سیستم مدیریت ایزو
www.isomanagement.ir

تماس تلفنی جهت دریافت مشاوره:

۱. مشاور دفتر تهران (آقای محسن ممیز)

۰۹۱۲ ۹۶۳ ۹۳۳۶

۲. مشاور دفتر اصفهان (سرکار خانم لیلا ممیز)

۰۹۱۳ ۳۲۲ ۸۲۵۹

مجموعه **سیستم مدیریت ایزو** با هدف بهبود مستمرعملکرد خود و افزایش رضایت مشتریان سعی بر آن داشته، کلیه استانداردهای ملی و بین المللی را در فضای مجازی نشر داده و اطلاع رسانی کند، که تمام مردم ایران از حقوق اولیه شهروندی خود آگاهی لازم را کسب نمایند و از طرف دیگر کلیه مراکز و کارخانه جات بتوانند به راحتی به استانداردهای مورد نیاز دسترسی داشته باشند.

این موسسه اعلام می دارد در کلیه گرایشهای سیستم های بین المللی ISO پیشگام بوده و کلیه مشاوره های ایزو به صورت رایگان و صدور گواهینامه ها تحت اعتبارات بین المللی سازمان جهانی IAF و تامین صلاحیت ایران می باشد.

هم اکنون سیستم خود را با معیارهای جهانی سازگارکنید...

ISO 9001 14001 18001

CE

GMP GAP 22716

IMS HSE-MS

45001

22000 HACCP

INSO
9814-2
1st Revision
2018

Identical with
IEC 62282-2:
2012

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۹۸۱۴-۲
تجدیدنظر اول
۱۳۹۷

فناوری‌های پیل سوختی-
قسمت۲: واحدهای پیل سوختی

Fuel cell technologies-
Part 2: Fuel cell modules

ICS: 27.070

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: http://www.isiri.gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفهٔ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«فناوری‌های پیل سوختی - قسمت۲: واحدهای پیل سوختی»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
نثاری، آزاده (دکتری مهندسی برق- الکترونیک)	پژوهشگاه استاندارد
دبیر:	
فهیمی، فرهبد (کارشناسی مهندسی برق)	اداره کل استاندارد استان مازندران
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
بصیری، فرشید (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی طراحی فرایندهای صنایع نفت)	اداره کل استاندارد استان مازندران
جوانمرد، سجاد (کارشناسی مهندسی شیمی)	شرکت پیشرو انرژی توان گستر هراز
چاوشی، سیدعلی (کارشناسی مهندسی برق)	اداره کل استاندارد استان مازندران
رجب‌نژاد، صالح (کارشناسی مهندسی صنایع)	اداره کل صنعت و معدن و تجارت استان مازندران
رضاپور، محمد (کارشناسی مهندسی مکانیک)	اداره کل استاندارد استان مازندران
رضایی پور، آزیتا (کارشناسی ارشد مهندسی برق- الکترونیک)	شرکت دانش معتمد خزر
صالحی، محمد (دکتری مهندسی برق- قدرت)	استاد دانشگاه روزبهان
طالبی، جواد (دکتری شیمی معدنی)	اداره کل استاندارد استان مازندران

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
فرح‌بخش، سیما (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی- آلی)	شرکت پیشرو انرژی توان گستر هراز
کاوه‌ای، احمد (کارشناسی مهندسی برق)	شرکت معیار گران جهان

ویراستار:

شفیع‌زاده، ثمانه (کارشناسی مهندسی برق)	واحد تولیدی جوش و برش آسیا

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار ح
مقدمه ط
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۳
۳ اصطلاحات وتعاریف ۵
۴ الزامات ایمنی ۱۰
۴-۱ راهبرد عمومی برای ایمنی ۱۰
۴-۲ الزامات طراحی ۱۲
۵ آزمون‌های نوعی ۲۰
۵-۱ کلیات ۲۰
۵-۲ آزمون شوک و ارتعاش ۲۰
۵-۳ آزمون نشت گاز ۲۰
۵-۴ بهره‌برداری عادی ۲۲
۵-۵ آزمون فشار کاری مجاز ۲۳
۵-۶ آزمون مقاومت سیستم خنک‌کننده در برابر فشار ۲۳
۵-۷ رتبه‌بندی الکتریکی پیوسته و کوتاه‌مدت ۲۴
۵-۸ آزمون اضافه‌فشار ۲۴
۵-۹ آزمون استقامت دی‌الکتریک ۲۴
۵-۱۰ آزمون فشار تفاضلی ۲۵
۵-۱۱ آزمون نشت گاز (تکرار) ۲۶
۵-۱۲ بهره‌برداری عادی (تکرار) ۲۶
۵-۱۳ آزمون غلظت قابل اشتعال ۲۶
۵-۱۴ آزمون‌های شرایط غیرعادی ۲۷
۶ آزمون‌های روزانه ۳۰
۶-۱ کلیات ۳۰
۶-۲ آزمون‌های نفوذپذیری در برابر گاز ۳۰
۶-۳ آزمون استقامت دی‌الکتریک ۳۰
۷ نشانه‌گذاری و دستورالعمل‌ها ۳۱
۷-۱ پلاک مشخصات ۳۱

عنوان **صفحه**

۷-۲ نشانه‌گذاری ۳۱
۷-۳ برچسب اخطار ۳۱
۷-۴ مدارک ۳۲
پیوست الف (آگاهی‌دهنده) اطلاعات اضافی برای عملکرد و ارزیابی آزمون‌ها ۳۷
کتاب‌نامه ۴۷

پیش‌گفتار

استاندارد «فناوری‌های پیل سوختی- قسمت۲: واحدهای پیل سوختی» که نخستین بار در سال ۱۳۸۶ بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در یکصد و سومین اجلاسیه کمیتهٔ ملی انرژی مورخ ۱۳۹۷/۰۶/۱۷ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۲-۹۸۱۴: سال ۱۳۸۶ می‌شود.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

IEC 62282-2: 2012, Fuel technologies - Part 2: Full cell modules

مقدمه

واحدهای پیل سوختی، وسایل الکتروشیمیایی هستند که بطور مداوم سوخت تأمین شده را نظیر هیدروژن یا گازهای غنی از هیدروژن، الکل‌ها، هیدروکربن‌ها و اکسیدکننده‌ها را به تغذیه .d.c، گرما، آب و دیگر محصولات فرعی تبدیل می‌کنند.

واحدهای پیل سوختی زیرمجموعه‌هایی هستند که در محصولات نهایی تجمیع می‌شوند که شامل یک یا چند توده پیل سوختی و در صورت لزوم، اجزای اضافی است.

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۹۸۱۴ است.

فناوری‌های پیل سوختی- قسمت ۲: واحدهای پیل سوختی

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین کمینه الزامات ایمنی و عملکرد واحدهای پیل سوختی می‌باشد و برای واحدهای پیل سوختی با الکترولیتی با فرمول شیمیایی زیر کاربرد دارد:

- الکالاین؛
- الکترولیت‌های پلیمری (شامل پیل‌های سوختی متانول)[1] ؛
- اسید فسفریک؛
- کربنات مذاب (گداخته)؛
- اکسید جامد؛
- محلول آبی نمک‌ها.

واحدهای پیل سوختی می‌توانند همراه با محفظه و یا بدون آن تهیه شوند و در فشارهای بالا یا نزدیک به فشار محیط کار کنند.

این استاندارد فقط در رابطه با به کمینه رساندن خطرات وارده به اشخاص و صدمات به قسمت‌های خارجی واحدهای پیل سوختی می‌باشد. حفاظت در برابر صدمات وارده به قسمتهای داخلی واحدهای پیل سوختی در این استاندارد تعریف نمی‌شود.

الزامات این استاندارد بر استانداردهای دیگری که برای تجهیزات شامل واحدهای پیل سوختی با کاربردهای خاص منظور شده است، تقدم دارند.

این استاندارد برای وسایل نقلیه جاده‌ای کاربرد ندارد.

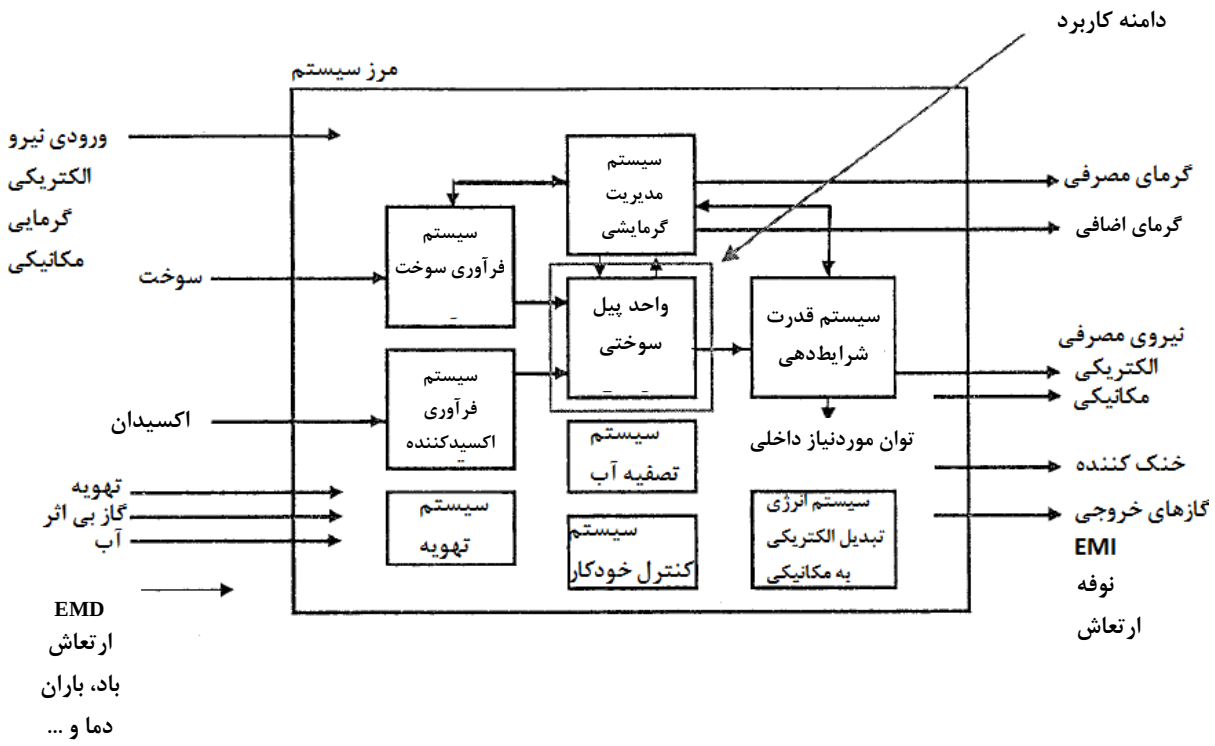
منظور از این استاندارد قرار دادن حد و مرز و یا مانعی برای پیشرفت فناوری نیست. هر وسیله‌ای با استفاده از مواد یا با داشتن ساختارهایی متفاوت با آنچه در الزامات این استاندارد توضیح داده شده است، می‌تواند منطبق

۱- همچنین با عنوان پیل سوختی غشاء مبادله پروتون شناخته شده است.

با هدف این الزامات، امتحان و مورد آزمون قرار گیرد و در صورتی‌که واقعاً معادل آن باشد، می‌تواند مطابق با استاندارد درنظر گرفته شود.

واحدهای پیل سوختی اجزایی ازمحصولات نهایی هستند. این محصولات باید برای الزامات ایمنی مناسب محصول نهایی، ارزیابی شود.

سیستم قدرت پیل سوختی



راهنما:

EMD اختلال الکترومغناطیسی

EMI تداخل الکترومغناطیسی

شکل ۱- اجزای سیستم پیل سوختی

این استاندارد فقط تا حدی خروجی d.c. ماژول پیل سوختی را در بر می گیرد.

این استاندارد برای وسایل جانبی نشان داده شده در شکل ۱ کاربرد ندارد.

این استاندارد انبارش و تحویل سوخت و اکسیدکننده ماژول پیل سوختی را در بر نمی‌گیرد.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 IEC 60079 (all parts), Explosive atmospheres

یادآوری- مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۵۵۰۵، محیط‌های قابل انفجار، با استفاده از برخی قسمت‌های مجموعه استاندارد IEC 60079 تدوین شده است.

2-2 IEC 60079-10 (all Parts 10), Explosive atmospheres − Part 10: Classification of areas

یادآوری- مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۱۰-۵۵۰۵، محیط‌های قابل انفجار- قسمت ۱۰: طبقه‌بندی مناطق، با استفاده از برخی قسمت‌های مجموعه استاندارد IEC 60079-10 تدوین شده است.

2-3 IEC 60204-1, Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General Requirements

یادآوری- استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۲۶: سال ۱۳۷۶،ایمنی ماشین‌آلات – تجهیزات الکتریکی ماشین‌آلات- قسمت اول: مقررات عمومی، مرجع این استاندارد ملی، استاندارد IEC 60086-4: 1993 است.

2-4 IEC 60335-1, Household and similar electrical appliances – Safety– Part 1: General requirements

یادآوری- استانداردهای ملی ایران شماره ۱-۱۵۶۲: سال ۱۳۹۶، وسایل برقی خانگی و مشابه– ایمنی-قسمت ۱: الزامات عمومی، با استفاده از استاندارد IEC 60335-1: 2010 تدوین شده است.

2-5 IEC 60352 (all parts), Solderless connections

یادآوری- مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۸۳۲۶، اتصالات بدون لحیم، با استفاده از برخی قسمت‌های مجموعه استاندارد IEC 60352 تدوین شده است.

2-6 IEC 60512-15 (all parts), Connectors for electronic equipment– Tests and measurements – Part 15: Connector tests (mechanical)

یادآوری- مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۱۵-۵۲۶۳، اتصال گرهای تجهیزات الکترونیکی- آزمون ها و اندازه‌گیری ها- قسمت ۱۵: آزمون های اتصال گر (مکانیکی)، با استفاده از برخی قسمت‌های مجموعه استاندارد IEC 60512-15 تدوین شده است.

2-7 IEC 60512-16 (all parts) Connectors for electronic equipment– Tests and measurements – Part 16: Mechanical tests on contacts and terminations

یادآوری- مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۱۶-۵۲۶۳، اتصال گرهای تجهیزات الکترونیکی- آزمون ها و اندازه‌گیری ها-قسمت ۱۶: آزمون های اتصال‌گر (مکانیکی)، با استفاده از برخی قسمت‌های مجموعه استاندارد IEC 60512-16 تدوین شده است.

2-8 IEC 60529, Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)

یادآوری- استانداردهای ملی ایران شماره ۲۸۶۸: سال ۱۳۹۵، درجات حفاظت تامین شده توسط محفظه ها کد IP، با استفاده از استاندارد IEC 60529: 2013 تدوین شده است.

2-9 IEC 60617, Graphical symbols for diagrams

2-10 IEC 60695 (all parts), Fire hazard testing

یادآوری- مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۳۱۳۴، آزمون خطر آتش سوزی، با استفاده از برخی قسمت‌های مجموعه استاندارد IEC 60695 تدوین شده است.

2-11 IEC 60730-1, Automatic electrical controls for household and similar use – Part 1: General requirements

یادآوری- استانداردهای ملی ایران شماره ۱-۵۰۳۹: سال ۱۳۹۲، کنترل کننده های الکتریکی خودکار برای مصارف خانگی و مشابه -قسمت ۱- الزامات عمومی، با استفاده از استاندارد IEC 60730-1: 2010 تدوین شده است.

2-12 IEC 60950-1, Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements

یادآوری- استانداردهای ملی ایران شماره ۱-۵۰۳۹: سال ۱۳۹۱، تجهیزات فن آوری اطلاعات -ایمنی قسمت اول- الزامات عمومی، با استفاده از استاندارد IEC 60950-1: 2005 تدوین شده است.

2-13 IEC 61508 (all parts), Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems

یادآوری- مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۱۲۵۳۴، ایمنی وظیفه ای سیستم های مرتبط با ایمنی الکتریکی - الکترونیکی - الکترونیکی قابل برنامه ریزی، با استفاده از برخی قسمت‌های مجموعه استاندارد IEC 61508 تدوین شده است.

2-14 IEC 62040-1, Uninterruptible power systems (UPS) – Part 1: General and safety Requirements for UPS

2-15 IEC 62061, Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems

2-16 ISO 13849-1, Safety of machinery – Safety related parts of control systems – Part 1: General principles for design

یادآوری- استانداردهای ملی ایران شماره ۱-۷۳۶۸: سال ۱۳۷۸، ایمنی ماشین آلات - قسمتهای مرتبط با ایمنی سیستمهای کنترل کننده - قسمت اول : اصول کلی طراحی، با استفاده از استاندارد IEC 13849-1: 1999 تدوین شده است.

2-17 ISO 23550, Safety and control devices for gas burners and gas-burning appliances – General requirements requirements

2-18 EN 50178, Electronic equipment for use in power installations

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به‌کار می‌رود:

۳-۱

آزمون قبولی (پذیرش)

acceptance test

یک آزمون قراردادی است که به مشتری ثابت می‌کند که قسمت مربوط شرایط معین مشخصه‌های خود را رعایت می‌کند.

[منبع: بخش 23-16-151 استاندارد IEC 60050-151: 2001] [1]

۳-۲

فشارکاری تفاضلی مجاز

allowable differential working pressure

بیشینه اختلاف فشار بین ظرف آند و کاتد یک واحد پیل سوختی است که بدون وارد ساختن هرگونه آسیب یا کاهش خواص عملکردی تحمل نموده و توسط سازنده آن تعیین می‌شود.

۳-۳

فشارکاری مجاز

allowable working pressure

بیشینه فشار سنجه یک واحد پیل سوختی است که بدون وارد ساختن هرگونه آسیب یا کاهش خواص عملکردی تحمل نموده و توسط سازنده آن تعیین می‌شود.

یادآوری ۱ – در مورد واحدهای پیل سوختی با وسایل تعدیل فشار، این کمیت بعنوان آستانه فشار تنظیمی تعریف می‌شود.

۳-۴

دمای محیط

ambient temperature

متوسط دمای پیرامون وسیله، تجهیزات و یا تأسیسات است که می‌تواند بر عملکرد وسیله، تجهیزات یا تأسیسات اثر بگذارد.

۵-۳

شرایط‌دهی

conditioning

(مربوط به پیل‌ها/ توده‌ها) گام اولیه که برای کارکردن صحیح یک واحد پیل سوختی (زیربند ۳-۸) لازم است و بر اساس یک پروتکل مشخص‌شده توسط سازنده می‌باشد.

یادآوری - شرایط‌دهی ممکن است شامل فرآیندهای برگشت‌پذیر و/یا برگشت‌ناپذیر با توجه به فناوری پیل باشد.

۶-۳

پیل سوختی

fuel cell

وسیله الکتروشیمیایی که انرژی شیمیایی یک سوخت و یک اکسیدکننده را به انرژی الکتریکی (برق DC)، گرما و محصولات واکنشی تبدیل می‌کند.

یادآوری ۱- سوخت و اکسیدکننده به طور معمول در خارج از پیل سوختی ذخیره می‌شوند و در هنگام مصرف به پیل سوختی منتقل می‌شوند.

۷-۳

توده پیل سوختی

fuel cell stack

مجموعه‌ای از پیل‌ها، جداکننده‌ها، صفحات خنک‌کننده، چندراهه‌ها (منیفولدها) و یک ساختار معین که به صورت الکتروشیمیایی گاز غنی از هیدروژن و واکنش هوا را به برق DC، گرما و دیگر محصولات واکنشی تبدیل می‌کند.

[منبع: زیربند 50.3 استاندارد IEC 62282-1: 2010] [2]

۸-۳

واحد پیل سوختی

fuel cell module

مجموعه‌ای شامل یک یا چند توده پیل سوختی و دیگر اجزای اصلی و در صورت لزوم اضافی است که برای تجمیع شدن به صورت سیستم نیرو در نظر گرفته شده است.

یادآوری۱- یک واحد پیل سوختی شامل اجزای اصلی زیر است: یک یا چند توده پیل سوختی، سیستم لوله‌کشی برای انتقال سوخت، اکسیدکننده‌ها و خروجی‌ها، اتصالات الکتریکی برای توان دریافتی از توده (ها) و وسایلی برای پایش و/یا کنترل. علاوه بر این، یک واحد پیل سوختی می‌تواند شامل: وسایلی برای انتقال سیالات اضافی (مثلا واسط خنک‌کننده، گاز بی اثر)، وسایلی برای آشکارسازی شرایط عادی یا غیرعادی کاری، محفظه‌ها یا مخازن فشار و سیستم‌های تهویه واحد.

۹-۳

جریان اسمی

rated current

بیشینه جریان الکتریکی پیوسته یک واحد پیل سوختی که برای کار کردن در آن جریان توسط سازنده مشخص شده است.

۱۰-۳

نقطه عبوری

نشت عبوری

crossover
cross leakage

نشت بین دیواره سوخت و اکسیدکننده، در یک پیل سوختی، در هر دو جهت؛ که عموما به واسطه الکترولیت‌ها رخ می‌دهد.

۱۱-۳

نشت گاز

gas leakage

به مجموع تمام گازهای بیرون رفته از واحد پیل سوختی، بجز گازهای خروجی موردنظر گویند.

یادآوری- نشت گاز می‌تواند در جاهای زیر رخ دهد:

- توده پیل سوختی؛
- وسایل کاهش فشار مرتبط؛
- سایر مجراهای عبور گازها و اجزای کنترل شارش.

۱۲-۳

خطرات

hazard

منبع بالقوه آسیب در قالب آسیب جسمی به سلامت افراد، اموال و محیط زیست است.

۱۳-۳

ناحیه پرخطر

hazardous area

ناحیه یا فضایی است که در آن غبار اشتعال‌پذیر، الیاف احتراق‌پذیر یا قابل اشتعال، مایعات فرّار، گازها، بخارها و یا مخلوطی از آن‌ها در مقادیر مناسب برای تولید انفجار در هوا یا مخلوط‌های قابل اشتعال وجود دارند یا ممکن است وجود داشته باشند.

۱۴-۳

انحراف دمای حاصل از گرما

heat deflection temperature

دمایی است که در آن نوار آزمون تحت بار، از فاصله مشخص‌شده منحرف شده است.

یادآوری- این دما برای تعیین مقاومت گرمایی کوتاه‌مدت استفاده می‌شود.

۱۵-۳

حد پائین اشتعال‌پذیری
LFL

lower flammability limit

کمینه غلظت سوخت در یک مخلوط هوا-سوخت است در جایی که عمل سوختن به وسیله یک منبع احتراق، مشتعل شود.

یادآوری- یک مخلوط هوا-سوخت زمانی قابل اشتعال است که عمل سوختن توسط یک منبع احتراق شروع شود. جزء اصلی، نسبت‌ها یا ترکیب موجود در مخلوط هوا-سوخت می‌باشد. مخلوطی با داشتن سوختی کمتر از مقدار بحرانی به عنوان حد پائینی اشتعال‌پذیری و مخلوطی با داشتن سوختی بیشتر از مقدار بحرانی بعنوان حد بالایی اشتعال‌پذیری، قابل اشتعال نخواهند بود.

۱۶-۳

بیشینه فشار کاری

maximum operating pressure

بیشینه فشار تعیین‌شده توسط سازنده برای یک جزء یا سیستم که به‌منظور کار پیوسته طراحی شده است.

یادآوری۱- بیشینه فشار کاری در واحد Pa بیان می‌شود.

یادآوری۲- شامل بهره‌برداری عادی و هر دو حالت پایدار و گذرا می‌شود.

۱۷-۳

کمینه ولتاژ

minimum voltage

پائین‌ترین ولتاژ پیوسته‌ای است که یک واحد پیل سوختی می‌تواند در توان اسمی خود یا بیشینه شرایط اضافه‌بار مجاز تولید کند، هر کدام که ولتاژ کمتری باشد.

یادآوری- کمینه ولتاژ در واحد V بیان می‌شود.

۱۸-۳

تهویه طبیعی

natural ventilation

جابجایی هوا و جایگزینی آن با هوای تازه ناشی از تأثیر باد و/یا افت دما می‌باشد.

۱۹-۳

ولتاژ مدار باز

open-circuit voltage

ولتاژ در پایانه‌های یک پیل سوختی با سوخت و اکسیدکننده موجود و در صورت عدم شارش جریان خارجی است.

یادآوری- ولتاژ مدار باز در واحد V بیان می‌شود.

۲۰-۳

آزمون دوره‌ای

routine test

آزمون تطابق انجام‌شده بر روی هر قسمت جداگانه در طی ساخت یا بعد از آن می‌باشد.

[منبع: بخش 151.16.17 استاندارد IEC 60050-151: 2001]

یادآوری۱- با «آزمون انطباق» اشتباه نکنید [بخش IEC 60050-151:2001, 151-16-15]: آزمون مربوط به ارزیابی انطباق و یا «ارزیابی انطباق» [بخش IEC 60050-151:2001, 151-16-14]: بررسی سازمان یافته از میزان رعایت کامل الزامات مشخص‌شده توسط یک محصول، فرآیند یا خدمات می‌باشد.

۲۱-۳

شرایط استاندارد

standard condition

آزمون و یا شرایط کاری که از قبل تعیین‌شده و به عنوان مبنایی برای آزمون به منظور داشتن مجموعه‌های قابل بازیابی و قابل مقایسه از داده های آزمون به‌کار می رود.

۲۲-۳

حفاظت

safeguarding

کنش‌های سیستم کنترل براساس پارامترهای فرآیند، که برای جلوگیری از شرایطی که ممکن است برای پرسنل پرخطر باشد یا ممکن است باعث وارد شدن صدمه به پیل سوختی یا محیط شود، صورت می‌گیرد.

۲۳-۳

ولتاژ بسیار پایین ایمن
SELV

safety extra low voltage

ولتاژ تحت شرایط عادی و خطای فردی است که در محیط‌های خشک از ۳۰ V r.m.s. یا ۴۲٫۴ V peak/d.c. یا زمانی که ممکن است تماس با رطوبت رخ دهد، از ۱۵ V r.m.s. یا ۲۱٫۲ V peak/d.c. تجاوز نمی‌کند.

۲۴-۳

شرایط تعادل گرمایی

thermal equilibrium conditions

شرایط پایدار دماست که بوسیله تغییرات دمای بیشینه ۳ K (۵ °F) نشان داده شده یا ٪ ۱ دمای مطلق کاری، هر کدام که بین دو بار خواندن در فاصله ۱۵ min بالاتر باشد.

۲۵-۳

پایداری گرمایی

thermal stability

دمای پایدار شرایط هم‌دما می‌باشد.

۲۶-۳

آزمون نوعی

type test

عبارت است از آزمون تطابق انجام شده بر روی یک یا چند مورد که به‌عنوان معرف تولید محسوب می‌شوند.

[منبع: بخش 151.16.16 استاندارد IEC 60050-151: 2001]

یادآوری- با «آزمون انطباق» اشتباه نکنید [منبع: بخش 151.16.15 استاندارد IEC 60050-151: 2001]: آزمون مربوط به ارزیابی انطباق و یا «ارزیابی انطباق» [منبع: بخش 151.16.14 استاندارد IEC 60050-151: 2001] : بررسی سازمان یافته از میزان رعایت کامل مقررات مشخص‌شده توسط یک محصول، فرآیند یا خدمات می‌باشد.

۴ الزامات

۴-۱ راهبرد عمومی برای ایمنی

سازنده باید تجزیه و تحلیل ریسک را به صورت نوشتاری انجام دهد تا این اطمینان حاصل شود که:

الف- همه خطرات احتمالی قابل پیش بینی، موقعیت‌ها و وقایع پرخطر در طول عمر پیش بینی شده‌ی سیستم قدرت پیل سوختی شناسایی شده‌اند (برای فهرستی از خطرات نوعی به پیوست الف مراجعه شود).

ب- ریسک هر یک از این خطرات از ترکیب احتمال وقوع خطرات و شدت پیش‌بینی شده‌ی آن تخمین زده شده است.

پ- دو عامل که هر یک از ریسک‌های تخمین زده شده (احتمال و شدت) را تعیین می‌کنند، تا حد ممکن حذف شده یا تا سطح ریسک قابل قبولی کاهش یابد، تا زمانی که از نظر عملی ممکن باشد، از طریق:

۱- طراحی اولیه ایمن ساختار و روش‌های آن، یا

۲- کنترل غیرفعال انرژی بدون اینکه به محیط پیرامون آسیب بزند آزاد می‌شود (مثل دیسک‌های انفجار، دریچه‌های اطمینان، وسایل قطع گرمایی) یا کارکرد کنترل مربوط به ایمنی، و

۳- برای ریسک‌های باقی‌مانده که با اقدامات مطابق با موارد ۱ و ۲ نمی‌توان آن‌ها را کاهش داد، تهیه برچسب‌ها، هشدارها یا الزامات آموزش ویژه باید صورت گیرد، با توجه به این که چنین اقداماتی باید توسط اشخاصی که در معرض خطرات قرار دارند، آموخته شود.

برای ایمنی کارکردی، سطح شدت مورد نیاز، سطح عملکرد و یا طبقه عملکرد کنترل باید با توجه به موارد زیر برای مثال تعیین و طراحی شود:

- استاندارد IEC 62061 (و سپس ISO 13849-1) برای کاربردهایی مطابق با استاندارد IEC 60204-1؛
- استاندارد IEC 60730-1 برای لوازم مطابق با استاندارد IEC 60335-1؛
- استاندارد IEC 61508 (تمام قسمت‌ها) برای کاربردهای دیگر.

برای حالت خطا و تحلیل اثرات (FMEA) و روش‌های تحلیل درختی خطا، استانداردهای زیر می‌تواند به عنوان راهنما استفاده شود:

- استاندارد IEC 60812 [3]؛
- استاندارد SAE J1739 [4]؛
- استاندارد IEC 61025 [5]؛

این ارزیابی همچنین باید ریسک‌های احتمالی زیر را پوشش دهد:

- دمای توده، و
- ولتاژ توده و/یا پیل،

- فشار در قسمت‌های تحت فشار.

علاوه بر این، باید به موارد زیر توجه شود:

- خطرات مکانیکی: سطوح تیز، خطرات ناشی از لغزیدن، حرکت اجرام و ناپایداری، استقامت مواد و مایعات یا گازهای تحت فشار؛
- خطرات الکتریکی: تماس کارکنان با قسمت‌های برق‌دار، اتصال‌کوتاه‌ها، ولتاژ بالا؛
- خطرات EMC: اختلال واحد پیل سوختی وقتی در معرض پدیده‌های الکترومغناطیس قرار می‌گیرد یا بدکار کردن سایر تجهیزات (که در همسایگی قرار دارند) ناشی از گسیل‌های الکترومغناطیسی از واحد پیل سوختی؛
- خطرات دمایی: سطوح داغ، انتشار مایعات یا گازهای با دمای بالا، ماندگی گرمایی؛
- خطرات آتش‌سوزی و انفجار: گازها یا مایعات قابل اشتعال، امکان مخلوط‌های قابل انفجار در طی شرایط کاری عادی یا غیرعادی، امکان مخلوط‌های قابل انفجار در طی شرایط خطا؛
- خطرات ناشی از بدکار کردن: بهره‌برداری ناایمن ناشی از نقص نرم‌افزاری، مدار کنترل یا اجزای حفاظتی/ایمنی یا ساخت نادرست یا بهره‌برداری اشتباه؛
- خطرات ناشی از مواد: خرابی مواد، خوردگی، انتشار گازهای سمی؛
- خطرات بازیافت زباله: بازیافت مواد سمی، بازیافت، مصرف گازها یا مایعات قابل اشتعال؛
- خطرات زیست‌محیطی: بهره‌برداری ناایمن در محیط‌های زیستی داغ/سرد، بارندگی، سیل، طوفان، زمین لرزه، آتش سوزی داخلی، سیگار.

۴-۲ الزامات طراحی

۴-۲-۱ کلیات

واحد پیل سوختی باید مطابق با ارزیابی ریسک انجام شده توسط سازنده طراحی شود. تمام قسمت‌ها باید:

الف- برای گستره دماها، فشارها، نرخ‌های شارش، ولتاژها و جریان‌هایی که هنگام استفاده مورد نظر در معرض آن قرار می‌گیرند، مناسب باشند.

ب- در برابر واکنش‌ها، فرآیندها و دیگر شرایطی که هنگام استفاده مورد نظر در معرض آن قرار می‌گیرند، مقاوم باشند.

پ- کیفیت و ضخامت مواد مورد استفاده در واحد پیل سوختی، المان‌های اتصالات و پایانه‌های آن‌ها و روش هم‌گذاری قسمت‌های مختلف باید به گونه‌ای باشد که ویژگی‌های ساختاری و عملیاتی در طول

عمر مناسب و تحت شرایط عادی نصب و استفاده تغییر نکند. تمام قسمت‌های توده پیل سوختی وقتی توسط کاربر محصول نهایی به طور معمول مورد استفاده می‌گیرد، باید در برابر شرایط مکانیکی، شیمیایی و دمایی که ممکن است در معرض آن‌ها قرار گیرند، تحمل داشته باشند.

محفظه‌های واحد پیل سوختی باید مطابق با الزامات مندرج در استاندارد IEC 60529 مطابق با سیستم کاربردی باشند. بنابراین واحد پیل سوختی باید کد IP داشته باشد.

یادآوری- زمانی که تجهیزات مورد استفاده نهایی دارای محفظه محافظ باشد، رتبه‌بندی IP00 نشان دهنده عدم محافظت ممکن است مناسب باشد.

۴-۲-۲ رفتار در شرایط عادی و غیرعادی کاری

واحد پیل سوختی باید به گونه ای طراحی شود که بدون هرگونه صدمه‌ای بتواند تمام شرایط عادی کاری تعریف‌شده در مشخصات سازنده را تحمل کند. شرایط غیرعادی کاری باید با مطابق با زیربند ۴-۱ پوشش داده شود.

۴-۲-۳ نشت

امکان نشت مایعات یا گازهای اشتعال‌پذیر، بسته به طراحی وجود دارد (به زیربند ۵- ۳ مراجعه شود). نرخ نشت گاز باید طوری در مدارک مشخصات آورده شوند، که سیستم پیل سوختی بتواند کمینه ظرفیت موردنیاز برای سیستم تهویه (به مورد ط زیربند ۷-۴-۱ مراجعه شود)، الزامات نرخ شارش تصفیه و تهویه را تعیین کند.

حالت خطای «متقاطع» باید قسمتی از ارزیابی ریسک با توجه به زیربند ۴-۱ باشد. اقداماتی مانند «نمایشگرهای ولتاژ پیل» باید مطابق استاندارد مربوط در زیربند ۴-۱ طراحی شود.

هنگامی‌که حفاظت نقطه عبوری در واحد پیل سوختی گنجانده نشده است، مستندسازی محصول باید هر وسیله حفاظتی یا رویه‌های کاری که باید توسط یکپارچه‌کننده سیستم فراهم شود را توصیف کند.

یادآوری – برای طبقه‌بندی نواحی پرخطر به استاندارد IEC 60079-10 مراجعه شود.

۴-۲-۴ بهره‌برداری تحت فشار

اگر واحد پیل سوختی شامل محفظه‌های تحت فشار و عایق گازی باشند، این محفظه‌ها باید با قواعد ملی تطابق داشته باشند.

شرایط بهره‌برداری فشار که می‌تواند شرایط پرخطری را خارج از واحد ایجاد کند (به زیربند ۴-۱ مراجعه شود) و اطلاعاتی که به یکپارچه‌کننده سیستم منتقل می‌شود باید شناسایی شود.

یادآوری- واحدهای زیر دارای ویژگی‌های خاصی هستند:

واحدهای PEFC[1]

در طراحی PEFC (توده پیل سوختی الکترولیت پلیمری)، فشار، عامل مهمی برای طراحی نیست. ابعادگذاری، انتخاب مواد و قوانین ساخت یک توده PEFC بر اساس الزامات اولیه مربوط به استقامت کافی، انعطاف‌ناپذیری(سختی) و پایداری آنهاست تا بتواند مشخصه‌های استاتیک، دینامیک و/یا دیگر مشخصه‌های عملیاتی را برآورده سازد. به‌عنوان مثال، در یک نوع از این پیل‌ها که با استفاده از فشرده نمودن نیروی هم محور طراحی شده است، قسمت‌های فلزی قبل از شکستن، نشت می‌کنند.

واحدهای PAFC[2]

واحد PAFC (پیل سوختی فسفریک اسید) معمولاً تحت فشار جو کار می‌کند.

واحدهای MCFC[3]

یک واحد MCFC (پیل سوختی کربنات مذاب) برای بهره‌برداری تحت فشار، با سیستم MCFC ادغام می‌شود. این سیستم MCFC، جایگاه واحد MCFC را فراهم می‌سازد و باید مطابق با کدهای قابل‌اجرا ملی و بین‌المللی برای سیستم‌های تحت فشار طراحی شود.

از خطر ناشی از فشار مرتبط با واحد MCFC، در مقابل خطر ناشی از جایگاه آن مطابق با مقررات وضع شده، می‌توان صرف نظر کرد.

واحدهای SOFC[4]

اگر بهره‌برداری تحت فشار یک SOFC (پیل سوختی اکسید جامد) قابل پیش‌بینی باشد، واحد SOFC در سیستم تغذیه SOFC ادغام شده است. برای این کاربرد، واحد SOFC در داخل یک مخزن تحت فشار که با توجه به کدهای ملی و بین‌المللی قابل اجرا برای سیستم‌های تحت فشار طراحی، تولید و تجهیز شده، قرار می‌گیرد.

۴-۲-۵ آتش‌سوزی و احتراق

۴-۲-۵-۱ کلیات

واحد پیل سوختی باید با روش‌هایی (مثل تهویه، آشکارسازهای گاز، اکسیداسیون کنترل‌شده، دماهای کاری بالاتر از دمای خودسوزی و غیره) به‌گونه‌ای حفاظت شود که گازهای نشتی از داخل واحد پیل سوختی به خارج آن غلظت‌های قابل انفجاری را بوجود نیاورد.

معیارهای طراحی چنین روش‌هایی (مثل نرخ تهویه مورد نیاز) باید توسط سازنده واحد پیل سوختی فراهم شود. این روش‌ها یا باید توسط سازنده واحد پیل سوختی و یا سازنده سیستم پیل سوختی فراهم شوند. اگر سازنده پیل سوختی چنین روش‌هایی را فراهم نسازد، باید معیارهای طراحی و آزمون را برای این روش‌ها (برای مثال نرخ تهویه مناسب) فراهم کند.

1- Polymer electrolyte fuel cell
2- Phosphoric acid fuel cell
3- Molten carbonate fuel cell
4- Solid oxide fuel cell

اجزا و مواد داخل محیط‌های قابل انفجار گازی طبقه‌بندی شده باید ساخته شوند یا استفاده از موادی که باعث کاهش انتشار آتش‌سوزی و احتراق می‌شوند را بوجود آورند. اشتعال‌پذیری مواد باید به قدری باشد که بعد از اتمام منبع تغذیه الکتریکی، سوخت و اکسیدکننده، آتش دوام پیدا نکند. این روش با انتخاب مواد V 0، V 1 یا V 2 مطابق با مجموعه استانداردهای IEC 60695 به اثبات می‌رسد.

یادآوری- دماهای خودسوزی که معمولا در استانداردهایی مانند [6] IEC 60079-20-1 فهرست شده است، کمینه دمایی است که در آن مخلوط گاز قابل اشتعال می‌تواند مشتعل شود. دماهای واقعی خودسوزی بسته به هندسه سطح، مواد و مخلوط گاز واقعی می‌تواند بالاتر از این میزان باشد. این الزام به یک دمایی خودسوزی اشاره دارد که یک گاز قابل اشتعال در هر شرایطی برای مواد و سطح انتخاب‌شده مشتعل می‌شود.

الزامات استانداردهای کاربردی همانطور که در زیربند ۴-۱ آورده شده، باید در رابطه با «مقاومت در برابر گرما و آتش» مورد توجه قرار گیرد.

۴-۲-۵-۲ موارد استثناء

غشاها و دیگر مواد موجود در توده پیل سوختی که جرمی کمتر از ٪ ۱۰ کل جرم واحد پیل سوختی را دارند، به‌عنوان کمیت محدود درنظر گرفته شده و بدون هیچ‌گونه گسترش شعله‌ای مجاز خواهند بود. در صورت استفاده از چنین موادی، این باید بخشی از مشخصات محصول باشد تا یکپارچه‌کننده سیستم بتواند آن را مورد توجه قرار دهد.

در صورتیکه دمای واقعی در هر جای واحد پیل سوختی، در صورت وجود مخلوط قابل اشتعال، بیشتر از دمای خودسوزی باشد، نشت گاز سوختی به‌داخل اکسیدکننده یا بالعکس منجر به اکسیداسیون فوری گاز قابل اشتعال می‌شود. به همین دلیل باید از هرگونه تجمع غلظت‌های بالا از گازهای قابل انفجار جلوگیری نمود.

هر زمان دمای چنین پیل‌های سوختی با دمای بالا، از دمای خودسوزی کمتر باشد، واحد پیل سوختی باید به یک وضعیت ایمن انتقال داده شود (به‌عنوان مثال با تصفیه).

۴-۲-۶ حفاظت

خرابی یک جزء درون یک سیستم کنترل ایمنی (به مورد پ زیربند ۴-۱ مراجعه شود) باید باعث شود که واحد پیل سوختی خاموش شود. برای اطمینان از سطح مورد نیاز تحمل (سطح SHL، سطح عملکرد یا طبقه کنترل کارکرد)، طراحی ایمنی مربوط باید با استانداردهای مربوط که در زیربند ۴-۱ ارائه شده، مطابقت داشته باشد.

یادآوری- خاموش‌شدن ممکن است دارای تاخیر باشد، و یا زمانی که خاموش‌شدن فوری منجر به یک ریسک بالاتر شود، اجازه دهد یک چرخه عملیاتی تکمیل شود. به عنوان یک مثال می‌توان خرابی یک آشکارساز گاز در یک واحد پیل سوختی که به عنوان منبع تغذیه اضطراری استفاده می‌شود، را نام برد.

۴-۲-۷ لوله‌کشی و اتصالات

۴-۲-۷-۱ کلیات

اتصالات پیچی در لوله‌کشی و اتصالات انتقال گازهای اشتعال‌پذیر باید مطابق با استاندارد ISO 23550 باشد. تمامی مفصل‌ها باید جوشکاری شده و یا دست‌کم دارای اتصالات مناسب همراه با فضای آب‌بندی شده تعریف‌شده و مشخص‌شده توسط سازنده باشند. قطعات اتصالی مورد استفاده در خطوط گاز سوختی یا اکسیژن باید از نوع اتصال زمینی یا اتصال فلنچی یا از نوع اتصال فشاری با بسته‌بندی مقاوم در برابر عمل گازهای سوختی باشند.

سطوح داخلی لوله باید عاری از هرگونه ذرات معلق بوده و هرگونه انسداد و تیزی در انتهای لوله با گشاد نمودن دهانه آن نیز به دقت از بین رود.

لوله‌کشی قابل‌انعطاف و اتصالات مرتبط هنگام استفاده برای انتقال گاز باید برای کاربرد مورد نظر مناسب باشند. برای خطوط انتقال هیدروژن باید ملاحظات ویژه‌ای مانند رفتار کهنگی، تضعیف، تخلخل و غیره به‌کار رود.

یادآوری- اطلاعاتی در مورد مطابقت با الزامات مختلف در استانداردهای زیر موجود می‌باشد:

ISO 37، ISO 188، ISO 1307، ISO 1402، ISO 1436 و ISO 4672. [موارد 7 تا 12 کتاب‌نامه].

۴-۲-۷-۲ سیستم‌های لوله‌کشی غیرفلزی

لوله‌کشی، مصالح نصب لوله‌ها و اجزای پلیمری و الاستومری تحت شرایط زیر مجاز هستند.

مواد باید در مقابل بیشینه دماها و فشارهای کاری طول عمر مناسبی نشان دهند و با دیگر مواد و مواد شیمیایی که در هنگام خدمات و در طول زمان نگهداری مواجه می‌شوند، سازگاری داشته و مطابق با زیربندهای ۵-۴ و ۵-۵ دارای استقامت مکانیکی مناسب و کافی باشند.

اجزای متشکله پلاستیکی یا الاستومری باید در برابر هرگونه صدمات مکانیکی در واحد پیل سوختی حفاظت شده باشند. برای حفاظت اجزا در برابر نقص ناشی از چرخش تجهیزات یا دیگر وسایل مکانیکی جاسازی شده درون آن قسمت می‌توان از روش روکش‌دارکردن استفاده نمود.

اجزای پلاستیکی یا الاستومری موجود در هر قسمت که برای انتقال گازهای قابل اشتعال استفاده می‌شوند، باید در برابر احتمال بروز گرمای بیش از اندازه حفاظت شوند.

اگر خطر دمای شارش سوخت بیش از ۱۰ K از پایین‌ترین درجه انحراف گرما را نداشته باشد، نمی‌توان از یک سیستم کنترل که مطابق با الزامات مطابق با استاندارد مربوط مطابق با زیربند ۴-۱ ارائه شده است، برای پوشش ریسک اختصاص داده شده برای خاتمه شارش سوخت استفاده نمود.

مواد پلاستیکی یا الاستومری مورد استفاده در مکان‌های پرخطر باید از نظر الکتریکی رسانا بوده یا به‌گونه‌ای طراحی شوند که از ایجاد شارژ استاتیک جلوگیری به عمل آید، به عنوان مثال با محدودکردن نرخ شارش یا دیگر موارد. از مواد پلاستیکی یا الاستومری که دارای هدایت الکتریکی نامناسب می‌باشند فقط باید در مکان‌هایی استفاده نمود که پرخطر نباشند.

۴-۲-۷-۳ سیستم‌های لوله‌کشی فلزی

سیستم‌های لوله‌کشی فلزی باید برای ترکیب بیشینه دماها و فشارهای کاری مناسب بوده و با دیگر مواد شیمیایی دیگری که به هنگام نگه‌داری و خدمات در تماس با آن‌ها بوده است، سازگار باشد. سیستم‌های لوله‌کشی فلزی باید از نظر مکانیکی بدون نقص باشند. استقامت مکانیکی کافی آن باید از طریق زیربندهای ۵-۵ و ۵-۶ اثبات شده باشد.

سیستم‌های لوله‌کشی فلزی باید تابع الزامات نشت موجود در زیربند ۵-۳ باشد.

زانویی‌های ایجاد شده در لوله‌کشی نباید باعث توسعه نقص بوجود آمده شده و باید با موارد زیر مطابقت داشته باشند:

- زانویی‌ها تنها باید به‌وسیله تجهیزات خم‌کننده و روش‌های اجرایی موردنظر برای آن ایجاد شوند؛
- تمام زانویی‌ها باید صاف و بدون مقاومت، ترک‌خوردگی و هرگونه نشانه دیگری از صدمات مکانیکی باشد؛
- جوشکاری طولی لوله باید نزدیک محور خنثی زانویی باشد؛
- شعاع داخلی یک زانویی نباید از کمینه شعاع مشخص‌شده توسط سازنده لوله کمتر باشد.

۴-۲-۸ اجزای الکتریکی

طراحی و ساخت سیستم الکتریکی، و همچنین کاربرد تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی، از جمله موتورهای الکتریکی و محفظه‌ها، باید با الزامات استانداردهای کاربردی محصول الکتریکی مرتبط باشد. برای مثال:

- استاندارد IEC 60335-1، (مانند تجهیزات مسکونی/تجاری و صنعتی سبک)؛
- استاندارد IEC 60204، (تجهیزات صنعتی سنگین)؛
- استاندارد IEC 60950-1، (مانند مخابرات)؛
- استاندارد IEC 62040-1، (مانند UPS).

انتخاب کاربرد مناسب در مشخصات فنی ارائه خواهد شد. طراح پیل سوختی باید مسائل مخصوص پیل سوختی زیر را نیز بررسی کند:

- شارژ باقی‌مانده در توده پیل سوختی؛
- خطر انرژی بین پیل‌ها.

تناسب اجزای الکتریکی با شرایط محیط که برای بهره‌برداری مشخص شده است باید با یکپارچه‌کننده سیستم پیل سوختی در ارتباط باشد (به مورد خ زیربند ۷-۴-۱ مراجعه شود): گستره دما و رطوبت محیط برای بهره‌برداری و انبارش.

اگر اجزای الکتریکی توسط یکپارچه‌کننده سیستم آماده شود، باید از مشخصات فنی ضروری مطلع شود تا ایمنی را تضمین کند.

در جاییکه واحد پیل سوختی محفظه‌دار در دمایی پایین تر از دمای خودسوزی گاز اشتعال‌پذیر در حال کار است، نباید با حدود غلظت قابل اشتعال توصیف‌شده در زیربند ۵-۱۲ مطابق باشد و اجزای الکتریکی قرار گرفته درون محفظه باید با استفاده از روش فنی محافظت تعریف‌شده در مجموعه استانداردهای IEC 60079 برای طبقه‌بندی تعریف‌شده در استاندارد IEC 60079-10 مناسب باشند.

۴-۲-۹ پایانه‌ها و اتصالات الکتریکی

اتصالات تغذیه به مدار خارجی باید دارای شرایط زیر باشد:

الف- بدون احتمال شل‌شدن، به محل نصب خود محکم شده باشند؛

ب- به‌گونه‌ای ساخته شده باشند که هادی‌ها از محل موردنظر خود تکان نخورند؛

پ- بدون صدمه رساندن به هادی‌ها که منجر به کاهش توانایی آن‌ها در درست بودن کارکردشان می‌شود، تماس مناسبی را تضمین کنند؛

ت- به گونه‌ای محکم شوند که هنگام بستن عادی به داخل هادی، از هرگونه چرخش، پیچ خوردگی و تغییر شکل دائمی جلوگیری بعمل آید.

اتصالاتی که مستقیماً به پیل سوختی می‌رسند، نباید به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر شرایط موجود در خدمات عادی قرار گیرند. پایانه‌های واحد پیل سوختی باید با استانداردهای IEC 60352، IEC 60512-15 (همه قسمت‌ها) و IEC 60512-16 (همه قسمت‌ها) یا با الزامات مربوط به پایانه‌ها و اتصالات الکتریکی در استانداردهای کاربردی زیربند ۴-۲-۸ مطابقت داشته باشند.

۴-۲-۱۰ قسمت‌های برق‌دار

مستندات فنی سازنده باید طبق استانداردهای کاربردی مربوط مطابق با زیربند ۴-۲-۸ مشخص شود:

الف- قسمت‌های برق‌دار قابل‌دسترس که الزامات ولتاژ بسیار پایین ایمن (SELV) را ندارند؛

ب- قسمت‌های برق‌دار قابل‌دسترس که به دلیل اتصالی، خطر جریان بالا را دارند.

یکپارچه‌کننده سیستم پیل سوختی باید مسئول حفاظت این قسمت‌های برق‌دار در برابر شوک الکتریکی باشد.

۴-۲-۱۱ مواد عایق، استقامت دی‌الکتریک

تمام دی‌الکتریک‌های بکار رفته بین قسمت‌های برق‌دار و قسمت‌های فلزی که حامل جریان نیستند در یک واحد پیل سوختی، از نظر طراحی باید با استانداردهای ملی قابل اجرا که در زیربند ۴-۲-۸ ارائه شده است، برای تجهیزات الکتریکی با طبقه مناسب ولتاژ، مطابق باشند.

مشخصه‌های مکانیکی موادی که بر رفتار کارکردی تأثیر می‌گذارند، مثل استقامت در برابر فشردگی، باید با معیارهای طراحی در دمای بالا تا دست‌کم ۲۰ K یا ۵ ٪ (هر کدام که بالاتر باشند) بالاتر از بیشینه دمای مشاهده شده تحت شرایط بهره‌برداری عادی، ولی کمینه ۸۰ °C، مطابق باشد.

تصدیق باید براساس خواص و مشخصه‌های مواد تعریف‌شده توسط سازنده مواد باشد.

۴-۲-۱۲ هم‌بندی

موارد زیر اعمال می‌شود مگر اینکه استانداردهای مربوط که در زیربند ۴-۲-۸ آمده است، آن را با روش دیگری مشخص کنند.

قسمت‌های فلزی در دسترس که حامل جریان نیستند و احتمالا در اثر اشکال الکتریکی، برق‌دار شده و می‌توانند منجر به برق‌گرفتگی شوند، باید به یک نقطه مشترک بسته شوند.

برای اطمینان از یک تماس الکتریکی خوب، این اتصالات باید در برابر خوردگی حفاظت شده و نیز طوری طراحی شوند که هادی‌ها در برابر شل‌شدن و پیچ خوردگی ایمن بوده و فشار تماس حفظ شود.

بین قسمت‌های فلزی که به یکدیگر هم‌بندی شده‌اند، در شرایط مورد انتظار برای استفاده، انبارش و حمل و نقل، نباید هیچ‌گونه خوردگی الکتروشیمیایی وجود داشته باشد. مقاومت در برابر خوردگی الکتروشیمیایی را می‌توان از طریق فرایندهای آبکاری یا روکش‌دارکردن تامین نمود.

۴-۲-۱۳ شوک و ارتعاش

حدود شوک و ارتعاش که ماژول سلول سوخت برای تحمل در برابر آن طراحی شده، باید در مستندات سازنده گنجانده شود.

۵ آزمون‌های نوعی

۵-۱ کلیات

آزمون نوعی باید روی یک وسیله آزمون شبیه‌سازی شده با سیستم پیل‌های سوختی مورد نظر یا در خود سیستم پیل سوختی برای دستیابی به شرایط کاری مورد نیاز انجام شود. به طور خاص، تسهیلات آزمون برای انجام آزمون‌های نوعی بهره‌برداری عادی می‌تواند تسهیلات شرایط‌دهی مورد استفاده برای آغاز به کار اولیه واحد پیل سوختی باشد. توصیه می‌شود آزمون‌های نوعی به ترتیب زیر اجرا شود. آزمون شرایط غیرعادی ممکن است مخرب باشد.

۵-۲ آزمون شوک و ارتعاش

واحد پیل سوختی باید در معرض محدودیت‌های آزمون شوک و ارتعاش که در مستندات سازنده ذکر شده است، قرار گیرد.

یادآوری- ممکن است که سازنده محدودیت‌های شوک و ارتعاش را مشخص نکرده باشد، که در این صورت نیاز به هیچ آزمونی نیست.

اگر وسیله تحت آزمون بدون هیچ‌گونه شواهدی از آسیب با معیارهای شوک و ارتعاش مشخص‌شده سازنده، مقاومت کند، مورد پذیرش قرار می‌گیرد. وسیله تحت آزمون پس از شرایط‌دهی مطابق انتظار کار می‌کند.

۵-۳ آزمون نشت گاز

این آزمون برای واحد پیل سوختی با شرایط زیر قابل اجرا نیست:

- دمای کاری بالاتر از دمای خودسوزی گاز اشتعال‌پذیر (به زیربند ۴-۲-۵ مراجعه شود)، یا
- پیل‌های سوختی که درون ظرفی عایق گاز قرار گرفته اند و قبلاً مطابق با قواعد ملی مربوط ثابت شده‌اند.

در جائیکه استفاده از توده کامل غیر عملی باشد، می‌توان از توده‌ای با تعداد کمتر که هنوز نماینده کل توده است، استفاده نمود. نشتی باید براساس نسبت تعداد پیل‌ها محاسبه شود.

واحد پیل سوختی باید تا زمانی کار کند که تحت جریان بار کامل و بیشینه دمای کاری، به شرایط تعادل گرمایی برسد.

اولین باری که این شرایط پدید آمد، عملیات متوقف شده و واحد پیل سوختی می‌تواند تصفیه شود و خروجی‌های گاز بسته شوند، در این صورت دمای پیل سوختی باید به پایین ترین دمای کاری مشخص‌شده یا حتی پایین‌تر کاهش یابد. سپس با گاز موجود در آند یا گاز هلیوم تا بیشینه فشار کاری، به تدریج فشرده شده و به مدت ۱ min در شرایط پایدار نگهداشته می‌شود.

در طول زمانی‌که نشتی اندازه‌گیری می‌شود، فشار ورودی باید ثابت و بدون تغییر باقی بماند. نرخ نشت گاز باید با استفاده از شارش‌سنج قرار گرفته در ورودی واحد پیل سوختی در خلاف جهت وسیله تعدیل فشار اندازه‌گیری شود. این شارش‌سنج دارای توانایی اندازه‌گیری با درستی ٪ ۲ می‌باشد. در صورت استفاده از گاز هلیوم، نرخ نشت گاز باید مطابق رابطه زیر تصحیح شود:

$$R = \text{نرخ نشت گاز آزمون /شدت نشت گاز سوختی} \qquad (۱)$$

که در آن:

$$R = (TGSG/FGSG)^{1/2} \qquad (۲)$$

و

$TGSG$ چگالی مخصوص گاز آزمون؛

$FGSG$ چگالی مخصوص گاز سوختی است.

یا

$$R = \mu_{\text{test}} / \mu_{\text{ fuel}} \qquad (۳)$$

که در آن:

μ_{test} ویسکوزیته مطلق گاز آزمون؛

μ_{fuel} ویسکوزیته مطلق گاز سوختی است.

برای محاسبه R می‌توان از این دو رابطه استفاده کرد و فرانامه‌ی[1] بدترین حالت ممکن، یعنی مقدار بالاتر، باید گزارش شود.

نرخ نشت گاز شامل نرخ شارش گاز از دریچه اطمینان فشار، باید ثبت شود.

در صورتی‌که در آزمون به دلیل مثلا هیستریزیس[2] یا تنظیم فشار، وسیله تعدیل فشار نباشد، کل نشتی باید مجموع نشتی ناشی از وسیله تعدیل فشار در بیشینه فشار منبع سوخت و نشتی بدست‌آمده از آزمون، باشد.

برطبق نرخ نشت گاز موجود در مستندات، نرخ نشت گاز که برای شرایط مرجع و نوع گاز تصحیح شده است، باید در ۱٫۵ ضرب شود (به زیربند ۷-۴ مراجعه شود).

یادآوری- انتظار می‌رود که این اطلاعات ممکن است برای کاربر محصول نهایی جهت محاسبه نیازهای تهویه، مورد نیاز باشد.

1- Scenario
2- Hysteresis

۴-۵ بهره‌برداری عادی

عبارت است از بهره‌برداری واحد پیل سوختی تحت شرایط عادی بویژه شرایط زیر:

- خروجی توان نامی نسبت به ولتاژ و جریان؛
- خروجی انرژی گرمایی نامی نسبت به دما و شارش واسط خنک‌کننده (در صورت کاربرد)؛
- گستره دمای نامی واحد پیل سوختی؛
- ترکیب نامی (ظاهری) سوخت؛
- شارهای نامی واسط کاتد و آند؛
- گستره‌های فشار نامی سیالات آند و کاتد؛
- نرخ تغییر خروجی توان درون گستره‌های نامی تعریف‌شده در مشخصات سازنده.

برای آزمون بهره‌برداری عادی، واحد پیل سوختی باید تا رسیدن به شرایط تعادل گرمایی، تحت شرایط عادی تعریف‌شده در بالا کار کند.

پارامترهای زیر باید اندازه‌گیری شده و نتایج به صورتی که در زیربند ۷-۴ آمده، در مستندات ثبت شود:

الف- ولتاژ پایانه‌های واحد پیل سوختی در جریان بار کامل؛

ب- دماها (توده پیل سوختی، سطح واحد پیل سوختی، محیط)؛

پ- فشار سوخت (سنجه) از ٪ ۵- تا ٪ ۵+ یا ۱ kPa±، هرکدام که بیشتر باشد؛

ت- نرخ مصرف سوخت در ٪ ۵+ تا ٪ ۵-؛

ث- منبع اکسیدکننده از ٪ ۵- تا ٪ ۵+، اگر قابل اجراست؛

ج- فشار اکسیدکننده از ٪ ۵- تا ٪ ۵+ یا ۱ kPa±، هرکدام که بیشتر باشد.

چ- دمای ورودی و خروجی مایع سردکن (اگر قابل اجراست)؛

ح- نرخ شارش مایع سردکن (اگر قابل اجراست)؛

خ- فشار ورودی و خروجی مایع سردکن (اگر قابل اجراست)؛

د- فشار تفاضلی اکسیدکننده و سوخت.

اگر برای تمامی پارامترهای اندازه‌گیری شده، مقادیر اندازه‌گیری شده درون محدوده مقادیر مشخص‌شده توسط سازنده باشند، مورد پذیرش است.

۵-۵ آزمون فشارکاری مجاز

واحد پیل سوختی را باید در بیشینه یا کمینه دمای کاری، هر کدام که سخت‌تر است، آزمون کرد.

در حین آزمون، صفحات سوخت و هوا در واحد پیل سوختی، در صورتی که تحت بهره‌برداری عادی دارای فشار داخلی یکسان باشند، می‌توانند بهم متصل شوند. در صورتی که واحد پیل سوختی شامل یک سیستم خنک‌کننده باشد، این سیستم می‌تواند بطور هم‌زمان در اضافه‌فشار و با همان روش آزمون شود.

واحد پیل سوختی (هر دو مجرای آند و کاتد) باید به تدریج فشرده شده و به مدت دست‌کم ۱ min و تا رسیدن به فشاری معادل با ۱٫۳ برابر فشار کاری مجاز آن‌ها، در حالت پایدار نگه‌داشته شود.

در صورتی که واحد پیل سوختی دارای وسیله تعدیل فشار باشد، این وسیله باید جدا شود یا عمل نکند.

این آزمون می‌تواند در طول آزمون نشت گاز یا آزمون کار عادی انجام شود، مشروط بر اینکه به کمیت‌های آزمون رسیده باشد.

اگر شرایط آزمون(دما) دست نیافتنی باشند، واحد پیل سوختی می‌تواند در دمای محیط و در فشار کمینه ۱٫۵ برابر فشار کاری مجاز ، آزمون شود.

نباید هیچ گونه تخریب، شکستگی، تغییر شکل دائمی یا صدمات فیزیکی دیگری در واحد پیل سوختی ایجاد شود.

۵-۶ آزمون مقاومت سیستم خنک‌کننده در برابر فشار

در صورتی‌که سیستم خنک‌کننده در حین آزمون فشار کاری مجاز ، آزمون نشده باشد، این آزمون باید انجام شود.

واحد پیل سوختی باید در همان دمای آزمون فشار کاری مجاز آزمون شود.

سیستم خنک‌کننده واحد پیل سوختی باید در ۱٫۳ برابر فشار کاری مجاز تحت فشار قرار گرفته و سپس به مدت دست‌کم ۱۰ min در این فشار نگه‌داشته شود.

در صورتی‌که شرایط آزمون (دما) دست نیافتنی باشند، سیستم خنک‌کننده می‌تواند در دمای محیط و فشار ۱٫۵ برابر فشار کاری مجاز خود، آزمون شود.

نباید هیچ گونه تخریب، شکستگی، تغییر شکل دائمی یا صدمات فیزیکی دیگر به سیستم وجود داشته باشد. در صورت استفاده از مایع سردکن در سیستم، نباید در طول آزمون نشت مایع وجود داشته باشد.

۵-۷ رتبه‌بندی الکتریکی پیوسته و کوتاه‌مدت

در جایی‌که سازنده،درجه بندی جریان کوتاه‌مدت را مشخص می‌کند، واحد پیل سوختی باید ابتدا در جریان اسمی تثبیت شده سپس تا مقدار رتبه‌بندی کوتاه‌مدت تعریف‌شده افزایش یافته و در زمان تعریف‌شده که توسط سازنده مشخص شده، ثابت نگه‌داشته شود.

نباید هیچ گونه تخریب، شکستگی، تغییر شکل دائمی یا صدمات فیزیکی دیگری در سیستم ایجاد شود.

۵-۸ آزمون اضافه‌فشار

در جایی‌که واحد پیل سوختی دارای وسیله محدودکننده فشار می‌باشد، فشار باید مرحله به مرحله افزایش یابد تا به مقداری بالاتر از فشار آستانه وسیله محدودکننده فشار برسد. در صورت نیاز، برای این آزمون تنظیم‌کننده فشار ورودی واحد پیل سوختی باید از کار بیفتد یا نادیده گرفته شود (کنارگذر شود). سازوکار ایمنی باید موجب کاهش فشار یا انتقال واحد پیل سوختی به یک وضعیت عملیاتی ایمن شود.

در حالت نشتی قبل از برنامه قطع‌کردن، امکان مخرب‌بودن آزمون وجود داشته و آزمون می‌تواند مطابق زیربند ۵-۱۳ انجام شود. داده‌های این آزمون باید برای یکپارچه‌کننده سیستم‌ها گزارش شود. همچنین تمام خطرات مهم گزارش می‌شود.

۵-۹ آزمون استقامت دی‌الکتریک

واحدهای پیل سوختی می‌توانند مطابق دو طرح مختلف زیر ساخته شوند:

الف- توده زمینی

ب- توده شناور

برای طرح الف، آزمون تحمل الکتریکی به‌کار نمی‌رود و تنها ولتاژ مدار باز ظاهر می‌شود.

برای طرح ب، آزمون استقامت دی الکتریک باید در دمای کاری و همراه با واسط خنک‌کننده بکاررفته، انجام شود. در حالتی که واحد پیل سوختی نتواند در دمای کاری نگه‌داشته شود، آزمون استقامت دی‌الکتریک باید در بیشینه دمای مجاز انجام شده و دما ثبت شود. در صورتی‌که این آزمون قابل اجرا باشد، باید بر روی واحد پیل سوختی کاملاً مونتاژ شده که از منبع سوخت جدا شده و با گاز تصفیه‌کننده، پاک‌سازی شده است، انجام شود. ولتاژ آزمون باید بین قسمت‌های برق‌دار و قسمت‌های فلزی که حامل جریان نیستند، اعمال شود. آزمون باید با ولتاژ DC یا AC با شکل موج سینوسی و در بسامدی بین ۴۸ Hz و ۶۲ Hz انجام شود. ولتاژ باید بطور یکنواخت تا مقدار مشخص‌شده افزایش یافته و سپس به مدت ۵ s در این ولتاژ نگه‌داشته شود. در صورت عدم وجود شکست عایقی، نتایج قابل قبول خواهند بود. جریان نشت نباید از ۱ mA ضرب در نسبت ولتاژ آزمون به ولتاژ مدار باز بیشتر شود. در صورتیکه این مقدار برآورده نشود، داده‌های این آزمون باید برای

یکپارچه‌کننده سیستم‌ها تهیه شوند. تمام خطرات مهم باید بوسیله یکپارچه‌کننده سیستم‌ها کاهش داده شوند.

یادآوری- بنابر کاربرد نهایی، مدت زمان آزمون می‌تواند بیشتر از ۵ s، مورد نیاز باشد.

ولتاژهای آزمون باید مقادیر ذکرشده در جدول ۱ باشند.

جدول ۱ - ولتاژهای آزمون استقامت دی‌الکتریک
(برگرفته از استاندارد EN 50178)

ستون ۱ ولتاژ مدار یاز	ستون ۲ ولتاژ آزمون a.c. و d.c. برای مدارات آزمون یاعایق بندی اصلی و مداراتی یا جداسازی حفاظتی		ستون۳ ولتاژ آزمون a.c. و d.c. برای آزمون بین مدارات و سطح در دسترس(غیررسانا یا رسانا یدون اتصال به زمین حفاظتی)	
	AC r.m.s. kV	DC kV	AC r.m.s. kV	DC kV
≤ 50 √2 V = 71 V	0,35	0,5	0,35	0,5
100 √2 V = 141 V	0,5	0,7	0,7	1,0
150 √2 V = 212 V	0,8	1,1	1,3	1,8
230 √2 V = 325 V	1,1	1,6	1,8	2,5
300 √2 V = 424 V	1,2	1,7	2,2	3,1
400 √2 V = 566 V	1,35	1,9	2,6	3,7
600 √2 V = 849 V	1,65	2,3	3,5	5,0
690 √2 V = 976 V	1,8	2,5	3,8	5,4
1 √2 kV = 1,41 kV	2,25	3,2	5,0	7,1
1,5 √2 kV = 2,12 kV	3,0	4,2	6,4	9,1
3 √2 kV = 4,24 kV	5,25	7,4	11,2	15,8
6 √2 kV = 8,4 kV	9,75	13,8	17,5	24,8
10 √2 kV = 14,14 kV	15,75	22,3	34,0	48,1
یادآوری- در طول تمام گستره‌ها درون‌یابی مجاز است.				

۵-۱۰ آزمون فشار تفاضلی

برای واحدهای پیل سوختی که مجراهای مختلفی برای آند و کاتد در واحد نگه‌داری می‌کنند، آزمون تفاضلی قابل اجراست. واحد پیل سوختی باید در بیشینه یا کمینه دمای کاری، هر کدام که سخت‌تر باشند، قرار گیرد. سپس باید با هر کدام از مجراهای آند یا کاتد با یک گاز مناسب به تدریج فشرده‌شده و به مدت دست‌کم ۱ min و تا رسیدن به فشاری معادل با ۱٫۳ برابر فشار کاری تفاضلی مجاز، در حالت پایدار

نگه داشته شود. اگر شرایط آزمون قابل دست‌یابی نباشد، واحد پیل سوختی را می‌توان در دمای محیط دست‌کم ۱٫۵ برابر فشارکاری مجاز آزمون کرد.

در حین آزمون، نرخ نشت به‌طور مثال باید با یک شارش‌سنج یا به صورت مداوم اندازه‌گیری شود یا در صورت عدم امکان به صورت مداوم، باید قبل و بعد از فشرده‌کردن در فشار کاری تفاضلی مجاز اندازه‌گیری شود.

نباید هیچ گونه تخریب، شکستگی، تغییر شکل دائمی یا صدمات فیزیکی دیگری در واحد پیل سوختی ایجاد شده باشد. در نتیجه این آزمون، نرخ نشت بین صفحات کاتد و آند نباید افزایش یافته و باید در محدوده مشخصات سازنده در دمای آزمون باشد. بعد از فشرده‌کردن، اندازه‌گیری‌ها نباید بیشتر از درستی و تکرار-پذیری مربوط به وسیله اندازه‌گیری و تنظیمات آزمون، از نتایج اولیه انحراف داشته باشند. در صورتی که هیچ‌گونه فشار تفاضلی بر روی پیل‌ها به‌وسیله طراحی قابل اجرا نباشد، این آزمون ممکن است حذف شود.

۵-۱۱ آزمون نشت گاز (تکرار)

واحد پیل سوختی باید از نظر نشتی و بدون دوره شرایط‌دهی اولیه، در همان شرایط آزمون مشخص‌شده در زیربند ۵-۳ مجدداً آزمون شود.

نرخ نشت گاز نباید از مقدار تعریف‌شده توسط سازنده بیشتر باشد و نباید بیش از ٪ ۱۰ مقدار اولیه یا ۳ cm^3/min، هر کدام که بالاتر باشند، تغییر کند.

۵-۱۲ بهره‌برداری عادی (تکرار)

آزمون بهره‌برداری عادی باید مطابق آن‌چه در زیربند ۵-۳ تعریف شده، تکرار شود. اندازه‌گیری‌های ثبت شده باید در انحرافات اسمی مورد نیاز در زیربند ۵-۳ باشند.

۵-۱۳ آزمون غلظت قابل اشتعال

این آزمون تنها برای سیستم‌های محصورشده، دارای تهویه ایمنی و مجتمع و فرآیندهای تصفیه و در دمای کاری پایین‌تر از دمای خودسوزی گاز اشتعال‌پذیر، قابل اجراست.

تهویه ایمنی و فرآیندهای تصفیه به خصیصه‌های ویژه و الزامات واحد پیل سوختی بستگی دارد. این آزمون باید بیشینه غلظت گاز قابل اشتعال را در محفظه واحد تحت بهره‌برداری عادی تعیین کند.

واحد پیل سوختی باید در گستره دمای نامی تا رسیدن به شرایط تعادل گرمایی، کار کند. آزمون باید در فشار بارومتری[1] در جایگاه آزمون و فضایی دور از کوران باد انجام شود.

محفظه واحد پیل سوختی باید با نرخ شارش تهویه مشخص‌شده (به زیربند ۷-۴ مراجعه شود) آماده شود.

1- Barometric

در فاصله‌ای از تصفیه یا نقاط آزادشدن گاز، چهار اندازه‌گیری به‌صورتی انجام می‌شود که غلظت قابل اشتعال اندازه‌گیری‌شده، به جای منبع با غلظت آن قسمت برابر باشد.

آزمون باید تا زمانی ادامه پیدا کند که چهار بار اندازه‌گیری متوالی نشان‌دهنده عدم افزایش غلظت قابل اشتعال به بیشتر از ٪ ۵ متوسط چهار بار اندازه‌گیری باشد.

فواصل زمانی بین اندازه‌گیری‌ها نباید کمتر از min ۳۰ باشد.

آزمون باید دست‌کم دو بار انجام شود.

آزمون در صورتی رضایت‌بخش است که غلظت گاز قابل اشتعال کمتر از ٪ ۲۵ حد پایینی اشتعال‌پذیری باشد. در جایی‌که غلظت از ٪ ۲۵ حد پائینی اشتعال‌پذیری بیشتر شود، تمهیدات زیربند ۴-۲-۹ باید اعمال شود.

۵-۱۴ آزمون‌های شرایط غیرعادی

۵-۱۴-۱ کلیات

منظور از آزمون‌های نوعی تحت شرایط کاری غیرعادی بیان این مطلب است که شرایط کاری غیرعادی منجر به خطرات یا صدمات خارجی به واحد پیل سوختی نشوند. بسته به شرایط غیرعادی، آزمون‌ها می‌توانند انجام شوند. انجام این آزمون‌ها بر روی یک واحد فرعی «عادی» مخرب بوده و باید بدنبال آزمون‌های نوعی از یک واحد پیل سوختی که همان عکس‌العمل‌های نمونه اصلی را دارد، نیز قابل قبول است. ترتیب آزمون‌های شرایط غیر عادی از نوعی به نوع دیگر برای واحد پیل سوختی متفاوت بوده و این ترتیب باید با افزایش خطر خرابی بندهای مختلف آزمون، منظم شود.

آزمون‌های شرایط غیرعادی باید درسهولت آزمون مورد استفاده در آزمون‌های نوعی انجام شوند. سهولت آزمون به منظور دستیابی به شرایط غیرعادی پیش‌بینی‌شده تطبیق داده می‌شود.

در حین این آزمون‌ها، باید بیشینه دمای سطح واحد مورد آزمون، ثبت شود. در صورت بالا بودن این دما از دمای بدست‌آمده در شرایط عادی، باید به سازنده محصول نهایی ارائه شود.

نقص در واحد پیل سوختی نباید خطری برای اشخاص یا صدمات خارجی به واحد پیل سوختی بدنبال داشته باشد، همانطور که در زیربندهای ۵-۱۴-۱ تا ۵-۱۴-۶ برای فرانامه‌های مختلف شرایط غیرعادی معین شده است. حفاظت در برابر شرایط غیرعادی ممکن است از طریق عمل کنترل‌های حفاظت از واحدهای پیل سوختی یا از طریق سازوکارهای حفاظتی ارائه شده در کاربرد نهایی استفاده شود. در درجه‌ی دوم، مستندسازی تهیه‌شده برای هشدار به یکپارچه‌کننده مطابق نیاز و نوع حفاظت ارائه می‌شود. در صورت صدمه دیدن نمونه آزمون در حین شرایط غیرعادی آزمون، باید آزمون‌های زیر بر روی نمونه آزمونی که قبلاً آزمون‌های نوعی زیربند ۵-۳ را گذرانده باشد، انجام شود.

اگر واحد پیل سوختی توسط کارکرد تخریب عملکرد خاموش شود (کارکرد کنترل غیر مرتبط با ایمنی) آنگاه آزمون باید تکرار شود و کارکرد کنترل غیر مرتبط با ایمنی باید کنار گذاشته شود، به طوری که «وسیله ایمنی فراهم‌شده» قبل از هر موقعیت پرخطری، فرایند را خاموش می‌کند.

۵-۱۴-۲ آزمون کمبود سوخت

واحد پیل سوختی باید تا رسیدن به یک شرایط پایدار، در توان نامی و پارامترهای کاری عادی، کار کند. برای تحریک کمبود سوخت، شارش سوخت باید تا سطحی که نشان‌دهنده بدترین حالت فرانامه است، کاهش یابد. این سطح با ارزیابی ریسک فراهم‌شده توسط سازنده واحد پیل سوختی تعیین می‌شود. برای شروع انتقال واحد پیل سوختی به یک وضعیت ایمن قبل از رسیدن به شرایط پرخطر، سیستم پایش ولتاژ یا سیستم ایمنی دیگری باید سیگنال‌های مورد نظر را ارسال کند.

۵-۱۴-۳ آزمون کمبود اکسیژن/اکسیدکننده

واحد پیل سوختی باید تا رسیدن به یک شرایط پایدار، در توان نامی و پارامترهای کاری عادی، کار کند. برای تحریک کمبود اکسیژن/اکسیدکننده، شارش اکسیدکننده باید تا سطحی که نشان‌دهنده بدترین حالت فرانامه است، کاهش یابد. این سطح با ارزیابی ریسک فراهم‌شده توسط سازنده واحد پیل سوختی تعیین می‌شود. برای شروع انتقال واحد پیل سوختی به یک وضعیت ایمن قبل از رسیدن به شرایط پرخطر، سیستم پایش ولتاژ یا سیستم ایمنی دیگری باید سیگنال‌های موردنظر را ارسال کند.

۵-۱۴-۴ آزمون اتصال کوتاه

واحد پیل سوختی باید تا رسیدن به یک شرایط پایدار، در توان نامی و پارامترهای کاری عادی، کار کند. سپس بین قطب مثبت و منفی واحد پیل سوختی بوسیله یک کلید مناسب جریان بالا با کمینه مقاومت و اندوکتانس[1]، اتصال‌کوتاه شود. جریان و ولتاژ اتصال‌کوتاه باید با وسایلی مناسب اندازه‌گیری شوند. برای مثال با استفاده از یک وسیله پایش ولتاژ و جریان پالس ازقبل تحریک‌شده برای اندازه‌گیری هر دو مقدار. این داده‌ها به‌همراه خطرات مهم باید برای یکپارچه‌کننده سیستم‌ها فراهم شود.

آزمون اتصال‌کوتاه می‌تواند بر روی یک واحد با مقیاس فرعی همراه با محاسبات مناسب برای محصول با مقیاس کامل انجام شود.

1- Inductance

۵-۱۴-۵ آزمون نیاز به خنک‌کننده/خنک‌کننده خراب

در بیشینه توان خروجی مجاز مشخص‌شده توسط سازنده، در حال کار تحت شرایط پایدار مشخص‌شده توسط سازنده، شارش مایع سردکن، اگر جدا از اکسیدکننده است، باید بطور همزمان متوقف شوند تا نقص سیستم سردکن نمایان شود. واحد پیل سوختی با شرایط زیر کار می‌کند:

- برای مدت زمان مجاز ارائه شده توسط سازنده بعد از قطع مایع سردکن؛ یا
- قطع واحد پیل سوختی از افت عملکرد قبل از رسیدن به دمای خدمات (دمای کار) مواد تشکیل‌دهنده، یا
- تا زمانی کار می‌کند که وسیله ایمنی واحد پیل سوختی، سیگنال مورد نظر را برای شروع انتقال واحد پیل سوختی به وضعیت ایمن و قبل از رسیدن به شرایط پرخطر فراهم کند.

۵-۱۴-۶ آزمون سیستم پایش نقطه عبوری

این آزمون تنها برای واحد پیل سوختی با یک سیستم پایش قابل اجراست.

در جایی‌که نقطه عبوری بین کاتد و آند، شرایط پرخطر را بوجود آورد، باید بطور پیوسته با یک وسیله پایش ولتاژ پیل یا وسیله معادل با آن که واحد پیل سوختی را به یک وضعیت ایمن انتقال می‌دهد، پایش شود.

آزمون باید تحت شرایط کاری عادی انجام شود. باید یک نقطه عبوری به‌وسیله کاهش ولتاژ پیل پایش‌شده تحت آستانه پائینی قطع شبیه‌سازی شود. این رویه باید با دست‌کم ٪ ۲ ولتاژ پیل پایش‌شده‌ی انتخاب‌شده بطور تصادفی تکرار شود.

یادآوری۱- این عمل می‌تواند با استفاده از مقسم ولتاژ بین پایانه‌های ولتاژ پیل و ورودی وسیله پایش ولتاژ پیل، انجام شود. مقاومت ولتاژپایین مقسم ولتاژ، می‌تواند یک پتانسیومتر باشد که بوسیله آن ولتاژ بطور پیوسته و تا رسیدن به شرایط قطع، کاهش می‌یابد.

یادآوری۲- در صورت اعمال ولتاژ مفرط، مثلاً در اثر نقص سیستم‌ها، درون یک پیل سوختی می‌تواند توان معکوس یا الکترولیز بوجود آید. این امر ممکن است منجر به تشکیل هیدروژن و اکسیژن شود و ایجاد خطر کند.

۵-۱۴-۷ آزمون‌های چرخه انجماد/خارج شدن از حالت انجماد

این آزمون تنها برای واحدهای پیل سوختی PEFC با دمای کاری یا انبارش زیر °C ۰ (صفر) قابل اجراست.

واحد پیل سوختی پس از شروع کار در بهره‌برداری عادی در وضعیتی پایدار، باید قطع شود. سپس واحد پیل سوختی در پائین‌ترین دمای محیط مشخص‌شده توسط سازنده برای آن وسیله، منجمد می‌شود. بعد از انجماد، واحد پیل سوختی مطابق با مشخصات سازنده از حالت انجماد خارج می‌شود تا دمای آن به کمینه °C ۱۰ برسد. این چرخه باید ۱۰ بار تکرار شود. بعد از آن باید آزمون نشت دوباره تکرار شود.

یادآوری- با توجه به اینکه نتایج آزمون‌ها تحت تاثیر قرار نمی‌گیرند، عایق گرمایی می‌تواند از واحدهای پیل سوختی حذف شود تا زمان چرخه انجماد/خارج شدن از حالت انجماد کاهش یابد.

۶ آزمون‌های دوره‌ای

۶-۱ کلیات

این آزمون‌ها باید در تسهیلات آزمونی که شبیه‌ساز سیستم پیل سوختی موردانتظار یا خود سیستم پیل سوختی انجام شوند تا شرایط کاری مورد نیاز آن‌ها را به‌دست آورد. توصیه می‌شود که آزمون‌های دوره‌ای به روش‌های توضیح داده شده در زیر انجام شوند.

اگر آزمون‌های دوره‌ای در ارتباط مستقیم با آغاز به کار اولیه و رویه شرایط‌دهی انجام شوند، واحد پیل سوختی به تسهیلات شرایط‌دهی متصل شده و تحت شرایط عملیاتی مشخص‌شده توسط سازنده می‌باشد. به عبارت دیگر، واحد پیل سوختی باید با یک سیستم پیل سوختی یا سیستم شبیه‌سازی که در بالا تعریف شد، یکپارچه شده و رویه آغاز به کار باید مطابق با مشخصات سازنده به گونه‌ای انجام شود که واحد پیل سوختی تحت شرایط عملیاتی مورد نیاز برای آزمون‌های دوره‌ای تعریف‌شده در زیر باشد.

آزمون‌های دوره‌ای زیر باید انجام شوند.

۶-۲ آزمون نفوذناپذیری در برابر گاز

این آزمون‌ها باید بر روی تمام واحدهای تولیدی انجام شود.

آزمون نفوذناپذیری در برابر گاز باید در شرایط محیطی بر روی تمام مفصل‌ها و اتصالات اجزای تحت فشار و با استفاده از یک آشکارساز نشت مایع انجام شود. هنگامی‌که در دمای عادی در معرض بیشینه فشار کاری تعریف‌شده در زیربند ۳-۱۶ قرار می‌گیرد، نباید هیچ‌گونه حبابی تشکیل شود. آزمون باید در ۱٫۵ برابر فشار کاری نامی انجام شود.

۶-۳ آزمون استقامت دی‌الکتریک

آزمون‌های استقامت دی‌الکتریک باید بر روی تمام واحدهای تولیدی بعد از مونتاژ انجام شود.

آزمون‌های استقامت دی‌الکتریک باید در دمای عادی مطابق توضیحات زیربند ۵-۹ و به مدت زمان s ۱ انجام شوند.

یادآوری- بنابر نوع کاربرد نهایی، مدت زمان آزمون می‌تواند بیشتر از s ۱، مورد نیاز باشد.

۷ نشانه‌گذاری و دستورالعمل‌ها

۷-۱ پلاک مشخصات

یک پلاک مشخصات باید در وضعیتی دائمی بر روی واحد پیل سوختی محکم شود. نشانه‌گذاری بر روی پلاک مشخصات باید خوانا و بادوام بوده و خوردگی شیمیایی ممکن، گرما و شرایط محیطی را نیز درنظر گرفته شده باشد.

نشانه‌گذاری پلاک مشخصات باید دست‌کم شامل اطلاعات زیر باشد:

الف- نام سازنده یا علامت تجاری ثبت شده او؛

ب- شناسایی مدل؛

پ- کد تاریخ یا شماره سریال ردیابی بر روی تاریخ ساخت.

۷-۲ نشانه‌گذاری

در صورتی‌که اتصالات تغییرات داخلی پیدا کنند و در نتیجه شرایط ناایمن بوجود آید، باید شناسایی شوند.

قطبیت اتصالات الکتریکی و اتصال زمین باید نشان داده شوند.

۷-۳ برچسب اخطار

از برچسب‌های اخطار زیر بنابر کاربرد باید استفاده نمود:

- خطر شوک؛
- دماهای بالا؛
- گاز یا مایع قابل اشتعال؛
- واسط خورنده؛
- واسط سمی.

هنگامی که ولتاژ بالا رخ دهد، برچسب «اتصال کوتاه قبل از دست زدن» باید به واحد پیل سوختی چسبانده شود.

۷-۴ مستندات

۷-۴-۱ کلیات

اطلاعات ضروری برای یکپارچه‌سازی سیستم، نصب، بهره‌برداری و نگهداری واحد پیل سوختی باید به شکل نقشه‌ها و نمودارها، جداول و دستورالعمل‌ها بکار روند.

سازنده واحد پیل سوختی باید اطمینان دهد که مستندات فنی مشخص‌شده در این بند، ضمیمه هر واحد پیل سوختی باشد، در صورتی‌که غیر از این بین یکپارچه‌کننده سیستم و سازنده واحد پیل سوختی توافق نشده باشد.

برای رجوع به این اسناد، سازنده واحد پیل سوختی باید یکی از روش‌های زیر را انتخاب کند:

- هر کدام از این اسناد باید به عنوان مرجع متقابل، شماره سند سایر اسناد را دارا باشد؛ یا
- تمام اسناد باید همراه با شماره سند و عنوان‌های آن در نقشه یا فهرست سند، گردآوری شوند.

روش اول تنها زمانی باید استفاده شود که تعداد اسناد کم باشد (به‌عنوان مثال، کمتر از پنج تا).

اطلاعات اضافی زیر نیز باید برای یکپارچه‌کننده سیستم فراهم شود:

الف- راهبرد عمومی برای ایمنی طبق زیربند ۴-۱؛

ب- نوع سوخت و اکسیدکننده، گونه‌های سوخت و اکسیدکننده قابل قبول (ترکیب گاز، میزان ناخالصی و غیره)؛

پ- فشار منبع سوخت و گاز اکسیدکننده (کمینه و بیشینه)؛

ت- مصرف سوخت و اکسیدکننده در توان اسمی و بیشینه توان؛

ث- بیشینه نرخ نشت سوخت؛

ج- دمای قابل قبول منبع سوخت و اکسیدکننده؛

چ- بیشینه دمای خروجی؛

ح- گسیل‌های نوعی؛

خ- گستره دما و رطوبت محیط هنگام بهره‌برداری و انبارش؛

د- گستره ارتفاع؛

یادآوری– توان خروجی به در دسترس‌پذیری اکسیدکننده بستگی دارد. بهره‌برداری در ارتفاع بالا می‌تواند باعث کاهش عملکرد شود.

ذ- سطوح شوک و ارتعاش مجاز؛

ر- دمای کاری عادی توده؛

ز- بیشینه دمای سطح؛

ژ- گونه‌های مایع سردکن؛

س- نقاط تنظیم دمای ورودی و خروجی مایع سردکن؛

ش- گستره نرخ شارش و فشار منبع مایع سردکن؛

ص- نوع و مشخصات اضافه‌جریان/اضافه‌بار/اضافه‌ولتاژ/کمبودولتاژ و دیگر وسایل حفاظتی؛

ض- الزامات نرخ شارش تصفیه و تهویه؛

ط- ابعاد؛

ظ- وزن؛

ع- مقادیر اسمی الکتریکی خروجی (ولتاژ اسمی، جریان اسمی، توان اسمی، ولتاژ مدار باز، ولتاژ در حالت جریان بار کامل)؛

غ- بیشینه اضافه‌بار الکتریکی؛

ف- منبع تغذیه کمکی (مثل ولتاژ، بسامد، توان)؛

ق- استفاده محصول(های) نهایی برای این اجزای موردنظر؛

ک- محل اتصال زمین؛

گ- اطلاعات مناسب مربوط به رویه‌های پایان عمر.

توصیه می‌شود الزامات رگولاتوری برای قرارگرفتن مجدد در چرخه و بازیافت را درنظر گرفته شود.

۷-۴-۲ راهنمای نصب

راهنمای نصب باید توضیح واضح و کاملی از نصب و سوار کردن، اتصالات الکتریکی، اتصال سوخت، اتصال اکسیدکننده و اتصال به سیستم خنک‌کننده واحد پیل سوختی ارائه دهد.

راهنمای نصب باید شامل موارد زیر باشد:

- جابجایی، حمل و نقل و انبارش؛
- آماده‌سازی؛
- جهت‌یابی (موقعیت لبه بالایی و پائینی و غیره)؛
- روش ثابت‌کردن واحد؛

- روش اتصال لوله‌های گاز و مایع سردکن؛
- روش اتصال خط الکتریکی و حس‌گرها؛
- یادآوری‌های عمومی و جابجایی‌های ممنوع‌شده؛
- نمودار(های) (قالب) کلی در جای مناسب؛
- نمودار (های) مدار.

۷-۴-۳ نمودار نصب

۷-۴-۳-۱ کلیات

این نمودار باید شامل تمام اطلاعات ضروری برای تنظیم مقدماتی واحد پیل سوختی باشد. در موارد پیچیده، برای جزئیات بیشتر ممکن است لازم باشد به نقشه‌های مجموعه مونتاژ رجوع کرد.

نوع و موقعیت توصیه‌شده‌ی اتصالات تغذیه، کابل‌ها، شیلنگ‌ها، لوله‌ها و مشابه آن که بر روی سایت[1] نصب نشده‌اند، باید به‌وضوح نشان داده شوند.

داده‌های مورد نیاز برای انتخاب نوع، مشخصه‌ها، رتبه‌بندی‌ها و تنظیمات تمام وسایل حفاظتی نصب شده، باید بیان شوند.

اندازه، نوع و هدف از قرار دادن مجراها، سینی‌ها یا نگهدارنده‌های بین واحد پیل سوختی و تجهیزات مرتبط که توسط کاربر پیش‌بینی شده‌اند، باید شرح داده شوند.

در صورت نیاز، نمودار باید جاهایی که نیاز به به‌خدمت‌گیری یا حذف واحد پیل سوختی است، نشان دهد.

علاوه بر آن، در جای مناسب، یک نمودار اتصال متقابل یا جدول نیز باید تهیه شود که این نمودار یا جدول باید شامل اطلاعات کاملی از تمام اتصالات خارجی باشد.

۷-۴-۳-۲ نمودارهای(سیستم‌های) بلوکه و نمودارهای کارکرد

در صورت نیاز، برای تسهیل در فهمیدن اصول بهره‌برداری، باید یک نمودار بلوکه (سیستم) تهیه شود. این نمودار یک واحد پیل سوختی را همراه با روابط متقابل کارکردی آن و بدون اینکه نیازی به نشان دادن تمام اتصالات داخلی آن باشد، معرفی می‌کند.

نمودارهای کارکرد می‌توانند قسمتی از نمودار بلوک (سیستم) یا نموداری تکمیلی برای آن باشند.

1- Site

۷-۴-۳-۳ نمودارهای مدار

درجایی‌که یک نمودار (سیستم) بلوکه نتواند به اندازه کافی عناصر واحد پیل سوختی را معرفی کند، نمودارهای مفصلی از مدارهای مختلف باید تهیه شود. این نمودارها باید مدارهای موجود در واحد پیل سوختی و تجهیزات مرتبط به آن را نشان دهند. هر نماد گرافیکی که در استاندارد IEC 60617 نشان داده نشده‌اند، باید جداگانه نشان داده شده و روی نمودارها یا اسناد پشتیبان توضیح داده شوند. نمادها و علائم شناسایی اجزاء و وسایل باید با تمام اسناد و واحد پیل سوختی سازگار باشند. در جای مناسب، نمودار نشان دهنده پایانه‌ها، بندها و مشابه آن برای اتصال واسط باید تهیه شود. از این نمودار می‌توان در ترکیب با نمودار مدار جهت ساده نمودن کار استفاده کرد. نمودار باید شامل مرجعی برای نمودار مدار هر واحد نشان داده شده باشد.

مدارها باید طوری نشان داده شوند که فهمیدن کارکردشان و همچنین نگه‌داری‌شان آسان شود. مشخصه‌های مربوط به کارکرد وسایل کنترل و اجزایی که با نمایش نمادی قابل فهم نیستند، باید در نمودارهایی نزدیک به نماد بوده و یا به یک زیرنویس ارجاع داده شوند.

۷-۴-۴ راهنمای بهره‌برداری

مستندات فنی باید شامل راهنمای بهره‌برداری بوده تا جزئیات رویه‌های مناسب تنظیم و استفاده از واحد پیل سوختی را شرح دهد. برای ایمنی اندازه‌گیری شده و روش‌های نامناسب بهره‌برداری که پیش‌بینی‌شده است، باید توجهات ویژه مبذول شود.

درجایی‌که بهره‌برداری واحد پیل سوختی برنامه‌ریزی شده است، اطلاعات مفصلی از روش‌های برنامه‌ریزی، تجهیزات موردنیاز، تصدیق برنامه و رویه‌های ایمنی افزونه (در صورت نیاز) باید تهیه شوند.

راهنمای بهره‌برداری باید شامل موارد زیر باشد:

- رویه راه‌اندازی و عملیاتی؛
- ترتیب بهره‌برداری؛
- تناوب بازرسی؛
- رویه‌های قطع عادی و اضطراری؛
- رویه انبارش و شرایط‌دهی؛
- یادآوری‌های عمومی و بهره‌برداری ممنوع‌شده؛
- اطلاعاتی مربوط به محیط فیزیکی (مثل گستره دمای محیط برای بهره‌برداری، ارتعاش، سطوح نوفه، آلودگی جو) در صورت لزوم.

۷-۴-۵ راهنمای مراقبت

مستندات فنی باید شامل راهنمای مراقبت بوده تا جزئیات رویه‌های مناسب و فواصل زمانی تنظیم، بکارگیری و بازرسی بازدارنده و تعمیرات را شرح دهد. توصیه‌هایی راجع به مراقبت/ به‌خدمت‌گیری باید قسمتی از این راهنما باشد. جائیکه روش‌های تصدیق بهره‌برداری مناسب فراهم شده است (مثل برنامه‌ریزی آزمون نرم‌افزاری)، استفاده از این روش‌ها باید به تفصیل شرح داده شود.

سازنده واحد پیل سوختی باید برای بازیافت و چرخه مجدد قسمتها و اجزاء، دستورالعمل‌های مناسبی ارائه دهد.

۷-۴-۶ فهرست قسمت‌ها

فهرست قسمت‌ها باید کمینه شامل اطلاعات لازم برای سفارش قسمت‌های یدکی یا جایگزینی (به عنوان مثال اجزاء، وسایل، نرم افزار، تجهیزات آزمون، مستندات فنی) مورد نیاز برای بهره‌برداری عادی و تعمیر و نگهداری اصلاحی باشد که شامل مواردی که به کاربر واحد پیل سوختی توصیه شده است در انبار نگه‌داری شود.

فهرست قسمت‌ها باید شامل هر کدام از موارد زیر باشد:

- شناسه‌گذاری مرجع مورد استفاده در مستندات؛
- نوع شناسه‌گذاری آن؛
- منابع تهیه‌کننده و جایگزین در صورت امکان؛
- مشخصه‌های عمومی آن، در جای مناسب.

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

اطلاعات تکمیلی برای عملکرد و ارزیابی آزمون‌ها

الف-۱ تخمین نرخ نشت سیستم هنگام آزمون با گازی غیر از گاز در حال کار

الف-۱-۱ کلیات

در صورتی‌که سازنده واحد پیل سوختی، آزمون نرخ نشت گاز را با گاز در حال کار اجرا نکند، نرخ نشت گاز در حال کار، از طریق نرخ نشت بدست‌آمده از گاز مورد استفاده برای آزمون (گاز آزمون) تخمین زده می‌شود.

می‌دانیم که نرخ نشت مایعات و گازها نسبت عکس با ریشه دوم چگالی دارند. یعنی:

نرخ نشت متناسب با $(1/D)^{1/2}$ (الف-۱)

که در آن D همان چگالی است.

در گازهای متراکم، چون D در مخرج است، نرخ نشت کم بوده و در گازهای سبک، این نرخ بالا است. می‌توان نتیجه گرفت که نرخ نشت گاز سبکی مثل هیدروژن از نرخ نشت هنگام استفاده از یک گاز سنگین مثل هوا خیلی بیشتر است، چون چگالی هیدروژن خیلی کمتر از چگالی هواست. وزن مخصوص هیدروژن ۰٫۰۶۸ و وزن مخصوص هوا ۱ می‌باشد.

به‌طور مشابه، نرخ نشت حجمی نسبت عکس با ویسکوزیته مطلق دارد. یعنی:

نرخ نشت متناسب با $1/\mu$ (الف-۲)

که در آن μ همان ویسکوزیته مطلق است.

ویسکوزیته دینامیک نیز به همان ویسکوزیته مطلق برمی‌گردد.

این بدان معنی است که نشت گازهای چسبنده کمتر از گازهای با ویسکوزیته کم می‌باشد. به عنوان مثال، ویسکوزیته هوا بیشتر از ویسکوزیته هیدروژن بوده و به همین دلیل در شرایط دما و فشار یکسان، هیدروژن بیشتر نشتی دارد.

برای فهمیدن اینکه برای یک سیستم ویژه چه حالتی کاربردی است، باید آزمون انجام شود.

با تخمین نسبت نرخ نشت هنگام استفاده از گاز سوختی، به نرخ نشت هنگام استفاده از واسط گازی آزمون، می‌توان نرخ نشت با گاز در حال کار را تخمین زد. این امر در صورت داشتن نرخ نشت با گاز آزمون امکان‌پذیر است. این نسبت را R می‌نامند و عبارت است از:

$R =$ نرخ نشت گاز آزمون/نرخ نشت گاز سوختی (الف-۳)

الف-۱-۲ محاسبه R با استفاده از رابطه (الف-۱)

در رابطه (الف-۱) نرخ نشت نسبت عکس با ریشه دوم چگالی آن‌ها دارد. از جایگزینی این رابطه در رابطه (الف-۳) می‌توان فهمید که R ریشه دوم معکوس چگالی گاز آزمون به نسبت چگالی سوخت می‌باشد. همچنین به دلیل اینکه گرانش ویژه نسبت چگالی گاز به چگالی هوا می‌باشد، R اینگونه تعریف می‌شود:

$$R = [(1/FGSG)/(1/TGSG)]^{1/2} \quad \text{(الف-۴)}$$

که در آن:

$FGSG$ وزن مخصوص گاز سوختی؛

$TGSG$ وزن مخصوص گاز آزمون.

این رابطه بدین شکل ساده می‌شود:

$$R = (TGSG / FGSG)^{1/2} \quad \text{(الف-۴)}$$

با انجام این روش، در صورتی‌که گاز سوختی سبک‌تر از گاز آزمون باشد، R بزرگتر از یک می‌شود و بالعکس.

الف-۱-۳ محاسبه R با استفاده از رابطه (الف-۲)

نسبت نرخ نشت گاز سوختی به گاز آزمون با استفاده از رابطه (الف-۲) و جایگزینی در رابطه (الف-۳) اینگونه تعریف می‌شود:

$$R = (1/\mu_{feul}) / (1/\mu_{test})$$

بنابراین،

$$R = \mu_{test} / \mu_{feul} \quad \text{(الف-۵)}$$

که در آن:

μ_{test} ویسکوزیته مطلق گاز آزمون است؛

μ_{feul} ویسکوزیته مطلق گاز سوختی است.

بنابراین، چنانچه گاز سوختی ویسکوزیته کمتری از گاز آزمون داشته باشد، R بزرگ‌تر از یک و بالاعکس می‌شود (رابطه (الف-۵) از مورد [13] کتاب‌نامه).

الف-۱-۴ مثال‌ها

در صورت استفاده از رابطه (الف-۴):

الف- اگر گاز آزمون هیدروژن باشد، R یک خواهد بود؛

ب- اگر هوا به‌عنوان واسط آزمون برای پیل سوختی که هیدروژن منبع سوخت آن است، استفاده شود، R عبارت است از $(1/0{,}068)^{1/2} = 3{,}83$.

این بدان معنی است که اگر هنگام انجام آزمون با هوا، نرخ نشت (۱ ft^3/h) ۲۸٫۳ l/h بدست آمده است، پیش-بینی می‌شود که نرخ نشت بدست آمده با هیدروژن (۳٫۸۳ ft^3/h) ۱۰۸ l/h باشد.

در صورت استفاده از رابطه (الف-۵) برای R می‌توان آنالیز مشابهی انجام داد. در صورتی‌که هوا واسط گازی آزمون بوده و هیدروژن سوخت باشد، ویسکوزیته مطلق (ویسکوزیته دینامیک) هوا در ۳۰۰ K و فشار جو عبارت است از:

$$1{,}846\ 2\times10^{-5}\ Kg/m{\cdot}s$$

ویسکوزیته مطلق (ویسکوزیته دینامیک) هیدروژن در ۳۰۰ K و فشار جو عبارت است از:

$$8{,}963\times10^{-6}\ Kg/m{\cdot}s$$

بنابراین $R = 2{,}06$ خواهد بود.

از این رو، چون ویسکوزیته هیدروژن کمتر از هواست، نشت بیشتری را با عامل ۲٫۰۶ به‌دنبال دارد.

ویسکوزیته دینامیک گازها، در درجه اول، تابعی از دما و ضرورتاً مستقل از فشار است [15]. مقادیر مختلف ویسکوزیته دینامیک برای برخی از گازها در جدول الف-۱ آورده شده است.

اگر هیچ آزمایشی برای تعیین اینکه چه حالت نشتی برای یک سیستم خاص وجود دارد انجام نشود، ممکن است بدترین حالت فرانامه استفاده شود.

نتایج این محاسبات برای مواردی که دما و فشار گاز آزمون مشابه دما و فشار گاز در حال کار می‌باشد، اهمیت دارد.

توصیه می‌شود که در واحدهای پیل سوختی که با گاز هیدروژن کار می‌کنند، از هلیوم بعنوان گاز آزمون استفاده شود.

برای این حالت رابطه زیر به‌کار می‌رود:

$$R = (H_eSG/H_2SG)^{1/2}$$

که

H_eSG وزن مخصوص هلیوم و برابر با *۰٫۱۴۲ است؛

H_2SG وزن مخصوص هیدروژن و برابر با *۰٫۰۶۹۵ است.

یادآوری– علامت «*» نشان دهنده فشار جو و دمای ۳۰۰ K می‌باشد.

یا

$$R = \mu_{test}/\mu_{fuel} \qquad \text{(الف-۶)}$$

که در آن:

μ_{test} ویسکوزیته مطلق گاز آزمون است؛

μ_{fuel} یسکوزیته مطلق گاز سوختی است.

الف-۱-۵ نتیجه‌گیری

هنگامی‌که در آزمون نرخ نشت از گاز هلیوم به‌عنوان گاز آزمون استفاده می‌شود، برای تخمین نرخ نشت گاز در حال‌کار، می‌توان از رویه زیر استفاده نمود. در این رویه، شرایط دما و فشار با شرایط موجود هنگام آزمون نرخ نشت با گاز هلیوم یکسان است. نسبت نرخ نشت، R، بین گاز در حال کار و هلیوم باید محاسبه شده و در نرخ نشت به‌دست آمده هنگام استفاده از هلیوم ضرب شود. برای محاسبه R توصیه می‌شود از دو رابطه کمک گرفت و بدترین حالت فرانامه نیز باید استفاده شود (مقدار بالاتر). اگر هیدروژن گاز در حال کار باشد، رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$R = (H_eSP/H_2SP)^{1/2}$$

که در آن:

$HeSG$ وزن مخصوص هلیوم و برابر با *۰٫۱۴۲ است؛

H_2SG وزن مخصوص هیدروژن و برابر با *۰٫۰۶۹۵ است.

یادآوری- علامت «*» نشان‌دهنده فشار جو و دمای ۳۰۰ K می‌باشد.

برای دیگر گازهای در حال کار، توصیه می‌شود H_2SG را با وزن مخصوص گاز در حال کار واقعی در فشار جو و دمای ۳۰۰ K و یا رابطه زیر جایگزین کرد:

$$R= \mu_{test} / \mu_{fuel}$$

که در آن:

μ_{test} ویسکوزیته مطلق گاز آزمون است؛

μ_{fuel} ویسکوزیته مطلق گاز سوختی است.

ویسکوزیته مطلق را که شدیدا وابسته به دما و مستقل از فشار است، می‌توان از جدول الف-۱ بدست آورد.

جدول الف-۱- ویسکوزیته گازها در فشار جو

دما									
°C	0	20	60	100	200	400	600	800	1 000
°F	32	68	140	212	392	752	1 112	1 472	1 832
گاز	μ (lbf · s)/(ft²) [47,88 (N · s)/(m²)] × 10^8								
هوا[b]	35,67	39,16	41,79	45,95	53,15	70,42	80,72	91,75	100,8
دی‌اکسیدکربن[b]	29,03	30,91	35,00	38,99	47,77	62,92	74,96	87,56	97,71
مونواکسیدکربن[b]	34,60	36,97	41,57	45,96	52,39	66,92	79,68	91,49	102,2
هلیوم[b]	38,85	40,54	44,23	47,64	55,80	71,27	84,97	97,43	–
هیدروژن[b,c]	17,43	18,27	20,95	21,57	25,29	32,02	38,17	43,92	49,20
متان[b]	21,42	22,70	26,50	27,80	33,49	43,21	–	–	–
نیتروژن[b,c]	34,67	36,51	40,14	43,55	51,47	65,02	76,47	86,38	95,40
اکسیژن[c]	40,08	42,33	46,66	50,74	60,16	76,60	90,87	104,3	116,7

[a] واحدهای استفاده‌شده در این جدول به دستگاه بین‌المللی یکاها ارتباطی ندارد.

[b] از داده‌های موجود در [16] محاسبه شده‌اند.

[c] از داده‌های موجود در [17] محاسبه شده‌اند.

الف-۲ توصیه‌هایی در مورد عامل ایمنی آزمون فشارکاری مجاز

الف-۲-۱ کلیات

در زیر خلاصه‌ای کوتاه از آنچه در مورد وسایل تعدیل فشار/دریچه‌های اطمینان (PRD/PRV) از فشار در بعضی استانداردهای آمریکای شمالی آمده، آورده شده است. این اطلاعات برای تصمیم‌گیری در این مورد که عدد توصیه شده به‌عنوان عامل ایمنی برای فشارکاری مجاز آزمون چه باشد، مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

الف-۲-۲ وسایل تعدیل فشار

الف-۲-۲-۱ کلیات

وسایل تعدیل فشار نظیر صفحه (دیسک) تخریب، در صورتیکه با فشار تحریک شده باشند، بهتر است ٪ ۹۰ تا ٪ ۱۰۰ مقدار تنظیمی فعال شوند و اگر با ترکیب دما و فشار تحریک شده باشند، از ٪ ۸۰ تا ٪ ۱۰۵ فعال می‌شوند. این وسایل برای ظرفیت شارش نیز آزمون می‌شوند.

الف-۲-۲-۲ وسیله تعدیل فشار

فشار منفذ باید ٪ ۹۰ تا ٪ ۱۰۵ باشد. فشار تعدیل باید بیشینه ٪ ۱۰ بالاتر از فشار منفذ، هنگام عبور (۵۴ pounds) ۲۴٫۵ kg آب در ساعت بوده و این فشار حفظ شود. انحراف‌های مربوط به در معرض‌گذاری در حدود گستره دما، نباید بیشتر از ٪ ۵ باشد. انحراف‌های مربوط به ۱۰۰ چرخه بهره‌برداری نباید بیشتر عبور از ٪ ۵ باشد.

الف-۲-۲- ۳ دریچه‌های ایمنی

فشار شروع تا تخلیه نباید از ٪ ۱۱۰ مقدار نشانه‌گذاری‌شده بیشتر باشد. ظرفیت شارش در ٪ ۱۲۰ فشار شروع تا تخلیه اندازه‌گیری می‌شود. توصیه می‌شود فشار آب‌بندی کمتر از ٪ ۶۵ فشار منفذ نباشد (بعد از آزمون ظرفیت شارش). بعد از زمان آزمون‌ها، توصیه می‌شود فشار شروع تا تخلیه و فشار آب‌بندی بیشتر از ٪ ۵ انحراف نداشته باشند.

الف-۲-۲-۴ دریچه‌های اطمینان هیدرواستاتیک

فشار راه‌اندازی اولیه تا آزادسازی باید درون بازه ٪ ۵ باشد.

الف-۲-۳ اصطلاحات مورد استفاده

الف-۲-۳-۱ وسیله تعدیل فشار هیدرواستاتیک

نوعی دریچه تعدیل فشار است که در اثر فشار هیدرواستاتیک ورودی تحریک شده و متناسب با افزایش فشار تا بالاتر از فشار منفذ، باز می‌شود.

الف-۲-۳-۲ فشار پراندن

مقدار افزایش فشار استاتیک ورودی است که در آن صفحه در جهت منفذ و در مقایسه با جابجایی مربوط در فشارهای بالاتر یا پائین‌تر، با سرعتی بیشتر حرکت می‌کند. این فشار تنها برای دریچه‌های ایمنی با سیالات قابل تراکم به‌کار می‌روند.

الف-۲-۳-۳ دریچه ایمنی

نوعی دریچه تعدیل فشار است که در اثر فشار استاتیک ورودی تحریک شده و به‌وسیله باز شدن سریع یا عمل حرکت سریع، مشخصه‌گذاری می‌شود.

یادآوری ۱- استاندارد ANSI/CSANGV2-2000 [18] حاوی بند زیر است:

«تأثیر وسایل تعدیل فشار باید مطابق با بخش 18.9 (آزمون آتش پرشعله) اثبات شود».

هدف از طراحی آزمون‌های آتش پرشعله تأیید این مطلب است که وسایل تعدیل فشار مشخص‌شده توأم با محفظه، مانع تخریب محفظه می‌شوند هنگامی‌که در معرض بعضی آزمون‌های مشخص‌شده‌ی آتش قرار می‌گیرد.

یادآوری ۲- استاندارد CGA 12.6-M94 [19] از عامل ایمنی بزرگی استفاده می‌کند. اجزا در چهار برابر فشار طراحی به مدت ۱ min آزمون می‌شوند.

این استاندارد برای PRD(ها) آزمون عملکرد ندارد.

یادآوری ۳- تأثیر PRD برای واحد پیل سوختی نمی‌تواند آزمون شود، چون محصول نهایی نیست. اینکه در موقعیت‌های غیرعادی، واحد چه فشارهایی را می‌تواند متحمل شود، هنوز ناشناخته است. در واقع موقعیت‌های غیرعادی در واحد شناخته نشده‌اند. اندازه و فشار تانک سوخت ناشناخته است. بنابراین ممکن است انجام آزمون عملکرد در سطح واحد عملی نباشد و استفاده از عامل‌های ایمنی خیلی بالا محدودکننده طرح می‌باشد.

یادآوری۴- بهترین نظر ممکن است این موضوع باشد که سازنده واحد دست‌کم اطلاعات زیر را برای کاربر نهایی فراهم کند:

الف- نوع PRD/PRV مورد استفاده؛

ب- تنظیم (فشار منفذ) PRD/PRV ؛

پ- ظرفیت شارش؛

ت- توصیه می‌شود کاربر نهایی تأثیر واحد PRD/PRV را بر روی محصول نهایی بررسی کند.

الف-۲-۴ نتیجه‌گیری

یا عامل ایمنی ٪ ۱۳۲ (٪۱۱۰ انحراف مجاز توسط استاندارد UL 132 [20] مدت ٪ ۱۲۰ برای تخلیه کامل)، زیرا این نشان‌دهنده بدترین حالت فرانامه است و یا ایجاد وابستگی به استفاده از نوع PRD/PRV، توصیه می‌شود. این به این معنی است که ٪ ۱۰۵ برای واحدهایی که از PRD استفاده می‌کنند (تخلیه کامل بلادرنگ)، که توسط استاندارد ANSI/IAS PRD 1-1998 [21] ارزیابی شده است و ٪ ۱۳۲ برای واحدهای دارای شیرهای ایمنی که توسط استاندارد UL 132 [20] ارزیابی شده است.

الف-۳ آزمون‌های پذیرش پیشنهادشده

الف-۳-۱ آزمون نشت

این آزمون برای واحد پیل سوختی با شرایط زیر قابل اجرا نیست:

- دمای کاری بالاتر از دمای خودسوزی گاز اشتعال‌پذیر باشد؛ یا

- پیل‌های سوختی در ظرف غیر قابل نفوذ در برابر عبور گاز قرار گرفته باشند.

رویه آزمون به صورت زیر می‌باشد:

با استفاده از نوع نمونه‌برداری که بین سازنده و مؤسسه آزمون‌کننده مورد توافق قرار گرفته، توصیه می‌شود واحد پیل سوختی مطابق با زیربند ۵-۲ مورد آزمون قرار گیرد. همچنین توصیه می‌شود نرخ نشت ثبت شود و بهتر است بیشتر از ٪ ۵ مقدار موجود در مشخصات محصول ، فراتر نرود.

الف-۳-۲ بهره‌برداری عادی

با استفاده از یک نوع نمونه‌برداری که بین سازنده و مؤسسه آزمون‌کننده مورد توافق قرار گرفته، واحد پیل سوختی باید مطابق زیربند ۵-۳ آزمون قرار گیرد.

الف-۳-۳ آزمون فشارکاری مجاز

در مواردی‌که واحد پیل سوختی، مطابق با قوانین ملی مربوط، درون یک محفظه فشار قرار گرفته باشد، این آزمون قابل اجرا نیست.

با استفاده از یک نوع نمونه برداری که بین سازنده و مؤسسه آزمون‌کننده مورد توافق قرار گرفته، واحد پیل سوختی باید مطابق با زیربند ۵-۴ مورد آزمون قرار گیرد.

الف-۳-۴ آزمون استقامت در برابر فشار در سیستم خنک‌کننده

با استفاده از یک نوع نمونه‌برداری که بین سازنده و مؤسسه آزمون‌کننده مورد توافق قرار گرفته، واحد پیل سوختی باید مطابق زیربند ۵-۵ مورد آزمون قرار گیرد.

الف-۳-۵ آزمون اضافه‌بار

با استفاده از یک نوع نمونه‌برداری که بین سازنده و مؤسسه آزمون‌کننده مورد توافق قرار گرفته، واحد پیل سوختی باید مطابق زیربند ۵-۶ مورد آزمون قرار گیرد.

الف-۳-۶ آزمون فشار تفاضلی

با استفاده از یک نوع نمونه‌برداری مورد توافق بین سازنده و مؤسسه آزمون‌کننده، واحد پیل سوختی باید مطابق زیربند ۵-۹ مورد آزمون قرار گیرد.

الف-۳-۷ کنترل‌های ایمنی

توصیه می‌شود سازند تمام کنترل‌های ایمنی را همان‌طوری‌که در طول آزمون‌های نوعی برای تمام واحدهای ساخته‌شده، مشخص شده‌اند، تایید کند.

با استفاده از یک نوع نمونه‌برداری مورد توافق بین سازنده و مؤسسه آزمون‌کننده، در صورت امکان، توصیه می‌شود وسایل ایمنی واحد پیل سوختی نشان‌دهنده رعایت استفاده موردنظر آن‌ها باشد.

کتاب‌نامه

[1] IEC 60050-151:2001, International Electrotechnical Vocabulary – Part 151: Electricaland magnetic devices

[2] IEC 62282-1:2010, Fuel cell technologies – Part 1: Terminology

[3] IEC 60812, Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)

یادآوری- استانداردهای ملی ایران شماره ۱۲۳۹۱: سال ۱۳۸۸، فنون تحلیل قابلیت اطمینان سیستم-روش اجرایی تحلیل نوع واثرات وقوع خرابی(FMEA)، با استفاده از استاندارد IEC 60012: 2006 تدوین شده است.

[4] SAE J1739, Potential Failure Mode and Effects Analysis in Design (Design FMEA), Potential Failure Mode and Effects Analysis in Manufacturing and Assembly Processes (Process FMEA)

[5] IEC 61025, Fault tree analysis (FTA)

یادآوری- استانداردهای ملی ایران شماره ۱۲۸۳۳: سال ۱۳۸۹، تحلیل درخت خرابی، با استفاده از استاندارد IEC 61025: 2006 تدوین شده است.

[6] IEC 60079-20-1, Explosive atmospheres – Part 20-1: Material characteristics for gas and vapour classification – Test methods and data

یادآوری- استانداردهای ملی ایران شماره ۱-۲۰-۵۵۰۵: سال ۱۳۹۴، محیط های قابل انفجار -قسمت ۲۰-۱-مشخصه های مواد برای طبقه بندی بخار و گاز-روشها و داده های آزمون، با استفاده از استاندارد IEC 60079-20-1: 2010 تدوین شده است.

[7] ISO 37:2005, Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of tensile stressstrain properties

[8] ISO 188:2007, Rubber, vulcanized or thermoplastic – Accelerated ageing and heat resistance tests

یادآوری- استانداردهای ملی ایران شماره ۳۱۵۱: سال ۱۳۹۶، لاستیک ولکانیده یا گرمانرم- آزمون های مقاومت گرمایی و پیرسازی تسریع‌شده، با استفاده از استاندارد IEC 188: 2011 تدوین شده است.

[9] ISO 1307:2006, Rubber and plastics hoses – Hose sizes, minimum and maximum inside diameters, and tolerances on cut-to-length hoses

یادآوری- استانداردهای ملی ایران شماره ۴۵۶۹: سال ۱۳۸۹، شیلنگ های لاستیکی و پلاستیکی-اندازه ها،حداقل و حداکثر قطر داخلی و رواداری های مربوط به طول ، با استفاده از استاندارد IEC 1307: 2006 تدوین شده است.

[10] ISO 1402:2009, Rubber and plastics hoses and hose assemblies – Hydrostatic testing

[11] ISO 1436:2009, Rubber hoses and hose assemblies – Wire-braid-reinforced hydraulic types for oil-based or water-based fluids – Specification

[12] ISO 4672:1997, Rubber and plastics hoses – Sub-ambient temperature flexibility tests

[13] KALYANAM, K.M. and HAY D.R., Safety Guide for Hydrogen, National Research Council

[14] HOLMAN J.P., Heat Transfer, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, 1981, p.542-543

[15] AVALLONE, Eugene A. and BAUMEISTER III Theodore, Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers, tenth edition, McGraw-Hill Book Company, New York, 1996, p.3-32 and 3-33

[16] Handbook of Chemistry and Physics, 52d ed., Chemical Rubber Company, 1971 – 1972

[17] Tables of Thermal Properties of Gases, NBS Circular 564, 1955

[18] ANSI/CSANGV2-2000, Basic Requirements for Compressed Natural Gas Vehicle (NGV) Fuel Containers – 40 – 62282-2 © IEC:2012

[19] CGA 12.6-M94, Vehicle Refueling Appliance

[20] UL 132, Safety Relief Valves for Anhydrous Ammonia and LP-Gas

[21] ANSI/IAS PRD 1-1998, Pressure Relief Devices for Natural Gas Vehicles (NGV) Fuel Containers

[22] CSA C22.2 N° 60529-05-CAN/CSA: Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)

[23] CSA B51-03 (R2007), Boiler, Pressure Vessel, and Pressure Piping Code

[24] CAN/CSA-C22.2 N° 60079-0-07, Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres – Part 0: General Requirements

[25] IEC 62282-3-100, Fuel cell technologies – Part 3-100: Stationary fuel cell power systems – Safety