۸ (قابلیت دسترس قطعات متحرک) محافظت شوند.

۶-۱۱-۴- پمپ‌ها

- پمپ‌های الکتریکی یکپارچه شده برای مایعات فرایند، باید با استانداردهایی که از لحاظ ملی قابل کاربرد تشخیص داده شده‌اند، مطابقت داشته باشند. پمپ‌های الکتریکی یکپارچه برای آب، باید با UL 778 (پمپ‌های آبی موتوری) مطابقت داشته باشند. پمپ‌های الکتریکی، یا سیستم پمپ الکتریکی، باید مطابق معیارهای زیر ارائه شوند:
- (الف) ابزارهای فاقد فشار که هم فشار ورودی و هم فشار خروجی را (تا کمتر از فشار طراحی مربوط به لوله‌ها) محدود می‌کنند. اگر فشار پمپ الکتریکی کمتر از دسته‌بندی فشار لوله‌کشی باشد، نیازی به شیر فشارشکن نیست.
- (ب) کنترل خاموشی خودکار برای فشار بالای تخلیه.

۶-۱۲- ایمنی الکتریکی

سیستم الکتریکی مربوط به یک سیستم برق پیل سوختی باید با الزامات این بخش مطابقت داشته باشد. یا در صورت آزادی عمل سازنده سیستم برق پیل سوختی، باید با NFPA 79 (استانداردهای الکتریکی برای ماشین آلات صنعتی) تطابق داشته باشد. الزامات ذکر شده در این بخش برای آن دسته از لوازم یا سیستم‌های الکتریکی به کار می‌رود که:

الف) منجر به مخاطرات ایمنی احتمالی شود.

ب) پایین‌تر از ۶۰۰ ولت باشند.

نکته ۱: ولتاژهای بالاتر از حد ۶۰۰ ولت هنگامی که به طور مجزا با استانداردهای مربوط به ولتاژ بالا ارزیابی می‌شوند، مجاز می‌باشند.

نکته ۲: NFPA 79 (استانداردهای الکتریکی برای ماشین‌آلات صنعتی) این قید را به قطعاتی محدود می‌کند که به اجرای یک عملکرد ایمنی مستقیم (آشکارساز گاز، شیر خاموشی ایمن، قفل داخلی (یا قفل مغناطیسی) فن) تکیه دارند، یا در صورت خرابی منجر به یک خطر ایمنی (آتش، شوک، سوختن) خواهند شد. حالت دوم از طریق تحلیل خطر بخش استراتژی کلی ایمنی تعریف می‌گردد. اجزاء الکتریکی (که برای آنها استاندارد کاربردی در دسترس نیست) باید الزامات مربوط به جداسازی الکتریکی، خزش و فاصله دو کنتاکت، جریان‌های نشت، حفاظت اضافه جریان و همچنین اتصال به زمین و اتصال به رسانای همبندی را رعایت کنند (این الزامات در UL 60950-1 (ایمنی تجهیز تکنولوژی اطلاعات خزش-بخش اول: الزامات کلی) آمده است).

نکته ۳: در برخی موارد، جمع‌کننده سیستم ممکن است اجزاء الکتریکی منحصر به فرد یا یک مونتاژ بُرد مدار را طراحی کند که برای آنها هیچ استاندارد در دسترس نیست. برای این حالت، الزامات طراحی جهت ایمنی الکتریکی در UL 60950-1 (تکنولوژی الکتریکی ایمنی تجهیز-بخش ۱: الزامات کلی) آمده است.

۶-۱۲-۱- اجزاء

یک جزء ممکن است یک قطعه الکترونیکی یا یک زیرمونتاژ مانند مدارشکن، اینورتر، درایو فرکانس متغیر، کنترل کننده، شیر خودکار، ماژول پیل سوختی باشد.

قطعات الکتریکی که برای آنها یک استاندارد وجود دارد، باید با آن استاندارد مطابقت داشته باشند و در دسته‌بندی‌های قطعاتی قرار بگیرند که مطابق با اشیاء ایمن بخش استراتژی ایمنی کلی هستند.

نکته: اکثر قطعات سیستم پیل سوختی باید با الزامات این استاندارد مطابقت داشته باشند. چنانچه این الزامات برآورده شود، نیازی به ارزیابی تجهیزات با بخش ایمنی الکتریکی نیست.

۶-۱۲-۲- حفاظت در برابر شوک الکتریکی و خطرات انرژی

قطعاتی نظیر مدارها و سیم‌ها که با برق کار می‌کنند و ممکن است در داخل سیستم برق پیل سوختی انرژی و ولتاژ خطرناک داشته باشند، باید محافظت شوند تا امکان ارتباطات حادثه‌ساز در طول یک عملکرد عادی، به کمترین مقدار برسد. این نیازمندی در حالات عملکردی، سرویس‌دهی سیستم برق پیل سوختی و غیره قابل توجه است.

۶-۱۲-۱- دسترسی به مدارهای دارای ولتاژ ایمن بسیار پایین (SELV)

بسیاری از سیستم‌های برق پیل سوختی قطعات داخلی با ولتاژ بالا (با حسگرهای مرتبط با پردازنده‌های سیگنال ولتاژ پایین) هستند. مدارات ولتاژ ایمن بسیار پایین (SELV) این اطمینان را می‌دهند که یک کاربر که با یک قطعه رسانا در ارتباط است، تحت شرایط خرابی ساده و عادی، در مقابل منابع ولتاژ بالا محافظت می‌شود. کاربر این اجازه را دارد که به قطعات بدون عایق در مدارات SELV دسترسی داشته باشد. مدارات SELV باید ولتاژهایی را نشان دهند که در هنگام لمس شدن توسط کاربر هم در شرایط عادی عملکردی و هم بعد از خرابی ساده، ایمنی داشته باشد. ولتاژ نباید از حدود ولتاژ در جدول ۶-۱ و حدود ولتاژ SELV بیشتر شود.

جدول ۶-۱: حدود ولتاژ SELV

مسکونی و تجاری سبک		ارتباط از راه دور و کاربردهای صنعتی	
معمولی	خطای ساده	معمولی	خطای ساده
۴۲ ولت تحت بار و ۵۰ ولت در مدار باز	۴۲ ولت تحت بار و ۵۰ ولت در مدار باز	ولتاژ مدار باز ۴۲/۴ پیک یا ۶۰ ولت. با گردش‌های تا ۷۱ ولت یا ۱۲۰ ولت برای دوره‌های تا ۲۰۰ میلی‌ثانیه	ولتاژ مدار باز ۴۲/۴ پیک یا ۶۰ ولت. با گردش‌های تا ۷۱ ولت یا ۱۲۰ ولت برای دوره‌های تا ۲۰۰ میلی‌ثانیه

نکته ۱: اختلاف در حدود ولتاژ کاربردی ناشی از مصارفی است که تجهیز در کاربردهای مسکونی و تجاری سبک (مثل مزارع، که می‌تواند در اماکن نصب شوند یا قابل دسترسی برای کودکان باشند) دارد تکنسین‌های ماهر در محیط‌های کنترل شده، معمولاً تجهیز را بر حسب کاربردهای صنعتی و ارتباط از راه دور سرویس می‌کنند. حدود مربوط به کاربردهای مسکونی و تجاری سبک از مرجع UL 60335-1 (ایمنی ابزارهای الکتریکی مشابه و خانگی - قسمت ۱: الزامات کلی) گرفته شده است. در حالی که برای کاربردهای صنعتی و ارتباط از راه دور این مقادیر برگرفته از مرجع UL 60950-1 (ایمنی برای تجهیزات تکنولوژی اطلاعات) هستند.

۶-۱۲-۲-۲- دسترسی به مدار دارای ولتاژ فوق‌العاده پایین (ELV)

یک مدار با ولتاژ فوق‌العاده پایین، مداری است که در طول عملکرد و یا بعد از یک خرابی ساده عادی خطر شوک ندارد. مدارات باید سطح حفاظتی بیشتری داشته باشند (مانند لایه‌ای از عایق) تا حفاظت از خرابی مضاعف را ارائه دهند. چنانچه الزامات ذکر شده در بخش (الف) و (ب) برقرار باشد، کاربر این اجازه را دارد که به سیم‌کشی مدارات ELV دسترسی داشته باشد. کاربر نباید به قطعات بدون پوشش مدارات ELV یا قطعات رسانای بدون اتصال به زمین دسترسی داشته باشد.

الف) عایق‌بندی باید مطابق الزامات عایق‌بندی مکمل باشند.

ب) تمام موارد زیر اعمال شود:

۱. سیم‌کشی نباید توسط کاربر لمس شود و باید طوری جای‌گذاری شود که احتمال کشیده شدن آن وجود نداشته باشد یا اینکه طوری ثابت شده باشد که نقاط ارتباطی از کشش در امان باشند.
۲. سیم‌کشی باید طوری تعیین مسیر و تثبیت گردد که با قطعات رسانای در دسترس غیر متصل به زمین، تماسی نداشته باشد.

۳. باید تست استحکام الکتریکی بر روی عایق‌بندی انجام شود.

۴. فاصله جداسازی کمتر از مقدار فاصله تعیین شده در جداسازی سیم‌کشی داخلی، نباشد.

۵. تحت شرایط عملکردی عادی، حدود مربوط به مدارات ELV باید مشابه حدود مدارات SELV باشد.

نکته: حدود مدارات ELV ممکن است در شرایط خرابی از حدود مدارات SELV فراتر رود.

آزمون دسترس‌پذیری در بخش دسترسی به قطعات دارای انرژی ارائه شده است.

۶-۱۲-۲-۳- دسترسی به ولتاژهای خطرناک

یک مدار ولتاژ خطرناک مداری است که در الزامات مربوط به مدارات ELV و SELV صدق نمی‌کند. باید از دسترسی کاربر به قطعات بدون عایق مدارها که دارای ولتاژهای خطرناک هستند یا قطعات رسانای روکار که تنها به کمک عایق‌بندی ابتدایی یا عملکردی از ولتاژهای خطرناک جدا شده‌اند ممانعت کرد.

در جایی که کاربر به عایق‌بندی سیم‌کشی داخلی با ولتاژهای خطرناک دسترسی دارد، یا اینکه سیم‌کشی طوری تعیین مسیر و تثبیت شده است که نمی‌توان از تماس آن با قطعات رسانای قابل دسترس روکار اجتناب کرد، باید الزامات مربوط به عایق‌بندی مضاعف یا عایق‌بندی مستحکم رعایت شود.

آزمون دسترس‌پذیری در بخش دسترسی به قطعات پرانرژی (انگشت آزمون) ارائه شده است.

۶-۱۲-۲-۴- دسترسی به مخاطرات انرژی

مخاطره انرژی ممکن است در ولتاژهای کمتر از SELV اتفاق بیفتد. این حالت بیشتر اوقات برای مونتاژهای پشته پیل سوختی اتفاق می‌افتد که می‌تواند هیچ خطر شوکی به همراه نداشته باشد ولی جریان‌های خیلی بزرگ تولید کند. این جریان‌ها می‌تواند منجر به مخاطره انرژی جدی (سوختگی) شوند چنانچه کاربر بین دو پیل قرار بگیرد. بنابراین در محدوده دسترسی کاربر، نباید مخاطره انرژی منجر به خطر آسیب‌دیدگی وجود داشته باشد.

اگر این احتمال وجود داشته باشد که بین دو یا چند قطعه بدون عایق (که یکی از آنها ممکن است اتصال به زمین باشد) با یک شیء فلزی ارتباط برقرار شود، خطر آسیب‌دیدگی ناشی از سطح انرژی خطرناک وجود خواهد داشت.

به کمک تحلیل یا به کمک روش‌های زیر می‌توان از وجود یک سطح انرژی خطرناک مطلع شد:

الف) در مبدل‌ها یا مدارات الکتریکی، یک بار مقاومتی متغیر با قطعات مورد نظر مرتبط می‌شود و طوری تنظیم می‌گردد که به سطح توان ۲۴۰ VA برسد. اگر ولتاژ ۲ V یا بیشتر باشد، توان خروجی در یک سطح انرژی خطرناک قرار می‌گیرد، مگر اینکه یک ابزار حفاظتی اضافه جریان در طول تست بالا استفاده شود.

ب) در خازن‌ها، چنانچه ولتاژ، U، برابر ۲ V یا بیشتر باشد و انرژی ذخیره شده، E، (که از رابطه زیر محاسبه شود) از ۲۰ ژول بیشتر شود، انرژی ذخیره شده در سطح انرژی خطرناک قرار می‌گیرد:

$$E = \frac{1}{2} CV^2 \times 10^{-6} \quad (۶-۱)$$

که در آن E، انرژی بر حسب ژول، C ظرفیت بر حسب میکروفاراد و V ولتاژ اندازه‌گیری شده برای خازن بر حسب ولت (V) است.

نکته: پشته‌های پیل سوختی و ابزارهای مرتبط با آنها سطح انرژی خطرناکی دارند. آزمون دسترس‌پذیری به کمک آزمون انگشت در وضعیت مستقیم انجام می‌شود.

۶-۱۲-۲-۵- منابع توان محدود

منابع توان محدود، سطح انرژی خطرناک نداشته و نیاز به حفاظت یا محدود شدن ندارند.

یک منبع توان محدود باید با موارد زیر مطابقت داشته باشد:

الف) خروجی مطابق با محدوده مربوط به منابع توان بدون یک ابزار حفاظتی اضافه جریان، محدود شود.

ب) امپدانس خطی یا غیر خطی خروجی محدود باشد (مطابق استاندارد UL 1434).

ج) یک شبکه تنظیم کننده، خروجی را در مقاومت محدود می‌کند. این کار را هم به کمک خرابی ساده شبیه‌سازی شده در شبکه تنظیم کننده، و هم بدون آن انجام می‌دهد (مدار باز یا بسته).

د) با استفاده از یک ابزار حفاظتی اضافه جریان خروجی مطابق محدوده مناسب برای منابع توان دارای ابزار حفاظتی اضافه جریان، محدود می‌گردد. هنگام استفاده از ابزار حفاظتی اضافه جریان، باید یک فیوز یا یک ابزار الکترو مکانیک، غیر خود تنظیمی و غیرقابل تعدیل وجود داشته باشد.

یک منبع توان محدود که به شبکه برق AC متصل است، یا یک منبع توان محدود که به کمک یک باتری فعالیت می‌کند، باید یک مبدل داشته باشد.

تطابق، به کمک بازرسی، اندازه‌گیری و (در صورت دسترسی) داده‌های مربوط به باتری (که توسط سازنده جمع‌آوری می‌گردد) ارزیابی می‌شود. باتری‌ها در هنگام تست‌های هدایت‌سنجی برای Uoc و Isc، باید کاملاً پر باشند.

۶-۱۲-۲-۶- مدار SELV مرتبط با ELV یا ولتاژهای خطرناک

یک جزء که با یک مدار SELV، ELV، یا بخشی با ولتاژ خطرناک در ارتباط است، باید با الزامات مربوط به مدارات SELV مطابقت کند. یک نمونه از چنین جزئی، رله‌ای است که به عناصر مختلف اتصال دارند.

۶-۱۲-۲-۷- تخلیه خازن‌ها در مدار اولیه

تجهیزات در بخش خارجی و قابل دسترس باید طوری طراحی شوند که خطرات شوک الکتریکی ناشی از انرژی ذخیره شده در خازن‌های به کار رفته در تجهیز کاهش یابد. هیچ تستی جهت تعیین میزان خطر شوک نیاز نیست مگر اینکه ولتاژ اسمی منبع تامین (که خازن‌ها را شارژ می‌کند) از پیک ولتاژ $4/42$ یا 60 ولت بیشتر شود.

تطابق (هماهنگی)، به کمک بازرسی دیاگرام‌های مناسب مدار و امکان قطع منبع تامین به کمک سوئیچ برای هر وضعیت، بررسی می‌گردد. اگر خازنی که ظرفیت اسمی بیشتر از 0.1 میکروفاراد دارد و در یک مدار متصل با منبع قرار دارد، ابزارهای تخلیه داشته باشد که منجر به یک ثابت زمانی شود و این ثابت زمانی از مقادیر زیر بیشتر نشود، آنگاه تجهیز تطابق خواهد داشت:

الف) یک ثانیه برای پیل‌های سوختی مربوط به مناطق مسکونی؛

ب) ده ثانیه برای پیل‌های سوختی مخابرات یا پیل‌های سوختی در سایر کاربردهای تجاری و صنعتی.

ثابت زمانی مناسب، حاصل ضرب ظرفیت موثر (بر حسب میکروفاراد) و مقاومت موثر تخلیه (بر حسب مگا اهم) می‌باشد. چنانچه تعیین حاصل ضرب ظرفیت موثر و مقاومت تخلیه موثر کار مشکلی است، اندازه‌گیری افت ولتاژ در نقطه قطع خارجی، می‌تواند مفید باشد. نتیجه حاصل از تخلیه ولتاژ، ابزاری است که یک امپدانس ورودی با مقاومت 50 ± 100 مگا اهم دارد که با خازن ورودی 50 ± 20 پیکوفاراد موازی است.

نکته: در بازه زمانی ۱ دقیقه‌ای، ولتاژ به ۳۷ درصد مقدار اصلی خود خواهد رسید.

۶-۱۲-۸- خزش، فاصله بین دو اتصال، فاصله از طریق جداسازی

الزامات ذکر شده در این بخش از استاندارد UL 60950-1 (استانداردی برای تجهیزات تکنولوژی اطلاعات) جهت فاصله بین دو سطح تماس^۱، فواصل خزش و فواصل حاصل از جداساز به کار می‌رود.

نکته ۱: فاصله بین دو سطح تماس و فاصله خزش برای قطعات در موقعیت‌های مکانی خطرناک بر اساس استاندارد UL 60079-15 بزرگتر از فواصل برای قطعات الکتریکی غیر اسمی اشاره شده در UL 60950-1 می‌باشد.

نکته ۲: این الزام معمولاً فقط برای مدارهای طراحی شده سفارشی و مقره‌های اتکایی^۲ (عایق‌های بالانگهدار) به کار می‌رود.

۶-۱۲-۳- سیم‌کشی، اتصالات و منبع تامین

۶-۱۲-۳-۱- اجتناب از سیم‌کشی ناصحیح

ترمینال‌ها و سیم‌های اتصال^۳ برای نصب و تعمیر الکتریکی مربوط به یک قطعه منفرد باید توسط اعداد، حروف، نشانه‌ها یا ترکیبات وابسته به آنها مشخص شود به جز مواردی که قطعه به صورت زیر است:

الف) جای دادن قطعاتی که به طور فیزیکی مانع از سیم‌کشی ناصحیح می‌شوند.

ب) جای دادن فقط دو سیم اتصال یا ترمینال که جابجایی آنها عملکرد قطعه را تغییر نمی‌دهد.

۶-۱۲-۳-۲- دسته‌بندی جریان و حفاظت فوق جریان

سطح مقطع سیم‌های داخلی و کابل‌های اتصال داخلی، باید متناسب با جریانی باشد که تجهیز در شرایط بار عادی حمل می‌کنند به طوری که بیشینه دمای مجاز عایق رسانا بیشتر نشود.

تمامی سیم‌های داخلی (از جمله باس‌بارها) و کابل‌های اتصال داخلی که در توزیع نیروی مدار اولیه به کار می‌روند، باید به کمک ابزارهای حفاظتی نامی مناسب در مقابل اضافه جریان و اتصال کوتاه محافظت شوند. اگر بتوان نشان داد احتمال خطر وجود ندارد، سیم‌کشی که مستقیماً در مسیر توزیع قرار نمی‌گیرد، نیاز به حفاظت ندارد (به عنوان مثال مدارهای شاخص).

پس از یک عملکرد غیرعادی یا خرابی ساده، طبق استاندارد تجهیز باید همچنان برای کاربر ایمن باشد، اما نیازی نیست که تجهیز وضعیت کاری کامل خود را حفظ کرده باشد. استفاده از اتصالات زود گداز، برش‌های حرارتی، ابزارهای حفاظتی اضافه جریان و ارائه حفاظت کافی مجاز می‌باشد.

^۱ Contacts

^۲ Standoff Insulators

^۳ Leads

تجهیز برای وضعیت‌های قابل انتظار عادی یا وضعیت‌های قابل پیش‌بینی که در اثر استفاده نادرست پیش می‌آیند آزموده می‌شود. این حالات در اثر اتصال ترمینال‌های مدار SELV که به طور کارآمد محافظت نشده‌اند یا بدون عایق و حفاظ هستند اتفاق می‌افتد.

نکته ۱: ابزارهای حفاظتی اجزاء در مقابل بار بیش از حد از سیم‌کشی‌ها نیز محافظت می‌کنند.

نکته ۲: مدارهای داخلی مرتبط با منبع تامین توان، ممکن است نیاز به حفاظت منفرد داشته باشند که وابسته به اندازه کاهش یافته سیم و طول رسانا می‌باشند.

۶-۱۲-۳-۳- حفاظت در مقابل آسیب مکانیکی

سیم‌ها باید نرم و بدون آسیب مکانیکی باشند. سیم‌ها باید طوری محافظت شوند که به واسطه سوختگی، پره‌های خنک کننده، قطعات متحرک و غیره (که منجر به آسیب دیدگی عایق رسانا می‌گردد) در دسترس قرار نگیرند. حفره‌های داخل فلز (که سیم‌های عایق شده از آنها عبور می‌کنند) باید سطوح نرم کاملاً گردی داشته باشند یا دارای عایق باشند. ارتباط نزدیک سیم‌ها با پست‌های وایرپ‌ها^۱ مجاز می‌باشند. همچنین، خرابی عایق در صورتی که به مخاطره‌ای منجر نشود، یا حفاظت مکانیکی کامل توسط سیستم عایق‌بندی ارائه شود نیز مجاز است.

۶-۱۲-۳-۴- ایمنی سیم‌های داخلی

سیم‌های داخلی باید تعیین مسیر، نگهداری و با گیره‌های محکم بسته شوند یا در حالتی قرار بگیرند که احتمال وقایع زیر کاهش یابد:

- وارد آمدن کشش بیش از حد به سیم
- از بین رفتن اتصالات ترمینال‌ها
- آسیب دیدگی عایق رسانا

۶-۱۲-۳-۵- پیچ‌هایی جهت فشار الکتریکی

در جایی که فشار الکتریکی نیاز است، باید یک پیچ در حداقل دو رزوه کامل در داخل یک صفحه فلزی و یک مهره فلزی کار گذاشته شود. پیچ‌های از جنس مواد عایق‌بندی را نباید در جایی به کار گرفت که اتصالات الکتریکی از جمله اتصال به زمین حفاظتی وجود دارد یا اینکه جایگزینی این پیچ‌ها با پیچ‌های فلزی می‌تواند منجر به خرابی عایق‌بندی مکمل یا عایق‌بندی مستحکم شده گردد.

چنانچه پیچ‌های ماده عایق‌بندی بر سایر جنبه‌های ایمنی تاثیرگذار باشند، باید حداقل با دو رزوه کامل به کار برده شوند.

^۱ wire wrapping posts

پیچ‌های رزوه‌ای، نباید جهت اتصال قطعات حامل جریان به کار روند مگر زمانی که این قطعات را به طور مستقیم در تماس با یکدیگر نگه دارند و با یک قفل مناسب ارائه گردند.

پیچ و مهره‌هایی که سیم برق‌های خارجی را محکم نگه می‌دارند، نباید جهت ثابت نگه داشتن جزء دیگر به کار روند، مگر زمانی که محکم نگه داشتن سیم‌های داخلی نیز برای آنها مجاز باشد آن هم در صورتی که رساناهای داخلی طوری مرتب شده باشند که احتمال جایگزینی آنها در هنگام متناسب‌سازی سیم برق‌های منبع وجود نداشته باشد.

این امکان وجود دارد که پایانه‌های یک جزء مثلاً سوئیچ که در داخل تجهیز ساخته می‌شوند، به عنوان پایانه‌های سیم برق‌های خارجی به کار روند.

۶-۱۲-۳-۶- مواد عایق‌بندی در اتصالات الکتریکی

اتصالات الکتریکی از جمله آنهایی که جهت عملکرد حفاظتی اتصال به زمین به کار می‌روند باید به گونه‌ای طراحی شوند که فشار اتصال از طریق مواد عایق‌بندی شده منتقل نشود مگر اینکه مقاومت کافی در قطعات فلزی جهت جبران هر گونه فرو رفتگی ممکن یا اعوجاج در مواد عایق‌بندی وجود داشته باشد.

نکته: چنانچه اتصالات دچار گرمای بیش از اندازه شوند، ممکن است مواد عایق‌بندی که از قطعات الکتریکی محافظت می‌کنند، نرم شوند.

۶-۱۲-۳-۷- انتهای رساناها (سیم‌ها)

سیم‌ها باید با ابزارهایی نظیر موانع یا نگه دارنده^۱ ارائه شوند یا به گونه‌ای خاتمه یابند که هم سیم‌ها و هم خاتمه دهنده‌های آنها (ب عنوان مثال ترمینال‌های حلقه‌ای، ترمینال اتصال سریع تخت) در حالت عادی نتواند به گونه‌ای جایگزین شوند که فاصله‌ها و فاصله خزشی به کمتر از مقدار قابل قبول برسند. استفاده از ترمینال‌های مشابه، لحیم شده، فنری و بدون پیچ از نوع فشاری به داخل در اتصالات سیم‌ها، مجاز می‌باشد. برای ترمینال‌های لحیم شده، هادی باید در موقعیتی قرار گرفته و ثابت شود که مقره به تنهایی در روی لحیم قرار نگیرد تا بدین صورت از سیم محافظت شود.

در سوکت‌ها و دوشاخه‌های چند راهه و هر جایی که ممکن است یک اتصال کوتاه اتفاق بیفتد، باید ابزارهایی جهت اجتناب از اتصال بین قطعات در مدارات SELV یا TNV و قطعات در ولتاژ خطرناک (به دلیل از بین رفتن ترمینال یا شکستن یک سیم در انتها) ارائه شود.

تطابق از طریق بازرسی، اندازه‌گیری و در صورت امکان آزمون‌های زیر بررسی می‌گردد.

یک نیروی 10 N در نزدیکی نقطه پایانه رسانا به آن وارد می‌شود. سیم نباید بشکند یا روی پایانه‌اش بچرخد تا حدی که فاصله و فاصله خزش تا کمتر از مقادیر قابل قبول کاهش یابد.

^۱ Barriers or Fixing

با هدف رسیدن به یک انطباق فرض می‌شود که:

الف) دو نگه دارنده مستقل، در یک زمان شل نخواهند شد.

ب) قطعاتی که به کمک پیچ و مهره‌های مجهز به واشرهای قفلی یا سایر ابزارهای قفل کننده ثابت می‌شوند، شل نخواهد شد.

مثال‌هایی از ساختارهای تطبیق کننده با الزام عبارتند از:

الف) تیوپ‌دار کردن متناسب کننده‌ها (مانند روکش حرارتی یا غلاف لاستیکی) که بر روی سیم و پایانه آن به کار می‌رود.

ب) سیم‌هایی که به کمک لحیم متصل شده‌اند و به طور مستقل از اتصال لحیم شده در مکانی نزدیک به پایانه قرار می‌گیرند.

ج) سیم‌هایی که به کمک لحیم متصل شده‌اند و قبل از لحیم، قلاب شده‌اند (به شرط آنکه سوراخی که رسانا از آن عبور می‌کند، بی دلیل بزرگ نباشد).

د) سیم‌هایی که به کمک یک ثابت کننده اضافی در نزدیک پایانه (که آنها را محکم بسته است)، به پایانه‌های پیچ اتصال دارند. (در حالت استاندارد، نه تنها سیم‌ها بلکه عایق‌بندی نیز محکم بسته شده است)

ه) سیم‌هایی که به ترمینال‌های پیچی اتصال دارند (در صورتی که احتمال آزاد شدن ترمینال‌ها وجود نداشته باشد)، مثلاً آویزهای حلقه‌ای که بر روی سیم‌ها متصل می‌شوند.

و) سیم‌های صلب کوتاه که در صورت شل شدگی پیچ ترمینال، در مکان خود باقی می‌مانند.

۶-۱۲-۳-۸- غلاف کردن (روکش کردن) سیم‌کشی

در جایی که غلاف کردن به عنوان یک عایق‌بندی مکمل بر روی سیم‌کشی داخلی به کار می‌رود، باید در وضعیت خود به کمک ابزارهایی نگه داشته شود. نمونه ساختارهایی که این الزام را رعایت می‌کنند عبارتند از:

الف) روکشی که فقط با شکستن یا بریدن سیم و روکش از بین می‌رود.

ب) روکشی که از دو انتها به طور محکم نگه داشته شده است.

ج) غلاف انقباضی حرارتی که در مقابل عایق‌بندی سیم محکم شده است.

د) غلافی که طول آن به گونه‌ای است که دچار لغزش نمی‌شود.

۶-۱۲-۳-۹- محل ورود^۱ لوله، کاندوئیت^۲ و کابل

سیستم برق پیل سوختی ساکن باید دارای نگهدارنده کابل، نگهدارنده کاندوئیت، گلند و ناکاوت (نگهدارنده)^۳ باشد تا ارتباط صحیحی بین انواع کابل‌ها و مجاری سیم‌ها وجود داشته باشد.

در سیستمی که جریان آن از ۱۶ آمپر بیشتر نمی‌شود، نگهدارنده‌ها باید متناسب با کابل‌ها و لوله مجراهایی باشند که دارای قطر کلی مطابق با اندازه کابل‌ها و مجاری لوله‌ها برای تجهیزات با جریان کمتر از ۱۶ آمپر، می‌باشند. ناکاوت‌ها، نگهدارنده کابل و مجاری اتصالات منبع تامین، باید به گونه‌ای طراحی یا جای‌گذاری شوند که احداث مجرا و کابل جدید بر محافظت در مقابل شوک الکتریکی تاثیرگذار نباشد و یا فاصله‌ها و فاصله خزش در کمتر از مقدار قابل قبول باقی بماند. فضای سیم‌کشی منبع تامین در داخل، برای اتصالات موقتی باید به صورت زیر طراحی شود:

(الف) این امکان را فراهم کند که سیم‌ها به راحتی نصب شده و ارتباط داشته باشند.

(ب) به گونه‌ای باشد که احتمال جدا شدن انتهای بدون عایق یک سیم از پایانه وجود نداشته باشد یا در صورت وقوع این رویداد، امکان اتصال با قطعات رسانای در دسترس که حفاظت اتصال به زمین ندارند پیش نیاید.

(ج) قبل از تنظیم پوشش، امکان بررسی کردن این موضوع که سیم‌ها به درستی مرتبط و مکان‌یابی شده‌اند، وجود داشته باشد.

(د) به گونه‌ای باشد که پوشش‌ها بدون خطر آسیب به سیم‌های منبع تامین یا سایر عایق‌بندی‌ها تنظیم شوند.

(ه) به گونه‌ای باشد که پوشش‌هایی که امکان دسترسی به ترمینال‌ها را می‌دهند، به کمک یک ابزار در دسترس معمولی قابل برداشتن باشند.

۶-۱۲-۴- همبندی^۴ و اتصال به زمین^۵

۶-۱۲-۴-۱- تداوم مدار همبندی محافظ

هنگامی که قطعه‌ای به دلایلی حذف می‌شود (مثلاً تعمیرات متداول)، مدار همبندی محافظ برای قطعات باقیمانده نباید قطع شود. نقاط اتصال و همبندی باید به گونه‌ای طراحی شود که ظرفیت حمل جریان به دلایل مکانیکی، شیمیایی و الکترومکانیکی آسیب نبیند. در جایی که از دیواره‌ها و رساناهای آلومینیومی یا فلزات آلومینیومی استفاده می‌شود، باید امکان خوردگی الکتریکی را نیز مورد توجه قرار داد.

^۱ Entires

^۲ Conduit

^۳ Gland and Nock-out

^۴ Bonding

^۵ Earthing

مجراهای فلزی مربوط به صفحات کابل فلزی و ساختار صلب یا انعطاف پذیر، نباید به عنوان رساناهای محافظ به کار روند. مگر اینکه مجراها و صفحات تمامی کابل های ارتباطی (به عنوان مثال کابل های زرهی، غلاف سربی) به مدار همبندی حفاظتی متصل باشد.

چنانچه تجهیزات الکتریکی بر روی کلاهک ها، درب ها، یا صفحه سرپوش نصب شوند باید از تداوم مدار همبندی حفاظتی مطمئن شد.

۶-۱۲-۴-۲- ممانعت ابزارهای سوئیچ دار از مدار همبندی حفاظتی

مدار همبندی حفاظتی نباید در یک ابزار سوئیچ دار یا یک ابزار حفاظت اضافه جریان (مثلا سویچ یا فیوز) به کار برده شود. نباید ابزارهای قطع رسانای همبندی حفاظتی ارائه گردد.

۶-۱۲-۴-۳- قطعات متصل به مدار همبندی حفاظتی

قطعات رسانای دسترس پذیر که امکان ولتاژ خطرناک (به دلیل خرابی در عایق بندی منفرد) در آنها وجود دارد، باید به طور مطمئنی به یک پایانه اتصال به زمین حفاظتی (در داخل تجهیز) متصل باشند.

این قید نباید برای قطعات رسانای دسترس پذیر که به کمک موارد زیر از قطعات دارای ولتاژ خطرناک جدا هستند، به کار رود:

الف) قطعات فلزی متصل به زمین؛

ب) عایق بندی جامد یا یک شکاف هوایی و یا ترکیبی از هر دو که الزامات مربوط به عایق بندی مستحکم یا مضاعف را رعایت می کند. در این حالت، قطعات باید به گونه ای ثابت و صلب شده باشند که در طول به کارگیری نیروی مناسب، حداقل فواصل حفظ شود.

نقاط اتصال رسانای حفاظتی نباید کاربری دیگری داشته باشند و انتظار می رود که به قطعات یا ابزارآلات اتصال نداشته باشند. عایق بندی هر رسانای حفاظتی باید سبز یا ترکیبی از سبز و زرد باشد.

۶-۱۲-۴-۴- پایانه زمین حفاظتی (اتصال به زمین) تجهیزات خارجی

برای هر مدار خارجی، پایانه رسانای اتصال به زمین (حفاظتی) تجهیز باید در محدوده ترمینال های رسانای فاز مرتبط قرار بگیرد.

پایانه رسانای اتصال به زمین (حفاظتی) تجهیز باید با کلمه "GROUND"، حروف "GND" یا "GRD"، حرف "G"، رنگ سبز و یا علامت اتصال به زمین مشخص شود.

۶-۱۲-۵- حفاظت خطای زمین و جریان زیاد

۶-۱۲-۵-۱- ابزارهای حفاظتی

برای مدارهای کوچک در مقابل اضافه جریان و در مدارهای ورودی و خروجی در برابر خطای زمین باید حفاظت انجام شود.

۶-۱۲-۵-۲- حفاظت مدار باطری

هنگامی که یک منبع جریان AC در داخل یک سیستم برق پیل سوختی قرار می‌گیرد، این منبع باید دارای یک ابزار حفاظتی باشد که در بین ابزارهای هدایت کننده AC و قبل از هر قطعه‌ای که منجر به شکست در اتصال کوتاه می‌شود (مانند خازن‌ها، شبه‌رساناها یا قطعات مشابه) قرار بگیرد.

هنگامی که یک منبع جریان AC در خارج از یک سیستم برق پیل سوختی قرار می‌گیرد، باید در دستورالعمل‌ها به دسته‌بندی ابزار حفاظتی اضافه جریان اشاره شود و دسته‌بندی رساناهایی که قرار است در بین سیستم برق پیل سوختی و منبع تامین AC جریان برقرار کنند، مورد توجه قرار گیرد.

۶-۱۲-۶- سازگاری الکترومغناطیسی

نکته: این قید به کمک کد US، گذاری قوانین فدرال بخش CRF پوشش داده می‌شود. توجه به این نکته لازم است که این بخش ایمنی را پوشش نمی‌دهد.

۶-۱۳- الزامات ایمنی و ابزارهای حفاظتی

سازنده باید مطمئن باشد که:

(الف) تمامی وضعیت‌های خطرناک، مخاطرات منطقی قابل پیش‌بینی و رویدادهایی که در سراسر عمر تجهیز پیش‌بینی می‌گردد، مشخص شده است.

(ب) احتمال هر یک از این مخاطرات از طریق ترکیب احتمال وقوع خطر و شدت قابل پیش‌بینی آن، تخمین زده شود.
(ج) فاکتورهای تعیین کننده احتمال و شدت خطر تا حد امکان از طریق روش‌های ساخت و طراحی ایمنی ذاتی کاهش داده شده باشند. از طریق توالی زیر می‌توان به کاهش خطر بیشتری دست یافت:

- اطمینان یافتن از اینکه مخاطرات داخل دیواره‌های تجهیز اتفاق می‌افتد.

- کاهش انرژی بدون در معرض خطر قرار گرفتن محیط پیرامون و به طور غیر فعال کنترل شود.

- شکل‌هایی از انرژی به طور فعال کنترل شوند، مثلاً با استفاده از تجهیز کنترل الکترونیکی در داخل سیستم پیل سوختی؛ که اقدامات متقابل مناسب را بر اساس ارزیابی سیگنال‌های حسگر تقویت می‌کند. راهنمای تجهیزات بحرانی

ایمن را می‌توان در UL 1998 نرم‌افزای در قطعات قابل برنامه‌ریزی، UL 991 استاندارد برای آزمون کنترل‌های مرتبط با ایمنی که از ابزارهای با وضعیت صلب استفاده می‌کنند یا IEC 61508 ایمنی عملکردی سیستم‌های ایمن الکتریکی قابل برنامه‌ریزی الکتریکی/الکترونیکی مشاهده کرد.

سازنده باید نشان دهد که اقدامات حفاظتی لازم در رابطه با خطرهایی که قابل حذف نیستند به کمک تحلیل خطر انجام شده است و در این فرآیند خرابی‌هایی که آثار قابل توجهی بر ایمنی سیستم دارند معرفی گردیده است.

نکته: راهنمای تحلیل خطر را می‌توان در استانداردهای زیر مشاهده کرد:

الف) IEC 60812 تکنیک‌های تحلیل برای قابلیت اطمینان سیستم رویکردی برای تحلیل اثرات و حالت خرابی (FMEA)؛

ب) IEC 61025 تحلیل درخت خرابی (FTA)؛

ج) SAE J1739 تحلیل اثرات و حالت خرابی بالقوه در طراحی (FMEA طراحی)، تحلیل اثرات و حالت خرابی بالقوه در فرایندهای ساخت و مونتاژ (FMEA فرایند).

۶-۱۴- سیستم‌های کنترل و اجزاء حفاظتی

۶-۱۴-۱- الزامات کلی

همان گونه که در بخش استراتژی کلی ایمنی اشاره شد، تحلیل خطر باید بر مبنای تنظیم پارامترهای حفاظت مدار، ایمنی را ارائه کند.

سیستم پیل سوختی باید به گونه‌ای طراحی شود که یک خرابی ساده منجر به یک وضعیت خطرناک متوالی نشود. ابزارهایی که مانع از خرابی‌های آبخاری می‌شوند در ادامه آمده‌اند ولی به این موارد محدود نمی‌شوند:

الف) ابزارهای حفاظتی در سیستم برق پیل سوختی (به عنوان مثال حفاظ قفل داخلی، ابزارهای وقفه)؛

ب) قفل‌های داخلی حفاظت مدار الکتریکی؛

ج) استفاده از اجزاء و تکنیک‌های تایید شده؛

د) ارائه مازاد یا تنوع جزئی یا کامل؛

ه) ارائه آزمون‌های عملکردی.

مدارات کنترل ایمن همان گونه که توسط FMEA محدود و معرفی شده‌اند باید بر اساس استانداردهای ANSI/UL 991 (آزمون‌هایی برای کنترل‌های ایمن که از ابزارهای وضعیت صلب استفاده می‌کنند)، UL 1998 (نرم‌افزاری برای ابزارهای قابل برنامه‌ریزی)، IEC 61508 (ایمنی اصولی سیستم‌های ایمنی الکتریکی قابل برنامه‌ریزی/الکترونیکی) ارزیابی شوند.

نکته: همانگونه که در بخش تحلیل ایمنی گفته شد برای دو مدار ایمن مازاد و مستقل که عملکرد مشابهی دارند؛ نیازی به ارزیابی‌های ذکر شده در UL 991 (آزمون‌های مرتبط با کنترل‌های ایمن که از ابزارهای وضعیت صلب استفاده می‌کنند) و UL 1998 (نرم‌افزاری برای ابزارهای قابل برنامه‌ریزی) ندارند.

۶-۱۴-۲- سیستم‌های کنترل

سیستم‌های کنترل مشعل الکترونیکی خودکار باید با کنترل‌های الکتریکی خودکار برای کاربردهای مشابه و خانگی - بخش ۲ (الزامات خاص برای قطعات و سیستم‌های احتراق مشعلی)، سیستم‌ها و قطعات مشعلی خودکار یا قطعات و سیستم‌های احتراق گازی خودکار، مطابقت داشته باشد.

سیستم‌های کنترل الکتریکی خودکار برای راکتورهای اکسیداسیون کاتالیک باید با استانداردهای UL 1998 (نرم‌افزاری برای قطعات قابل برنامه‌ریزی)، UL 991 (استانداردی برای آزمون‌های ایمنی برای کنترل‌های ایمن که از ابزارهای وضعیت صلب استفاده می‌کنند) یا کنترل‌های الکتریکی خودکار برای کاربرد های مشابه و خانگی - بخش ۲-۵ تطابق داشته باشد. الزامات خاص در بخش ممانعت از مخاطرات آتش و انفجار در سیستم اکسیداسیون سوخت (مشعل‌های) کاتالیک ارایه شده است. در سیستم‌های اکسیداسیون پیل (مشعل‌های) کاتالیک کنترل‌کننده‌های دستی باید به طور واضح علامت‌گذاری شوند.

۶-۱۴-۲-۱- شروع

شروع یک عملکرد فقط زمانی باید امکان‌پذیر باشد که تمامی حفاظ‌های ایمنی در جای خود قرار گرفته و عملیاتی هستند. برای ایمنی در یک شروع متوالی درست باید قفل‌های داخلی مناسب مشخص باشند. در یک نیروگاه یا دستگاه خودکار چنانچه شرایط ایمنی برآورده شده باشد، امکان شروع مجدد بعد از توقف وجود دارد. اگر چنین شروع مجددی کاملاً ایمن باشد، این امکان وجود دارد که سیستم برق پیل سوختی با فعال‌سازی یک کنترل‌کننده که به این هدف ارایه شده است بار دیگر شروع به کار کند.

این الزام برای راه‌اندازی مجدد سیستم برق پیل سوختی که حاصل توالی یک چرخه خودکار است، به کار نمی‌رود.

۶-۱۴-۲-۲- خاموش کردن

همان گونه که در تحلیل خطر بخش استراتژی کلی خطر اشاره شد، نیازمندی‌های عملکردی سیستم برق پیل سوختی باید به صورت خاموشی‌های زیر باشد:

الف) خاموشی‌های اضطراری: خاموشی اضطراری برای یک عملکرد غنی از هوا، انرژی‌دهی مجدد ابزارهای جریان سوختی است و برای عملیات غنی از سوخت، یک قطع شدگی یا آشکار کردن خرابی داخلی سیستم است.

ب) خاموشی عادی: یک خاموشی عادی برای عملکرد غنی از هوا، عبارت است از انرژی‌دهی مجدد ابزارهای جریان سوختی و برای عملکرد غنی از سوخت، عبارت است از انرژی‌دهی مجدد هر دو فرایند جریان هوا و ابزارهای جریان سوخت اصلی و در نتیجه باز شدن یک حلقه کنترل به کمک ابزار کنترل مانند ترموستات است.

۶-۱۴-۲-۱- خاموشی‌های اضطراری

خاموشی‌های اضطراری باید به عنوان بخشی از یک سیستم سوختی در نظر گرفته شود که از خطر واقعی یا محتمل که از طریق کنترل قابل اصلاح نیست جلوگیری می‌کند. این عملگرها باید به صورت زیر باشند:

- ۱) توقف وضعیت خطرناک بدون ایجاد مخاطرات بیشتر.
- ۲) آغاز به کار یا امکان آغاز به کار فعالیت‌های حفاظت‌های ایمنی مطمئن در صورت لزوم.
- ۳) لغو تمامی عملگرها و عملکردها در تمامی حالات.
- ۴) امتناع از تنظیم مجدد در شروع دوباره فعالیت.
- ۵) متناسب شدن با قفل‌های شروع مجدد، طوری که فرمان شروع جدید فقط بعد از شروع مجدد هدفمند قفل‌ها بتوانند بر عملکرد عادی اثر بگذارند.

توقف اضطراری: چنانچه مطابق تحلیل بخش استراتژی کلی ایمنی نیاز به خاموشی‌های ایمن و دستی (توقف‌های اضطراری) باشد، آنگاه باید کنترل کننده‌ها به وضوح قابل تعریف و قابل دیدن بوده و به سرعت قابل دسترسی باشند. اگر از دکمه استفاده شود، باید این دکمه‌ها مطابق با UL 508 (تجهیزات کنترل صنعتی) باشند.

عملکرد کنترل در هنگام خرابی سیستم‌های کنترل: هنگامی که منطق سیستم کنترلی دچار خطا می‌شود یا سخت‌افزار سیستم کنترل دچار خرابی یا آسیب می‌گردد، باید موارد زیر را مورد توجه قرار داد:

- ۱) چنانچه فرمان توقف صادر شده است، نباید مانع از توقف سیستم برق پیل سوختی شد.
- ۲) نباید مانعی در توقف دستی یا خودکار قطعات متحرک وجود داشته باشد.
- ۳) ابزارهای حفاظتی باید کاملاً تاثیرگذار باقی بمانند.

۴) سیستم‌های پیل سوختی نباید شروع مجدد غیرمنتظره داشته باشند.

هنگامی که یک ابزار حفاظتی یا قفل داخلی منجر به خاموشی ایمن سیستم برق پیل سوختی می‌گردد، آن وضعیت باید در منطق سیستم کنترلی هشداردهی گردد. بازنشانی یک خاموشی نباید منجر به آغاز یک وضعیت خطرناک شود. سیستم‌های کنترل / پایش که در شرایط خطرناک می‌توانند به صورت ایمن عمل کنند، ممکن است جهت ارائه اطلاعات سیستم، همچنان فعال بمانند.

۶-۱۴-۲-۲- خاموشی عادی

شرایط شکست غیر منتظره‌ای که می‌توان آن را به طور ایمن کنترل کرد یا شرایطی که منجر به خطر فوری نشود، را می‌توان با یک خاموشی عادی اصلاح کرد. یک خاموشی معمولی تمام برق تجهیز را می‌گیرد یا اینکه برق را در دسترس فعال کننده‌های سیستم برق پیل سوختی قرار می‌دهد.

۶-۱۴-۲-۳- نصب‌های پیچیده

زمانی که سیستم برق پیل سوختی جهت کار با تجهیز دیگری طراحی می‌شود، اگر تداوم عملکرد خطر آفرین باشد، باید برای کنترل کننده‌های توقف سیستم برق پیل سوختی از جمله توقف اضطراری ابزارهایی مانند رابط‌های منفرد ارائه گردد، تا امکان خاموشی هماهنگ تجهیز، به صورت روبه بالای سیستم برق پیل سوختی یا روبه پایین وجود داشته باشد.

۶-۱۴-۲-۴- حالات عملکردی

الف) دو حالت عملکردی روشن (on) و خاموش (off) وجود دارد؛ در طول حالت روشن، اجزاء سیستم پیل سوختی باید فعال و برقرار باشند. در مدت روشن بودن سیستم باید موارد زیر را مورد توجه قرار داد:

- ۱) حالت آماده به کار (خروجی برق خالص صفر)؛
 - ۲) امکان شروع خودکار (فعال کننده‌های سیستم برقرار هستند).
- در حالت خاموش، برق پیل سوختی باید قطع و واحد غیر فعال گردد یا اینکه مقدار جزئی برق جهت اجتناب از افت عملکرد اجزاء، فقط به سیستم برق ارائه شود.
- ب) دو انتقال اولیه باید وجود داشته باشد، روشن شدن و خاموش شدن؛ روشن شدن: انتقال از حالت خاموش به روشن است و باید از یک سیگنال خارجی فرمان بگیرد. خاموشی: انتقال از وضعیت روشن به خاموش است که هم می‌تواند از یک عامل خارجی و هم در واکنش به شرایط خارج از حدود کنترل سیستم برق پیل سوختی از یک عامل داخلی، فرمان بگیرد.
- ج) ممکن است در صورت لزوم، انتقالات و حالات عملکردی ثانویه اتفاق بیفتد (مانند امکان وقوع تغییرات در خروجی برق، یا فعالیت‌های بازرسی، نگهداری تعمیرات و تنظیمات)؛
- د) انتخاب حالت؛

اگر سیستم برق پیل سوختی طوری طراحی و ساخته شده باشد که امکان کار در حالات مختلف عملکرد و کنترل را داشته باشد (مثلاً امکان تنظیمات، تعمیرات و نگهداری، بازرسی و غیره)، باید قادر به انتخاب حالتی باشد که در تمام موقعیت‌های آن حالت، ایمنی حفظ شود. هر موقعیت انتخابی، متناظر با یک حالت عملکردی و کنترل منفرد است و باید با قفل‌های شروع مجدد متناسب شود. یک فرمان شروع مجدد ممکن است فقط بعد از اینکه قفل‌های شروع مجدد به طور

هدفمند تنظیم مجدد می‌شوند، بر عملکرد عادی تاثیر گذار باشد. انتخاب حالت باید به کمک ابزارهای ایمن (مانند دستگیره، قفل کلید، فرمان نرم‌افزاری) اتفاق افتد تا از تغییرات ناخواسته به سمت یک وضعیت متفاوت که منجر به وضعیت خطرناک می‌گردد؛ اجتناب شود. ممکن است انتخاب کننده‌ای طراحی گردد تا دسترسی کاربر به حالات عملکردی سیستم برق پیل سوختی مثلاً کدهای دسترسی جهت توابع کنترلی عددی، محدود گردد. حالت انتخاب شده باید بر سایر سیستم‌های کنترل، به جز خاموشی‌های ایمن، برتری داشته باشد.

۶-۱۴-۲-۵- پایش از راه دور و سیستم‌های کنترل

سیستم‌های کنترل برق پیل سوختی که امکان عملیات از راه دور بر روی آنها وجود دارد، یک سوئیچ برچسب‌دار، محلی یا ابزارهای دیگری دارند که در زمان انجام عملیات بازرسی یا تعمیرات توسط کاربر، این سوئیچ سیستم برق پیل سوختی را از سیگنال‌ها جدا می‌کند. در پایش از راه دور و سیستم‌های کنترل باید به موارد زیر توجه شود:

الف) فقط زمانی که کنترل از راه دور منجر به شرایط خطرناک نمی‌شود، این امکان برای سیستم برق پیل سوختی ایجاد شود.

ب) کنترل‌های ایمنی حفاظتی که به طور محلی تنظیم شده‌اند را لغو نشوند.

۶-۱۴-۳- اجزاء حفاظتی

الف) ابزارهای حفاظتی مناسب و اجزاء آن شامل موارد زیر هستند:

(۱) ابزارهای حفاظتی و

(۲) ابزارهای پایش مناسب مانند شاخص‌ها / هشدارها که امکان انجام واکنش‌های دستی یا خودکار مناسب را می‌دهند تا سیستم برق پیل سوختی در محدودیت‌های مجاز باقی بماند.

ب) ابزارهای حفاظتی باید به صورت زیر باشند:

(۱) طوری طراحی و ساخته شوند که برای وظایف مورد انتظار، مناسب و قابل اعتماد باشند و الزامات تست و تعمیرات آنها باید در صورت امکان مورد توجه قرار گیرد.

(۲) عملکرد حفاظتی آنها مستقل از سایر عملگرها باشند.

(۳) مطابق با اصول مناسب طراحی (مانند حالات شکست ایمن، مازاد، تنوع و خود تشخیصی) باشند تا حفاظت مطمئن و ایمنی بدست آید.

(۴) برای کاربردهای مورد نظر، تعیین، اعتبارسنجی و به طور مجزا آزمایش شوند.

ج) در مرحله طراحی باید به کمک اندازه‌گیری‌های یکپارچه و ابزارهای کنترل و تنظیم (مانند سوئیچ‌های قطع اضافه جریان، محدود کننده‌های دما، سوئیچ‌های فشار متغیر، اندازه‌گیر جریان، رله‌های تاخیر زمان، پایشگرهای سرعت اضافی و انواع مشابهی از ابزارهای پایش از بارگذاری اضافی و خطرناک تجهیز اجتناب شود.

د) ابزارهای حفاظتی دارای یک عملگر اندازه‌گیری، باید به گونه‌ای طراحی و ساخته شوند که الزامات عملیاتی قابل پیش‌بینی و شرایط خاص کاربری را برآورده کنند. در صورت لزوم، باید این امکان وجود داشته باشد که دقت خواندن و قابلیت سرویس‌پذیری ابزار را بررسی کرد. اگر ابزار کنترل حفاظتی، اجزاء الکترونیکی را در برگیرد، آنگاه کنترل باید مطابق با بخش ۲-۵-۱- (استراتژی کلی ایمنی) طراحی شود.

ه) ابزارهای محدود کننده فشار (مانند سوئیچ‌های فشار) باید با UL 353 (کنترل‌های حد ایمنی) یا UL 60730-2-6 (کنترل‌های الکتریکی خودکار برای کاربرد مشابه و خانگی- الزامات خاص برای کنترل‌های حسی فشار الکتریکی خودکار به همراه الزامات مکانیکی) مطابقت داشته باشند.

و) ابزارهای پایش دما باید زمان پاسخ کارآمد و ایمنی داشته باشند که بر طبق UL 60730-2-9 (کنترل‌های الکتریکی خودکار برای کاربرد مشابه و خانگی: الزامات خاص برای کنترل‌های حسی دما) و UL 873 (تجهیز شاخص و تنظیم کننده دما) سازگار با عملگر اندازه‌گیری باشد.

ز) ممکن است در یک سیستم سوختی از یک آشکارساز گازی به عنوان جزء حفاظتی استفاده شود. آشکارساز گازی بکار رفته در سیستم برق پیل سوختی باید با ANSI/UL 2075 (حسگر و آشکارسازهای بخار و گاز) و ISA 12.13.01 (الزامات عملکردی برای آشکارساز گازی قابل احتراق) مطابقت نماید.

ح) یک حلقه کنترل آشکارساز گازی باید ایمن باشد و مطابق با ۲-۵-۱- (استراتژی کلی ایمنی) طراحی گردد. ط) تمامی قطعات سیستم برق پیل سوختی که در مرحله ساخت تنظیم می‌گردند، نباید توسط کاربر یا نصاب کنترل شوند و باید به طرز صحیحی حفاظت شوند.

ی) اهرم‌ها و سایر ابزارهای تنظیم و کنترل باید به طور واضحی علامت‌گذاری شوند و دستورالعمل‌های مناسبی برای آنها ارائه گردد به طوری که از هرگونه خطا در به کارگیری آنها اجتناب شود. طراحی آنها باید به گونه‌ای باشد که از دستکاری تصادفی ایمن باشند.

۶-۱۵- نصب و نگهداری تعمیرات

۶-۱۵-۱- نصب

سازنده باید ساختارهایی را جهت نصب صحیح، تنظیم، عملکرد و تعمیرات سیستم‌های برق پیل سوختی ارائه کند. در هنگام متناسب‌سازی یا متناسب‌سازی مجدد در قطعاتی که ممکن است منابع خطر باشند، احتمال خطا وجود دارد. این خطا باید به کمک طراحی قطعات یا با اطلاعات پیرامون قطعات یا غلاف‌ها کمینه شود. چنانچه لازم باشد جهت اجتناب از خطر، اطلاعاتی پیرامون نحوه عملکرد وجود داشته باشد، بدست آوردن اطلاعات مشابه پیرامون قطعات متحرک و غلاف‌های آنها نیز ضروری است.

چنانچه یک اتصال خراب عامل خطر باشد، باید از طریق طراحی یا بدست آوردن اطلاعاتی پیرامون لوله‌ها، کابل‌ها، یا بلوک‌های اتصال دهنده^۱، اتصالات غیر صحیح را کمینه نمود.

۶-۱۵-۲- تعمیرات و نگهداری

الف) نقاط تنظیم، روغنکاری و نگهداری باید خارج از مناطقی باشند که در آنها احتمال آسیب به فرد یا خطر سلامت وجود دارد. دستورالعمل‌های نگهداری باید در کتابچه دستی تعمیرات محصول ارائه گردد تا در صورت لزوم از مخاطرات سلامت و ایمنی ممانعت شود.

ب) باید این امکان وجود داشته باشد که امور تنظیمات، تعمیرات، نگهداری، تمیزکاری و عملیات سرویس کاری در مدت خاموشی سیستم برق پیل سوختی انجام گردد. اگر این کارها در حین روشن بودن سیستم انجام شود، سیستم برق پیل سوختی باید طوری طراحی شده باشد که این امور بدون هیچگونه خطر آسیب اجرا شوند.

ج) باید این امکان وجود داشته باشد که قطعات سیستم برق پیل سوختی خودکار که به صورت مداوم نیاز به تغییر دارند، بدون خطر آسیب، برداشته شده یا جایگزین شوند. دستیابی به قطعات باید به گونه‌ای باشد که بتوان از ابزارهای فنی لازم در انجام امور استفاده کرد (مطابق با دستورالعمل فنی محصول).

د) چنانچه دیالگرام‌ها یا دستورالعمل‌های حفاظت سلامت و ایمنی ضمیمه سیستم برق پیل سوختی باشند، باید به کمک یک روش دائمی ارائه گردند طوری که در شرایط محیطی و عملکردی از بین نروند.

۶-۱۶-۱- نشانه‌گذاری، برچسب‌گذاری و بسته‌بندی

۶-۱۶-۱- الزامات عمومی

سیستم برق پیل سوختی باید مطابق با بخش‌های کاربردی در ANSI Z535 (سری استانداردها) نشانه‌گذاری شود. روش‌های نشانه‌گذاری و نصب باید مناسب و بادوام و همچنین مورد توافق سازنده و آژانس آزمون باشند.

۶-۱۶-۲- نشانه‌گذاری سیستم برق پیل سوختی

واحدهای انگلیسی باید بر حسب واحدهای SI به کار روند. هر سیستم برق پیل سوختی باید صفحه‌ای از داده‌ها یا مجموعه‌ای از برچسب‌ها داشته باشد. این داده‌ها باید در جایی قرار بگیرند که هنگام نصب عادی سیستم برق پیل سوختی به راحتی قابل خواندن باشند.

نشانه‌گذاری‌ها باید محدودیت‌های مربوط به عملکرد؛ بخصوص محدودیت‌هایی که به موجب آنها سیستم برق پیل سوختی فقط باید در اماکن دارای تهویه نصب گردد. را به خوبی بیان کنند،

^۱ Connector Blocks

- برچسب‌ها یا صفحات داده باید اطلاعات زیر را در بر بگیرند:
- (الف) نام سازنده (به همراه نام تجاری) و موقعیت مکانی،
 - (ب) نام تجاری یا شماره مدل سازنده،
 - (ج) شماره سریال سیستم برق پیل سوختی و سال ساخت؛
 - (د) ورودی الکتریکی (ولتاژ/نوع جریان/فرکانس/فاز/مصرف برق)؛
 - (ه) خروجی الکتریکی (ولتاژ/نوع جریان/فرکانس/فاز/توان مجاز/ ضریب توان)
 - (و) نوع سوختی مصرفی سیستم برق پیل سوختی؛
 - (ز) محدوده فشار منبع تامین توان؛
 - (ح) مصرف سوخت در توان مجاز
 - (ط) محدوده دماهای محیط (بیشینه و کمینه) که در آن سیستم برق پیل سوختی قادر به عملکرد است (بر حسب سانتی‌گراد)
 - (ی) کاربردهای خارجی و داخلی؛
 - (ک) هشدار جهت آگاهی پرسنل نسبت به امکان وقوع صدمات بالقوه یا آسیب‌های ناشی از تجهیز و الزامات مربوط به دستورالعمل‌های عملکرد و نصب؛
 - (ل) تعداد ارجاعات به این استاندارد؛
 - (م) نماد سازمان که بیانگر انجام بازرسی جهت تطابق با این استاندارد است.

۶-۱۶-۳- نشانه‌گذاری اجزاء

تمامی قطعات قابل تعمیر باید معرفی گردند و طرح‌های مربوط به سیستم برق پیل سوختی با دفترچه راهنما مطابقت کند. همچنین جهت معرفی مخاطرات الکتریکی، محتوای خروجی از شیرهای تخلیه، قطعات داغ و مخاطرات مکانیکی، علائم هشدار باید به طرز صحیحی بیان شوند. به منظور استفاده از نشانه‌های استاندارد گفته شده در بخش‌های ۱-۶ استاندارد ANSI Z535 (سری استانداردها)، لازم است اولویت‌ها مشخص شوند.

ابزارهای کنترل، شاخص‌های دیداری، نمایشگرهای به کار رفته در رابط‌های ماشین-انسان، خصوصاً آنهایی که با ایمنی مرتبطند باید به گونه‌ای واضح و مطابق با عملکردشان هم بر روی آیت‌م و هم در مجاورت آن علامت‌گذاری شوند.

۶-۱۶-۴- دستورالعمل‌های فنی

۶-۱۶-۴-۱- عمومی

سازنده باید به همراه هر سیستم برق پیل سوختی اطلاعات لازم جهت نصب ایمن، عملکرد و سرویس‌دهی را ارائه کند، همچنین، محدودیت‌های کاربری را نیز مورد توجه قرار دهد. اطلاعات باید به شکل مستندات فنی (مانند طرح‌ها، نمودارها، جداول، چارت، دستورالعمل) و با میزان داده و زبان مناسب ارائه گردد. بخش اطلاعات فنی باید فقط جهت پرسنل خبره ارائه گردد که در آن صورت، تولید کننده باید معیاری را جهت خبرگی پرسنل ارائه دهد.

اطلاعات ارائه شده به همراه سیستم برق پیل سوختی باید شامل موارد زیر باشد:
الف) توصیف جامع و واضح از تجهیز، نصب و سوار کردن، ارتباط با رابط‌های سایت؛
ب) الزامات منابع تامین الکتریکی؛

ج) شرایط عملکردی و محیط فیزیکی (مشخصات منبع تامین آبی و سوختی و غیره) مطابق با بخش شرایط عملکردی و محیط فیزیکی؛

د) دیاگرام‌های مدار الکتریکی؛

ه. اطلاعاتی همچون نحوه بکارگیری، حمل و نقل و انبارش، برنامه‌ریزی نرم‌افزار، توالی عملکرد، دفعات بازرسی، دفعات و روش آزمون عملکردی، راهنمایی برای تنظیم، نگهداری و تعمیرات، بویژه برای ابزارهای حفاظتی و مدارها و لیست قطعات و قطعات یدکی پیشنهادی؛

و) توضیحی (مانند دیاگرام‌های مربوط به ارتباطات داخلی) پیرامون حفاظ‌های ایمنی، عملگرهای قفل داخلی و قفل کردن حفاظ‌ها در موقعیت‌های خطرناک بالقوه؛

ز) توضیحی پیرامون حفاظ‌های ایمنی و ابزارها هنگامی که تعلیق حفاظ ایمنی ضروری باشد به عنوان مثال برای برنامه‌ریزی دستی و تایید برنامه.

۶-۱۶-۴-۲- دفترچه راهنمای نصب

دفترچه راهنمای نصب باید تمامی اطلاعات لازم جهت کارهای مقدماتی پیرامون تنظیمات سیستم برق پیل سوختی را به نصاب ارائه کند. سیستم برق پیل سوختی باید مطابق با دستورالعمل‌های سازنده و قوانین محلی نصب شود. در غیاب قوانین محلی، باید به استاندارد NFPA 853 (نصب سیستم‌های برق پیل سوختی ساکن) رجوع شود.

در دستورالعمل‌های نصب، باید راهنماهای اصول سیستم برق پیل سوختی، الزامات مربوط به تهویه، حفاظت در مقابل مخاطرات ناشی از هوا، ارتفاع پیشنهادی در رابطه با ارتفاع پایه از دریا، دیواره امنیتی، فاصله‌های قابل قبول از مواد قابل احتراق، گیاهان، راه‌های عمومی، حفاظت در مقابل تاثیرات ناشی از وسایل نقلیه ارائه گردد.

نکته: این بخش از دستورالعمل‌ها باید به مسائلی نیز اشاره کند که حل آنها باید به کمک مسئولان نظارتی محلی، استانی و بر مبنای مقررات منطبق بر ساختن بنا و قوانین منطقه‌ای انجام شود.

علاوه بر موارد بالا، باید موارد زیر نیز در دفترچه راهنما تعیین شود:

(الف) نام و موقعیت مکانی سازنده و توزیع کننده، مدل سیستم برق پیل سوختی؛

(ب) کمینه و بیشینه فشارهای منبع تامین سوخت و روش تعیین این فشارها؛

(ج) الزامات مربوط به فشار و جریان برای تنظیم کننده فشار سایت مشخص شود. تنظیم کننده باید متناسب با نوع سوخت و سرویس‌دهی باشد. به ANSI Z21.18/CSA 6.3 (تنظیم کننده‌های فشار مربوط به لوازم خانگی گازسوز)، ANSI/UL 252 (تنظیم کننده‌های گاز متراکم) و ANSI/UL 144, L-P (تنظیم کننده‌های گازی) رجوع شود.

(د) شفاف‌سازی نسبت به منبع تامین هوا، تهویه و بازکننده‌های خروجی هوا؛

(ه) شفاف‌سازی نسبت به تعمیرات و نگهداری، سرویس‌دهی، عملیات تصحیح؛

(و) شفاف‌سازی نسبت به مواد قابل احتراق؛

(ز) یک فیلتر یا رسوبگیر باید برای کنترل‌های سوختی به صورت جریان رو به بالا ارائه شود؛

(ح) برای دوره‌های طولانی خواب تجهیزات باید دستورالعمل‌های کافی ارائه گردد.

(ط) دستورالعمل‌ها باید الزامات مربوط به سیستم تهویه مانند لوله تنفس را در برگیرند.

برای واحدهای داخلی که خروجی هوای آنها در داخل اتاق است، الزامات مربوط به تهویه اتاق و حدود کنترل ایمنی اکسیژن که باید مطابق با NFPA 853 (استانداردی برای نصب سیستم برق پیل سوختی ساکن) باشد؛ از سوی سازنده تعیین شود.

یک سیستم برق پیل سوختی که در یک گاراژ مسکونی به کار می‌رود، باید به گونه‌ای نصب شود که منابع احتراق بالقوه در کمتر از ۴۵۷ mm (۱۸ in) از بالای سطح قرار نگیرند و سیستم برق پیل سوختی باید به گونه‌ای قرار گیرد یا محافظت شود که از آسیب فیزیکی ناشی از وسایل نقلیه جلوگیری شود.

۶-۱۶-۴-۳- دفترچه اطلاعات مربوط به کاربر

برای سیستم‌های برق پیل سوختی که در کاربری‌های مسکونی استفاده می‌شوند، کاربر سیستم باید دفترچه اطلاعات مرتبط با کاربر مسکونی را به همراه اطلاعات اضافی پیرامون نگهداری تجهیز به عنوان مثال نشانی واردکننده محصول، تعمیرکار و غیره ارائه کند.

دفترچه اطلاعات مرتبط با کاربر، باید به گونه‌ای تایپ، حروف‌چینی و قالب‌بندی شود که دنبال کردن روش‌ها را ساده کند. جهت معرفی اجزاء پیل سوختی، ابعاد و فواصل بین دو سطح تماس، اجزاء مونتاژ شده و نقاط اتصال باید در صورت

نیاز مثال‌هایی جهت شفاف کردن دستورالعمل‌ها ارائه گردد. نمونه‌ها باید جهت معرفی محل اجزاء قابل سرویس و تشریح روش صحیح اجرای روش‌های سرویس‌دهی به کار روند.

هنگامی که متنی بین دو علامت " قرار می‌گیرد بدان معناست که این دقیقاً در دفترچه اطلاعات مرتبط با کاربر وجود دارد.

دفترچه اطلاعات مرتبط با کاربر، باید با یک پاکت یا یک گیره (که قسمتی از پیل سوختی است) ضمیمه پیل سوختی گردد یا اینکه به وسیله پاکت‌های نشانه‌گذاری شده بر اساس دستورالعمل‌ها (برای افراد زیر) ارائه گردند:

- نصاب: جهت نصب آنها بر روی (یا در مجاور) پیل سوختی؛
- مصرف کننده: جهت نگه داشتن آنها برای استفاده و مراجعه در آینده. دفترچه اطلاعات مرتبط با کاربر، باید به فصول یا بخش‌هایی تقسیم شود و شامل فهرست و شماره صفحه باشد.
- دفترچه اطلاعات مرتبط با کاربر، باید در صورت امکان اطلاعات ایمنی زیر را در برگیرد:
- الف) طرح روی جلد: طرح روی جلد باید به همراه دستورالعمل‌های ایمنی بسیار با ارزش به کاربر ارائه شود. طرح روی جلد یا (در صورت نداشتن جلد) برگ اول دفترچه، باید اقدامات ایمنی را به صورتی که در زیر آمده است در برگیرد:

هشدار:

خطر انفجار و آتش

عدم تبعیت از هشدارهای ایمنی منجر به صدمه جدی، مرگ یا آسیب به اموال می‌شود:

- گازوئیل و سایر بخارات و مایعات اشتعال‌زا را در محدوده این وسیله یا هر وسیله دیگری نگهداری یا استفاده نکنید.

- در هنگام حس کردن بوی گاز اقدامات زیر را انجام دهید:

• به هیچ سوئیچ الکتریکی دست نزنید. در محل از تلفن استفاده نکنید.

• محل را فوراً ترک کنید.

• فوراً با تامین کننده گاز تماس بگیرید.

• فوراً دستورالعمل‌های ارائه کننده گاز را اجرا کنید.

• اگر نمی‌توانید با فراهم کننده گاز تماس بگیرید، با آتش‌نشانی تماس بگیرید.

- نصب و سرویس باید توسط یک نصاب ماهر، شرکت فراهم کننده خدمات یا تامین کننده گاز صورت بگیرد.

هشدار:

خطر انفجار و آتش

عدم تبعیت از هشدارهای ایمنی منجر به صدمه جدی، مرگ یا آسیب به اموال می‌شود.

- گازوئیل و سایر بخارات و مایعات اشتعال‌زا را در محدوده این وسیله یا هر وسیله دیگر نگهداری یا استفاده نکنید.

- نصب و سرویس باید توسط نصاب ماهر، شرکت فراهم کننده خدمات یا تامین کننده گاز صورت بگیرد.

- در صورت مواجهه با نشت مایع اقدامات زیر را انجام دهید:

- سعی کنید وسیله‌ای را روشن نکنید.
 - دست به سوئیچ الکتریکی نزنید. در محوطه از تلفن استفاده نکنید.
 - محل را فوراً ترک کنید.
 - فوراً با شرکت گاز (تامین کننده گاز) تماس بگیرید.
 - دستورالعمل‌های ارائه کننده گاز را اجرا کنید.
 - اگر نمی‌توانید با تامین کننده گاز ارتباط حاصل کنید، با آشنشانی تماس بگیرید.
- نصب و سرویس باید توسط یک نصاب ماهر، شرکت فراهم کننده خدمات یا تامین کننده گاز صورت بگیرد.

طرح روی جلد باید شامل عبارتی باشد که کاربر را بر آن دارد تا تمامی دستورالعمل‌های دفترچه را مطالعه کرده و همچنین آن را جهت رجوعات و استفاده‌های بعدی نگهداری کند.

ب) بخش ایمنی: بخش ایمنی باید در اوایل دفترچه آورده شود و به کاربران سیستم برق پیل سوختی لیستی از مخاطرات بالقوه و دستورالعمل‌های مرتبط با ایمنی را ارائه کند. حداقل یکی از توضیحات زیر به همراه صفحه‌گذاری مشخص و فهرست‌دهی درست این بخش باید در بخش ایمنی آورده شود. این بخش باید شامل موارد زیر باشد:

(۱) محیط اطراف سیستم سوختی باید تمیز و به دور از مواد قابل احتراق، گازوئیل و سایر بخارات و مایعات اشتعال‌زا باشد.

(۲) در جایی که برای احتراق یا تهویه به هوا نیاز است، دستورالعمل‌ها نباید منجر به مسدود شدن و بسته شدن دریچه‌های هوا در روی پیل سوختی، دریچه‌های هوای برقرارکننده ارتباط با محل نصب پیل سوختی، فاصله مورد نیاز در اطراف پیل سوختی شوند.

(۳) دستورالعمل‌های مربوط به روشن و خاموش کردن پیل سوختی: این دستورات باید به صورت تصویری توضیح داده شوند و مکان تمامی بخش‌های واسط کاربری را مشخص کنند.

(۴) در برداشتن عبارت "اگر بخشی زیر آب بوده است، از این پیل سوختی استفاده نکنید. پیل سوختی آسیب دیده، به طور بالقوه خطرناک است" باید جهت بازرسی پیل سوختی و جایگزینی کنترل کننده‌های گازی، قطعات سیستم کنترل و قطعات الکتریکی که خیس شده‌اند، با یک شرکت سرویس‌دهی ماهر در ارتباط بود.

(۵) مشخصه‌های مربوط به تعداد دفعات تعویض فیلتر یا تمیزکاری و نوع و اندازه فیلتر جهت تعویض، باید ارائه گردد. این دستورالعمل‌ها باید مسیرهای حذف یا تعویض فیلترها را در برداشته باشند و به طور تصویری تمامی اجزاء ارائه شده توسط سازنده را تشریح و جانمایی کنند تا در هنگام حذف یا تعویض فیلترها به آن مراجعه شود.

(۶) روش‌های پیشنهادی جهت تمیزکاری دوره‌ای قطعات ضروری.

(۷) دستورالعمل‌هایی جهت بررسی نصب پیل به منظور تعیین موارد زیر:

- دریچه‌های ورود و خروج مرتبط با اقلام ذکر شده در بخش سیستم‌های لوله‌کشی و بخش سیستم‌های تهویه گاز سوختی عاری از هر گونه انسداد و مانعی باشند.
- پشتیبان فیزیکی پیل سوختی بدون فرونشستن ترک‌ها، شکاف‌ها و غیره در اطراف پایه، سالم است.
- نشانه‌های واضحی از پیری پیل سوختی وجود ندارد.
- ۸) دفترچه راهنما باید به لزوم و کمینه تعداد بازرسی‌ها توسط کاربر اشاره کند، بازرسی‌ها باید مطابق با بخش دفترچه راهنمای اطلاعات کاربر باشند و بازرسی‌های دوره‌ای پیل سوختی، که توسط کنترل کننده کیفی سامانه اتفاق می‌افتد مشخص شده باشد.
- ۹) اشاره به اینکه در معرض هوای آلوده قرار گرفتن پیل سوختی می‌تواند منجر به مشکلات ایمنی و کارکردی شود. دستورالعمل‌ها باید یک لیست مرجع از آلودگی‌های شناخته شده را ارائه کنند.
- ج) اطلاعات ایمنی داخل متنی: دستورالعمل‌های ایمنی داخل متنی باید به هشدارهای ایمنی موجود در روی جلد و در بخش ایمنی دفترچه اشاره داشته باشند. موقعیت‌های بالقوه خطرناک که در دفترچه عنوان شده‌اند، نیاز به توضیحات ایمنی اضافه‌تری دارند.

۶-۱۶-۴-۴- دفترچه عملیاتی

- دفترچه راهنمای عملیاتی باید رویکردهای صحیح جهت تنظیم و به کارگیری سیستم برق پیل سوختی را مفصل شرح دهد و باید توجه خاصی نسبت به اقدامات ایمنی و ابزارهای درست و قابل پیش بینی عملیاتی داشته باشد. دفترچه راهنمای عملیاتی باید بخشی پیرامون مخاطرات ناشی از به کارگیری سیستم برق پیل سوختی داشته باشد.
- چنانچه عملیات تجهیز قابل برنامه‌ریزی باشد، اطلاعات مفصلی پیرامون روش‌های برنامه‌ریزی، تجهیز مورد نیاز، اعتبارسنجی برنامه و رویکردهای ایمنی اضافه‌تر باید ارائه گردد.
- دستورالعمل‌ها باید اطلاعاتی را ارائه کنند که بر انتشار نویز هوایی ناشی از سیستم برق پیل سوختی تمرکز داشته باشد. مقادیر می‌توانند واقعی یا بدست آمده از اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی سیستم برق پیل سوختی باشند.
- در حالتی که سیستم برق پیل سوختی جهت استفاده افراد غیر حرفه‌ای به کار می‌رود، در هنگام جمله‌بندی و استقرار دستورالعمل‌ها ضمن رعایت الزامات ضروری، باید سطح آموزش عمومی و درک مورد انتظار از اینگونه کاربران را در نظر گرفت.

۶-۱۶-۴-۵- دفترچه راهنمای نگهداری و تعمیرات

- دفترچه راهنمای نگهداری و تعمیرات، باید رویکردهای صحیح تنظیم، سرویس‌دهی، بازرسی پیشگیرانه و تعمیرات را به طور مفصل شرح دهد. پیشنهاداتی پیرامون ثبت سرویس‌دهی و نگهداری، باید بخشی از کتابچه نگهداری باشد. چنانچه

ابزارهای اعتبارسنجی مانند برنامه‌های تست نرم‌افزار جهت عملیات صحیح ارائه شوند، کاربرد آنها باید به طور کامل تشریح شود. همچنین دفترچه راهنما باید دستورالعمل‌های واضح، قانونی و کاملی را برای حداقل موارد زیر ارائه دهد:

(الف) دستورالعمل‌هایی جهت روشن و خاموش کردن سیستم برق پیل سوختی: این دستورالعمل‌ها باید به طور تصویری تمامی اجزاء را جانمایی و تشریح کنند.

(ب) مشخصه‌های مربوط به تعداد دفعات تعویض فیلتر یا تمیزکاری و نوع و اندازه فیلتر جهت تعویض، باید ارائه گردد. این دستورالعمل‌ها باید مسیرهای حذف یا تعویض فیلترها را در برداشته باشد و به طور تصویری تمامی اجزاء ارائه شده توسط سازنده را تشریح و جانمایی کند (تا در هنگام حذف یا تعویض فیلترها به آن مراجعه شود).

(ج) دستورالعمل‌هایی جهت آگاه کردن کاربران نسبت به هر جزء الکتریکی که ممکن است بعد از خاموشی، ولتاژ یا توان در آنها باقی بماند و اینکه چگونه ولتاژ یا توان به طور صحیح به حد ایمن برسد.

(د) روش‌های پیشنهادی جهت تمیزکاری دوره‌ای قطعات ضروری.

(ه) دستورالعمل‌هایی جهت روغنکاری قطعات متحرک که این شامل نوع، درجه و مقدار روغن باشد.

(و) دستورالعمل‌هایی جهت بررسی نصب سیستم برق پیل سوختی جهت تعیین موارد زیر:

۱- همه دریچه‌های ورودی و خروجی به صورت کامل باز باشند.

۲- نشانه‌های واضحی از افت عملکرد فیزیکی سیستم برق پیل سوختی یا پشتیبان آن (پایه، چهارچوب، قفسه و غیره) وجود نداشته باشد.

(ز) بررسی دوره‌ای سیستم تهویه، تشخیص گاز و قطعات عملیاتی مربوطه.

(ح) لیستی از قطعات جایگزینی، از جمله اطلاعات مورد نیاز جهت مرتب سازی قطعات یدکی یا قطعات جایگزینی.

(ط) روش‌هایی که منطقه اطراف سیستم پیل سوختی، تمیز و عاری از مواد قابل احتراق، گازوئیل و سایر بخارات و مایعات اشتعال‌زا نگه داشته شوند.

(ی) متن "اگر قطعه‌ای در زیر آب است، از این سیستم برق پیل سوختی استفاده نکنید. باید جهت بازرسی پیل سوختی و جایگزینی هر قطعه عملیاتی که در زیر آب بوده است، فوراً با یک شرکت سرویس‌دهی ماهر تماس گرفت".

(ک) دستورالعمل و برنامه زمانبندی جهت رسوب‌زدایی.

(ل) دفترچه راهنمای نگهداری باید یک لیستی از فعالیت‌های نگهداری روتین و منظم را که قرار است بر روی قطعات سیستم برق پیل سوختی انجام شود ارائه کند و لزوم و کمینه تعداد این بررسی‌ها را مشخص کند. دفترچه راهنمای نگهداری، باید بازرسی دوره‌ای سیستم برق پیل سوختی را که باید توسط بازرسان ماهر انجام شود مشخص کند.

۶-۱۷- عملکرد

۶-۱۷-۱- الزامات کلی

یک نمونه شاخص از محصول باید جهت تطابق با این استاندارد بررسی شود. هر طرح جدید باید در معرض آزمایش‌های نوعی قرار بگیرد. اجزاء سازنده سیستم، که قبلاً اعتبارسنجی شده‌اند، چنانچه در محدوده الزاماتشان به کار گرفته شوند، نیازی به آزمون مجدد ندارند. آزمون‌های نوعی باید در محیط آزمایشی شبیه‌ساز عملیات (همان نوع) پیل سوختی اجرا شود تا شرایط عملیاتی مورد نیاز حاصل گردد. به علاوه در محیط آزمایشی که برای آزمون‌های نوعی طراحی می‌شود، واسط‌ها باید مطابق با حدود کاربرد طراحی شده برای سیستم برق پیل سوختی ارائه شوند. آزمون‌های نوعی تحت شرایط غیرعادی می‌توانند مخرب باشند. پیشنهاد می‌شود که آزمون‌های نوعی به ترتیب زیر انجام شود.

۶-۱۷-۱-۱- پارامترهای عملیاتی برای آزمون

شرایط آزمون باید با توجه به نامطلوبترین مجموعه از مشخصه‌های عملیاتی سازندگان و نیز پارامترهایی که در ادامه آمده است، تنظیم شود.

شرایط آزمایش:

الف) ولتاژ منبع،

ب) فرکانس منبع،

ج) مکان فیزیکی تجهیز و موقعیت قطعات متحرک،

د) حالت عملیاتی و

ه) تنظیم ترموستات، ابزارهای تنظیم یا کنترل‌های مشابه در مناطق انتهایی دسترسی کاربر به دو صورت قابل تنظیم بدون استفاده از ابزار و قابل تنظیم با استفاده از ابزاری مانند یک کلید یا ابزاری که برای کاربر در نظر گرفته شده، می‌باشد. به جز مواردی که در بندهای خاص اشاره شده است، اندازه‌گیری‌ها باید با بیشینه عدم قطعیت (که در ادامه اشاره می‌شود) انجام شود:

الف) فشار اتمسفر (بار یا فوت)،

ب) محفظه احتراق و فشار سیال آزمایش،

ج) فشار گاز،

د) کمبود فشار سمت آب،

ه) نرخ آب،

و) نرخ گاز،

(ز) نرخ هوا،

(ح) زمان (بر حسب ساعت) برای زمان‌سنجی احتراق و سایر زمان‌سنجی‌ها،

(ط) عملکرد/انرژی الکتریکی کمکی،

(ی) دما محیط، آب، محصولات قابل احتراق، گاز سوختی و سطح (بر حسب سانتیگراد)،

(ک) مقدار CO و O جهت محاسبه نقصان سیال،

(ل) میزان گرمای گاز،

(م) چگالی گاز،

(ن) جرم (بر حسب کیلوگرم)،

(س) گشتاور (بر حسب نیوتن متر)،

(ع) نیرو بر حسب نیوتن،

(ف) جریان (بر حسب آمپر)،

(ص) ولتاژ (بر حسب ولت) و

(ق) توان الکتریکی بر (حسب وات و کیلووات).

محدوده کاملی از دستگاه‌های اندازه‌گیری معرفی می‌گردند، بطوریکه برای بیشینه مقادیر پیش‌بینی شده نیز مناسب باشند.

جهت تعیین نرخ نشت، ابزاری به کار می‌رود که سطح دقت آن به گونه‌ای است که خطای تعیین نشت آن از دو درصد اندازه مرتبط بر حسب ساعت بیشتر نشود. عدم قطعیت اندازه‌گیری مذکور، به اندازه‌گیری‌های منفرد وابسته‌اند. در اندازه‌گیری‌هایی که به مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌های منفرد نیاز دارند به عنوان مثال، اندازه‌گیری‌های مربوط به راندمان، برای محدود نمودن عدم قطعیت کلی، ممکن است نیاز به عدم قطعیت‌های پایین‌تر در اندازه‌گیری‌های منفرد باشد. ولتاژهای عملیاتی، توسط متخصصان سازنده تعریف می‌شوند.

۶-۱۷-۲- سوخت‌های آزمایشی

آزمایش‌های بیان شده در این بخش باید برای یک سیستم برق پیل سوختی که از گاز طبیعی استفاده می‌کند، انجام شود. این آزمایش‌ها به کمک گازی انجام می‌شود که ترکیب و کمینه و بیشینه فشار منابع این گازها مطابق با گاز طبیعی موجود در بازار است.

آزمایش‌های بیان شده در این بخش باید برای سیستم برق پیل سوختی که از گاز مایع پروپان HD-5 استفاده می‌کند، انجام شود. این آزمایش‌ها به کمک گازی انجام می‌شود که ترکیب و فشار منابع این گازها مطابق با گاز مایع پروپان HD-5 موجود (کمینه و بیشینه فشار گازی مورد انتظار) است.

آزمایش‌های زیر باید با گاز مورد استفاده انجام شوند:

- مشخصه‌های عملیاتی شعله؛

- احتراق موثر؛

- احتراق (اختلاف ولتاژ)؛

- تداوم برقراری جرقه/ و سیکل مجدد؛

- کاهش شعله پیلوت؛

- احتراق تاخیردار؛

یک سیستم برق پیل سوختی که از نوع دیگری از سوخت‌ها استفاده می‌کند، باید از سوخت‌های آزمایشی که دارای ترکیب و مشخصه‌های منبع (که نماینده سوخت‌های مربوطه هستند) استفاده کند.

۶-۱۷-۲-۱- تنظیمات مربوط به آزمون پایه

هنگام انجام آزمایش‌ها، کل سیستم سوختی (از جمله فیلترهای هوا، ابزارهای شروع، سیستم‌های خروجی هوا و تهویه و همه تجهیزات مرتبط) باید نصب گردند و کارکردشان مطابق با دستورالعمل‌های تولید کننده باشد.

(الف) فشار منبع ورودی، مطابق بخش سوخت‌های آزمایشی باشد.

(ب) در ۵ درصد از ولتاژ و فرکانس نسبی و در ۱۰ درصد از خروجی توان نسبی (مطابق آنچه که تولید کننده تعیین کرده است) باشد.

(ج) در شرایط کارکرد نسبی، دارای ۵ درصد از مصرف سوخت نسبی باشد.

(د) دما و فشار محیط به گونه‌ای باشد که نتایج آزمون را خراب نکند.

(ه) آزمون باید زمانی آغاز شود که اجزاء سیستم برق پیل سوختی در دمای تعادل قرار داشته باشند.

۶-۱۷-۲-۲- آزمون‌های استحکام

نکته: کدگذاری لوله‌کشی خانگی (ASME B31) نیاز به آزمون سیستم‌هایی دارد که حاوی مایعات خطرناک هستند. در بخش‌های مختلف ASME B31، از بخارات در فشار بالاتر از ۱۵ psi مایعات قابل اشتعال، سمی یا آسیب زنده به بافت انسانی، با عنوان مایعات خطرناک یاد شده است.

هر قطعه فهرست شده یا مشابه که در رتبه‌بندی فشار، پایین‌تر از فشار طراحی سیستم قرار نمی‌گیرد؛ باید مطابق با الزامات این بخش در نظر گرفته شود.

۶-۱۷-۲-۲-۱-آزمون استحکام پنوماتیک

بخش‌هایی از سیستم برق پیل سوختی که تحت تاثیر این آزمون قرار دارند، نباید هنگامی که به کمک گازها یا بخارات مناسب از قبیل گازهای عملکردی مناسب، هوای خشک تمیز، یا گاز بی اثر مطابق تعریف تولید کننده؛ آزمایش می‌شوند، دچار از هم گسیختگی، شکستگی یا تغییر شکل و یا سایر نشانه‌های حاکی از آسیب‌های فیزیکی شوند.

پیش از انجام این تست، باید مشخص شود که کدام قطعات در طول شرایط کارکرد عادی سیستم برق پیل سوختی، تحت تاثیر فشار داخلی مشابه قرار دارند. این قطعات باید به تنهایی آزمایش شوند، سپس باید به طور مجزا تحت فشار قرار گیرند و در صورت لزوم به کمک ابزارهای مناسب از سیستم برق پیل سوختی جدا شوند.

یک سیستم تولید فشار مناسب که قادر به تامین گاز برای فشار مورد نیاز آزمایش است؛ باید با ورودی بخش آزمایش مرتبط باشد. برای همه قطعات عملکردی، یک موقعیت باز فرض می‌شود، طوری که فشار مورد نیاز آزمون بر روی همه قطعات بخش آزمون اعمال شود.

گاز، باید به تدریج به بخش آزمایش وارد شود طوری که فشار نسبی یکنواخت، به تدریج طی مدت یک دقیقه بدست آید. این فشار را باید حداقل برای مدت یک دقیقه یا در صورت امکان بیشتر نگه داشت. باید در این مدت زمان، فشار تا حد فشار طراحی و سیستم مورد انتظار کاهش یابد.

۶-۱۷-۲-۲-۲-آزمون استحکام هیدرواستاتیک

بخش‌هایی از سیستم برق پیل سوختی که تحت تاثیر این آزمون قرار دارند، نباید هنگامی که به کمک مایع آزمون مناسب آزمایش می‌شوند، دچار از هم گسیختگی، شکستگی یا تغییر شکل و سایر نشانه‌های حاکی از آسیب‌های فیزیکی شوند. سیال آزمایش باید همان مایع طراحی باشد.

اگر تولید کننده به این نتیجه برسد که انجام آزمایش به کمک مایع طراحی غیر عملی است، باید از آب به عنوان مایع طراحی استفاده کرد. اگر در سیستم لوله‌کشی امکان آسیب‌دیدگی ناشی از فریز شدن یا اثرات معکوس آب وجود داشته باشد، می‌توان مایع غیر سمی مناسب دیگری را جایگزین کرد. اگر مایع قابل اشتعال باشد، نقطه اشتعال آن باید حداقل 50°C (۱۲۲) باشد، همچنین ملاحظات زیر باید نسبت به محیط آزمایش داشت.

پیش از انجام این تست، باید مشخص شود که کدام قطعات در طول شرایط کارکرد عادی سیستم برق پیل سوختی، تحت تاثیر فشار داخلی مشابه قرار دارند. این قطعات باید یک بخش آزمایش منفرد را در برگیرند، سپس باید به طور مجزا تحت فشار قرار گیرند و در صورت لزوم به کمک ابزارهای مناسب از سیستم برق پیل سوختی جدا شوند.

ابزارهای آزمایش باید با مایع پر شوند و با یک سیستم هیدرولیک مناسب که دارای ابزار اندازه‌گیری فشار، جهت حفظ فشار مورد نیاز آزمایش می‌باشد مرتبط باشند. در مدت پر شدن مایع، باید مراقب خروج هوا در بخش آزمایش بود.

فشار آزمایش را باید به تدریج زیاد کرد طوری که یک فشار معیار یکنواخت بدست آید. باید حداقل به مدت یک دقیقه این فشار را حفظ کرد.

۶-۱۷-۲-۳-آزمون‌های نشت

رویکردهای این بخش باید دو مرتبه اجرا شوند: پیش و پس از اجرای تمامی آزمون‌های غیر تخریبی مشخص شده بخش آزمون عملیات عادی و بخش آزمون‌های بادی. نکته: کد گذاری لوله کشی خانگی (ASME B31) نیاز به آزمون سیستم‌هایی دارد که حاوی مایعات خطرناک هستند. در بخش‌های مختلف ASME B31، بخارات، گازها و مایعات قابل اشتعال، سمی یا آسیب زننده به بافت انسانی به عنوان مایعات و گازهای خطرناک تعریف می‌شوند.

۶-۱۷-۲-۳-۱-آزمون‌های نشت پنوماتیک

سیستم پیل سوختی که آزمایش آن از طریق گازها و بخارات مناسبی انجام شود که با شرایط مورد انتظار در طول عملیات و خاموشی مرتبط است؛ نباید بیش از حد مشخص شده نشت داشته باشد. پیش از انجام این آزمون، باید مشخص شود که کدام یک از اجزاء تحت تاثیر فشار داخلی مشابه در طول کارکرد عادی سیستم برق پیل سوختی قرار دارند. این اجزاء باید تحت آزمون منفرد قرار گیرند، سپس باید به طور مجزا تحت فشار قرار گیرند و در صورت لزوم به کمک ابزارهای مناسب از سیستم برق پیل سوختی جدا شوند. یک سیستم مناسب تولید فشار که قادر به تامین گازی در فشار آزمون مورد نیاز است و یک ابزار مناسب جهت اندازه‌گیری جریان که قادر به اندازه‌گیری میزان نشت می‌باشد، باید با ورودی بخش آزمایش مرتبط باشد. جهت ایجاد فشار در ابزار اندازه‌گیری جریان، این ابزار باید در بین سیستم تولید فشار و بخش آزمایش قرار بگیرد. تمامی قطعات عملکردی باید در موقعیت باز در نظر گرفته شوند، طوری که آزمون فشار مورد نظر بر تمامی قطعات بخش آزمایش اعمال گردد. گاز باید به تدریج به بخش آزمون داده شوند طوری که یک فشار مقیاس یکنواخت نیست، به تدریج در تقریباً یک دقیقه بدست می‌آید. در حین بروز نشت، باید این فشار را حداقل یک دقیقه و در صورت امکان، بیشتر نگه داشت. بروز نشت، به کمک ابزار اندازه‌گیری جریان بدست می‌آید.

با توجه به آزمون انجام شده باید به موارد زیر توجه شود:

• "بدون نشت"؛ که در هنگام به کارگیری مایع تشخیص نشت مجاز صنعتی با کمک حباب‌های غیر قابل دیدن تعریف می‌گردد.

• همانطور که در روش آزمون ۱ تعریف شده است.

• همانطور که در روش آزمون ۲ تعریف شده است.

• همانطور که در بخش آزمون نشت سیستم تهویه تعریف شده است.

روش آزمون ۱

اگر برای جبران نشت سوخت از تهویه طبیعی استفاده شود، نشت مجاز باید به کمک یک ابزار آشکارساز گاز تعیین شده و در حدی باشد که غلظت گاز در آن محدوده از ۲۵ درصد حد قابلیت اشتعال پایین در منطقه‌ای که مطابق بخش حفاظت در مقابل مخاطرات انفجار یا آتش طبقه‌بندی نشده است، بیشتر نشود.

اگر برای جبران نشت سوخت از تهویه مکانیکی استفاده شود، نرخ نشت قابل قبول توسط فرمول زیر تعیین می‌شود:

$$L = 0.01 \times (V/R) \quad (۲-۶)$$

که در آن L نرخ نشت مجاز بر حسب متر مکعب بر ساعت برای هر بخش یا به ترتیب برای همه قطعات می‌باشد.

$$R = (TGSG/FGSG)1/2 \quad (۳-۶)$$

که در آن $TGSG$ ، چگالی نسبی گاز آزمون و $FGSG$ ، چگالی نسبی گاز سوخت است.

یا

$$R = (\mu_{test}/\mu_{fuel}) \quad (۴-۶)$$

که در آن، μ_{test} ، ویسکوزیته مطلق گاز آزمایش و μ_{fuel} ویسکوزیته مطلق گاز سوختی است.

نکته: مقدار R (که نرخ نشت گاز مجاز را نتیجه می‌دهد) را باید گزارش کرد. V حداقل نرخ تهویه بر حسب متر مکعب هوا بر ساعت است.

هنگامی که از گاز سوختی با کمتر از ۱۰ درصد قابلیت اشتعال استفاده شود، باید از یک فاکتور همبستگی نیز استفاده کرد.

$$L = 0.01 \times (V/R) \times (1/C) \quad (۵-۶)$$

که در آن، C غلظت مواد اشتعال‌زا است.

۶-۱۷-۲-۳-۲- آزمون نشت هیدرواستاتیک

بخش‌هایی از سیستم برق پیل سوختی که مرتبط به این آزمایش هستند، نباید به سمت بیرون نشت داشته باشند. سیال آزمایش، باید مایع طراحی باشد. اگر از نظر تولید کننده آزمایش با مایع طراحی غیرعملی باشد، آنگاه آب را به عنوان مایع آزمایش در نظر می‌گیرند. اگر در سیستم لوله‌کشی، به دلیل یخ زدگی یا اثرات مختلف آب امکان آسیب وجود داشته باشد، مایع غیر سمی دیگری را باید به کار برد. اگر مایع قابل اشتعال باشد، نقطه فلش آن باید در حداقل ۵۰ درجه سانتی‌گراد باشد و باید ملاحظات نسبت به محیط آزمایش اعمال شود.

تمامی سطوح خارجی اجزاء انتقال دهنده مایعات، باید جهت بررسی نشت قابل مشاهده باشند. اگر اجزاء خاصی در محدوده دید نباشد، باید جهت اطلاع پیدا کردن و مسیریابی نشت (تا جایی که قابلیت مشاهده باشد) اقداماتی را لحاظ کرد. اگر امکان مسیریابی نشت وجود نداشته باشد، آنگاه یک ابزار بررسی نشت جایگزین توسط تولید کننده ارائه گردد. پیش از انجام این آزمون، باید مشخص شود که کدام یک از اجزاء انتقال دهنده مایع تحت تاثیر فشار داخلی مشابه در طول عملیات عادی سیستم برق پیل سوختی قرار دارند. این اجزاء باید یک بخش آزمون منفرد را در برگیرند، سپس باید به طور مجزا تحت فشار قرار گیرند و در صورت لزوم به کمک ابزارهای مناسب از سیستم برق پیل سوختی جدا شوند. ابزارهای آزمایش باید با متوسط مایع پر شوند و با یک سیستم هیدرولیک مناسب (که دارای ابزار اندازه گیری فشار، جهت حفظ فشار مورد نیاز آزمایش می باشند) مرتبط باشند. در مدت پر شدن مایع، باید مراقب بیرون دادن هوا در بخش آزمایش بود.

فشار آزمایش را باید به تدریج زیاد کرد تا جایی که به یک فشار معیار یکنواخت برسد. جهت تکمیل بررسی نشت، این فشار باید ۱۰ دقیقه و در صورت امکان، بیشتر از این زمان ادامه داشته باشد تا جایی که بتوان تمام سطوح خارجی سیستم را بررسی کرد. اگر از یک سیستم مسیریابی نشت استفاده شود، فشار نشت را باید حداقل ۳ ساعت حفظ کرد. معیار قبولی این است که اجازه نشت هیچ مایعی داده نشود. هر نشانه‌ای که بیانگر وجود نشت باشد، منجر به شکست آزمون می شود.

۶-۱۷-۲-۴- آزمون نوع کارکرد عادی

اعتبار مقادیر ارائه شده به صورت پلاک نام^۱ را بررسی می کند.

۶-۱۷-۲-۵- آزمون بار اضافی الکتریکی

سیستم پیل سوختی باید در مقابل بار اضافی الکتریکی مقاومت داشته باشد. چنانچه تولید کننده یک جریان خروجی بزرگتر از جریان اسمی را برای یک دوره خاص مجاز بداند، سیستم پیل سوختی باید از لحاظ گرمایی در مقابل جریان اسمی پایداری داشته باشد. سپس جریان خروجی تا مقدار تعریف شده افزایش یابد و برای مدت تعریف شده در این مقدار ثابت بماند (این دو مقدار توسط سازنده تعریف شده است).

نباید هیچ گونه شعله، خطر ناشی از شوک، گسیختگی، شکستگی، تغییر شکل های دائمی یا سایر آسیب های فیزیکی برای سیستم اتفاق بیفتد.

اگر تولید کننده جریان بالاتر را مجاز نداند، تست را نباید انجام داد.

^۱ nameplate

۶-۱۷-۲-۶- پارامترهای مربوط به خاموش شدن

جهت خاموشی خودکار سیستم‌های مناسب با سیستم برق پیل سوختی، در شرایط غیرعادی ناشی از خطرهای اشاره شده در بخش استراتژی کلی ایمنی، باید ابزارهایی را ارائه کرد. با کمک رویکرد آزمایش شبیه‌سازی شده یا مدارک پشتیبانی ارائه شده توسط سازنده (که هر یک تایید کننده واکنش‌های موردنیاز آینده هستند)، می‌توان در هر شرایط غیرعادی با این زیربند تطابق پیدا کرد.

۶-۱۷-۲-۷- انتشار مونواکسید کربن

آزمایش‌های زیر در کمترین و بیشترین فشار منبع اجرا می‌شوند. این آزمون‌ها در کمترین و بیشترین طول خروجی هوا یا فشار برگشتی ناشی از طول خروجی هوا انجام می‌شود. مطابق با آزمون‌های خروجی خروجی هوا مسدود شده و منبع هوای مسدود شده میزان مونواکسید کربن منتشر شده در یک نمونه بی‌هوازی پساب‌های خروجی سیستم برق پیل سوختی، نباید از ۳۰۰ ppm بیشتر باشد.

۶-۱۷-۲-۱- شرایط عادی

این آزمون هم برای واحدهای ورودی و هم برای واحدهای خروجی کاربرد دارد. مونواکسید کربن منتشر شده از طریق خروجی محدود نشده سیستم برق پیل سوختی بررسی می‌شود. سیستم برق پیل سوختی باید در ولتاژ عادی و نرخ خروجی سوخت اسمی به مدت حداقل ۱۵ دقیقه عمل کند. سپس پساب تجزیه و تحلیل شود. اگر در این شرایط احتمال احتراق وجود داشته باشد، این آزمون در حالت ورود کمینه گرمای مجاز توسط کنترل کننده‌ها تکرار می‌گردد.

۶-۱۷-۲-۲- خروجی هوای مسدود شده

این آزمون برای سیستم‌های داخلی (زیر سقف) که از تهویه استفاده می‌کنند، کاربرد دارد. مونواکسید کربن منتشر شده از خروجی سیستم برق پیل سوختی باید تا زمانی که به طور کامل تمام شود، بررسی گردد. سیستم برق پیل سوختی باید در نرخ ورود سوخت اسمی به مدت حداقل ۱۵ دقیقه فعالیت کند. هنگامی که سیستم برق پیل سوختی برای خاموش کردن خودکار منبع سوخت اصلی (تحت شرایط خروجی مسدود شده) از یک کنترل کننده استفاده کند، ناحیه مربوط به خروجی هوا باید به تدریج تا رسیدن به پایین‌ترین مقدار کاهش یابد.

۶-۱۷-۲-۳- منبع هوای مسدود شده

این آزمون برای سیستم‌های خارجی (بیرون از سقف) که از تهویه غیر متعارف استفاده می‌کنند، کاربرد دارد. هوا از طریق یک لوله اختصاصی از محیط خارج می‌آید و متعاقباً به سمت سیستم برق پیل سوختی با هدف تامین هوای فرایند

هدایت می‌شود. سیستم برق پیل سوختی باید حداقل ۱۵ دقیقه در فشار آزمایشی ورود عادی هوا فعالیت داشته باشد. هنگامی که سیستم برق پیل سوختی، جهت خاموش کردن خودکار منبع گاز اصلی تحت شرایط مکش هوای مسدود شده از یک کنترل کننده استفاده می‌کند، ناحیه مکش هوا باید به تدریج تا پایین‌ترین حد کاهش یابد.

۶-۱۷-۲-۴- اختلاف ولتاژ

از این آزمون برای سیستم‌های خارجی (بیرون از سقف) و داخلی استفاده می‌شود. این آزمون بر روی سیستم‌های برق پیل سوختی انجام می‌شود که یک فن مکانیکی برای تهویه هوا دارند. عملیات سیستم برق پیل سوختی باید در وضعیت پایدار باشد تا پس از آن، آزمون زیر بر روی آن انجام شود. سرعت فن (یا به کمک کاهش ولتاژ موتور فن و یا به طریق تنظیم درایو فرکانس متغیر موتور فن) باید به تدریج تا ۸۵ درصد کاهش یابد.

۶-۱۷-۲-۸- آزمون‌های مربوط به مشخصات عملکرد مشعل

رویکردهای بیان شده در این زیربخش برای سیستم‌های برق پیل سوختی قابل کاربرد است که مجهز به یک مشعل می‌باشند و باید در طول مدت روشن شدن مشعل و شرایط کارکرد پایدار زیر، اجرا شوند:

الف) در فشارهای آزمون و با استفاده از گازهای آزمون تعریف شده در بخش سوخت‌های آزمون اجرا شوند.

ب) در صورت مغایرت با فشارهای ذکر شده در آزمون‌های مشخصه عملکرد مشعل (بخش حداقل و حداکثر فشارهای منبع سوختی) که توسط سازنده تعیین می‌گردد؛ اجرا شوند.

ج) هنگامی که عملیات در ۸۵ درصد و ۱۱۰ درصد از ولتاژ ورودی اسمی قرار دارد. چنانچه در این محدوده حفاظت در برابر اختلاف ولتاژ وجود دارد، سیستم باید در محدوده خاصی آزمون شود. به علاوه، حفاظت در برابر اختلاف ولتاژ نیز تایید شود.

۶-۱۷-۲-۸-۱- آزمون کلی

این آزمون، در حداقل و حداکثر طول لوله خروجی هوا یا حداقل و حداکثر فشار بازگشتی (ناشی از طول لوله خروجی هوا) انجام می‌شود. سیستم احتراق خودکار باید بلافاصله پس از رسیدن سوخت به درگاه‌های مشعل، بر احتراق سوخت مشعل تاثیر بگذارد.

شمعک متناوب هنگامی که گاز سوختی مشعل در حالت ON یا OFF قرار دارد، نباید خاموش شود. در شمعک نوع منقطع یا متناوب، چنانچه سوخت مشعل در حالت OFF باشد، نباید این الزام به کار رود. در طول آزمون، موارد زیر باید تایید شوند:

الف) سوخت مشعل باید به طور موثر؛ بدون تاخیر در احتراق، برگشت شعله، نویز اضافی یا آسیب تجهیز(روشن شود.

- (ب) شعله‌های مشعل بدون برگشت شعله و نويز اضافی خاموش شوند.
- (ج) شعله‌ها ناشی از برگشت شعله، به خارج از محفظه احتراق کشیده نشود.
- (د) مشعل نباید کربن بر جای بگذارد.
- (ه) در دریچه هوای اولیه مشعل، نباید برگشت به عقب یا فرار گاز اتفاق بیفتد.

۶-۱۷-۲-۸-۲- آزمون حد

این آزمون بدون ایجاد تغییر در تنظیمات مشعل و مشعل احتراق انجام می‌شود. فشار ورودی سوخت، مطابق فشار درج شده در پلاک اسم است. آزمون در حداقل و حداکثر طول لوله خروجی هوا یا حداقل و حداکثر فشار برگشتی (ناشی از طول لوله خروجی هوا) انجام می‌شود. تحت این شرایط، ایمن بودن کارکرد مشعل و مجاز بودن مقدار گازهای خروجی مشعل بررسی می‌گردد. اگر احتراق تحت این شرایط امکان‌پذیر باشد، این آزمایش در کمینه ورود گرما که کنترل‌کننده‌ها آن را مجاز می‌دانند اجرا می‌گردد.

۶-۱۷-۲-۹- کنترل خودکار مشعل‌ها و راکتورهای اکسیداسیون کاتالیتیک

رویکردهای این زیربخش با شروع به کار قطعاتی ارتباط دارند که یک واکنش اکسیداسیون کنترل شده به عنوان مثال، احتراق (روشن شدن مشعل)، احتراق کاتالیتیک و اکسیداسیون جزئی کاتالیک را در بر می‌گیرند. تولیدکننده ممکن است آزمون‌های احتراق بخش دوره استقرار شعله و احتراق تاخیردار را به جای اجرا بر روی یک واحد ساخته شده کامل، بر روی زیرمونتاز (که تمامی قطعات تاثیرگذار بر نتایج آزمون را در بر دارد) یک سیستم برق پیل سوختی اجرا کند.

۶-۱۷-۲-۹-۱- مشعل‌های کنترل احتراق خودکار

کنترل احتراق خودکار مشعل‌های سیستم برق پیل سوختی باید مطابق با آزمون‌های زیر تست شوند.

الف) احتراق موثر: این آزمون، در حداقل و حداکثر طول لوله خروجی هوا یا حداقل و حداکثر فشار بازگشتی (ناشی از طول لوله خروجی هوا) انجام می‌شود.

فندک باید مشعل اصلی را بلافاصله پس از آنکه سوخت به درگاه‌های مشعل برسد، روشن کند. زمانی که یک سیستم برق پیل سوختی در ولتاژ اسمی نگه داشته شده است، فندک باید روشن شده و احتراق قابل مشاهده باشد. شعله‌ها نباید به خارج از سیستم برق پیل سوختی پرتاب شوند و یا آسیبی برای سیستم برق پیل سوختی وجود داشته باشد. بلافاصله پس از رسیدن سوخت به درگاه‌های مشعل اصلی، در هر احتراق سه اقدام احتراقی باید اتفاق بیفتند.

ب) احتراق: این آزمون، در حداقل و حداکثر طول لوله خروجی هوا یا حداقل و حداکثر فشار بازگشتی ناشی از طول لوله خروجی هوا انجام می‌شود.

ج) کمبود ولتاژ: ولتاژ سیستم برق پیل سوختی باید تا ۸۵ درصدی ولتاژ اسمی تنظیم شود. اگر سیستم برق پیل سوختی به حفاظت اختلاف ولتاژ مجهز باشد، ولتاژ تا پایین‌ترین ولتاژی که این ابزار حفاظتی اجازه می‌دهد، قابل تنظیم است (اما نه کمتر از ۸۵ درصد از ولتاژ اسمی). تحت این شرایط، فندک چهار ثانیه پس از رسیدن سوخت به درگاه‌های مشعل باید سوخت مشعل اصلی را روشن کند. شعله‌ها نباید به خارج از سیستم برق پیل سوختی پرتاب شوند و همچنین نباید هیچ آسیبی به سیستم برق پیل سوختی وارد شود. در هر احتراق، چند اقدام احتراقی کارآمد باید در زمان طرح‌ریزی شده اتفاق بیفتند.

به منظور تحقق اهداف این آزمون، باید جهت محدود کردن زمان کلی روشن بودن جریان گاز، از زمان قفل مشخص شده توسط تولید کننده کنترل کننده، استفاده کرد.

د) اضافه ولتاژ: ولتاژ سیستم برق پیل سوختی باید تا ۱۱۰٪ ولتاژ اسمی تنظیم شود. چنانچه سیستم برق پیل سوختی حفاظت اختلاف ولتاژ داشته باشد، ولتاژ حداکثر تا ۱۱۰ درصد ولتاژ اسمی قابل تنظیم است. تحت این شرایط، فندک چهار ثانیه پس از رسیدن سوخت به درگاه‌های مشعل باید سوخت مشعل اصلی را روشن کند. شعله‌ها نباید به خارج از سیستم برق پیل سوختی پرتاب شوند و همچنین نباید هیچ آسیبی به سیستم برق پیل سوختی وارد شود. در هر احتراق، چند اقدام احتراقی کارآمد باید در زمان طرح‌ریزی شده اتفاق بیفتند.

به منظور تحقق اهداف این آزمون و جهت محدود کردن زمان کلی وصل بودن جریان گاز می‌توان از زمان قفل مشخص شده توسط تولید کننده کنترل کننده، استفاده کرد.

۶-۱۷-۲-۹-۲- دوره زمانی

دوره زمانی ایجاد شعله هنگامی که سیستم برق پیل سوختی مطابق بخش تنظیمات آزمون پایه فعالیت می‌کند، باید بررسی شود. مطابق بخش حفاظت در برابر مخاطرات ناشی از انفجار یا آتش در مشعل‌ها، زمان انرژی گرفتن جریان سوخت اصلی تا زمان مشاهده شعله مشعل یا ابزار احتراق، نباید از زمان شروع قفل شدن بیشتر شود.

۶-۱۷-۲-۹-۳- زمان قفل شدن خرابی شعله

سیستم برق پیل سوختی باید تا زمان برقراری تعادل گرمایی، با نرخ مصرف سوخت اسمی خود فعالیت کند. زمان قفل شدن خرابی شعله، عبارت است از زمان بین لحظه خاموشی شمعک (در صورت وجود) و مشعل اصلی (که بدلیل خاموشی سوخت اتفاق افتاده است) و لحظه توقف بدلیل واکنش ابزار ایمنی (بعد از اینکه دریافت سوخت مجدداً امکان‌پذیر می‌شود). ابزار ایمنی باید مجدداً به تمامی شیرهای ایمنی خاموشی سوخت (شیر اطمینان) در مدت زمان قفل شدن خرابی شعله توان بدهد. با یک مشعل شعله‌ور، خرابی شعله از طریق قطع ارتباط آشکارساز شعله شبیه‌سازی می‌شود و زمان بین این لحظه و لحظه‌ای که ابزار نظارت شعله به طور موثری منبع سوخت را خاموش می‌کند، اندازه‌گیری می‌شود. جهت تحقق اهداف این تحقیق، باید از حداکثر زمان قفل شدن خرابی شعله که توسط سازنده تعیین می‌گردد استفاده کرد.

۶-۱۷-۲-۹-۴- ترمیم جرقه/سیکل مجدد

به کمک یک سیستم احتراق چرخه مجدد، زمان چرخه مجدد باید با سیستم برق پیل سوختی که در نرخ مصرف سوخت اسمی تنظیم شده است، بررسی گردد. زمان چرخه مجدد، دوره زمانی بین زمان خاموشی منبع سوختی و فعال شدن مجدد فندک است. موقعی که تجدید جرقه اتفاق می‌افتد، باید اطمینان یافت که فندک بعد از خرابی شعله به طور موثری سوخت را در زمان استقرار شعله روشن کرده است.

شعله‌ها نباید به خارج از سیستم برق پیل سوختی پرتاب شوند و یا آسیبی برای سیستم برق پیل سوختی وجود داشته باشد. با شعله‌ور شدن مشعل، خرابی شعله را می‌توان به کمک انقطاع آشکارساز شعله شبیه‌سازی کرد. مدت زمان بین خاموشی شعله تا زمانی که آشکارساز شعله جریان سوخت را قطع می‌کند، همچنین زمان بین لحظه توقف جریان سوخت و زمان فعالیت مجدد فندک، باید در نظر گرفته شود. جهت حصول نتایج این آزمون، باید از بیشینه زمان قفل شدن خرابی شعله و سیستم زمان چرخه مجدد که توسط سازنده تعیین می‌گردد؛ استفاده نمود.

۶-۱۷-۲-۹-۵- کاهش شعله شمعک

این آزمون، در حداقل و حداکثر طول لوله خروجی هوا یا حداقل و حداکثر فشار بازگشتی ناشی از طول لوله خروجی هوا انجام می‌شود.

هنگامی که منبع سوخت شمعک به مقدار کافی جهت باز نگه داشتن شیر اطمینان، یا مقداری بالاتر از نقطه خاموشی شعله، که هر یک بیانگر نرخ بالاتر سوخت شمعک هستند؛ کاهش می‌یابد، شمعک باید بر احتراق موثر سوخت در مشعل تاثیرگذار باشد. جهت حصول نتایج این آزمون، باید از بیشینه زمان قفل شدن خرابی شعله که توسط سازنده تعیین می‌گردد؛ استفاده کرد. این آزمون باید هم پس از شروع سرد و هم بلافاصله بعد از خاموشی سیستم برق پیل سوختی پس از شرایط تعادل، مقداردهی اولیه شود.

۶-۱۷-۲-۹-۶- احتراق تاخیردار

این آزمون، در حداقل و حداکثر طول لوله خروجی هوا یا حداقل و حداکثر فشار بازگشتی ناشی از طول لوله خروجی هوا انجام می‌شود.

برای سیستم برق پیل سوختی که از فندک جهت احتراق مستقیم مشعل اصلی استفاده می‌کند، تاخیر در احتراق سوخت نباید منجر به برگشت شعله به خارج از سیستم برق پیل سوختی یا هرگونه آسیبی به سیستم برق پیل سوختی و سیستم تهویه مرتبط شود. جهت حصول نتایج این آزمون، باید از بیشینه تلاش جهت دوره احتراق که توسط سازنده تعیین می‌گردد، برای سیستم احتراق سوخت خودکار استفاده کرد. برای سیستم‌هایی که فندک را پیش از پایان تلاش جهت دوره احتراق، غیرفعال می‌کنند، باید آزمون را با کمک حداکثر زمان دوره فعال بودن احتراق که توسط سازنده تعیین می‌گردد انجام داد.

یک سیستم برق پیل سوختی که در دمای اتاق است، باید در یک نرخ ورود گرمای عادی و به کمک ابزارهای احتراق که به طور موقت برای بازه‌های زمانی مختلف (کمترین مقدار بین بیشینه تلاش تعیین شده جهت دوره احتراق و بیشینه دوره تعیین شده برای فعال بودن شعله) به کار گرفته شده‌اند، شروع به فعالیت کند. در سیستم‌های چند آزمونی^۱، تلاش جهت دوره احتراق^۲ باید برای بازه‌های زمانی مختلف انجام شود. برای هر تلاش، احتراق مشعل اصلی باید قابل مشاهده باشد. شعله‌ها نباید به خارج از سیستم برق پیل سوختی پرتاب شوند و همچنین نباید هیچ آسیبی به سیستم برق پیل سوختی وارد شود. می‌توان جهت تایید دوره استقرار پیدا کردن شعله که توسط سازنده ارائه می‌گردد، از آزمون احتراق تاخیردار نیز استفاده کرد.

۶-۱۷-۲-۹-۷- آزمون دمای اجزاء سیستم احتراق

ترموکوپل‌ها یا وسایل اندازه‌گیری دمای متعادل، باید همراه هر جزء از سیستم احتراق باشد. سیستم برق پیل سوختی باید تا رسیدن به شرایط تعادل در نرخ مصرف سوخت اسمی فعالیت کند. سپس باید دمای اجزاء بدست آید. دمای اجزاء نباید از مقادیر ارائه شده برای آنها بیشتر شود.

۶-۱۷-۲-۹-۸- پیش پالایش

این آزمون برای سیستم‌هایی کاربرد دارد که طبق بخش جلوگیری از مخاطرات انفجار و آتش در مشعل‌ها به پاکسازی و پالایش نیاز دارند.

حجم و زمان پیش پالایش، مطابق با نظر سازنده، به صورت زیر تعیین می‌شوند:

(الف) حجم پیش پالایش؛

(۱) نرخ در دمای محیط (که بر مبنای جریان اسمی اندازه‌گیری می‌شود) و در محل خروج مجرای محصولات احتراق اندازه‌گیری می‌شود.

(۲) سیستم برق پیل سوختی در دمای محیط است و عملکرد ندارد. فن، تحت شرایط پیش پالایش واقعی، با برق کار می‌کند.

(۳) نرخ تا شرایط مرجع اصلاح می‌گردد (حدود خطای نرخ، $\pm 5\%$ درصد است).

(۴) سازنده، حجم احتراق را بیان می‌کند.

(ب) زمان پیش پالایش؛

(۱) سیستم برق پیل سوختی در دمای محیط است و عملکرد ندارد. فن، تحت شرایط پیش پالایش واقعی، با برق

کار می‌کند.

^۱ multi-try systems

^۲ trial for ignition period

(۲) زمان بین شروع به کار فن و انرژی گرفتن ابزار احتراقی، مشخص است.

۶-۱۷-۲-۱۰- کنترل خودکار راکتورهای اکسیداسیون کاتالیک

زمان شروع جریان سوخت تا شروع واکنش، نباید از زمان آغاز واکنش (که در بخش جلوگیری از مخاطرات انفجار و آتش در سیستم‌های اکسیداسیون سوخت کاتالیک، قسمت (ه) مشخص شده است) بیشتر شود. روش‌های آزمون: سیستم برق پیل سوختی باید تا زمان رسیدن به شرایط شروع آزمایش، همان گونه که سازنده تعیین کرده است فعالیت کند. سپس، منبع سوخت (برای عملیات غنی از هوا) یا منبع هوا (برای عملیات غنی از سوخت) باید باز شود. زمان پاسخ سیستم باید در آن نقطه از زمان شروع شود و هنگامی که ابزارهای پایش راکتور نشان دهند، آنگونه که سازنده تعیین کرده است؛ که واکنش با موفقیت شروع شده است، خاتمه یابد. چنانچه نرخ واکنش یا توقف واکنش تا یک سطح غیر ایمن افزایش یا کاهش یابد، کنترل کننده باید در زمان قفل شدن خرابی واکنش شیر قطع سوخت را برای عملیات غنی از هوا و شیر قطع هوا را برای عملیات غنی از سوخت، از کار ببنداند. روش آزمون: سیستم برق پیل سوختی باید تا زمان رسیدن به شرایط شروع آزمایش، مطابق تنظیمات آزمون پایه فعالیت کند. سپس، منبع سوخت (برای عملیات غنی از هوا) یا منبع هوا (برای عملیات غنی از سوخت) باید بسته شود. هنگامی که راکتور کاتالیک شعله‌ور است، خرابی واکنش از طریق قطع ارتباط ابزار پایش دمای واکنش شبیه‌سازی می‌شود. زمان اندازه‌گیری شده بین این لحظه و لحظه‌ای که کنترل کننده سیستم منبع سوخت را برای عملیات غنی از هوا یا منبع همه واکنشگرها را برای عملیات غنی از سوخت قطع می‌کند، نباید از زمان قفل شدن خرابی واکنش بیشتر شود.

۶-۱۷-۳- آزمون دمای خروجی هوا

هنگامی که یک سیستم تهویه برای سیستم برق پیل سوختی ارائه می‌شود، حداکثر دمای گاز خروجی که توسط سیستم تهویه منتقل می‌گردد، نباید از دمای مجاز برای مواد به کار رفته در ساختار سیستم تهویه فراتر رود. روش آزمون

دمای گاز خروجی هوا باید توسط ترموکوپل یا ابزارهای مشابه اندازه‌گیری شود. باید به تعداد کافی ابزارهای اندازه‌گیری در اختیار داشت تا با در نظر داشتن اندازه و تقارن سیستم‌های تهویه، حداکثر دما را در بخارات خروجی یا خروجی هوا برقرار کرد.

سیستم برق پیل سوختی باید مطابق با الزامات قابل کاربرد در قسمت‌های قبلی نصب شده و فعالیت کند. هنگامی که شرایط تعادل برقرار می‌گردد، بیشینه دمای گاز خروجی باید به صورت بالا تعیین گردد. دمای بدست آمده نباید از دمای مجاز برای اجزاء سازنده سیستم تهویه فراتر رود.

۶-۱۷-۴- دمای اجزاء و سطح

الف) سیستم برق پیل سوختی باید مطابق با الزامات قابل کاربرد در بخش تنظیمات آزمون پایه نصب شده و فعالیت کند. هنگامی که شرایط تعادل گرمایی برقرار می‌شود، دماها باید به کمک ابزارهای تنظیم دما مشخص شوند.

در طول مدت کارکرد سیستم برق پیل سوختی، بیشینه دمای سطوحی که با پرسنلی که خدمات روزمره یا منظمی را انجام می‌دهند در تماس هستند، نباید از حدود تعیین شده، بیشتر شود.

بیشینه دمای سطوح دیگر که ممکن است به طور ناخواسته در معرض گاز یا بخار اشتعال‌زا قرار گیرند، باید مطابق بخش حفاظت در مقابل مخاطرات انفجار یا آتش باشند.

بیشینه دمای قطعات سیستم نباید از محدوده دمای مشخص شده قطعات بیشتر شود.

ب) دمای دیوار، کف و سقف

۱) این آزمون فقط برای سیستم‌های برق پیل سوختی ساکن که نصب آنها باید بر روی یا در نزدیکی سطوح قابل اشتعال (که دمای سطح آنها از حد فراتر رفته یا طراحی آنها به گونه‌ای است که امکان تشعشع گرما به سطوح خارج را ندارند) انجام شود، به کار می‌رود.

۲) سیستم برق پیل سوختی بر روی صفحات چوبی آزمایشی قرار می‌گیرند.

۳) سازنده باید فاصله بین سیستم پیل سوختی را با عقب، کنارها، در صورت امکان درب‌ها و پنل‌های آزمایش تعیین کند.

۴) سیستم برق پیل سوختی باید بر روی پنل‌هایی (تابلوها) قرار بگیرد که دارای مشخصات زیر هستند:

- تخته سه لایه با ضخامت تقریباً ۲۰ میلی‌متری سیاه رنگ، برای پنل‌های آزمایش به کار می‌رود.

- افزایش دماها به وسیله ترموکوپل مشخص می‌شود.

۵) ترموکوپل‌های به کار رفته جهت تعیین افزایش دمای سطح دیوارها، سقف‌ها و کف مرکز آزمایش، به پشت

دیسک‌های سیاه رنگ کوچک مسی یا برنجی وصل شوند. بالای دیسک با سطح تخته‌ها تراز است.

۶) در صورت امکان، سیستم پیل سوختی به گونه‌ای قرار می‌گیرد که ترموکوپل‌ها بتوانند بالاترین دما را تشخیص

دهند.

۷) عملکرد سیستم پیل سوختی باید در حداکثر توان خروجی اتفاق بیفتد. پس از ایجاد تعادل دمایی، باید تطابق

دمای پنل‌های آزمایشی اندازه‌گیری شده با الزامات ذکر شده در بخش افزایش مجاز دمای سطح- قسمت (ب) بررسی

گردد.

۶-۱۷-۵- الزامات دی‌الکتریک

۶-۱۷-۵-۱- پیوستگی زمین

اگر سیستم برق پیل سوختی مطابق با الزامات بخش ایمنی الکتریکی طراحی و ارزیابی شود، پیوستگی زمین باید بر اساس استاندارد UL 60950-1 (تجهیز تکنولوژی اطلاعات) تست شود.

اگر سیستم برق پیل سوختی مطابق با الزامات NFPA 79 طراحی و ارزیابی شود، پیوستگی زمین باید بر اساس NFPA 79 (استاندارد الکتریکی برای ماشین آلات صنعتی) تست شود.

مقاومت بین نقطه اتصال ابزارهای زمین تجهیزات و هر قطعه فلزی غیر حامل جریان (به جز قطعاتی که احتمال انرژی‌دار شدن آنها وجود ندارد)، را باید به کمک یک اهم‌متر یا ابزارهای مشابه اندازه‌گیری مقاومت کرد. مقاومت اندازه‌گیری شده نباید از ۰/۱ اهم بیشتر شود.

۶-۱۷-۵-۲- نشستی زمین

جریان‌های نشستی مربوط به جریان‌های متناوب سیستم برق پیل سوختی، باید مطابق با UL 60950-1 (تجهیز تکنولوژی اطلاعات)، بخش جریان رسانای حفاظتی و جریان لمسی و NFPA 79 (استاندارد الکتریکی برای ماشین آلات صنعتی) آزمون شود. این آزمون فقط برای تجهیزاتی به کار می‌رود که به طور الکتریکی و از طریق ترکیبی از دوشاخه و سیم با شبکه برق جایگزین اتصال دارد.

۶-۱۷-۵-۳- استحکام دی‌الکتریک

چنانچه سیستم برق پیل سوختی مطابق با الزامات بخش ایمنی الکتریکی طراحی و ارزیابی شود، دی‌الکتریک‌های جامد باید مطابق با الزامات استاندارد UL 60950-1 آزمون شوند. چنانچه سیستم برق پیل سوختی مطابق با الزامات NFPA 79 طراحی و ارزیابی شود، دی‌الکتریک‌های جامد باید مطابق با الزامات NFPA 79 (استاندارد الکتریکی برای ماشین آلات صنعتی) آزمون شوند.

نکته: دی‌الکتریک‌های مایع (مانند دی‌الکتریک‌هایی که برای خنک کننده‌ها به کار می‌روند)، در این تست نتیجه‌ای ندارند. می‌توان پشته‌های پیل سوختی را از این آزمایش مستثنی کرد.

۶-۱۷-۶- تست شبیه‌ساز باران

برای واحدهایی که زیر سقف قرار ندارند، لازم است که یک تست شبیه‌ساز باران انجام داد که دارای حداقل درجه IP X3 و یا درجات بالاتر اعلام شده توسط تولید کننده مطابق استاندارد NEMA/ANSI/IEC 60529 باشد

برای واحدهایی که زیر سقف و پوشش قرار دارند و مجهز به سخت‌افزار تهویه افقی هستند، بارندگی جهت توقف تهویه به کار می‌رود. روش‌های آزمون همان گونه که در استاندارد NEMA/ANSI/IEC 60529 (میزان حفاظت ارائه شده توسط دیواره‌ها) بیان شده است، به کار می‌رود.

سیستم برق پیل سوختی بدون آسیب یا کارکرد نامناسب احتمالی ناشی از هر قطعه‌ای که تحت شرایط آزمون شبیه‌سازی باران ممکن است منجر به شرایط خطرناک شود، باید شروع به کار و ادامه عملیات کند. به محض تکمیل محفظه جهت باران شدید شبیه‌سازی شده، نباید هیچ گونه آثاری از افت عملکرد یا آسیب در هر یک از قطعات سیستم برق پیل سوختی و نه تجمع زیان‌بار آب در هر بخش از سیستم برق پیل سوختی که منجر به شرایط خطرناک خواهد شد، دیده شود. اگر موتورهای به گونه‌ای ساخته، تعیین محل، یا پوشش داده شوند که سیم‌پیچ‌ها مستقیماً در معرض آب نباشند، آزمون منجر به ورود آب به داخل یک محفظه الکتریکی روی پایین‌ترین قطعه حامل جریان یا در قطعات حامل جریان مرطوب نمی‌شود. می‌توان سیم‌پیچ‌های موتور را با آزمون استحکام دی‌الکتریک ارزیابی کرد.

۶-۱۷-۷- آزمون‌های باد

آزمون‌های باد فقط برای سیستم‌های پیل سوختی قابل کاربرد است که در واحدهای زیر سقفی یا خارج از سقفی که دارای ورودی‌های هوای افقی بوده و خروجی آنها به سمت محیط خارجی است. این آزمون، در بیشینه و کمینه طول لوله خروجی هوا یا بیشینه و کمینه فشار بازگشتی ناشی از طول لوله خروجی هوا، انجام می‌شود.

۶-۱۷-۷-۱- کالیبراسیون^۱

رویکرد کالیبراسیون منبع باد برای بادهایی که مسیر آنها مستقیم به سمت دیوار است: ساختار کالیبره کردن منبع باد، شامل یک منبع بادی است که مسیر آن به طور عمود به سمت مرکز دیوار آزمایش است. این دیوار مجهز به چهار درگاه است که در اطراف یک ترمینال تهویه که در مرکز دیوار آزمون نصب شده، قرار گرفته‌اند (مطابق با دستورالعمل‌های نصب از جانب سازنده، ممکن است درگاه‌ها جهت رسیدن به یک متوسط فشار ثابت، چند برابر شوند). در حالتی که مسیر منبع باد برخلاف دیوار است، قرائت متوسط فشار ثابت (که با یک فشارسنج نصب شده در دریچه هوای سیستم برق پیل سوختی اندازه‌گیری می‌شود) باید مبنایی را برای کالیبره کردن منبع باد شکل دهند. علاوه بر این، منبع بادی که در 54 km/h کالیبره می‌شود، نباید فشاری که تولید می‌کند از 12 Pa (16 km/h) در یک فاصله 305 میلی‌متری عمود بر دیوار آزمون و در سطح درگاه‌ها بیشتر شود.

۶-۱۷-۷-۲- باد

الف) تایید عملیات سیستم‌های برق پیل سوختی تحت شرایط باد:

^۱ Calibrate

- این آزمون فقط برای سیستم‌های دارای مشعل‌های احتراقی اتفاق می‌افتد. رویکردهای بیان شده در این زیربخش برای سیستم سوختی به کار می‌رود که قرار است آن سیستم یا اجزاء آن سیستم در فضای خارج نصب شوند.

- قفسه‌ها یا اجزاء سیستم برق پیل سوختی که قرار است در فضای خارج نصب شوند، باید مطابق روش زیر تاییده آزمون باد را دریافت کنند.

- روش آزمون: سیستم برق پیل سوختی باید هنگامی که در معرض بادهای دارای سرعت اسمی (تا حد 54 km/h) قرار می‌گیرد، بدون آسیب یا سوء عمل ناشی از هر قطعه و بدون ایجاد شرایط ناایمن و خطرناک، شروع به کار کرده و عملیات خود را ادامه دهد.

- بادی که توسط یک فن یا دمنده (با ظرفیت کافی جهت ارائه بادی با سرعت اسمی تا 54 km/h) ایجاد می‌شود، باید در بحرانی‌ترین نقاط تعیین شده برای آزمون در خلاف جهت سطح خروجی سیستم پیل سوختی باشد. مکان قرارگیری فن یا دمنده باید به گونه‌ای باشد که جهت باد یکنواخت نسبت به سیستم برق پیل سوختی افقی باشد (این آزمون با یک سرعت باد مشخص که در یک صفحه عمودی 50 سانتی‌متری از سطحی از سیستم برق پیل سوختی که به سمت باد است اندازه‌گیری شده است).

- چنانچه سیستم برق پیل سوختی در معرض بادی با سرعت اسمی 54 km/h باشد، گاز مشعل ابزار احتراق، باید بدون تاخیر بیش از حد مشتعل شود و شعله‌های مشعل و شمعک نباید خاموش گردند. شمعک در صورت وجود باید به تنهایی و همزمان با مشعل فعالیت کند.

- طبق صلاح‌دید بخش ارزیابی کننده، ممکن است لازم باشد آزمون‌های بیشتری به کمک باد انجام شود (با سرعت‌های مشخص و یا نامشخص و با مسیرهای متفاوت).

(ب) تایید عملیات سیستم برق پیل سوختی که در فضای داخل قرار دارد و به طور افقی نسبت به یک دیوار خارجی تهویه می‌شود.

- این آزمون فقط برای سیستم‌های دارای مشعل احتراق به کار می‌رود.

- روش آزمون: این آزمون‌ها باید در فشار آزمون ورودی عادی انجام شوند.

(ج) در آزمایشی که مسیر باد مسیری علاوه بر مسیر عمود به دیوار است، سیستم برق پیل سوختی باید با الزامات ذکر شده در بخش تهویه گاز دودکش مطابقت داشته باشد. به جز حالتی که سرعت اسمی باد تولید شده به وسیله منبع باد برابر 54 km/h است. این مقدار اسمی، به کمک باد موازی با دیوار، با یک لوله پیتوت^۱ در سه نقطه بر روی یک صفحه عمود بر دیوار (طوری که سیستم تهویه را به دو بخش تقسیم می‌کند) اندازه‌گیری می‌شود.

مطابق با صلاح دید شرکت تست کننده، پس از کالیبراسیون منبع باد موازی با دیوار، منبع باد یا دیوار آزمایش باید از زوایای دیگر به سمت مسیر باد چرخانده شود.

^۱ Pitot tube

(د) برای بادی که مسیر آن به طور عمود بر دیوار است. هر دو روش آزمایش باید به کار روند:

(۱) روش‌های آزمایش زیر باید در حداکثر طول مشخص شده برای لوله خروجی هوا انجام شوند. در صورتی که در خروجی هوا از یک ترمینال تهویه استفاده می‌شود، فقط باید ترمینال تهویه را از تهویه افقی حذف کرد. لوله خروجی هوا باید به یک حلقه ۳۰۵ میلی‌متری از خروجی هوا افقی، مجهز شود.

(۲) حلقه پیزو باید به یک فشارسنج (با حداکثر فشار ۱/۲۴ Pa) متصل شود. اتصال فشار مرجع فشارسنج باید تا نقطه مجاور دریچه تامین هوای احتراق پیل توسعه یابد.

عملیات سیستم برق پیل سوختی شروع می‌شود. انتهای لوله تهویه تا زمانی که فشار حلقه پیزو به ۱۱۶ Pa برسد، محدود می‌شود. عملیات سیستم برق پیل سوختی متوقف شود. منبع گاز سیستم برق پیل سوختی روشن شود. در کنار محدودیتی که هنوز وجود دارد، عملیات سیستم برق پیل سوختی از یک شروع سرد آغاز می‌شود. در مدتی که شرایط فوق برقرار است، سیستم برق پیل سوختی نباید خاموشی ۱۰ دقیقه‌ای داشته باشد. مدتی که فشار خروجی هوا ۱۱۶ Pa است، سیستم برق پیل سوختی باید با کنترل کننده خودکار خاموش و روشن شود و همچنین نباید روشن شدن آن تاخیر زیادی داشته باشد.

در یک سیستم برق پیل سوختی که تحت تاثیر بادی با سرعت اسمی ۵۴ km/h می‌باشد، گاز مشعل باید به کمک ابزار احتراقی و بدون تاخیر زیاد مشتعل شود و شعله‌های شمعک و مشعل نباید خاموش شود. شمعک در صورت وجود باید به تنهایی و به طور همزمان با مشعل فعالیت کند.

۶-۱۷-۷-۳- انتشار مونواکسید کربن تحت وزش باد

الف) واحدهای بیرونی

این آزمون فقط برای سیستم‌های دارای مشعل‌های احتراق یا راکتورهای کاتالیک به کار می‌رود.

برای سیستم برق پیل سوختی که در فضای خارجی نصب شده است، وقتی که واحد در معرض بادی در محدوده صفر تا ۵۴ km/h قرار می‌گیرد، باید انتشار مونواکسید کربن را بررسی کرد. بادی که توسط یک دمنده دارای ظرفیت کافی جهت ارائه یک باد با سرعتی تا حدود ۵۴ km/h ایجاد می‌شود باید در نقاط بحرانی (از دیدگاه بخش ارزیابی تطابق) جهتی خلاف سطح خارجی سیستم برق پیل سوختی داشته باشد.

محل قرارگیری دمنده باید به گونه‌ای باشد که مسیر یک باد یکنواخت نسبت به سیستم برق پیل سوختی افقی بوده و دارای سرعت مشخصی باشد. این باد، کل منطقه تحت پروژه از سطح خارجی را تحت پوشش قرار می‌دهد و سرعت آن در صفحه عمودی ۵/۰ میلی‌متری از سطح سیستم سوختی (که به سمت باد قرار دارد)، اندازه‌گیری شده است.

ب) واحدهای داخلی (زیر سقف)

این آزمون فقط برای سیستم‌های دارای مشعل‌های احتراق یا راکتورهای کاتالیک به کار می‌رود.

برای سیستم برق پیل سوختی که در فضای داخل نصب شده است و از یک مدخل هوای خروجی هوا دیواری خارجی استفاده می‌کند، وقتی که بادی در محدوده صفر تا 54 km/h در خلاف جهت ترمینال‌های مدخل هوای خروجی هوا به کار رود، باید مونواکسید کربن منتشر شده را بررسی کرد. این باد با توجه به ترمینال‌های هوای خروجی هوا از هر مسیر افقی به کار برده می‌شود. به کمک یک لوله پیتوت میزان فشار در سه مکان بر روی یک صفحه عمود به دیوار اندازه‌گیری می‌شود ($134/5 \text{ Pa}$) و همچنین سیستم مدخل هوای خروجی هوا را به دو بخش تقسیم می‌کند. سه نقطه باید به طور افقی و عمودی در فاصله 305 میلیمتری از سرهای سیستم مدخل هوای خروجی هوا قرار گیرند. سیستم توان پیل سوختی باید تا زمان رسیدن به یک دمای گاز خارجی ثابت، با نرخ ورود اسمی فعالیت کند. در مدت به کارگیری این محدوده از سرعت‌های باد، تطابق میزان مونواکسید کربن منتشر شده باید بررسی شود.

پس از کالیبراسیون منبع باد موازی با دیوار، منبع باد یا دیوار آزمایش باید از زوایای دیگر به سمت مسیر باد چرخانده شود (مطابق با صلاح‌دید بخش ارزیابی انطباق).

برای بادی که مسیر آن به طور عمود بر دیوار است. سیستم برق پیل سوختی باید تا زمان رسیدن دمای گاز به یک نقطه ثابت، فعالیت کند. هر یک از آزمون‌های تعیین شده در بند (ب) بخش ۶-۱۷-۷-۲- (تایید عملیات سیستم برق پیل داخلی که به طور افقی از طریق یک دیوار خارجی خروجی هوا می‌شود)، باید به کار برده شود.

هنگامی که روش آزمون ذکر شده در بخش ۶-۱۷-۷-۲- (تایید عملیات سیستم برق پیل سوختی داخلی که به طور افقی از طریق یک دیوار خارجی خروجی هوا می‌شود) به کار می‌رود، فشار خروجی هوا باید از صفر تا 116 Pa متغیر باشد. در مدتی که فشار خروجی هوا در این محدوده به کار می‌رود، باید جهت تعیین غلظت مونواکسید کربن، نمونه‌های کافی از پساب‌ها را تهیه و تحلیل کرد.

هنگامی که از آزمون بیان شده در بخش تایید عملیات سیستم برق پیل سوختی داخلی که به طور افقی از طریق یک دیوار خارجی خروجی هوا می‌شود، استفاده می‌شود، باد تولید شده توسط منبع بادی باید در محدوده سرعت‌های اسمی 0 تا 54 km/h که مطابق بخش ۶-۱۷-۷-۱- (رویگرد کالیبره کردن منبع باد برای بادهایی که جهت آنها بر دیوار عمود است)، کالیبره می‌شوند، متغیر باشد. در مدت به کارگیری این محدوده از سرعت‌های باد، باید جهت تعیین غلظت مونواکسید کربن نمونه‌های کافی از پساب‌ها را تهیه و تحلیل کرد.

۶-۱۷-۸- آزمون تخلیه خودمکش رسوب

تکنولوژی‌های زیادی هستند که جریان اضافی رسوبات را جمع‌آوری می‌کنند. این الزام، جهت جمع‌آوری رسوبات برداشته شده از جریان گاز دودکش به کار می‌رود. طرح سیستم توان پیل سوختی که دارای یک لوله تخلیه است، باید به گونه‌ای باشد که بتواند رسوبات را به طریق خودمکش به دام بیندازد. پساب‌ها و گازهای قابل اشتعال نباید پس از به دام افتادن خود مکش رسوبات (تحت این آزمایش)، از خطوط لوله تخلیه رسوب تخلیه گردند.

آزمایش باید با کوتاه‌ترین خروجی هوا (که توسط سازنده مشخص می‌گردد) انجام شود. مواد خروجی هوا باید موادی باشد که توسط سازنده پیل سوختی تعیین شده است و همچنین حداقل هدایت گرمایی را (از گاز خروجی هوا به هوا) دارند. رسوب‌گیرها اگر به عنوان بخشی از سیستم پیل سوختی ارائه شوند یا چنانچه نیاز به دستورالعمل‌های نصب از جانب سازنده داشته باشند، باید مطابق دستورالعمل‌های نصب ارائه شده توسط سازنده نصب گردند. رسوب‌گیرها پیش از اجرای این آزمون نباید با آب پر شوند.

آزمون باید تا حدود بیشینه شرایط دودکش مسدود شده (که تا آن شرایط سیستم برق پیل سوختی به عملیات خود ادامه می‌دهد) انجام شود. در آغاز آزمون، تمامی قطعات خروجی هوا و لوله تخلیه خروجی هوا و دمای محیط باید ۲۱ درجه سانتی‌گراد یا بالاتر باشد. در سراسر آزمایش، دمای محیط باید در ۲۱ درجه سانتی‌گراد یا بالاتر نگه داشته شود. اگر پساب‌ها یا گاز قابل اشتعال، از این خطوط تخلیه رسوب خارج نشوند، این الزام باید برقرار شده فرض شود.

۶-۱۷-۹- آزمون خط رسوب مسدود شده

یک سیستم برق پیل سوختی که سیستم دسترسی به رسوب دارد، باید بتواند تحت شرایطی که لوله‌های تخلیه رسوب مسدود هستند، به طور رضایت‌بخشی به عملیات ادامه دهد یا در طول اجرای آزمون زیر خاموش شود. سیستم‌های دسترسی به رسوب باید مطابق با دستورالعمل‌های سازنده نصب شوند. خطوط تخلیه رسوب باید در باریک‌ترین نقطه سیستم یا خلاف جریان باریک‌ترین نقطه مسدود شوند. هنگامی که سیستم‌های دسترسی به رسوب با یک درگاه اضافه جریان ارائه می‌شوند، مسدود شدن باید خلاف جهت درگاه اضافه جریان به کار رود. عملیات سیستم برق پیل سوختی باید در نرخ‌های ورودی عادی و فشار آزمون عادی باشد. سیستم‌های دسترسی به رسوب باید تا بیشینه سطح آب قابل دسترس (یا نقطه‌ای که پس از آن سیستم پیل سوختی خاموش خواهد شد) پر شوند. روش پر کردن باید طبق نظر بخش ارزیابی انجام شود. در طول پر شدن، انتشارها باید پایش شود. در هیچ زمانی رسوب مونواکسید کربن در یک نمونه بی‌هوازی از پسماندها (چنانچه در جوی با منبع اکسیژن عادی آزمون انجام شود) نباید از ۳۰۰ ppm فراتر رود و یا سیستم برق پیل سوختی نباید خاموش گردد. همچنین، در هیچ زمانی نباید گاز قابل اشتعال به داخل محفظه‌های داخلی سیستم برق پیل سوختی یا خروجی هوا تخلیه شود. سیستم برق پیل سوختی باید با الزامات مربوط به جریان نشت که در UL60950-1 (ایمنی تجهیزات تکنولوژی اطلاعات) و بخش جریان رسانای حفاظتی و جریان لمسی و آزمون‌های استحکام دی‌الکتریک آمده است منطبق باشد. یک سیستم برق پیل سوختی که امکان کارکرد در شرایط خطوط تخلیه رسوب بلاک شده را ندارد، باید منطبق با این آزمون فرض شود.

۶-۱۷-۱۰- آزمون‌های سیستم خروجی هوا

برای سیستم‌های برق پیل سوختی که (خود سیستم) سخت‌افزار سیستم خروجی هوا را پشتیبانی می‌کند، باید آزمون‌های زیر را به کار برد.

۶-۱۷-۱۰-۱- آزمون بار ترمینال خروجی هوا

ترمینال‌های خروجی هوا باید صلبیت کافی در ساختار داشته باشند و به گونه‌ای پشتیبانی شوند که در مقابل بار 68 kg (150 lbs) مقاوم باشند (بدون اینکه آسیب زیادی ببینند یا موقعیت مکانی آنها نسبت به پیل سوختی تغییر کند). به دنبال به کارگیری این بار، سیستم برق پیل سوختی باید با آزمون انتشار پساب‌ها در فشار آزمون ورود عادی مطابقت داشته باشد.

یک بار تعلیق عمودی 68 kg (150 lbs) کیلوگرمی، باید به طور مساوی توزیع شود بدون اینکه تاثیری بر ترمینال خروجی هوا داشته باشد.

بعد از برداشتن بار، نباید اعوجاج قابل توجهی در ترمینال خروجی هوا و یا تغییری در موقعیت مکانی آن نسبت به سیستم برق پیل سوختی مشاهده گردد (که در این صورت ابزارها به درستی فعالیت نخواهند کرد). تا زمانی که شرایط تعادل برقرار شود، سیستم برق پیل سوختی نباید در فشار آزمون ورود عادی فعالیت داشته باشد. نمونه‌ای از پساب‌ها باید مطابق شرایط عادی تهیه، تجزیه و تحلیل گردند. همچنین غلظت مونواکسید کربن این پساب‌ها بر مبنای نمونه غیرهوازی نباید از حد مجاز فراتر رود.

۶-۱۷-۱۰-۲- آزمون ضربه ترمینال خروجی هوا

ترمینال‌های خروجی هوا باید صلبیت کافی در ساختار داشته باشند و عملکرد آنها هنگامی که تحت ضربه (تعیین شده در آزمون زیر) قراردارند، دچار نقص نشود. به دنبال اثر تاشی از ترمینال خروجی هوا، سیستم برق پیل سوختی باید با آزمون انتشار پساب‌ها در فشار آزمون ورود عادی، تطابق کند.

ضربه، باید به وسیله یک جسم آویخته (که شامل یک پاکت پارچه‌ای پر شده از شن، به وزن $11/3 \text{ kg}$ است) از یک سیم یا ریسمان فلزی، ایجاد شود. پاکت شامل بخش مسطحی از جنس پارچه یا مواد مناسب دیگر است. باید جهت جلوگیری از ریزش ماسه، از یک آستر (لایه) پلاستیکی مناسب استفاده کرد. همه دیواره‌ها و گوشه‌های پارچه باید به طور محکم به سمت بالا کشیده شوند و تا حد امکان اطراف ماسه را بگیرند و همه مواد اضافی، تا حد امکان نزدیک به بالای پاکت گره زده شوند. پاکت باید یک وضعیت سکون^۱ داشته باشد (فاصله بین لبه پاکت تا نزدیکترین لبه ترمینال خروجی هوا کوچکتر یا مساوی با $25/4 \text{ mm}$ باشد). فاصله تاب خوردن (زاویه 45° درجه) باید به صورت زاویه بین دسته آونگ یا جسم آویخته شده (هنگامی که در بالاترین موقعیتش قرار دارد) و پاکت (هنگامی که در وضعیت سکون قرار گرفته است) اندازه‌گیری شود. طول آونگ که از اندازه‌گیری فاصله بین نقطه چرخش تا مرکز گرانش پاکت بدست می‌آید، باید $2/13 \text{ m}$ باشد.

یک ضربه باید بر نقاط زیر وارد شود:

^۱ at-rest

الف) بر مرکز سطح عمودی جلویی ترمینال خروجی هوا،

ب) بر لبه حمله در سمت چپ ترمینال خروجی هوا، آونگی که در زاویه ۴۵ درجه‌ای (نسبت به نقطه گفته شده در پاراگراف الف) به سمت چپ چرخانده می‌شود،

ج) بر لبه حمله در سمت راست ترمینال خروجی هوا، آونگی که در زاویه ۴۵ درجه‌ای (نسبت به نقطه گفته شده در پاراگراف الف) به سمت راست حرکت می‌کند.

پس از هر ضربه، سیستم برق پیل سوختی باید تا رسیدن به شرایط تعادل، در فشار آزمون ورود عادی فعالیت کند. نمونه‌ای از پساب‌ها باید تهیه، تجزیه و تحلیل گردند. همچنین غلظت مونواکسید کربن این پساب‌ها (بر مبنای نمونه غیر هوازی) نباید از حد ۰/۰۳٪ بیشتر شود.

۶-۱۷-۱۰-۳- آزمون نشت سیستم خروجی هوا

تمام ارتباطات و ملحقات سیستم خروجی هوا باید محکم باشند. هنگامی که نشت از سیستم بیشتر از حدی که در زیر بیان شده، نیست، این الزام را باید در نظر گرفت.

عملیات سیستم تهویه تحت فشار داخلی منفی نیازی نیست که محدود به رویکردهای این الزام باشند.

جهت حصول نتایج این آزمون، کل سیستم خروجی هوا (از جمله ترمینال خروجی هوا) باید به کمک ابزار مناسبی از سایر بخش‌های سیستم برق پیل سوختی جدا شده و بر طبق دستورالعمل‌های تولید کننده (سازنده) صحت‌گذاری شود. محل خروج سیستم خروجی هوا باید به کمک یک ابزار مناسب صحت‌گذاری شود.

سازنده باید یک قطعه اتصال آزمایشی مناسب را ارائه کند، این قطعه اتصال، علاوه بر صحت‌گذاری، باید به سیستم خروجی هوا متصل شود. این قطعه اتصال آزمایشی باید یک شیر ورودی جهت اتصال به منبع فشار هوا و همچنین یک ابزار اندازه‌گیری فشار، جهت اندازه‌گیری فشار داخلی سیستم داشته باشد. این ابزار باید بتواند تا مقدار ۲/۵ Pa را نشان دهد.

یک منبع مناسب هوای خشک تمیز، باید از طریق یک ابزار اندازه‌گیری جریان داشته باشد و همچنین از طریق قطعه اتصال منبع هوا به داخل سیستم تهویه جریان داشته باشد.

فشار هوای ورودی در سیستم خروجی هوا باید در سطح ۵ kPa ° یا دو برابر فشار طراحی (که توسط سازنده تعیین می‌گردد)، نگه داشته شود (هر کدام که بیشتر باشد). نرخ نشت باید بر حسب مکعب فوت بر ساعت اندازه‌گیری شود. چنانچه نشت سیستم خروجی هوا از ۲٪ حجم کلی پساب بیشتر نشود، این قید باید برقرار شود.

$$L = 0.3 \times I; \text{ or } 0.02 \times I \times V \quad (۶-۶)$$

که در آن L، نشت مجاز سیستم تهویه، برحسب مکعب فوت بر ساعت، I، مصرف گاز سوختی بر حسب 1000Btu بر ساعت و V مکعب فوت پساب (بر مبنای تشکیل تقریباً ۱۰ مکعب فوت از پساب خشک به علاوه ۵ مکعب فوت هوای اضافی در هنگامی که 1000Btu گاز سوختی سوزانده می‌شود)، می‌باشند.

نکته: برای سیستم‌هایی که بر حسب وات اندازه‌گیری می‌شوند، نرخ نشت مجاز (بر حسب سانتی‌متر مکعب بر ثانیه) از طریق ضرب مصرف گاز سوختی (بر حسب کیلووات) در ۸/۰۵ بدست می‌آید.

۶-۱۷-۱۱- دسترسی به قطعات انرژی‌دار (انگشت آزمون)

اگر سیستم برق پیل سوختی الکتریکی مطابق با الزامات NFPA 79 طراحی و ارزیابی گردد، دسترسی به قطعات انرژی‌دار باید مطابق با الزامات NFPA 79 (استاندارد الکتریکی برای ماشین آلات صنعتی) ارزیابی گردد. در غیر اینصورت:

الف) اگر سیستم برق پیل سوختی الکتریکی مطابق با الزامات بخش ایمنی الکتریکی ارزیابی و طراحی شود، دسترسی به قطعات انرژی‌دار باید مطابق با الزامات NFPA 79 (استاندارد الکتریکی برای ماشین آلات صنعتی) ارزیابی گردد.

ب) تجهیز باید به گونه‌ای ساخته شود که اگر مناطق قابل دسترسی باشند، حفاظت کافی در برابر اتصال و ارتباط با موارد زیر وجود داشته باشد:

- قطعات بدون پوشش مدارهای ELV
- قطعات بدون پوشش در ولتاژهای خطرناک
- عایق‌بندی جامد که عایق‌بندی عملکردی یا عایق‌بندی پایه قطعات یا سیم‌کشی در مدارهای ELV را ارائه می‌کند.
- عایق‌بندی جامد، که عایق‌بندی عملکردی یا عایق‌بندی پایه قطعات یا سیم‌کشی در ولتاژهای خطرناک را ارائه می‌کند.

نکته: عایق در عایق‌بندی عملکردی موارد زیر را در برمی‌گیرد ولی محدود به اینها نمی‌گردد: عایق مانند لاک، کاغذهای معمولی، نخ و فیلم اکسیدی و عایق قابل جابه‌جایی مانند مهره‌های پلاستیکی و قطعات آب‌بندی، به جز رزین خود سخت کننده.

- قطعات هادی که اتصال به زمین ندارند و از مدارهای ELV یا از قطعات دارای ولتاژ خطرناک مجزا هستند (به طریق عایق‌بندی عملکردی یا فقط عایق‌بندی پایه).
- دسترسی نامحدود به مدارهای جریان محدود مجاز است.

ج) اگر تجهیز برای کاربرد عادی سیم‌کشی به کار گرفته شود، این الزامات برای تمام موقعیت‌های تجهیز کاربرد دارد. به کمک عایق‌بندی، اتصال به زمین یا قفل‌های داخلی باید حفاظت را انجام داد.

د) به کمک موارد زیر، مطابقت با الزامات مدنظر چک می‌گردد:

- بازرسی

- یک آزمون دسترسی به قطعات انرژی‌دار (انگشت آزمون) برای درب‌ها و پوشش‌های در دسترس کاربران انجام می‌شود. آزمون دسترسی به قطعات انرژی‌دار هنگامی که برای دریچه‌های داخل محفظه‌ها پس از برداشتن قطعاتی که ممکن است توسط کاربر جدا شوند (مانند پایه‌های فیوز)، به کار می‌رود، نباید قطعات مذکور را به هم متصل کند. در این آزمون قرار دادن لامپ‌ها در محل مجاز می‌باشد.

- آزمون به طریق آزمون پین: در این آزمون، قطعات بدون پوشش با ولتاژهای خطرناک نباید در هنگام استفاده در دریچه‌ها (در دیواره الکتریکی خارجی)، به هم متصل باشند. قطعاتی که کاربر می‌تواند آنها را از هم جدا کند (مانند نگهدارنده‌های فیوز و لامپ‌ها)، در محل باقی می‌مانند و درب‌های دسترسی کاربر و پوشش‌ها در طول این آزمون بسته می‌شوند.

آزمون دسترسی به قطعات انرژی‌دار (انگشت آزمون) و آزمون پین در هر موقعیت ممکن بدون نیروی محسوس، به صورت بالا به کار می‌روند، مگر اینکه تجهیزات نصب شده بر روی کف که وزنی بیشتر از ۴۰ کیلوگرم دارند، ذکر نشده باشند. تجهیزات نصب شده بر روی قفسه یا داخل ساختمان، یا تجهیزاتی که باید در یک تجهیز بزرگتر جای داده شوند، از طریق دسترسی به تجهیزاتی که مطابق روش نصب (که در دستورالعمل‌های نصب به طور مفصل شرح داده شده است) محدود شده است، آزمون می‌شود.

در آزمون‌های بالا، چنانچه اتصال بین ابزار آزمون و قطعه مجاز نباشد، قیدی برای حداقل شکاف هوا برای ولتاژهایی که از ۱۰۰۰ ولت AC یا ۱۰۰۵ ولت DC بیشتر نمی‌شود، وجود ندارد. برای ولتاژهای بالاتر باید یک شکاف هوایی بین قطعه دارای ولتاژ خطرناک و انگشت آزمون یا آزمون پین (که در نام‌مطلوب‌ترین موقعیت خود قرار گرفته است) وجود داشته باشد این شکاف هوا باید به صورت زیر باشد:

- حداقل طولی برابر با حداقل فاصله بین دو سطح تماس برای عایق‌بندی پایه داشته باشد (مطابق UL 60950-1).

- باید در برابر آزمون استحکام الکتریکی مقاومت داشته باشد (مطابق UL 60950-1).

(د) اگر قطعات قابل جابجایی باشند (به عنوان مثال با هدف تنش کمر بند)، آزمون به طریق آزمون انگشت با هر قطعه‌ای در نام‌مطلوب‌ترین موقعیتش (در محدوده تنظیمات) انجام می‌شود و به این منظور، کمر بند در صورت لزوم برداشته می‌شود.

۶-۱۷-۱۲- آزمون رابط خروجی هوا پیل سوختی

چنانچه تحلیل و بررسی تجهیز بیانگر این باشد که سایر اجزاء ایمن هستند، از این آزمون استفاده نمی‌شود. سیستم تهویه سیستم برق پیل سوختی، باید مطابق با دستورالعمل‌های سازنده بر روی سیستم برق پیل سوختی نصب شود. قطعات سیستم تهویه باید به گونه‌ای مونتاژ شوند که لوله تهویه تا خارج از پوشش سیستم برق پیل سوختی ادامه داشته باشد.

اگر اتصالات سیمانی در مونتاژ سیستم تهویه سیستم برق پیل سوختی وجود داشته باشد، خشک شدن سیمان (مطابق با دستورالعمل‌های سازنده) باید مجاز باشد.

باید یک نیروی 223 N (50 lb) را در راستای خط مرکزی طولی لوله خروجی هوا و در مسیری که خروجی هوا، هوا را از سیستم برق پیل سوختی می‌کشد، به کار برد.

یک گشتاور $34 \text{ N}\cdot\text{m}$ ($25 \text{ ft}\cdot\text{lb}$) به مدت یک دقیقه از یک مسیر چرخان به خط مرکزی مونتاژ اعمال می‌شود. سپس، گشتاور در مسیر مخالف برای مدت ۱ دقیقه وارد می‌شود.

پس از آزمون، اتصالات خروجی هوا و سایر قطعات داخلی باید از لحاظ نشانه‌های نشت، شکستگی، یا جداشدگی بررسی گردد. اگر سیستم برق پیل سوختی آزمون محل خروج مسدود شده و آزمون نشت خروجی هوا را بگذرانند، این الزام باید رعایت گردد. سیستم برق پیل سوختی خروجی هوا مستقیم باید الزامات مربوط به محل خروج مسدود شده و الزامات مربوط به نشت مجاز را رعایت کند.

۶-۱۸- آزمون‌های متداول

آزمون‌های متداول باید بر روی همه واحدهای تولیدی اعمال شوند. این آزمون‌ها باید در محیط آزمونی که فعالیت سیستم برق پیل سوختی را جهت دستیابی به شرایط عملیاتی مورد نیاز شبیه‌سازی می‌کنند. به ویژه، محیط آزمایش برای آزمون‌های متداول باید رابط‌های حدود مرزی را (مطابق با کاربرد طراحی شده برای نیروگاه پیل سوختی) ارائه کند. پیشنهاد می‌شود که آزمون‌های متداول به ترتیب زیر شکل گیرند:

اگر آزمون‌های متداول در ارتباط مستقیم با نوآفرین اولیه و رویکرد تهویه سیستم پیل سوختی اجرا شوند، سیستم پیل سوختی با ابزار تهویه در ارتباط بوده و تحت شرایط عملکردی (همان‌گونه که توسط سازنده تعیین می‌گردد) قرار می‌گیرد. آزمون‌های متداول زیر باید بر روی همه سیستم‌های برق پیل سوختی اجرا شوند.

۶-۱۸-۱- آزمون نشت

هر سیستم برق پیل سوختی باید آزمایش شود تا استحکام و تاب‌آوری قطعات و اجزاء در برابر فشار (از جمله اتصالات و ارتباطات) تعیین گردد. این آزمایش برای سیستم‌های حاوی مایعات خطرناک به کار می‌رود.

آزمون‌های نشت باید مطابق با بخش آزمون‌های نشت انجام شوند و باید معیارهای پذیرش را برآورده کنند (یا از آن فراتر نروند).

یک آزمون جایگزین قابل قبول نسبت به آزمون نشت، آزمون پیری است (بخش ۶-۱۸-۱-۱-).

۶-۱۸-۱-آزمون پیری

قطعات باید به کمک گاز خشک مناسبی (مثل نیتروژن یا هوا) تا یک فشار مشخص تحت فشار قرار گیرند. سپس برای بیشتر از ۱۰ دقیقه در این فشار نگه داشته شوند. نشت محاسبه شده حاصل اختلاف فشارها (فشار قبل و بعد از زمان گفته شده) که از فرمول زیر بدست می‌آید، نباید از مقدار مشخص بیشتر شود.

$$L1 = V \times t_0/p_0 \times \{(p_1 + pa_1) / (t_0 + t_1 - 15) + (p_2 + pa_2) / (t_0 + t_2 - 15)\} \times 60/T \quad (7-6)$$

که در آن،

L_1 : نشت گاز از سیستم پیل سوختی بر حسب m^3/h

V : حجم فضای داخلی در محدوده فشار بر حسب m^3 (حجم گاز، به جز حجم ساختار داخلی)،

t_0 : دمای مرجع ۱۵ درجه سانتیگراد،

t_1 : دمای فضای داخلی در شروع اندازه‌گیری،

t_2 : دمای فضای داخلی در پایان اندازه‌گیری،

P_0 : فشار مرجع ۱۰۱/۳۲۵ kPa (1 atm)،

P_1 : فشار در آغاز اندازه‌گیری،

P_2 : فشار در پایان اندازه‌گیری،

pa_1 : فشار اتمسفری در آغاز اندازه‌گیری،

pa_2 : فشار اتمسفری در پایان اندازه‌گیری و

T : زمان اندازه‌گیری بر حسب دقیقه است.

معیار پذیرش باید مشابه با روش آزمون ۱ یا روش آزمون ۲ باشد.

انجام آزمون نشت برای سیستم تهویه (بخش ۶-۱۷-۱۰-۳) ضرورتی ندارد.

۶-۱۸-۲-آزمون عملکرد عادی

آزمون‌های عملکردی سیستم‌ها یا زیر مونتاژها، آن گونه که توسط سازنده و بخش ارزیابی و آزمون تعیین می‌شود.

۶-۱۸-۳-آزمون استحکام دی‌الکتریک

سیستم‌ها یا زیر مونتاژها، آن گونه که توسط سازنده و بخش ارزیابی و آزمون مطابق بخش ۶-۱۷-۵-۳ (استحکام دی

الکتریک) تعیین می‌شود.

۶-۱۸-۴-آزمون‌های نمونه‌گیری

آزمون‌های زیر باید بر مبنای یک طرح نمونه‌گیری که توافق متقابلی بین سازنده و بخش ارزیابی و آزمون است، انجام گیرند:

(۱) آزمون عملکرد مشعل

(۲) آزمون انتشار مونواکسید کربن

مراجع

- [1]U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, “Types of Fuel Cells,” <http://www.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/fuelcells/types.html#sofc> (December 8, 2003).
- [2]U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, “Hydrogen: Fuel Cells”, http://www.eere.energy.gov/RE/hydrogen_fuel_cells.html (December 19, 2003).
- [3]U.S. Department of Energy, Fossil Energy.Gov, “Future Fuel Cells”, <http://www.fossil.energy.gov/programs/powersystems/fuelcells/> (December 19, 2003).
- [4]Shekhawat, D., Spivey, J.J. and Berry, D.A. Fuel Cells, Technologies for fuel processing. Oxford : Elsevier B.V., 2011. pp. 1-566.
- [5]Singhal, S.C. and Kendall, K. High temperature solid oxide fuel cell: Fandamentals,design and applications. John Wiley, 2003.
- [6]Goodenough, John B. and Huang, Yun-Hui. Alternative anode materials for solid oxide fuel cells. Journal of Power Sources, 2007, Vol. 173, pp. 1–10.
- [7]Gross, M. D., Vohs, J. M. and Gorte, R. J. Recent progress in SOFC anodes for direct utilization of hydrocarbons. Journal of Materials Chemistry, 2007, Vol. 17, pp. 3071–3077.
- [8]Gorte, R.J. and Vohs, J.M. Novel SOFC anodes for the direct electrochemical oxidation of hydrocarbons. Journal of Catalysis, 2003, Vol. 216, pp. 477–486.
- [9]Jiang, San Ping and Chan, Siew HWA. A review of anode materials development in solid oxide fuel cells. JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE, 2004, Vol. 39, pp. 4405 – 4439.
- [10]Meusinger, J., Riensche, E. and Stimming, U. Reforming of natural gas in solid oxide fuel cell systems. Journal of Power Sources, 1998, pp. 315–320.
- [11]<http://atlascoenergy.com>
- [12]<http://www.fuelcells.org/FCInstallationChart.pdf>
- [13]<http://arian-solar.com>
- [14]PAFC History & Successes, John Ferro, UTC Power.
- [15]UTC Power Fuel Cell Programs, December 2009.
- [16]Present and Future of PAFC at Fuji Electric, Kenichi Kuroda, Fuji Electric.

خواننده گرامی

امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور، با گذشت بیش از پنجاه سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر نهصد عنوان نشریه تخصصی- فنی، در قالب آیین نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تألیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. گزارش حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشرشده در سال های اخیر در سایت اینترنتی nezamfanni.ir قابل دستیابی می باشد.

First part: Specifications for the Design, Installtion and Operation of Fuel Cell with Stationary Appliication

Implementation	Niroo research institute	
Project Manager	Morteza Torabi	M.Sc of Metallurgy Eng

Omid Shahhoseini	Niroo research institute	M.Sc. of Electrical Eng
Amir Hajali Rezayi	Niroo research institute	M.Sc. of Chemical Eng
Seyed Mohammad Montazeri	Niroo research institute	M.Sc of Metallurgy Eng
Mohammad Gol Mohammad	Niroo research institute	PHD of Metallurgy Eng
Mahdi Rahimi Takami	Niroo research institute	PHD of Mechanical Eng
Nasim Akbari Kafshgari	Niroo research institute	M.Sc. of Electrical Eng.

Parviz Ramazanpour	Niroo research institute	PHD of Electrical Eng
Niki Moslemi	Niroo research institute	M.Sc. of Electrical Eng.
Zahra Madihi Bidgoli	Niroo research institute	M.Sc. of Electrical Eng.

Alirez Toutounchi	Deputy of Technical and Executive Affairs Department
Farzaneh Agharamzanali	Head Group of Technical and Executive Affairs Department
Mohammad Reza Talaoob	Expert Engineering, Technical and Executive Affairs Department
Seyed Vahidedin Rezvani	Expert Engineering, Technical and Executive Affairs Department
Alireza Fakhrrahimi	Expert Engineering, Technical and Executive Affairs Department

Abstract:

The widespread use of hydrogen as an energy source can help concerns about energy security, global climate change and air quality. Such a fuel could be a cleaner and more efficient compared to fossil fuels such as gasoline, diesel and so on. Hydrogen can be produced using different technologies and can also be used with storage in renewable technologies in different seasons. Using this fuel in combustion processes and fuel cells, a wide range of energy services such as lighting, transportation, heating, cooling and cooking can be provided.

The proper and safe operation of fuel cells requires the standardization of their installation, commissioning and maintenance processes. To this end, the regulatory processes, permits and metrics of the regulatory processes have been reviewed, and the relevant codes and standards that have influenced the design, deployment, approval, installation, operation and maintenance of fuel cell technology have been reviewed. Lastly, with regard to the above and fuel cell characteristics using the stationary application, design, installation and operation requirements of fuel cells, fuel cell safety device, fuel cell gas delivery systems, electronic systems of fuel cells, network and intelligent control systems and other fuel cell equipment are provided in this standard.

**Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization**

**A guide to Using Fuel Cells with Stationary
Applications**

**First part: Specifications for the Design, Installtion and
Operation**

No. 810-1

Last Edition: 13-04-2021

Deputy of Technical and Infrastructure
Development Affairs

Department of Technical and Executive Affairs

nezamfanni.ir

Ministry of Energy

Niroo Research Institute

Nri.ac.ir

2022

این نشریه

با عنوان «راهنمای استفاده از پیل‌های سوختی با کاربرد ساکن» دربردارنده الزامات مورد نیاز جهت طراحی، نصب و بهره‌برداری از پیل‌های سوختی با کاربرد ساکن، الزامات مورد نیاز جهت طراحی، نصب و بهره‌برداری از ادوات ایمنی، الزامات مورد نیاز جهت طراحی، نصب و بهره‌برداری از سیستم‌های گازرسانی، الزامات مورد نیاز جهت طراحی، نصب و بهره‌برداری از سیستم‌های الکترونیکی، الزامات مورد نیاز جهت طراحی، نصب و بهره‌برداری از سیستم‌های کنترلی، ارتباط با شبکه و هوشمندسازی و الزامات مورد نیاز جهت طراحی، نصب و بهره‌برداری از سایر تجهیزات سیستم‌های پیل سوختی با کاربرد ساکن می‌باشد.