نشریه انرژی ایران
سال ۱۲ شماره ۲۹ خرداد ۱۳۸۸

کاربرد پیل سوختی در واحدهای غیرمتمرکز تولید انرژی، بررسی نمونه‌های نصب شده در جهان و در سایت انرژی‌های نو طالقان

میترا غلامی[۱]، مینو غلامی [۲] ، مسعود رضایی [۳]

تاریخ دریافت مقاله:
۸۸/۲/۱۶
تاریخ پذیرش مقاله:
۸۸/۳/۲۶

چکیده:

در این مقاله در ابتدا به تعریف واحدهای غیرمتمرکز تولید انرژی و معرفی واحدهای متداول در جهان و کاربردها و مزایا و معایب آن پرداخته شده است. همچنین در ادامه بررسی آماری نیروگاه‌های نصب شده در ظرفیت‌های کوچک و بزرگ مورد توجه بوده است. در این بخش مقایسه سهم کشورهایی که در آن‌ها پیل سوختی نصب شده است، روند زمانی نصب، نوع پیل سوختی و سوخت مورد استفاده و شرکت‌های سازنده در نمودارهایی نشان داده شده است. پس از معرفی و بررسی کارهای انجام شده جهانی به معرفی مشخصات فنی سیستم پیل سوختی ۲۵ کیلووات متصل به شبکه مستقر در سایت انرژی‌های نو طالقان، مراحل نصب و راه اندازی و اهداف بهره‌برداری پرداخته شد و در نهایت تحت نمودارها و جداولی نحوه عملکرد سیستم ارائه شده است.

کلمات کلیدی:
yøøóÑø ÛÆǫƠÑøøøƽ Ǩøøóř
yøóÑø Ûåţƈøǂ ʒøţƩǮǫǫƩÓÛ
Ǩdžǫǫ ÛΘʒǂƩ f p Ǵǫǫ́ƽ♯ƩǫǪǂ
.ǴǪǂǁ Ǵƛ

۱) سازمان انرژی‌های نو ایران، دفتر هیدروژن و پیل سوختی، کارشناس ارشد مهندسی مکانیک، Mitra_gholami@suna.org.ir
۲) سازمان انرژی‌های نو ایران، دفتر هیدروژن و پیل سوختی، کارشناس ارشد مهندسی مکانیک
۳)سازمان انرژی‌های نو ایران، دفتر هیدروژن و پیل سوختی، کارشناس ارشد مهندسی شیمی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-02-21]

مقدمه

از مشخصات سیستم‌های پیل سوختی، مستقل بودن راندمان از ابعاد واحد پیل سوختی است، به این معنا که می‌توان واحدهای نیروگاهی کوچک را با بازده بالا در کاربردهای غیر متمرکز مورد استفاده قرار داد و لذا از هزینه‌های مرتبط با ایجاد واحدهای نیروگاهی بزرگ اجتناب نمود. واحدهای نیروگاهی پیل‌سوختی اولیه با تمرکز بر ظرفیت‌هایی بین چند صد کیلووات تا زیر یک مگاوات، توسعه داده شده‌اند. واحدهای نیروگاهی کوچک را می‌توان در محل مصرف در اختیار مصرف‌کننده قرار داد و برای تولید چند منظوره، یعنی تولید الکتریسیته و حرارت، از آن استفاده کرد. واحدهای پیل‌سوختی بزرگتر (با ظرفیت ۱ تا۱۰ مگاوات) برای تولید الکتریسیته به صورت غیرمتمرکز مناسب می‌باشد. مولدهای غیر متمرکز پیل سوختی به دلیل بهره‌مندی از فن‌آوری مطمئن‌تر نسبت به سیستم‌های رایج، بازده بالا، تاثیرات زیست‌محیطی کمتر و نصب راحت‌تری دارند. این مولدهای پیل سوختی، در مکان‌های مختلف از جمله بیمارستان‌ها، هتل‌ها، رستوران‌ها، بانک‌ها، ساختمان‌های بزرگ، واحدهای تولیدی، واحدهای تصفیه فاضلاب و مؤسسات، قابل نصب می‌باشند.

تولید غیرمتمرکز انرژی

واحدهای غیرمتمرکز تولید انرژی، به نیروگاه‌هایی مستقل و کوچک اطلاق می‌شود که در محل و یا در نزدیکی محل مصرف انرژی قرار دارند. ظرفیت آنها معمولا کمتر از ۳۰ مگاوات بوده و برای تولید و ذخیره انرژی به کار می‌روند. مثال‌هایی از فن‌آوری تولید غیر متمرکز انرژی عبارتند از: توربین‌های گازی و موتورهای احتراق داخلی موجود، مولدهای مبتنی بر گازهای فاضلابی (بیوماس)، نیروگاه‌های خورشیدی، توربین‌های بادی، میکروتوربین‌ها و پیل‌های‌سوختی. ظرفیت و بازده هر یک از این سیستم‌ها در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (۱): مشخصات فنی سیستمهای DG[۱]

	Status	Size	Efficiency (%)	Installed Costs ($/kW)	O&MCosts ($/kWh)
Reciprocating Engine	Commercial	۳۰kW-۶MW	۳۰-۳۸	۵۰۰-۱۴۰۰	۰/۰۰۷-۰/۰۲
Gas Turbine	Commercial	۵۰۰ kW-۲۰ MW	۲۵-۴۰	۶۰۰-۹۰۰	۰/۰۰۳-۰/۰۰۸
Microturbines	Commercial	۲۵kW-۳۰۰kW	۲۰-۳۰	۶۰۰-۱۰۰۰	۰/۰۰۳-۰/۰۱
Fuel Cells	۱۹۹۶-۲۰۱۰	۳kW-۳MW	۳۶-۶۰+	۱۹۰۰-۳۵۰۰	۰/۰۰۵-۰/۰۱۰

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-02-21]

عوامل زیادی در افزایش نیاز به تولید غیرمتمرکز انرژی نقش دارد. یکی از این عوامل تغییر زیرساخت خدمات عمومی می‌باشد. تولیدکنندگان انرژی به جای ایجاد ظرفیت‌های تولیدی جدید، ضریب تولید واحدهای موجود را افزایش می‌دهند که در نتیجه آن ظرفیت‌های ذخیره تولید انرژی کاهش خواهد یافت. در این حالت، امکان قطع برق‌های اجباری زیاد شده و در نتیجه ضرورت وجود منابع قابل اطمینان تامین انرژی افزایش می‌یابد. به علاوه، به دنبال افزایش و سخت‌تر شدن محدودیت‌های زیست‌محیطی، نیاز به ظرفیت‌های جدید انرژی با بازده بالاتر که بتوانند از سوخت‌های تجدیدپذیر استفاده کنند، بیشتر شده است.

مولدهای غیرمتمرکز انرژی مدولار و برای کاربردهای مختلف، انعطاف‌پذیر می‌باشند. این مولدها در سطوح مختلف مصرف کنندگان و نیز در سطح ملی مزایای قابل توجهی دارند[۲].

تامین انرژی در پیک مصرف: هزینه انرژی الکتریکی بسته به میزان عرضه و تقاضا در هر ساعت متغیر است لذا مصرف کنندگان تمایل دارند در ساعات اوج مصرف که هزینه انرژی نسبتا بالا است از منابع تولید غیرمتمرکز انرژی استفاده کنند.

تولید دو منظوره حرارت و الکتریسیته (CHP): انرژی گرمایی تولیدشده به هنگام تبدیل سوخت به الکتریسیته را می‌توان به عنوان منبع حرارتی در مکان‌هایی که نیاز ۲۴ ساعته و همزمان به حرارت و الکتریسیته وجود دارد، مورد استفاده قرار داد.

پشتیبانی شبکه: با جانمایی راهبردی منابع تولید غیرمتمرکز انرژی، علاوه بر بهره‌مندی از مزایای این سیستم‌ها، می‌توان از انجام هزینه‌های زیاد جهت افزایش ظرفیت واحدها جلوگیری کرد و انرژی الکتریکی مورد نیاز را، در نواحی که نیاز به ساخت نیروگاه‌های کوچک وجود دارد، تامین نمود.

منبع انرژی کمکی: در طی ساعات قطع برق، مولدهای غیرمتمرکز انرژی، الکتریسیته مورد نیاز را تامین می‌کنند. این سرویس توسط مصرف‌کنندگانی که به دلایل امنیتی یا بهداشتی- درمانی نیاز به پشتیبانی مورد اطمینان انرژی دارند، شرکت‌هایی که تجهیزات حساس به ولتاژ دارند یا مصرف‌کنندگانی که هزینه‌های قطع برق برای آنها به طور غیر قابل پذیرشی بالا است، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مولدهای انرژی غیر متمرکز پیل‌های‌سوختی

یکی از مهمترین مولدهای انرژی غیر متمرکز, پیل‌های‌سوختی هستند. پیل‌سوختی یکی از فن‌آوری‌های تولید انرژی غیرمتمرکز می‌باشد. انتظار می‌رود که با افزایش قابلیت و ظرفیت تولید و بهبود طراحی و یکپارچه‌سازی، هزینه‌های تولید

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-02-21]

این مولدها کاهش یابد. در حال حاضر محققان سرگرم بررسی روش‌های ساخت مختلفی برای کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری هستند.

با توجه به اتلاف قابل توجه انرژی الکتریکی در خطوط انتقال برق و راندمان نسبتاً پایین نیروگاه‌های موجود، کشورهای صنعتی در تلاش هستند تا حد ممکن نیروگاه‌ها را نزدیک به مراکز مصرف قرار دهند. ولی پارامتر مهم در این میان میزان آلایندگی نیروگاه است. نیروگاه‌های پیل‌سوختی علاوه بر اینکه آلوده‌کنندگی بسیار کم و در حد صفر دارند دارای راندمان بسیار بالایی نیز هستند به طوری که یک نیروگاه پیل‌سوختی را به راحتی می‌توان در کنار ساختمان‌هایی نظیر هتل‌ها، بیمارستان‌ها و منازل نصب کرد و علاوه بر تامین الکتریسته مورد نیاز، از انرژی حرارتی تولیدی نیز استفاده نمود.

مزایای تولید غیرمتمرکز انرژی پیل‌سوختی در ذیل اشاره شده است[۲]:

- این مولدها کوچک و مستقل هستند و هزینه سرمایه‌گذاری آنها تقریبا مستقل از اندازه‌شان است.
- با قابلیت تولید در ظرفیت‌های مختلف، برای استفاده در کاربردهای متفاوت، ایده‌آل می‌باشند.
- کارکرد این سیستم‌ها، بی صدا بوده و یاصدای کمی‌تولید می‌کنند.
- این مولدها بازده بالاتری نسبت به نیروگاه‌های متداول دارند که می‌توان مقدار آن را با به کارگیری انرژی تلف شده ناشی از واکنش‌های درون پیل برای مصارف گرمایشی و یا سیکل‌های ترکیبی، افزایش داد.
- راندمان بالای مولدهای پیل‌سوختی سبب کاهش چشم‌گیر مصرف سوخت می‌شود.
- امکان تولید همزمان انرژی حرارتی و الکتریکی و بالارفتن راندمان کل سیستم را بدست می‌دهد.
- تولید برق به صورت غیرمتمرکز سبب افزایش امنیت تولید انرژی در مواقع بحرانی می‌شود.
- صرفه‌جوئی انرژی در خطوط انتقال و ترانسفورماتورها (معادل ۲۰٪ کل انرژی تولیدی)، از مزایای تولید برق در محل مصرف می‌باشد.
- این سیستم‌ها بعلت آلایندگی نزدیک به صفر به رفع آلودگی هوای شهرها کمک می‌کنند.
- به علت نصب سریع این سیستم‌ها، زمان بهره برداری، از زمان شروع سرمایه‌گذاری بسیار کوتاه می‌باشد.
- از مزایای این مولدها در سطح ملی می‌توان گفت، بازار تولید غیرمتمرکز انرژی سبب ایجاد صنایع جدید می‌شود و اقتصاد ملی تقویت می‌گردد به علاوه اینکه میزان تولید گازهای گلخانه‌ای، با بهبود بازده مولدها، کاهش می‌یابد.
- مزایای مربوط به مصرف کننده عبارتند از: تامین انرژی با کیفیت بالا، افزایش ضریب اطمینان و انعطاف‌پذیری مناسب برای مواجهه با نوسانات قیمت انرژی الکتریکی.
- مزایای مربوط به تولیدکننده عبارتند از: جلوگیری از سرمایه‌گذاری در توزیع و انتقال (T&D) انرژی، امکان افزایش ظرفیت تولیدی در محل‌هایی که واقعاً به آن نیاز است و ایجاد بازار مصرف در مناطق دور دست.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-02-21]

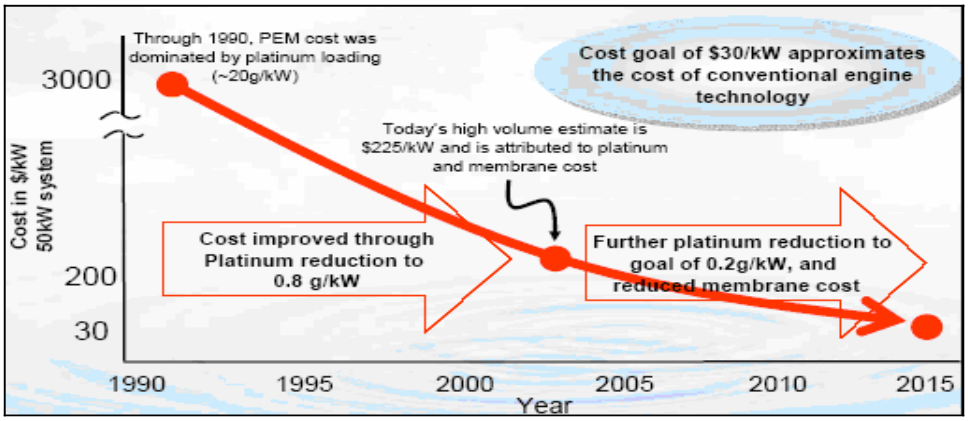
قبل از اینکه مولدهای غیرمتمرکز انرژی به عنوان وسیله اصلی تامین انرژی مطرح شوند، باید معایب و نواقص آنها برطرف گردد. این معایب شامل جنبه‌های فنی و اقتصادی می‌باشند. بسیاری از فن‌آوری‌های پیشنهاد شده هنوز وارد بازار نشده‌اند و قبل از ورود به بازار باید الزامات هزینه‌ای و عملکردی ویژه‌ای را برآورده کنند. همچنین سوالاتی در مورد ملزومات اتصال این مولدها به شبکه وجود دارد. مکان‌یابی، اخذ مجوز فعالیت و قوانین زیست‌محیطی نیز می‌توانند موجب تاخیر و افزایش هزینه‌های پروژه تولید غیرمتمرکز انرژی شوند.

امروزه توسعه دهندگان فن‌آوری پیل سوختی در دنیا راه‌حل‌هایی همچون نوآوری تکنولوژی استک، توسعه مواد جدید و بهینه‌سازی سیستم را محرک‌هایی برای نیل به هدف‌های کاهش هزینه در آینده می‌دانند.

شرکت بالارد یکی از پیشروترین‌ها در زمینه تکنولوژی پیل سوختی هدف نهایی برای هزینه استک پیل سوختی را ۳۰ دلار به ازای هر کیلووات (در تولید انبوه معادل۵۰۰۰۰۰ واحد در سال) تا سال ۲۰۱۰ برآورد کرده است. همچنین وزارت انرژی امریکا از جمله مهمترین سیاستگذاران در این مقوله، هدف نهایی ۳۰ دلار (در تولید انبوه معادل۵۰۰۰۰۰ واحد در سال) را تا سال ۲۰۱۵ تخمین زده است که این قیمت می‌تواند با قیمت تکنولوژی‌های متداول تولید انرژی رقابت نماید[۳].

افزایش ظرفیت ساخت و تولید این محصول با افزایش حجم فروش آن نسبت مستقیم دارد. به همین نسبت افزایش حجم فروش این تکنولوژی منجر به کاهش هزینه‌ها بطور قابل توجهی می‌باشد نمودارهای ذیل موید این مطلب می‌باشند.

در حال حاضر هزینه نصب یک سیستم نیروگاهی پیل سوختی ۳۰۰۰ دلار به ازای هر کیلووات محاسبه شده است. این مقدار در مورد مناطقی که هزینه برق رسانی بالا و قیمت گاز طبیعی پائین می‌باشد، تا حد مطلوبی قابل پذیرش می‌باشد. در مطالعات انجام شده در این زمینه توسط متخصصین این رشته پیش‌بینی شده است که کاهش هزینه‌های پیل سوختی تا ۱۰۰۰ دلار به ازای هر کیلووات منتهی به ایجاد پتانسیل قابل توجهی در بازار آینده خواهد شد. برنامه بلند مدت در این مورد رسیدن به مبلغ ۷۰۰ دلار می‌باشد که بسته به هزینه‌های منابع تولید هیدروژن، انرژی برق تولیدی از یک سیستم پیل سوختی در این مورد ۸ تا ۱۰ سنت برای هر کیلووات‌ساعت می‌باشد.



شکل (۱): روند کاهش هزینه پیل سوختی [۳]

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-02-21]

رشد روز افزون تولیدات این محصول و به کارگیری آن در کاربردهای متنوع و ویژگی‌هایی همچون امکان توسعه و نصب سیستم‌ها با ظرفیت بالا از طریق واحدهای کوچک، امکان اتصال به شبکه در زمان پیک بار و امکان استفاده در مناطق دور از شبکه و در نقاط پرتراکم شهری یا نقاطی که برق رسانی از طریق شبکه عمومی برق بسیار پر هزینه می‌باشد (هزینه جاده‌کشی و افت ناشی از طول شبکه) یا کاربری در مواقع اضطراری امنیتی (پدافند غیر عامل)، در وسایل حمل و نقل عمومی و انواع تجهیزات الکترونیکی قابل حمل منجربه ایجاد یک بازار بالقوه موثر بر رویکرد اقتصادی این تکنولوژی می‌گردد.

در مورد کاربری سیستم‌های تولید پراکنده (DG)، پیل سوختی موقعیت خوبی را از نظر هزینه بین سایر رقبا برخوردار است. تکنولوژی پیل سوختی به سرعت در حال جایگزینی مهم به عنوان سیستم پشتیبان در زیر ساخت‌های مربوط به ارتباطات می‌باشد. در طی چند سال اخیر توسعه دهندگان سرویس‌های ارتباطی در تلاشند تا قابلیت‌های شبکه را افزایش و هزینه زیر ساخت‌ها را کاهش دهند. این مهم با بررسی سیستم‌های موجود و راه حل‌های دیگر برای شبکه انجام‌پذیر است. در دهه‌های اخیر، تکنولوژی‌های متعددی بعنوان جایگزین باتری‌ها همچون میکروتوربین‌ها و پیل سوختی مورد توجه قرار گرفته از مزایایی چون هزینه، بازده و شرایط عملکرد زیست محیطی، تکنولوژی پیل سوختی را به عنوان یک جایگزین مناسب معرفی می‌کند. وقتی اول بار تکنولوژی پیل سوختی به بازار معرفی شد از نقطه نظر قیمت در جایگاهی قرار گرفته بود که برای مقیاس‌های بزرگ مطلوب به نظر نمی‌رسید. در سال‌های اخیر قیمت پیل سوختی با توجه به پیشرفت‌های حاصله در فرآیند ساخت و تولید، تکنولوژی و حجم تولید همتراز با سیستم‌های پیشتیبانی موجود برآورد شده است.

بررسی آماری پیل‌های سوختی خانگی، نیروگاهی (DG) نصب شده در جهان

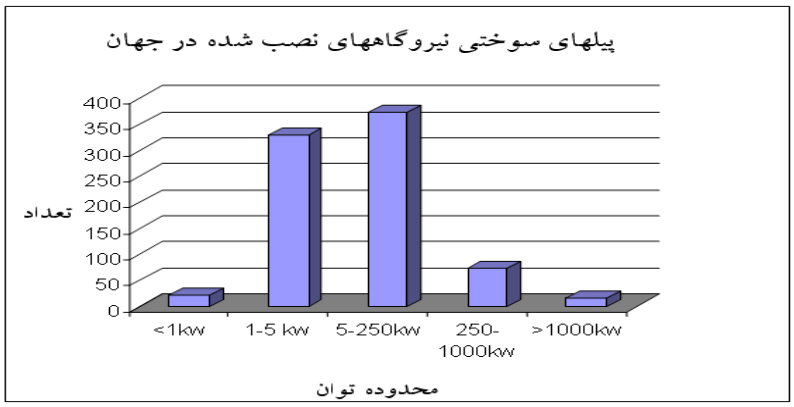
دراین بخش به مطالعه اطلاعات منتشر شده و مقایسه آماری نیروگاههای پیل سوختی در جهان در ظرفیتهای مختلف و کاربری خانگی تا نیروگاهی تحت نمودارهایی پرداخته شده است. اطلاعاتی که بر اساس آنها نمودارها و جداول ادامه ارائه و رسم شده است از مرجع [۴] برداشت شده است. جدول زیر سهم۳۳ کشور ازکشورهای صنعتی و درحال رشد جهان از نیروگاههای پیل سوختی نصب شده به ترتیب ارائه شده است.کشورمان با داشتن بیش از ۵ نمونه ۱ کیلوواتی و یک نمونه ۲۵ کیلووات جایگاه خوبی(حدودا دوازدهم) را در این رده بندی به خود اختصاص‌میدهد.

جدول (۲): سهم کشورهای جهان از نیروگاه پیل سوختی

Usa	۴۰۹	Korea	۱۵	Australia	۶	Greece	۲	Norway	۱
Japan	۱۸۶	Netherlands	۱۳	Brazil	۵	India	۲	Portugal	۱
Germany	۱۱۶	Switzerland	۱۰	Austria	۵	Russia	۲	Puerto rico	۱
Uk	۲۶	Spain	۹	Finaland	۳	Bahamas	۱	Slovak Republic	۱
France	۲۴	Sout africa	۸	New zeland	۳	China	۱	Turkey	۱
Canada	۲۳	Sweden	۷	Belgium	۲	Iceland	۱	Cayman Islands	۱
Italy	۱۵	Seeden	۷	Denmark	۲	Luxamburg	۱	Venezuela	۱
								Antarctica	۱

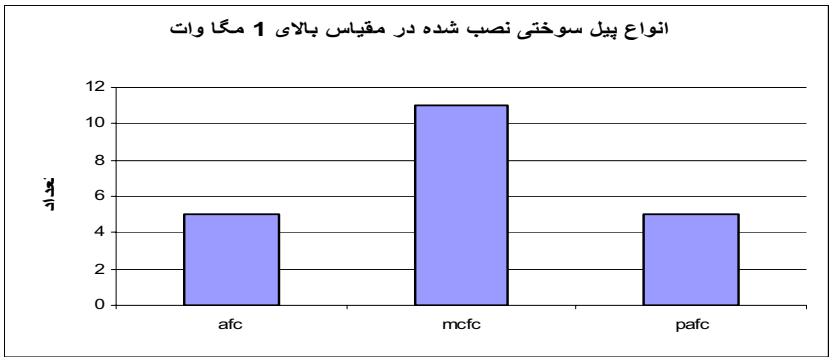
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-02-21]

نمودار زیر تعداد کل واحدهای نصب شده نیروگاهی در جهان به تفکیک ظرفیت را نمایش‌می‌دهد. از این نمودار می‌توان دریافت که بیشترین سهم نیروگاه‌های پیل سوختی در محدوده توان ۵ تا ۲۵۰ کیلووات می‌باشد و پس از آن مقیاس کوچک ۱ تا ۵ کیلوات بیشترین حجم را به خود اختصاص داده است.



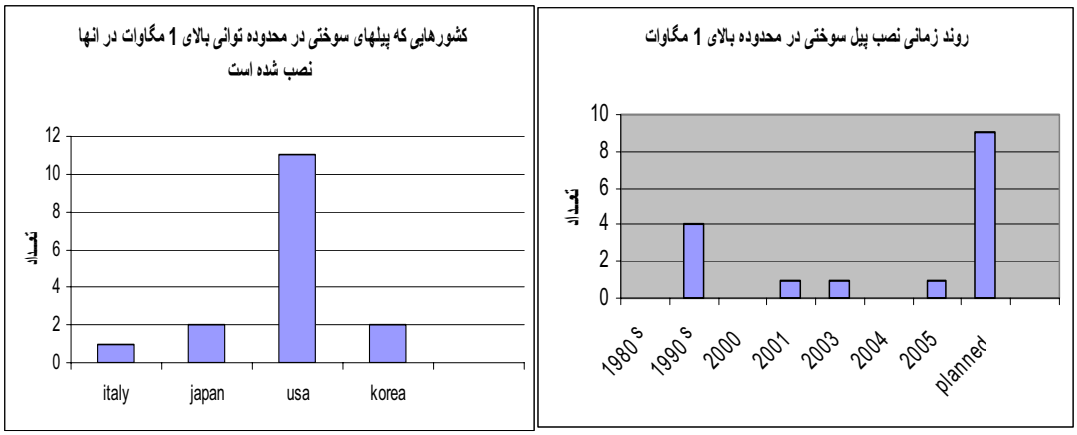
شکل (۲): واحدهای نصب شده نیروگاهی در جهان به تفکیک ظرفیت

ظرفیت‌های مورد توجه نیروگاهی در محدوده ۲۵۰ کیلووات تا ۱ مگاوات و یک مگاوات به بالا می‌باشند. از موارد نصب شده نیروگاهی در مجموع این دو توان ۴۴ مورد در کشور آمریکا، ۱۵ مورد ژاپن، ۶ مورد آلمان، ۴مورد ایتالیا، ۳ مورد کره و ۱ مورد در کشورهای سوییس، اسپانیا، ترکیه، اسلوواکی و اتریش می‌باشد که در این میان سهم پیل سوختی کربنات مذاب با تعداد ۳۷ بیشترین بوده و بقیه انواع پیل سوختی به ترتیب اسیدفسفریک ۲۷، قلیایی ۲۲، پلیمری و اکسید جامد ۵ مورد می‌باشد. بیشترین واحد نیروگاهی در سال ۲۰۰۴ نصب شده است که این مقدار در دهه اخیر با ۶۳۱ مورد نسبت به ۱۹۶ مورد دهه ۹۰ و ۷ مورد در دهه ۸۰ پیشرفت بسیاری داشته است. در ادامه مشخصات پیل‌های سوختی خانگی، نیروگاهی نصب شده در جهان در محدوده توانی مختلف در نمودارهایی ارائه شده است.

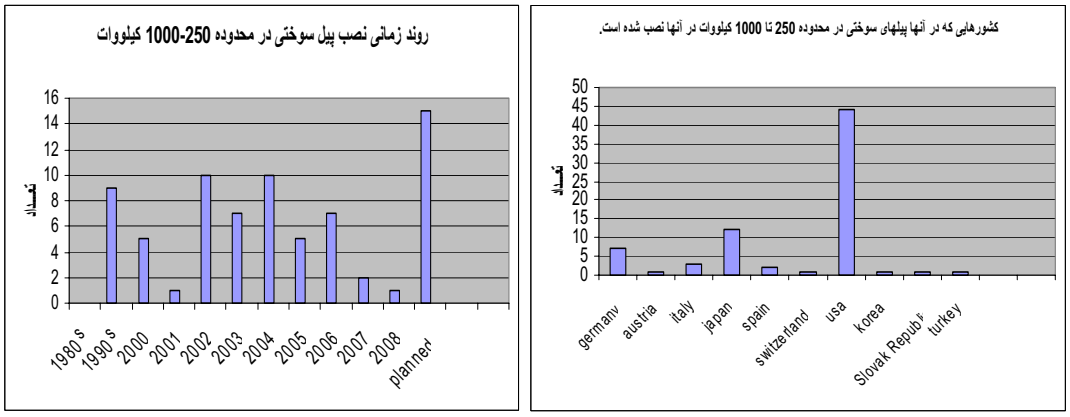


شکل (۳): انواع پیل‌های سوختی خانگی، نیروگاهی نصب شده در جهان در محدوده توانی بالای ۱ مگاوات

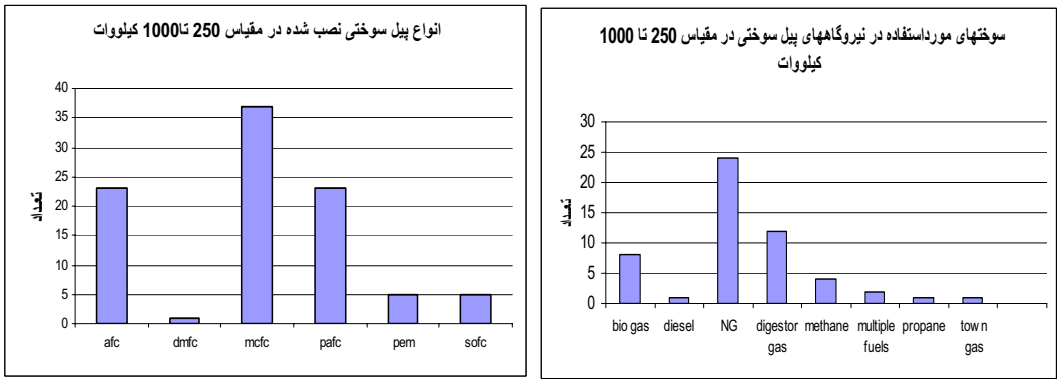
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-02-21]



شکل(٤و٥): روند زمانی و محل نصب پیل‌های سوختی نصب شده در محدوده توانی بالای ۱ مگاوات

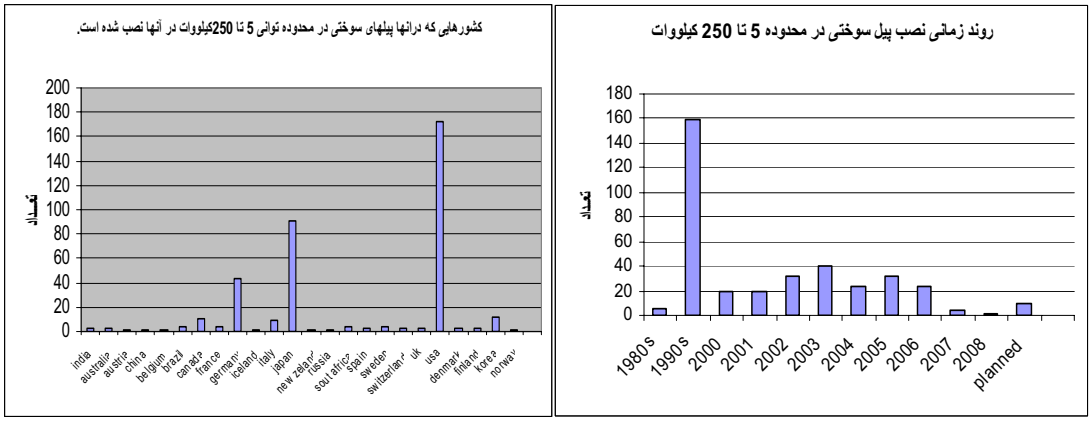


شکل (٦و٧): روند زمانی و محل نصب پیل‌های سوختی نصب شده در محدوده توانی ۲۵۰ تا ۱۰۰۰ کیلووات

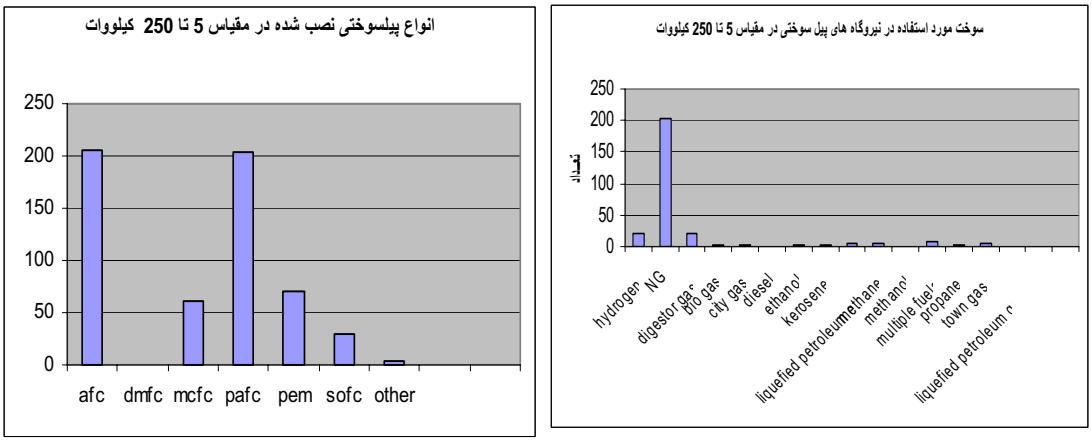


شکل (۸و۹): سوخت‌های مورد استفاده و انواع پیل‌های سوختی نصب شده در محدوده توانی ۲۵۰ تا ۱۰۰۰ کیلووات

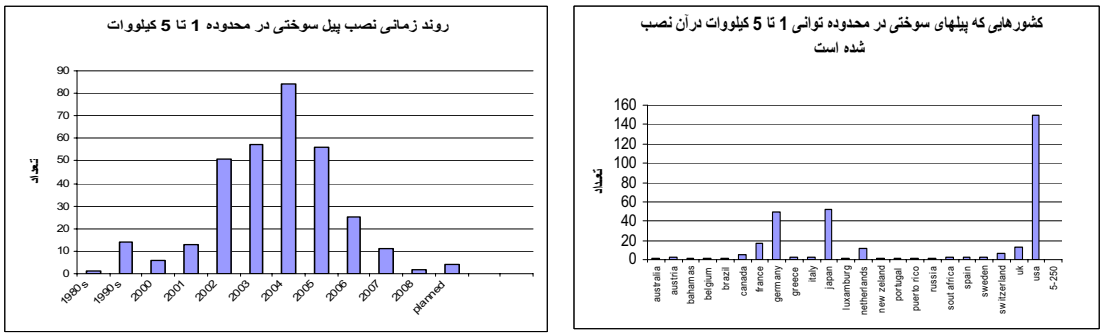
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-02-21]



شکل (۱۰و۱۱): روند زمانی و محل نصب پیل‌های سوختی نصب شده در محدوده توانی ۵ تا ۲۵۰کیلووات

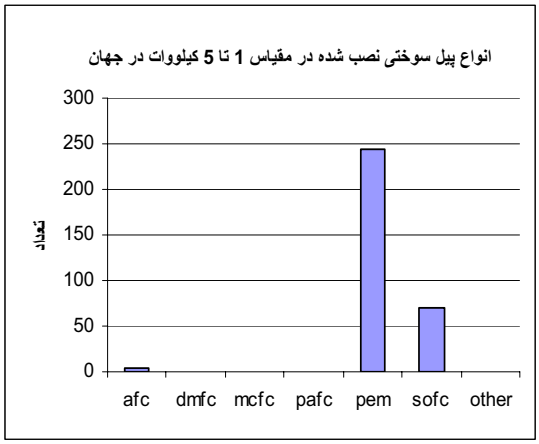


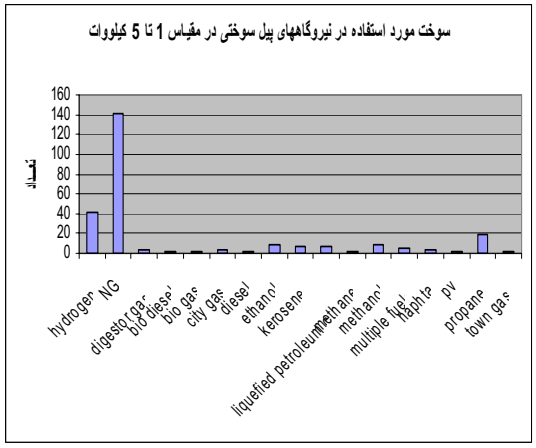
شکل(۱۲و۱۳): سوخت‌های مورداستفاده و انواع پیل‌های سوختی نصب شده در محدوده توانی ۵ تا ۲۵۰کیلووات



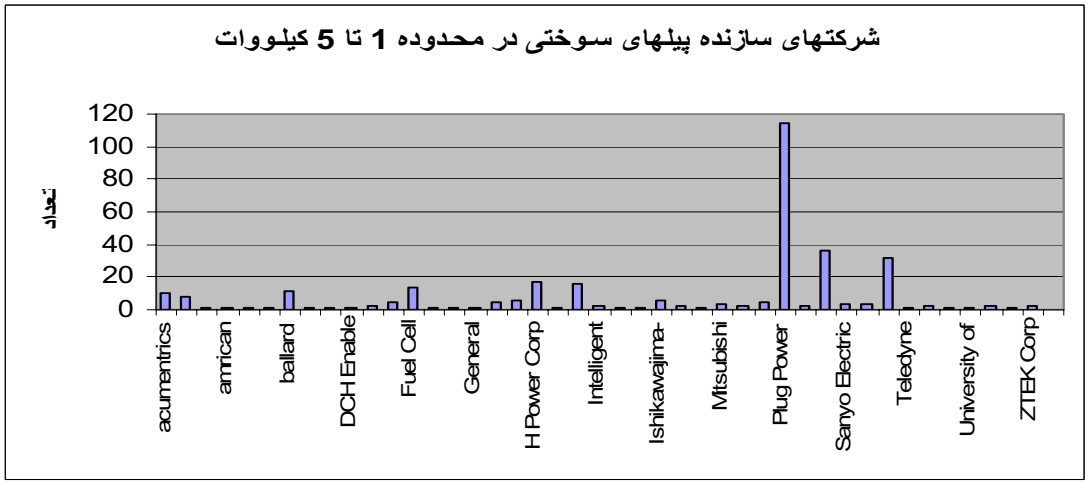
شکل(۱۴و۱۵): روند زمانی و محل نصب پیل‌های سوختی نصب شده در محدوده توانی ۱ تا ۵ کیلووات

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-02-21]





شکل(۱۶و۱۷): سوخت‌های مورداستفاده و انواع پیل‌های سوختی نصب شده در محدوده توانی ۱ تا ۵ کیلووات



در مجموع از این نمودارها می‌توان نتیجه گرفت: پیل سوختی پلیمری بیشترین و کربنات مذاب کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است. پیل سوختی اکسید جامد با توجه به جدیدتر بودن فن‌آوری‌های مربوطه، مزیت‌های فنی و راندمان بالای آن آینده روشنی در استفاده در این کاربردهای نیروگاهی دارد. همچنین گاز طبیعی و پس از آن هیدروژن از بیشترین سوخت‌های مورد استفاده می‌باشند و شرکت‌های UTC Power, Plug Power, Fuel Cell Energy بیشترین سهم را به خود اختصاص داده‌اند. دیگر شرکت‌های سازنده مطرح در زمینه نیروگاهی در نمودارها قابل مشاهده می‌باشند.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-02-21]

از بررسی نمودارهای فوق که پس از تحقیق از منابع مختلف و دستیابی به اطلاعات قابل استفاده و جمع‌بندی و درنهایت ارائه به صورت نمودار و جدول بدست آمده، در می‌یابیم که استفاده از پیل سوختی در نیروگاه‌ها در سال‌های گذشته مورد توجه بسیاری قرار گرفته است که نمونه کشورها، شرکت‌های سازنده فعال در صفحات پیشین اشاره شده است. استفاده از پیل سوختی در کاربرد غیرمتمرکز نیروگاهی به عنوان منبع انرژی کمکی یا سیستم پشتیبان شبکه یا تولید دو منظوره حرارت و الکتریسیته(CHP):با توجه به موارد ارائه شده در فوق از جمله مصارف بسیار مناسب به شمار می‌آید که توجه جهانیان را به خود جلب نموده است. وجود برنامه‌های بلند مدت و اختصاص کمک‌ها و بودجه‌های دولتی و پشتیبانی بخش خصوصی در کشورهای مختلف جهان موید این مطلب می‌باشد.

پیل سوختی ۲۵ کیلووات پلیمری متصل به شبکه سایت طالقان سازمان انرژی‌های نو ایران

به منظور آگاهی از تحولات دنیا و آشنایی ملموس‌تر با سیستم‌های پیل سوختی، خرید، نصب و بهره برداری از چند نمونه از سیستم‌های مختلف پیل سوختی از اقدامات کوتاه مدت ۵ سال اول سند راهبرد ملی توسعه فن‌آوری پیل سوختی (مصوبه تیرماه هیات محترم دولت) می‌باشد. در همین راستا در سال‌های اخیر چند نمونه آزمایشگاهی کوچک پیل سوختی توسط سازمان انرژی‌های نو ایران و دیگر مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی کشور تهیه شده بود. در ادامه این حرکت سازمان انرژی‌های نو ایران اقدام به تهیه سیستم پیل سوختی ۲۵ کیلووات پلیمری کرد. با اجرای این پروژه، اولین نیروگاه پیل سوختی متصل به شبکه با قابلیت تامین برق پشتیبان و تامین حرارت در کشورمان نصب و راه اندازی شد.

با توجه به زمینه‌های کاربردهای متناسب با ظرفیت پیل‌سوختی، موارد زیر جهت بهره‌برداری قابل حصول است:

- استفاده از پیل‌سوختی به‌عنوان منبع انرژی پشتیبان برای تأمین بخشی از برق مصرفی مجموعه،
- تزریق برق تولید شده در پیل‌سوختی به شبکه سراسری در زمان اوج مصرف،
- گرمایش در فصول سرد سال با کاربرد مستقیم از حرارت تولیدشده در پیل‌سوختی،
- استفاده از یک واحد پیل‌سوختی ۱۲/۵ کیلووات برای تأمین انرژی مورد نیاز یک خودروی کوچک مانند لیفتراک یا بالابر پیل‌سوختی و استفاده از آن در سایت طالقان به‌منظور نمایش عملی،
- استفاده از تجربیات راه‌اندازی و نصب پیل‌سوختی در پروژه‌های ساخت بعدی، کسب دانش فنی و تربیت نیروهای متخصص در زمینه نصب، عملکرد، تعمیر و نگهداری
- استفاده از سیستم پیل‌سوختی به‌عنوان جزئی از طرح جامع تست عملکرد اجزا، تعیین بازده اجزا به‌طور جداگانه، بررسی عملکرد مثبت و منفی تولید الکتریسیته از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر، تغییر سیستم تولید هیدروژن از الکترولیز به مبدل و مقایسه آن با سیستم موجود،
- تعریف پروژه‌های کارشناسی ارشد و دکترای مرتبط با فن‌آوری پیل‌سوختی و اجرایی نمودن آن‌ها،
- فراهم نمودن امکان بازدید مسئولین، متخصصین، دانشجویان، دانش‌آموزان و علاقه‌مندان توسعه فن‌آوری‌های نو با اهداف آموزشی، ترویج و آگاه‌سازی عمومی.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-02-21]

برنامه‌ریزی مناسب جهت کارکرد سیستم در روز و شب و در درجه‌حرارت‌های مختلف تابستان و زمستان و ثبت اطلاعات از شاخص‌های فنی نظیر توان مصرفی، دما، ولتاژ، جریان، فشار سوخت، مصرف سوخت، مصرف اکسیژن، نشت سوخت، تعداد خاموشی‌ها، تعداد هشدارها و خطاها، آب خروجی و گرمای تولیدی

- مطالعه اطلاعات ثبت شده و ارائه آن‌ها به‌صورت گزارش‌های تحلیلی و مقالات
- بررسی دوام و قابلیت اعتماد در کاربردهای خانگی، ساختمان‌های تجاری و حمل‌ونقل
- تشخیص کدها و استانداردهای مورد نیاز سیستم و جمع‌آوری استانداردهای موجود
- بررسی تأثیر ناخالصی‌ها بر عملکرد و دوام پیل‌سوختی
- بررسی پارامترهای کنترلی، دلایل خاموشی یا بروزخطا در سیستم
- بررسی دوره‌ای سیستم، عیب‌یابی و تحلیل مشکلات عملی کاربری سیستم

علاوه بر استک‌های پیل سوختی، برای عملکرد مناسب دستگاه این موارد هم در نظر گرفته می‌شوند: تنظیم آب و گرما، آماده‌سازی گاز، نرم افزار کنترل، کنترل‌های سخت افزاری و همچنین تنظیم سوخت و آماده سازی برق. دو دستگاه پیل سوختی دارای مشخصات زیر می‌باشند. [۵]

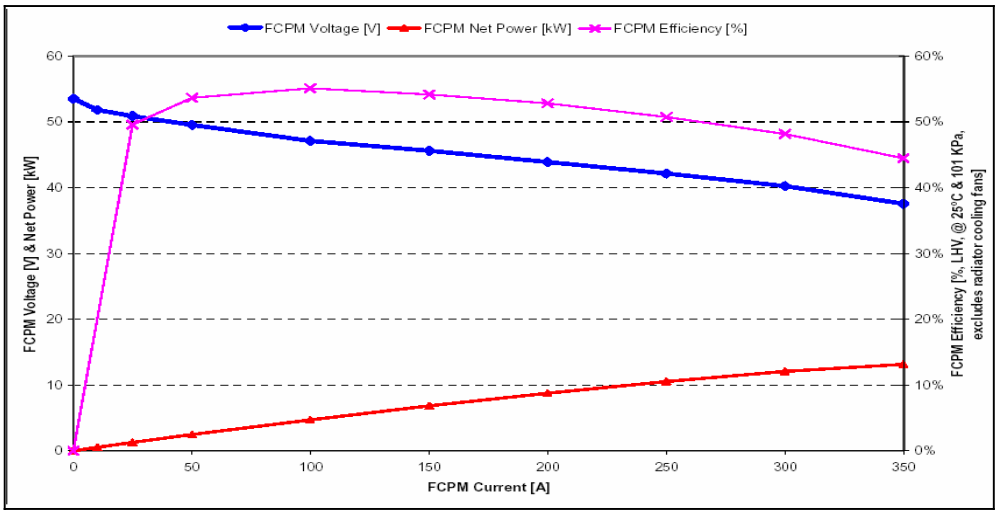
پیل سوختی از نظر ویژگی‌های طراحی دستگاه شامل مشخصات عملکرد با فشار پائین، راندمان بالای سوخت، عملکرد بیصدا، سیستم خنک کننده مایع می‌باشد و استفاده از گرمای موثر سیستم و یا انتقال گرما را برای مصرف در فرآیندهای دیگر امکان پذیر می‌سازد. همچنین دوام این سیستم‌ها بالای ۵۰۰۰ ساعت تخمین زده شده است.

جدول (۳): مشخصات استک پیل‌سوختی پلیمری ۲×۱۲/۵[۵]

ظرفیت استک	۲×۱۲/۵ کیلووات
محدود ولتاژ	۳۶-۵۷ ولت
ماکزیمم جریان کارکرد	۳۵۰ × ۲ آمپر
راندمان	۵۵ درصد
زمان آغاز به کار	۴ ثانیه (از حالت بدون بار تا ماکزیمم بار)
استاندارد	NFPA-SAE CGA
وزن و حجم	۷۸ × ۲ کیلوگرم
ابعاد (طول× عرض× ارتفاع)	۳۸×۴۲/۷×۸۳/۷ سانتی‌متر
نویز در هنگام کار	۷۰ دسی بل
خلوص هیدروژن	۹۹/۹۹
ماکزیمم حرارت تولیدی	۱۲ × ۲ کیلووات
ماکزیمم آب تولیدی	۸۰ میلی‌لیتر در دقیقه

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-02-21]

نمودار زیر عملکرد نرمال پیل سوختی را نشان می‌دهد.



شکل (۱۹): نمودار زیر عملکرد نرمال پیل سوختی[۵]

خروجی برق این سیستم‌ها در محدوده ولتاژ ۳۶–۵۷ ولت DC می‌باشد، لذا بوسیله یک DC to DC Converter ساخت داخل ولتاژ مربوطه تا حد قابل قبولی افزایش می‌یابد. سپس توسط یک inverter on grid خروجی در نهایت به برق AC تبدیل شده و به شبکه تزریق می‌شود.

مراحل نصب و راه اندازی در این پروژه به شرح ذیل انجام شد:

- تحویل سیستم‌های پیل سوختی و تجهیزات جانبی آن
- نصب دو دستگاه پیل سوختی در کابینت به نحوی که دسترسی به قسمت‌های مختلف جهت بازرسی و تعمیر به آسانی مقدور باشد.
- طراحی و ساخت سیستم انتقال حرارت
- طراحی و اجرای لوله کشی هیدروژن
- کابل کشی مدار فرمان و قدرت
- طراحی مکانیزم تفکیک آب تولیدی ازخروجی اند و کاتد و اجرای لوله کشی خروجی هوا
- راه اندازی مرحله به مرحله و بررسی فانکشن‌های مختلف دستگاه و مقایسه با اسناد مربوطه

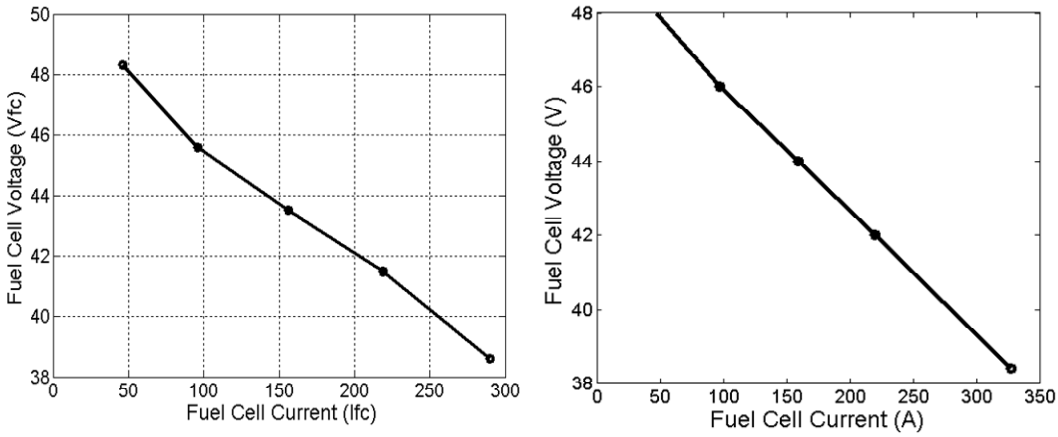
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-02-21]

- طراحی و اجرای اتصالات به کانورتر و اینورتر
- کابل کشی جهت اتصال برق خروجی به شبکه سراسری و شبکه داخلی سایت و تامین برق پشتیبان
- نهایی سازی و راه اندازی کل سیستم
- طراحی و راه اندازی سیستم‌های آشکار ساز و ایمنی سیستم

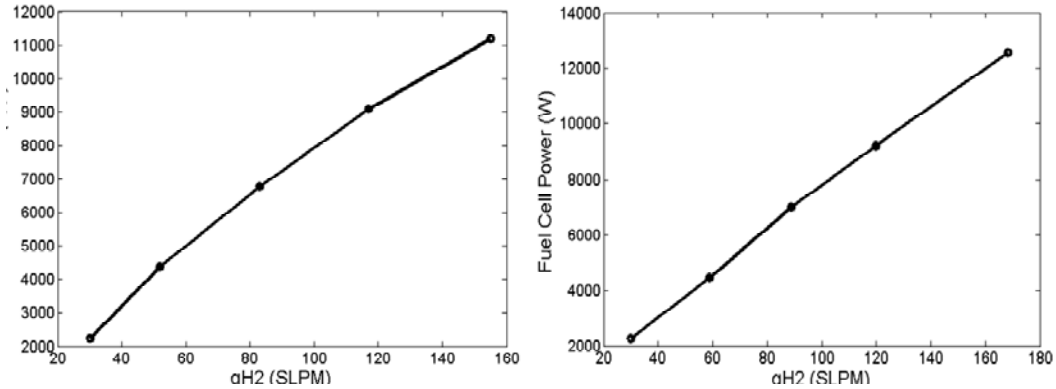
شکل (۲۰): پیل سوختی ۲۵ کیلوات پلیمری متصل به شبکه سایت طالقان

در ادامه با آزمایش‌های انجام شده برای واحد پیل سوختی متصل شده به شبکه سایت طالقان، مشخصاتی همچون ولتاژ، جریان و توان خروجی پیل و توان خروجی از کانورتر و توانAC خروجی اینورتر تزریقی به شبکه و مصرف سوخت و step های زمانی عملکرد سیستم برداشت شد. منحنی‌های ذیل منتج ازاین اندازه گیری‌ها می‌باشد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-02-21]



شکل (۲۱و۲۲): منحنی تغییرات ولتاژ پیل سوختی بر حسب جریان پیل سوختی برای هر دو پیل سوختی به شبکه سایت طالقان



شکل (۲۳و۲۴): منحنی تغییرات توان پیل سوختی بر حسب تغییرات سوخت مصرفی سوختی برای هر دو پیل سوختی

همچنین مدت زمان وصل به شبکه و زمان راه اندازی سیستم در حدود۱۲۰ ثانیه و مدت زمان لازم برای تغییرات توان از یک پله توانی به پله دیگر در حدود۲۰ ثانیه می‌باشد.

جمع‌بندی

در این مقاله در ابتدا به تعریف واحدهای غیرمتمرکز تولید انرژی و معرفی واحدهای متداول در جهان و کاربردها و مزایا و معایب آن پرداخته شده است. در ادامه به معرفی ویژگی های فن‌آوری پیل‌های سوختی به عنوان یک واحد غیرمتمرکز تولید انرژی مدولار و آلوده‌کنندگی بسیار کم و در حد صفر و راندمان بسیار بالا پرداخته شده است. در بررسی هزینه‌های این تکنولوژی و مقایسه با نوع‌های مشابه و کاربردهای متنوع می‌توان گفت در مورد کاربری سیستم‌های تولید پراکنده (DG)، پیل سوختی موقعیت خوبی را از نظر هزینه بین سایر رقبا برخوردار است و روند کاهش هزینه‌ها مثبت ارزیابی می‌شود.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-02-21]

در ادامه به مقایسه آماری نیروگاه‌های پیل سوختی در ۳۳ کشور جهان در ظرفیت‌های مختلف و کاربری خانگی تا نیروگاهی تحت نمودارهایی پرداخته شده است. علاوه بر این در این بخش معرفی و مقایسه سهم کشورهای نصب شده، روند زمانی نصب، نوع پیل سوختی و سوخت مورد استفاده و شرکت‌های سازنده به تفکیک در محدوده‌های توانی ۱ تا ۵ کیلووات، ۵ تا ۲۵۰ کیلووات، ۲۵۰ تا ۱۰۰۰ کیلووات و بالای ۱ مگاوات تحت نمودارهای انجام شده است.

پس از معرفی و بررسی کارهای انجام شده جهانی به معرفی مشخصات فنی سیستم پیل سوختی ۲۵ کیلووات متصل به شبکه مستقر در سایت طالقان، اولین نیروگاه پیل سوختی متصل به شبکه با قابلیت تامین برق پشتیبان و تامین حرارت در کشورمان، مراحل نصب و راه اندازی و اهداف بهره برداری پرداخته شد. در ادامه با آزمایش‌های انجام شده بروی سیستم پیل سوختی متصل شده به شبکه سایت طالقان، مشخصات فنی سیستم برداشت شده و منحنی تغییرات ولتاژ پیل سوختی بر حسب جریان پیل سوختی و تغییرات توان پیل سوختی بر حسب تغییرات سوخت مصرفی نیز رسم شد، موارد حاصله دید بهتری از عملکرد سیستم را بدست می‌دهد.

تشکر و قدر دانی

پروژه" تهیه ، نصب و راه اندازی پیل سوختی ۲۵ کیلووات پلیمری متصل به شبکه" توسط سازمان انرژی‌های نو ایران تعریف شد و مجری آن شرکت ریل صنعت دنا بود، همچنین اطلاعات فنی ارائه شده از این سیستم پیرو پایان نامه دکترای آقای مهندس حاجی زاده از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی برداشت شده است، لذا بدینوسیله از زحمات ایشان و مدیران و کارشناسان سانا و شرکت ریل صنعت دنا که در انجام موفقیت آمیز پروژه تاثیر بسزایی داشتند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

[1] Paul Bautista, (2001). Distributed Generation Technologies for Commercial and Industrial Applications:Today’s Options and Potential Advancements,Energy Information Administration NEMS/Annual Energy Outlook Conference.

[2] EG&G Technical Services,Inc.(2004). Fuel Cell Handbook(Seventh Edition), U.S. Department of Energy

[3] Office of Fossil Energy,National Energy Technology Laboratory, pp. 1-20 ,1-22.

[4] Ballard power system reports(2006). Technology "Road Map" Outlines Path to Commercially Viable Automotive Fuel Cell Stack Technology , VANCOUVER, British Columbia--Ballard Power Systems.

[5] http://www.fuelcells.org/info/databasefront.html

[6] Hydrogenics Corporation.(2007), HYPM LPV 12 INSTALLATION AND OPERATION MANUAL.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-02-21]