طراحی و ساخت سیستم پیل سوختی ۵ کیلووات

محمدرضا اشرف خراسانی*[۱]، مهدی زمانی[۱]، سعید اصغری[۱]، باقر فقیه ایمانی[۱]

تاریخ دریافت مقاله:
۸۸/۷/۵
تاریخ پذیرش مقاله:
۸۸/۱۰/۱۳

چکیده:

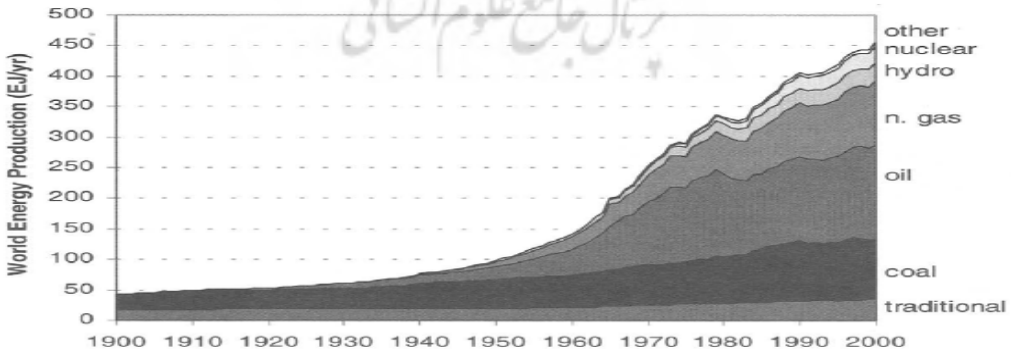
بحران انرژی یکی ازموضوعاتی است که به شدت مورد توجه جوامع امروزی می‌باشد. سوختهای فسیلی که تاکنون تأمین‌کنندهٔ بخش عمده‌ای از انرژی مورد نیاز بشر بوده‌اند، منابعی رو به زوال هستند. از طرفی، سیستمهای مصرف‌کننده این سوختها دارای بازدهٔ پایینی می‌باشند. این سیستمها، علاوه بر اتلاف منابع سوختی، از مهمترین منابع آلوده‌کننده محیط زیست نیز محسوب می‌شوند. از این رو، استفاده از انرژیهای نو و سیستمهای تبدیل انرژی با بازده بالا و آلودگی کم همانند پیل سوختی، بسیار لازم و ضروری است. در این تحقیق نوع کاربرد نیروگاهی و ایستگاهی پیلهای سوختی و همچنین میزان توسعه این منبع انرژی پاک در کشورهای توسعه یافته مورد بررسی قرار گرفته است. هرچند در ساخت واحدهای نیروگاهی و ایستگاهی پیل سوختی از انواع مختلف پیل سوختی استفاده می گردد ولی پیل سوختی کربنات مذاب (MCFC) بیشترین کاربرد را در این زمینه دارد. در این مقاله، همچنین سیستم پیل سوختی ۵ کیلووات طراحی و ساخته شده در مرکز تحقیقات مهندسی اصفهان معرفی شده و در مورد بخشهای مختلف گازرسانی، خنک ساز، ایمنی و مدارهای کنترل آن توضیح داده شده است. همچنین، مشخصات ولتاژ، جریان این سیستم پیل سوختی پلیمری در نمودار قطبش(پلاریزاسیون) آن نشان داده شده است. ولتاژ DC این سیستم به وسیله مبدلهای مخصوص به برق AC ۲۲۰ ولت تک‌فاز با توان خالص ۵ کیلووات تبدیل می شود. خروجی این سیستم منبع تامین کننده برق یک سوله آزمایشگاهی می باشد.

کلمات کلیدی:
پیل سوختی، واحد نیروگاهی متمرکز، واحد ایستگاهی غیرمتمرکز، مدار، مبدل

۱) پژوهشکده مهندسی جهاد کشاورزی، مرکز تحقیقات مهندسی اصفهان
Khorasani@fuelcell.ir, zamani@fuelcell.ir, asghari@fuelcell.ir, faghih@fuelcell.ir
*) نویسنده مسئول

مقدمه

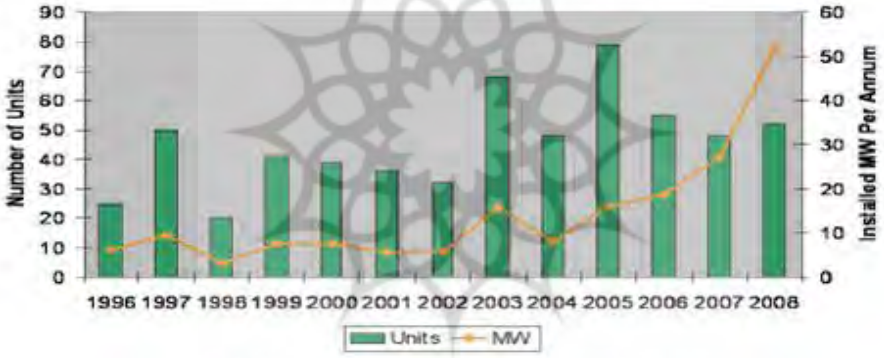
از همان ابتدا که بشر سوختهای فسیلی را به عنوان منبع تولیدکننده انرژی مورد استفاده قرار داد، با مشکلات آن از قبیل آلودگی محیط زیست، سروصدای زیاد، پایین بودن بازده و نگرانی از پایان نه چندان دور این منابع زیرزمینی درگیر بوده است، لذا، حدود یک قرن است که بشر به دنبال جایگزین مناسبی به جای این منبع انرژی بوده است. تولید برق از طریق منابع انرژی تجدیدپذیر همچون نور خورشید و گاز هیدروژن، مقوله‌ای است که سالهاست تعدادی ازکشورهای توسعه‌یافته را به تحقیق و توسعه در این زمینه واداشته است[۶] . تولید برق و حرارت از طریق فرآیند واکنش بین هیدروژن به عنوان سوخت و هوا به عنوان اکسیدان در مجاورت یک الکتروکاتالیست مناسب در پیلهای سوختی پلیمری امکان‌پذیر است. در این فرآیند سوخت‌هایی همچون هیدروژن خالص، هیدروکربنات قلیایی، متانول و ... (برحسب نوع پیل سوختی) استفاده می‌گردد که در خاتمه فرآیند، آب و انرژی الکتریکی به عنوان محصول اصلی به وجود خواهد آمد[۱]. در بین انواع پیل‌های سوختی، پیل‌های سوختی پلیمری(PEM) با داشتن ویژگی‌هایی از قبیل بازدهی بالا، دمای عملکرد پایین، راه‌اندازی سریع و ساختار محکم، جایگاه خاصی دارد و از این نوع پیل‌ها می‌توان در صنایع مختلف از جمله صنایع مربوط به تامین انرژی برق به صورت متمرکز و غیرمتمرکز استفاده نمود. در حال حاضر، بیش از ۸۵٪ تقاضای انرژی دنیا به وسیله سوخت‌های فسیلی- ذغال سنگ، نفت و گاز طبیعی تامین می‌شود (شکل ۱). هرچند این سوخت‌ها در حال حاضر در دسترس بوده و رشد اقتصادی جوامع صنعتی به آنها وابسته است، ولی محدود هستند[۲]. از طرف دیگر به دلیل افزایش جمعیت جهان و افزایش نیاز به منابع انرژی در کشورهای درحال توسعه برای بهبود سطح استاندارد زندگی، تقاضای انرژی رو به افزایش است. لذا، نیاز به منابع تولید انرژی دیگر از قبیل سیستمهای تامین برق با پایه پیل سوختی به شدت احساس می گردد.



شکل ۱: تاریخچه تولیدانرژی(برحسب اگزاژول) در دنیا [٤]

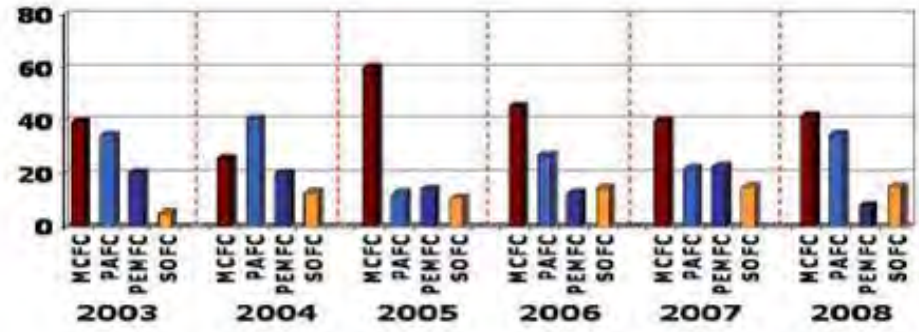
نقش پیل سوختی در تامین انرژی و مقایسه آن با سیستمهای دیگر تامین انرژی در جهان

به طور کلی، سیستم‌های تأمین انرژی برق با پایهٔ پیل‌سوختی به دو دسته تقسیم می‌شوند. دسته اول نیروگاه‌های متمرکز پیل سوختی هستند. این نیروگاه‌ها دارای واحدهای با توان بیش از دو مگاوات هستند که برای تأمین برق مناطق مسکونی و شهرک‌های بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرند. با استفاده از این نیروگاه‌ها حتی حرارت مورد نیاز برای گرمایش محیط و آب گرم مصرفی واحدهای مسکونی و اداری مستقر در این شهرک‌ها نیز تأمین می‌گردد[۵]. دسته دوم، سیستم‌های پیل‌سوختی هستند که برای مصارف تأمین برق به صورت ایستگاهی (غیرمتمرکز) مورد استفاده قرار می‌گیرند. سیستمهای پیل سوختی ایستگاهی به دو صورت به بازار قابل عرضه هستند. واحدهای متوسط با محدوده توان ۲۵۰ الی ۴۰۰ کیلووات برای مجتمع‌های اداری، بیمارستان‌ها، زندان‌ها و غیره توسعه داده شده‌اند و واحدهای کوچک با محدوده توان ۱ الی ۱۰ کیلووات که برای تأمین برق و یا تأمین برق و حرارت به صورت همزمان در واحدهای مسکونی یا اداری مورد استفاده قرار می‌گیرند. در شکل (۲)، نمودار واحدها و مگاوات نصب شده در جهان برحسب سال نشان داده شده است.



شکل ۲: نمودار واحدها و مگاوات نصب شده در جهان بر حسب سال

در سال ۲۰۰۸، حدود دو سوم کل پیل‌های سوختی واحدهای نیروگاهی و ایستگاهی تامین انرژی نصب شده در جهان مربوط به منطقه آمریکای شمالی بوده است[۵]. سازندگان این واحدها بیشتر شرکتهای آمریکایی بوده‌اند، هر چند شرکت‌های اروپایی از قبیل Rolls Royce و Nuvera نیز در ساخت این واحدها فعالیت داشته‌اند. درمناطق دیگر جهان نیز سازندگان انگشت شماری وجود دارند که از جمله می‌توان شرکت Electro برزیل و شرکت تحقیقاتی BHEL هند را نام برد. حدود ۱۰ شرکت فعال در جهان در زمینه ساخت استکهای مورد نیاز در ساخت نیروگاه‌ها و واحدهای ایستگاهی تولید برق به طور جدی فعال هستند و اکثر این شرکتها با توجه به درخواست بازار و قوانین موجود، در ساخت واحدهای متوسط و نیروگاهی بزرگ فعالیت می‌کنند. هر یک از این شرکتها با توجه به تخصص خود، از یکی از انواع پیل سوختی استفاده می کنند. در شکل [۲]، نمودار مربوط به درصد استفاده از هر کدام از این فناوری‌ها طی سال‌های اخیر نشان داده شده است.



شکل ۳: درصد استفاده از هر کدام از فناوری‌های پیل سوختی طی سال‌های اخیر

همان طـور کـه در شـکل (۳) مـشاهده مـی‌گـردد، اسـتفاده از پیـل‌هـای سـوختی نـوع کربنـات مـذاب MCFC در قالـب واحـدهای ۴۰۰-۳۵۰ کیلـوواتی بـا اقبـال بیـشتری روبـرو بـوده اسـت کـه علـت آن افـزایش قـوانین شـهری، منطقه‌ای، قانون ساختمان سبز در آمریکا و همچنین افزایش آگاهی از مزایای تولید برق غیر متمرکز می‌باشد.

سابقه استفاده از فناوری پیل سوختی در تولید انرژی در ایران

به طـور کلـی، مراکـز فعـال در زمینـه طراحـی و سـاخت سیـستم پیـل سـوختی در ایـران بـسیار انـدک اسـت و از نظـر سـطح تکنولـوژی، در حـال حاضـر هـیچ واحـد مـسکونی یـا اداری وجـود نـدارد کـه بـرق آن از یـک سیـستم پیل سوختی تامین گردد. تنها مرکـز مـشغول فعالیـت در زمینـه طراحـی و تولیـد سیـستم‌هـای غیـر متمرکـز تولیـد بـرق با پایه پیل سوختی در ایران مرکز تحقیقات مهندسی اصفهان می باشد.

گروه پیل‌سوختی این مرکـز، فـاز مطالعـات و طراحـی‌هـای اولیـه بـرای سـاخت تـوده‌هـای پیـل‌سـوختی پلیمـری را پشت سر گذاشته است و نمونـه یـک پکـیچ ۵ کیلـووات بـا کـاربری حمـل و نقـل را نیـز سـاخته و بـه کارفرمـا تحویـل داده است. این مرکز همچنین مـشغول سـاخت یـک پکـیچ پیـل سـوختی ۵ kW بـا خروجـی بـرق AC بـرای سـازمان انرژی‌های نو ایران اسـت کـه در ادامـه ایـن پـروژه، ایـن پکـیچ در حالـت اسـتفاده همزمـان از بـرق و حـرارت (CHP) در یک نمایشگاه دائمی در سایت طالقان سازمان انرژی‌های نو ایران در معرض نمایش قرار داده خواهد شد.

معرفی سیستم پیل سوختی ۵ کیلووات

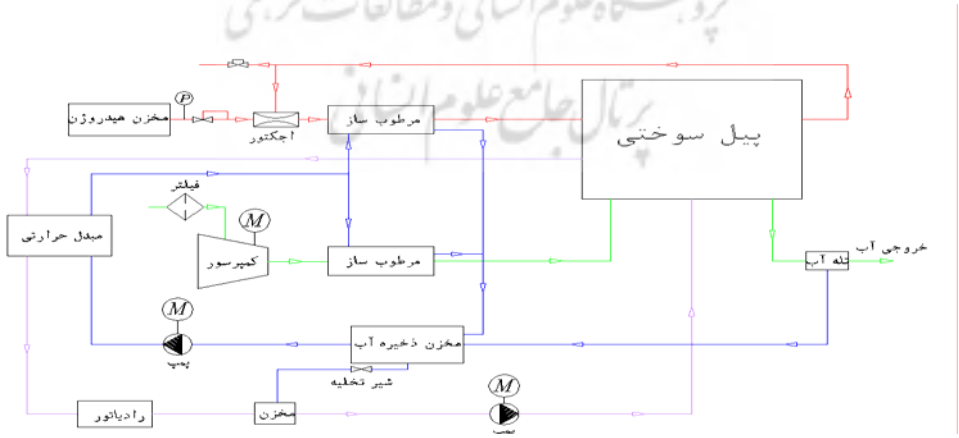
سیستم پیل سوختی ۵ kW دارای دو تودهٔ پیل(Stack) با ۳۰ عدد سل می باشد. توان خالص ایـن سیـستم ۵ kW و توان ناخالص آن ۷ kW می‌باشد. در شکل (۴)، تصویر پکیج تجهیزات جانبی سیستم پیل سوختی۵ kW نشان داده شـده است.

این سیستم از نظر تجهیزات جانبی دارای (۵)، مدار مجزا می باشد که عبارتند از:

- مدار سوخت
- مدار اکسیدان (هوا)
- مدار سیال خنک کننده
- مدار کنترل سیستم
- مدار انتقال و تبدیل انرژی

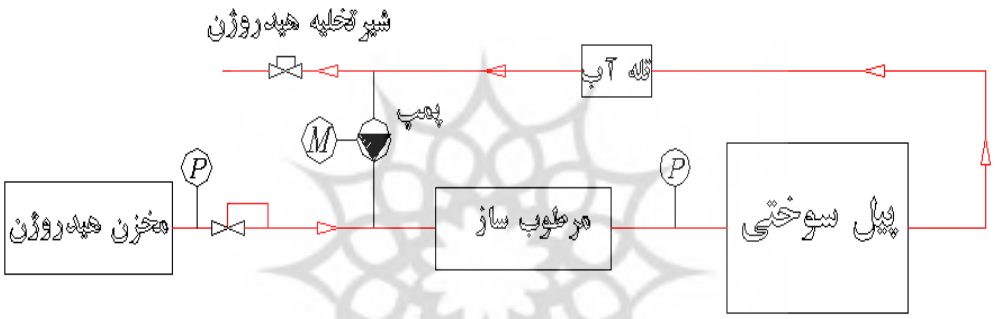
شکل ٤: پکیج تجهیزات جانبی سیستم پیل سوختی ۵ kW

در شکل (۵)، تصویر شماتیک مدارهای سوخت، اکسیدان و سیال خنک کننده به صورت مجتمع نشان داده شده است.



شکل ۵: مدار مجتمع سیستمهای تامین اکسیدان، سوخت و سیال خنک کننده

در مـدار سـوخت، ابتـدا، فـشار گـاز هیـدروژن توسـط رگلاتـور مخـصوص بـه میـزان کمتـر از ۱bar گـیج تنظـیم شده و سپس گاز هیـدروژن بـا عبـور از مرطـوب سـاز غـشایی رطوبـت آب را جـذب نمـوده و در حـالی کـه دمـا و فـشار آن کنترل می گردد، وارد تـوده پیـل مـی‌شـود. دو تـودهٔ پیـل بـه صـورت سـری بـه یکـدیگر متـصل هـستند و خروجـی آنها به صورت انتهـا بـسته (Dead End) مـی‌باشـد. در قـسمت خروجـی، یـک پمـپ هیـدروژن، گـاز خروجـی از تـوده پیل را در فشار و دبی کنترل شده بـه طـور مجـدد بـه ورودی تـوده پیـل بـاز مـی‌گردانـد. در شـکل (۶)، شـماتیک مـدار سوخت رسان مشاهده می‌گردد.

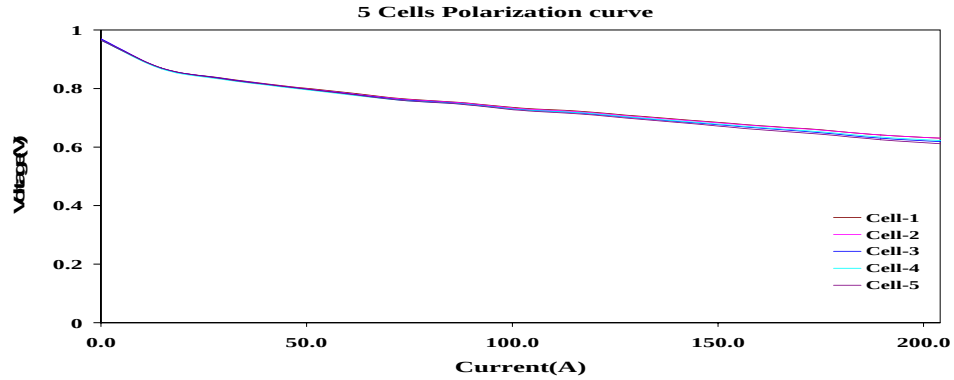


شکل ٦: تصویر شماتیک مدار سوخت رسان

مدار اکسیدان این سیستم به طـور تقریـب شـبیه بـه مـدار سـوخت آن اسـت، بـا ایـن تفـاوت کـه هـوای مـورد نیـاز توسط یک کمپرسور که با برق DC کار مـی کنـد، تـأمین مـی گـردد. فـشار و دمـای هـوای خروجـی کمپرسـور توسـط سنـسورهای مخـصوص بـه یـک پردازشـگر کـامپیوتری ارسـال مـی‌گـردد و در صـورت نیـاز، فـشار گـاز سـمت آنـد بـا فشار ثبت شده در سمت کاتد هماهنگ و تنظیم می‌گردد.

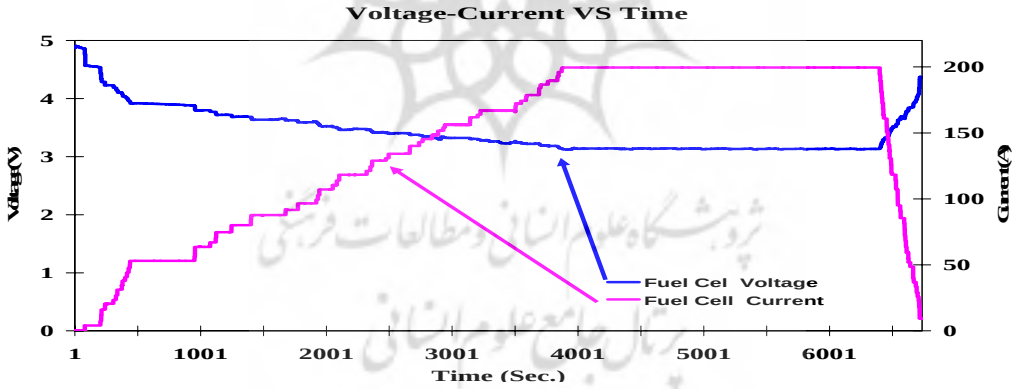
مراحل تست سیستم پیل سوختی ۵ کیلووات

برای تعیین دقیق تعـداد سـل تـودهٔ پیـل نهـایی سیـستم ۵ کیلـووات، ابتـدا یـک تـک سـل(Monocell) و سـپس یک توده پیل با ۵ سل مورد آزمایش قـرار گرفـت. ابعـاد سـطح فعـال غـشای هـر سـل ۱۵×۱۵ سـانتی‌متـر مربـع بـود و مطـابق شـکل (۷)، از هـر سـل در ولتـاژ ۰/۶ ولـت ۲۰۰ آمپـر جریـان کـشیده مـی شـد. لـذا، بـرای تولیـد ۷۰۰۰ وات تـوان ناخـالص، تعـداد سـل‌هـای تـودهٔ پیـل نهـایی ۶۰ سـل بـه دسـت آمـد کـه در دو تـودهٔ پیـل ۳۰ تـایی طراحـی و ساخته شد. گـاز اکـسیدان در ایـن آزمایـشها، هـوا بـا اسـتوکیومتری ۲ بـود کـه بـا گـاز هیـدروژن بـا اسـتوکیومتری ۱/۵ واکـنش نـشان مـی داد. در شـکل (۷)، منحنـی قطـبش (Polarisation) مربـوط بـه سـل‌هـای تـوده پیـل ۵ تـایی نشان داده شده است.



شکل ۷ : نمودار قطبش مربوط به سل‌های توده پیل ۵ تایی

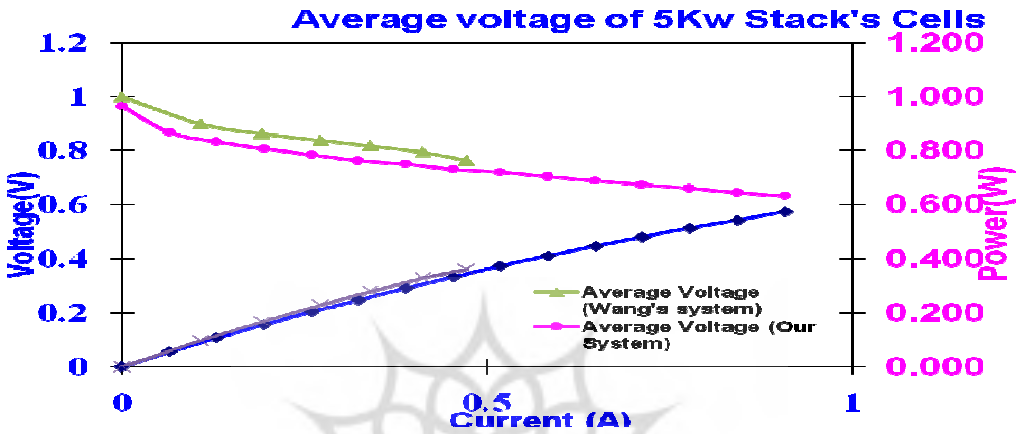
در ابتدای آزمایش توده پیل ۵ تایی یک مرحله راه اندازی(Break-in) انجام گرفت. پس از انجام مرحله راه اندازی اولیه، توده پیل ۵ تایی به مدت ۱۰۰ ساعت به صورت روزانه مورد تست قرار گرفت. در طی هر مرحله تست، جریان‌های مختلفی تا حداکثر ۲۰۴ آمپر از پیل کشیده شد. درشکل (۸) نمودار ولتاژ و جریان بر حسب زمان، مربوط به یکی از این تست‌ها نشان داده شده است.



شکل ۸ : نمودار ولتاژ و جریان- زمان مربوط به تست توده پیل ۵ تایی

پس از تست کامل توده پیل ۵ تایی، توده پیل اول سیستم ۵ کیلووات با ۳۰ سل مورد آزمایش قرار گرفت که تصویر آن در شکل (۴) نشان داده شده است. پس از تست موفقیت آمیز توده پیل اول، سیستم پیل سوختی با توان خالص ۵ کیلووات که متشکل از دو توده پیل ۳۰ تایی بود به طور آزمایشی راه اندازی گردید. در شکل (۹)، نمودار های ولتاژ متوسط چگالی جریان و چگالی توان ـ چگالی جریان به ازای هر سل از توده پیل ۶۰ تایی نشان داده شده است. همچنین در این شکل نمودارهای مربوط به سیستم توسعه داده شده در موسسه تکنولوژی انرژی های هسته ای و نوین جهت مقایسه با سیستم حاضر آورده شده است [۶]. با مقایسه این

نمودارها می‌توان دریافت که مشخصات عملکردی سیستم توسعه داده شده در این مرکز نزدیکی خوبی با مشخصات عملکردی سیستم‌های توسعه داده شده در کشورهای دیگر دارد.



شکل ۹: نمودارهای ولتاژ متوسط، چگالی جریان و چگالی توان و چگالی جریان به ازای هر سل از توده پیل ٦۰ تایی

سیستم کنترل پیل سوختی

هر چند قلب یک سیستم پیل سوختی، توده پیل می‌باشد، اما مجموعه‌ای از تجهیزات اندازه گیری و کنترل به همراه یک نرم افزار کامپیوتری، شرایط کاری تجهیزات جانبی این سیستم را کنترل می نماید. سیستم کنترل پیل سوختی بر حسب بخش‌های مختلف تجهیزات جانبی پیل به چند قسمت تقسیم می‌گردد که عبارتند از:

۶-۱- مدار کنترل تجهیزات گاز رسانی و آماده سازی شرایط گاز

۶ -۲- مدار کنترل تجهیزات خنک سازی توده پیل

۶-۳- تجهیزات اندازه‌گیری پارامترهای سیستم

۶-۴- تجهیزات حفاظت و ایمنی سیستم

۶-۵- مدار کنترل کلی سیستم

۶-۶- مدار کنترل تجهیزات تبدیل و انتقال انرژی

در ادامه به معرفی کلی هر کدام از مدارها و تجهیزات فوق پرداخته می شود.

مدار کنترل تجهیزات گازرسانی و آماده سازی شرایط گاز

پمپ هیدروژن، کمپرسور هوا، شیر برقی، رگلاتور فشار و مرطوب ساز، نمونه هایی از تجهیزات گازرسانی می‌باشندکه توسط این مدار کنترل می شوند. کنترل دبی گاز مورد نیاز توده پیل بنا بر توان و بار مورد نیاز،

توسط کمپرسور هوا و رگلاتور هیدروژن انجام می‌پذیرد. هر گونه خطا در کنترل این تجهیزات می‌تواند منجر به تخریب تودهٔ پیل سوختی گردد. وظیفه دیگر مدار کنترل تجهیزات گازرسان، همسان سازی فشار در دو سمت غشاء و کنترل میزان رطوبت گازهای هیدروژن و هوا می باشد.

مدار کنترل تجهیزات خنک سازی توده پیل

همزمان با تولید توان الکتریکی در پیل سوختی، گرما نیز تولید می شود. به منظور کنترل دمای توده پیل سوختی و حفظ آن در دمای بهینه از تجهیزات خنک کننده استفاده می شود. این تجهیزات به وسیله یک مدار الکتریکی کنترل می‌گردند. این مدار کنترل شامل چندین سنسور اندازه گیر دما و برد الکترونیکی کنترل کننده دور فن رادیاتور بر اساس دمای توده پیل می‌باشد.

تجهیزات اندازه گیری پارامترهای سیستم

کلیه پارامترهای سیستم پیل سوختی توسط این قسمت اندازه گیری می گردد. دما و فشار گازها، دمای آب خنک ساز، جریان الکتریکی توده پیل، ولتاژ تک تک سلول ها و ... از جمله پارامتر های سیستم می باشند.

تجهیزات حفاظت و ایمنی سیستم

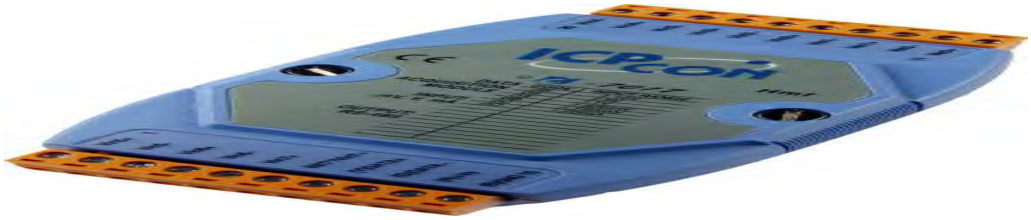
هیدروژن گازی است بی بو و اشتعال پذیر که نشتی آن در محیط بسته بسیار خطرناک است. بدین منظور از سنسور هیدروژن استفاده می گردد. همچنین استفاده از سنسور اکسیژن در کنترل اکسیژن هوا بسیار مهم است، زیرا اکسیژن مورد نیاز پیل سوختی توسط کمپرسور از هوای محیط تهیه می گردد. در صورت کاهش میزان اکسیژن در محیط، سیستم باید سریعاً خاموش شده تا از آسیب به پیل سوختی و کمبود اکسیژن در محیط جلوگیری شود.

مدار کنترل کلی سیستم

کلیه تجهیزات سیستم توسط یک کنترل کننده مرکزی کنترل می شود که بر اساس الگوریتم‌های از پیش تعریف شده اقدام به کنترل و نظارت بر سیستم پیل سوختی می نماید.

مدار کنترل تجهیزات تبدیل و انتقال انرژی

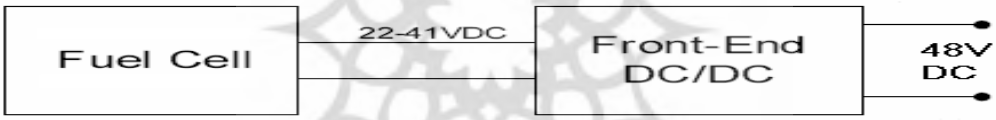
تجهیزات تبدیل و انتقال انرژی در بخش معرفی سیستم هیبرید و کنترل خروجی ولتاژ و جریان بررسی می‌گردد. پس از بررسی جداگانه مشخصات الکتریکی اجزای سیستم کنترل، با بررسی نوع و سیگنال‌های اجزای آن، پیکربندی کلی سیستم مشخص می‌گردد. سپس، سیگنال‌های اجزا بر اساس نوع به انواع ورودی یا خروجی، دیجیتال و یا آنالوگ دسته بندی می‌گردند. در این مرحله با توجه به نوع و تعداد سیگنال‌های آنالوگ و دیجیتال، بردهای کنترلی مناسب به آن اختصاص داده می‌شود و یا با توجه به نیاز سیستم کنترل اقدام به طراحی و ساخت برد متناسب با کاربرد مورد نظر می‌گردد. یکی از بردهای به کار رفته در سیستم پیل سوختی ۵ کیلووات در شکل (۱۰) نشان داده شده است.



شکل ۱۰: یک نمونه از برد کنترلی

معرفی سیستم هیبرید و کنترل خروجی ولتاژ و جریان

ولتاژ خروجی توده پیل سوختی، ولتاژی متغیر است که بر حسب جریان گرفته شده از توده پیل تغییر می‌کند، در حالی که ولتاژ مورد نیاز اکثر مصرف کننده ها ولتاژی ثابت است[۷]. بدین سبب مدارهای الکترونیکی برای ثابت سازی و انطباق ولتاژ خروجی توده پیل با بار مصرف کننده مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مدارها به عنوان مبدل نامیده می‌شوند.



شکل ۱۱: یک نمونه از مبدل های DC به DC

مبدل های ولتاژ به چند دسته تقسیم می گردند[۸]:

مبدل های افزاینده ولتاژ

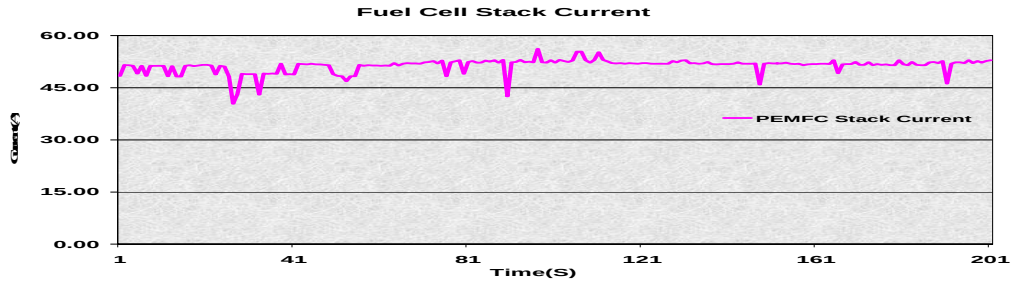
مبدل های کاهنده ولتاژ

مبدل های DC به AC

در شکل (۱۱) یک مبدل افزاینده نشان داده شده است. نوع مبدل بر اساس مشخصات بار الکتریکی انتخاب می گردد.

شایان ذکر است مبدل‌های جریان مستقیم به جریان متناوب با قابلیت اتصال به شبکه برق سراسری و یا مستقل از شبکه ارائه می‌گردد. یکی از مشکلاتی که در ارائه توان از پیل سوختی به بار وجود دارد، کند بودن پیل سوختی در پاسخ به درخواست بار می‌باشد. این کندی از آن رو است که پیل سوختی دستگاهی است الکتروشیمیایی و تولید انرژی در اثر انجام واکنش گازها صورت می‌پذیرد. همچنین سرعت کند تنظیم جریان گاز به نسبت سرعت جریان الکتریکی خود مزید بر علت می‌باشد.

بنابراین، تغییرات سریع جریان درخواستی بار در خروجی سیستم پیل سوختی مساله دیگری است که می‌تواند سبب آسیب به پیل سوختی گردد. در شکل (۱۲)، شوک‌های انتقالی از بار به پیل سوختی نشان داده شده است.

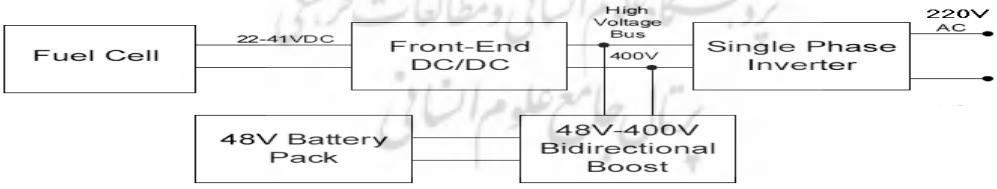


شکل ۱۲: شوک های انتقالی از بار الکتریکی به پیل سوختی

برای کاهش تاثیر این شوکها به پیل سوختی از باتری و فوق خازن ها استفاده می‌گردد. به عبارت دیگر باتری و خازن با ذخیره انرژی در خود در صورت نیاز به کمک پیل سوختی آمده و سبب کاهش نوسانات بار بر روی پیل سوختی می‌گردند. با محدود کردن جریان ورودی مبدل، مابقی جریان درخواستی توسط باتری تامین می گردد. اثر وجود باتری در سیستم در هنگام درخواست توان های بیشتر از حد مجاز پیل سوختی در سیستم مشهودتر است(شکل ۱۳).

شکل ۱۳: بلوک دیاگرام مبدل و باتری

به استفاده از ترکیب دو گونه منبع تولید و یا ذخیره سازی توان در یک سیستم عمل هیبرید کردن گفته می شود. در سیستم جاری سیستم هیبرید همانند ترکیب شکل (۱۴) می باشد.



شکل ١٤: استفاده از مبدل دو طرفه

همان طور که در این ترکیب مشاهده می‌گردد، ولتاژ خروجی سیستم هیبرید، ولتاژ AC و تک فاز می باشد که به وسیله مبدل DC به AC از ولتاژ ثابت موجود در باس DC ساخته می شود. در این ترکیب از باتری در راه اندازی اولیه سیستم، ارایه اضافه توان درخواستی بار و جلوگیری از ورود شوک جریانی به پیل استفاده گردیده است. استفاده از هر نوع مبدل در سیستم، سبب کاهش راندمان می‌گردد. این کاهش در اثر راندمان داخلی مبدل‌ها می باشد که در بهترین نمونه مشاهده شده در بازار ۹۵٪ بوده است. این در حالی است که در سیستم بالا به دلیل وجود دو مبدل به صورت سری، راندمان کل مدار تبدیل انرژی در بهترین حالت و در توان نامی به ۹۰٪ نیز می رسد.

نتیجه گیری

نیاز روز افزون بشر به انرژی، جستجو برای منابع تامین انرژی جدید را توجیه پذیر می‌نماید. با توجه به آن که در حال حاضر بیش از ۸۵٪ از تقاضای انرژی دنیا به وسیله سوخت‌های فسیلی تامین می شود و منابع انرژی که با این سوخت‌ها کار می‌کنند آلایندگی بسیار بالا و راندمان پایین دارند لذا، مراکز تحقیقاتی در دنیا در حال توسعه فناوری استفاده از منابع پاک و از جمله پیل‌های سوختی هستند. از انواع پیل‌های سوختی که در ساخت نیروگاه‌های متمرکز و سیستم‌های ایستگاهی غیر متمرکز مورد استفاده قرار می‌گیرند پیل‌های سوختی پلیمری (PEMFC) و کربنات مذاب (MCFC) هستند. از پیل‌های سوختی MCFC در ساخت واحدهای ایستگاهی با توان ۴۰۰-۳۵۰ کیلووات برای تامین برق شهرک‌ها و مجتمع های بزرگ مسکونی استفاده می‌شود. در راستای توسعه استفاده از واحدهای کوچک غیر متمرکز پیل سوختی در ایران، یک سیستم ۵ کیلووات با پایه پیل سوختی پلیمری در مرکز تحقیقات مهندسی اصفهان طراحی، ساخته و با موفقیت آزمایش گردید. این سیستم مجهز به دو توده پیل ۳۰ تایی است که در ولتاژ کاری ۳۶ ولت مقدار ۲۰۴ آمپر جریان تولید می‌نماید. ولتاژ خروجی این سیستم به وسیله مجموعه ای از مبدلهای DC-DC و DC-AC به ولتاژ AC تک‌فاز تبدیل شده است. برای هیبرید نمودن این سیستم ۵ کیلووات، راه‌اندازی اولیه سیستم، ارائه اضافه توان درخواستی بار و جلوگیری از ورود شوک جریانی به پیل از باطری استفاده شده است. این سیستم می‌تواند برق یک آزمایشگاه پیل سوختی را تامین نماید.

سپاسگزاری

در اینجا لازم است از حامی مالی پروژه (سازمان انرژی‌های نو ایران) تشکر و قدردانی کنیم.

منابع

[۱] رشیدی رنجبران. پیل های سوختی انرژی سبز، ۱۳۸۰، چاپ اول، اصفهان، انتشارات ارکان، مرکز تحقیقات مهندسی اصفهان.

[۲] سمواتی، ماهرخ و همکاران، ۱۳۸۸، گزارش طراحی مفهومی پروژه طراحی و ساخت سیستم CHP پیل سوختی ۵ kW ، گروه پیل سوختی، مرکز تحقیقات مهندسی اصفهان.

[۳] کمیته راهبری پیل سوختی، ۱۳۸۸، "بررسی واحدهای بزرگ پیل سوختی نیروگاهی".

[4] Cheng Wang, Zonggiang Mao, Fuyi Bao, Xianguang Li, Xiafeng Xie, 2005, "Development and Performance of 5kW Proton Exchange Membrane Fuel Cell Stationary Power System", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 30, P. 1031-1034.

[5] Hadley, S.W., "Analysis of CHP Potential at Federal Sites", OAK Ridge National Laboratory, 2002.

[6] J.M. A. ndujar, F. Segura, 2009, “History and Updating. A walk along two centuries “, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Article in press.

[7] Peter Ide, Jurgen kunze, Delta Energy Systems, Fuel Cell Inverter System with Integrated Auxiliary Suply. WWW.deltanergsystems.com.

[8] Peter Ide, Wetzel, H; Wallmeier, P; Margaritis, B. 2004, Parallel Operation of Single-Phase Inverter Stage. Proc. of Power Electronics, PCIM, Nurenberg, Germany.