بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی برق

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته برق گرایش قدرت

مدیریت انرژی در سیستم هایبرید پیل سوختی- فتوولتائیک- باتری با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان

مؤلف:

علی جوادی

استاد راهنما :

دکتر محسن محمدیان

استاد مشاور :

دکتر سعید اسماعیلی

دی ماه ۱۳۹۰

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

بخش مهندسی برق

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو : علی جوادی قاسم آبادی

استاد راهنما : دکتر محسن محمدیان

استاد مشاور : دکتر سعید اسماعیلی

داور ۱ : دکتر مسعود رشیدی نژاد

داور۲ : دکتر ملیحه مغفوری

معاون آموزشی و پژوهشی دانشکده : دکتر مریم احتشام زاده

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

تقدیم به :

به پدر و مادر و همسر عزیزم که با محبت‌های

بی دریغ خود مرا در انجام این مهم یاری نمودند.

تشکر و قدردانی:

راهنمایی استادان گرامی جناب آقای دکتر محسن محمدیان و آقای دکتر سعید اسماعیلی را

در انجام این تحقیق، ارج می‌نهم و از ایشان سپاسگزارم.

چکیده

در سالیان اخیر، با توجه به ویژگی های منحصر بفرد سیستم‌های هایبرید قدرت، استفاده از این سیستم‌ها رشد فزآینده‌ایی در راستای تأمین توان مورد نیاز در شبکه‌های توزیع داشته است. کاهش چشمگیر تلفات توان، امکان مدیریت انرژی و افزایش پایداری شبکه از جمله ویژگی‌های این سیستمها به شمار می روند. پروژه حاضر به ارائه استراتژی کنترلی مدیریت انرژی برای یک سیستم هایبرید شامل منابع تجدیدپذیر پیل سوختی (PEMFC) و آرایه فتوولتائیک (PV) می‌پردازد. در سیستم مذکور از باتری نیز به عنوان ابزار ذخیره ساز انرژی استفاده شده است. هریک از دو منبع انرژی پیل سوختی و آرایه فتوولتائیک به نحوی کنترل می‌شوند که با توجه به توان درخواستی بار، در ناحیه کارکرد با راندمان ماکزیمم، انرژی را به بار تحویل دهند و در همه ساعات شبانه روز قابلیت اطمینان سیستم نیز حفظ گردد.در ساختار هایبریدی مورد مطالعه، برای افزایش بازدهی آرایه فتوولتائیک، نقاط ماکزیمم توان (MPP) آرایه به ازای میزان تابش و دماهای متفاوت در ۲۴ ساعت شبانه روز تعیین می‌گردد و سپس با استفاده از الگوریتم ژنتیک سهم توان تولیدی پیل سوختی و باتری بصورت off-line مشخص می‌گردد. در پایان نیز با استفاده از آموزش سیستم فازی مقدار جریان و شار سوخت ورودی پیل سوختی به نحوی تعیین می‌گردد که پیل سوختی بتواند توان تولیدی سهم خود را در ماکزیمم راندمان تولید نماید.

کلید واژه–آرایه فتوولتائیک، پیل سوختی، قابلیت اطمینان، سیستم‌های هایبرید، مدل سازی، مدیریت انرژی

فهرست مطالب

مقدمه..... ۱

فصل اول- سیستم‌های تولید پراکنده

۱-۱- مقدمه‌ای بر سیستم‌های تولید پراکنده..... ۴

۱-۲- طبقه بندی انواع تولید پراکنده..... ۵

۱-۲-۱- کاربرد DG..... ۵

۱-۲-۲- ظرفیت DG..... ۶

۱-۲-۳- تکنولوژی DG..... ۶

۱-۳- گزینش تکنولوژی خاص برای کاربرد DG..... ۱۰

۱-۴- مزایای تولید پراکنده..... ۱۱

۱-۴-۱- مزایای اقتصادی..... ۱۱

۱-۴-۲-مزایای عملیاتی و کاربدی..... ۱۲

فصل دوم- معرفی سیستم هایبرید تولید پراکنده و روش‌های مدیریت انرژی مرتبط

۲-۱- مقدمه ۱۴

۲-۲- سیستم هایبرید..... ۱۴

۲-۳- بررسی موضوعی مدیریت انرژی در سیستم‌های هایبرید..... ۱۶

۲-۳-۱- استراتژی‌های تجربی..... ۱۷

۲-۳-۲- استراتژی‌های کنترلی بر اساس مدل سازی استاتیکی..... ۲۰

۲-۳-۳- استراتژی‌های هوشمند..... ۲۵

۲-۳-۴- استراتژی‌های کنترل دینامیکی..... ۳۱

فصل سوم- ساختار سیستم هایبرید و مدل سازی زیر سیستم‌های آن

۳-۱- مقدمه..... ۴۰

۳-۲- پیل سوختی..... ۴۰

۳-۳- آرایه فتوولتائیک (سلول‌های خورشیدی)..... ۴۵

۳-۴- باتری..... ۴۸

فصل چهارم- ارائه استراتژی مدیریت انرژی و نتایج

۴-۱- مقدمه..... ۵۲

۴-۲- مسأله بهینه سازی توان تولیدی سیستم هایبرید پیل سوختی، فتوولتائیک و باتری..... ۵۲

۴-۳- طریقه مدل سازی مسئله بهینه سازی در قالب الگوریتم ژنتیک..... ۵۴

۴-۴- طراحی سیستم فازی برای کنترل پیل سوختی..... ۵۵

۴-۴-۱ روش آموزش با استفاده از روش مینیم مربعات بازگشتی فازی..... ۵۵

۴-۵- شبیه سازی و ارائه نتایج..... ۵۹

فصل پنجم- نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

۵-۱- نتیجه گیری..... ۶۶

۵-۲ پیشنهادات..... ۶۶

۵-۲-۱- مطالعات دینامیکی زیر سیستم‌ها جهت کاربرد در مدیریت انرژی..... ۶۶

۵-۲-۲- طراحی و کنترل مبدل DC/DC جهت تنظیم ولتاژ پیل سوختی و فتوولتائیک..... ۶۷

۵-۲-۳- مدیریت انرژی سیستم در صورت اتصال به شبکه قدرت..... ۶۷

۵-۲-۴- تعیین ظرفیت زیر سیستم‌های سیستم هایبرید قدرت..... ۶۷

۵-۲-۵- توسعه سیستم هایبرید قدرت از نظر تکنولوژی‌های در دسترس.....۶۸

مراجع.....۶۹

فهرست جداول

جدول (۳-۱): مشخصات پیل سوختی منتخب ۴۳

جدول(۳-۲): مشخصات آرایه فتوولتائیک منتخب ۴۷

جدول(۳-۳): مشخصات باتری منتخب ۵۰

جدول(٤-۱): مقادیر پارامترهای شبیه سازی و الگوریتم ژنتیک ۵٤

فهرست شکل‌ها

شکل(۲-۱): شماتیک سیستم هایبرید پیل سوختی – توربین گاز ۱۵

شکل(۲-۲): فرآیند شارژ باتری در جریان‌های مختلف ۱۷

شکل(۲-۳): فرآیند دشارژ باتری در جریان‌های مختلف ۱۷

شکل(۲-٤): نمودار مدهای عملکردی ۲۰

شکل(۲-۵): بلوک دیاگرام سیستم مولد بادی ۲۵

شکل(۲-٦): بلوک دیاگرام سیستم مولد خورشیدی ۲٦

شکل(۲-۷): ساختارسیستم هایبرید پیل سوختی – باتری و کنترل کننده فازی ۲۷

شکل (۲-۸): قوانین فازی برای توزیع توان ۲۸

شکل(۲-۹) دیاگرام مدیریت انرژی توسعه یافته ۲۹

شکل (۲-۱۰): ساختار کنترل کننده فازی ۲۹

شکل (۲-۱۱): طبقه بندی دینامیکی منابع قدرت ۳۱

شکل (۲-۱۲): سیستم هایبرید هیدروژن فتوولتائیک ۳۵

شکل(۳-۱) :ساختار سیستم مورد بررسی ٤۰

شکل(۳-۲) :ساختار و اجزای کلی یک پیل سوختی ٤۱

شکل(۳-۳): نمودار ولتاژ جریان پیل سوختی ٤٤

شکل(۳-٤): نمودار توان جریان پیل سوختی ٤٤

شکل(۳-۵): نمودار P-I پیل سوختی برای مقادیر مختلف شار ورودی سوخت ٤۵

شکل(۳-٦): مدل دو دیودی سلول‌های خورشیدی ٤٦

شکل(۳-۷): نمودار P-V آرایه خورشیدی ٤۷

شکل(۳-۸): نمودار I-V آرایه خورشیدی ٤٨

شکل(۳-۹): مدل باتری با مقاومت داخلی ٤٩

شکل(٤-۱): نمودار تابع عضویت توان پیل سوختی ٥٥

شکل(٤-۲): فلوچارت نحوه برنامه ریزی و کنترل سیستم هایبرید ٥٨

شکل(٤-۳): مقدار تابش، دما و حداکثر توان خروجی قابل حصول سیستم فتوولتائیک برای این مقادیر ٥٩

شکل(٤-٤): مقدار بار، توان تولیدی فتوولتائیک و پیل سوختی در هر ساعت از ٢٤ ساعت شبانه روز ٦٠

شکل(٤-٥): مقدار توان خروجی باتری و سطح شارژ باتری در هر ساعت از ٢٤ ساعت شبانه روز ٦١

شکل(٤-٦): روند همگرایی الگوریتم ژنتیک در حل مسئله مدیریت انرژی ٦١

شکل(٤-۷): خروجی‌های جریان، مقدار سوخت ورودی و ولتاژ مرجع هر واحد موازی پیل سوختی ٦٢

شکل (٤-۸): منحنی مشخصه P-I و V-I پیل سوختی در عملکرد ساعت سوم روز ٦٣

شکل (٤-۹): بازدهی پیل سوختی در هر ساعت از شبانه روز ٦٣

مقدمه

سیستم هایبرید قدرت به صورت ترکیب دو یا چند تکنولوژی برای تولید توان معرفی می‌شود. از جمله این تکنولوژی‌ها می‌توان به مولدهای بادی، فتوولتائیک، پیل سوختی، سیستم‌های ذخیره سازی انرژی، دیزل ژنراتورها، میکروتوربین‌ها و ... اشاره کرد. این سیستم‌ها می‌توانند به صورت مستقل و یا متصل به شبکه قدرت در نظر گرفته شوند. در سیستمهای مستقل از شبکه، ظرفیت ذخیره انرژی باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا جوابگوی تغییرات توان در بار و منابع انرژی باشد. این سیستم‌ها به همراه بارهای مربوط را می‌توان به عنوان یک شبکه کوچک[1] در نظر گرفت. سیستم‌های متصل به شبکه قادر به تأمین توان بار محلی و شبکه برق می‌باشند. این سیستم‌ها را می‌توان به عنوان تولید پراکنده (DG) در شبکه توزیع در نظر گرفت. با توجه به ویژگی‌های منحصر بفرد سیستم‌های تولید پراکنده، استفاده از این سیستم‌ها رشد فزآینده‌ایی در راستای تأمین توان مورد نیاز، کاهش چشمگیر تلفات توان، امکان مدیریت انرژی و افزایش پایداری شبکه داشته است. از جمله موضوعات حائز اهمیت در سیستمهای تولید پراکنده، مدیریت انرژی است بقسمی که با انتخاب سهم مناسب اجزاء این ساختار در تأمین توان مورد نیاز شبکه، تابع هدف مسئله بهینه سازی مدیریت انرژی، ماکزیمم گردیده و عملاً سبب گردیده زیرساختارهای این سیستم در ناحیه ماکزیمم راندمان خود مورد بهره برداری قرار گیرند. با توجه به اهمیت موضوع بازده، مسئله یاد شده یکی از موضوعات مورد علاقه محققین بوده و تاکنون تلاش گردیده استراتژی‌های کنترلی متعددی در این خصوص معرفی و مورد ارزیابی قرار گیرند. بر این اساس در تحقیق حاضر تلاش گردیده با توجه به ویژگی‌های الگوریتم ژنتیک و سیستم فازی، کاربرد آنها در استراتژی کنترلی مدیریت انرژی مبتنی بر ساختارهای هایبریدی مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرد. در این راستا به مدل سازی مسئله مدیریت انرژی در قالب یک مسئله بهینه سازی غیرخطی با لحاظ نمودن معادلات اجزاء و قیود مرتبط با شرایط بهره برداری از اجزاء این سیستم مبادرت گردیده است. در ساختار مورد بررسی از پیل سوختی و فتوولتائیک به عنوان مولدهای انرژی الکتریکی و یک مجموعه باتری بعنوان انباشتگر استفاده گردیده و تلاش شده است که با بهره‌گیری از الگوریتم دنبال کردن نقطه توان ماکزیمم و الگوریتم ژنتیک توان آرایه فتوولتائیک، پیل سوختی و مجموعه باتری به ازاء درخواست توان شبکه بار در یک شبانه روز، تعیین گردیده و تابع هدف مسئله بهینه سازی مینیمم گردد.

---

[1] Micro Grid

فصل اول این تحقیق به توصیف سیستم‌های تولید پراکنده پرداخته است، دراین فصل انواع تکنولوژی‌های تولید پراکنده، مزایا و کاربردهای آن تشریح می‌گردد. در فصل دوم سیستم‌های هایبرید تولید پراکنده و مدل سازی آنها و همچنین روش‌های مدیریت انرژی مرتبط تشریح شده است و در آخر، در فصول سوم و چهارم زیر سیستم‌های سیستم هایبرید پیل سوختی- فتوولتائیک – باتری مدل سازی شده و سپس به ارائه نتایج شبیه سازی پرداخته شده است. نتایج شبیه سازی شامل سهم توان تولیدی هر یک از واحدهای پیل سوختی، فتوولتائیک و باتری می‌باشد. در پایان نتایج حاصله نشان دهنده‌ی دقت و کارآمدی روش پیشنهادی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک و سیستم فازی می‌باشد.

فصل اول

سیستم‌های تولید پراکنده

۱-۱ مقدمه‌ای بر سیستم‌های تولید پراکنده DG[۱]

در سیستم‌های بهم پیوسته برق، با هدف کاهش هزینه‌ها، تولید انرژی الکتریکی به صورت مرکزی و توسط نیروگاه‌های بزرگ صورت می‌گیرد. در سال‌های اولیه پیدایش سیستم‌های بهم پیوسته، معمولاً این سیستم با رشد سالانه حدود ۶ الی ۷ درصدی در مصرف انرژی الکتریکی مواجه بود. در دهه ۱۹۷۰ مباحثی از قبیل بحران نفتی و مسائل زیست محیطی مشکلات جدیدی را برای صنعت برق مطرح نمودند، به گونه ای که در دهه ۱۹۸۰ این فاکتورها و تغییرات اقتصادی، منجر به کاهش رشد بار به حدود ۱/۶ الی ۳ درصد در سال شدند. در همین زمان هزینه انتقال و توزیع انرژی الکتریکی نیز به طرز قابل توجهی افزایش یافت. در این میان باید اذعان نمود که امروزه تولید متمرکز توسط نیروگاه های بزرگ، اغلب بدلیل کاهش رشد بار، افزایش هزینه انتقال و توزیع، حاد شدن مسائل زیست محیطی و تغییرات تکنولوژیکی و قانون گذاری مختلف، غیر عملی شده‌اند. در دهه‌های اخیر، تجدید ساختار صنعت برق و همچنین خصوصی سازی آن، مطرح و در برخی کشورها اعمال گشته است. در محیط تجدید ساختار یافته صنعت برق، متقاعد نمودن بازیگران بازار به سرمایه گذاری در پروژه های چند میلیارد دلاری تولید و انتقال توان آسان نیست. این مسائل باعث شده تا الگوی تولید پراکنده به عنوان یک انتخاب مناسب جهت تولید و پاسخ گویی به افزایش تقاضای بار مطرح گردد [۱و۲].

تاکنون واژه های متعددی برای اصطلاح تولید پراکنده به کار رفته است، به عنوان مثال در کشورهای تابع انگلستان واژه تولید جاسازی شده (نهان) [۲] اغلب به کار می‌رود، در کشورهای آمریکای شمالی واژه تولید پراکنده و در کشورهای اروپایی و قسمت هایی از آسیا از واژه تولید غیر متمرکز [۳] استفاده شده است [۳].

در یک تعریف عمومی، منابع تولید کوچک متصل به شبکه توزیع که توان الکتریکی مورد نیاز مشتریان را در مکان‌های نزدیک تأمین می‌نمایند تولید پراکنده نام دارد. محدوده ظرفیت مولدهای پراکنده عمدتاً از چندین کیلو وات تا ۵۰ مگاوات می‌باشد. با توجه به خصوصی سازی و آزاد سازی بازار برق انتظار می‌رود که در آینده‌ای نزدیک، مولدهای تولید پراکنده از نظر تعداد و ظرفیت، رشد چشمگیری داشته باشند[۴و۵].

---

[۱] Dispersed Generation

[۲] Embedded Generation

[۳] Decentralized Generation

۱-۲ طبقه بندی انواع تولید پراکنده

معمولاً DGها را از نظر نوع عملکرد و تکنولوژی آنها دسته بندی می‌کنند، بنابراین دسته بندی آنها از نقطه نظر الکتریکی مناسب به نظر می‌رسد. طبقه بندی را می‌توان بر اساس شرایط مختلف کارکرد الکتریکی آنها، دوره تغذیه، نوع توان تولیدی و تجدید پذیر یا ناپذیر بودن آنها دسته بندی کرد. انواع پیشنهادات برای طبقه بندی DG در ادامه آورده شده‌اند.

۱-۲-۱ کاربرد DG

انواع مختلف DG با توجه به نیاز بار و به منظور نیازهای مختلف به کار گرفته می‌شود. بعضی از این کاربردهای نیروگاه های تولید پراکنده در ادامه ذکر شده است:

- شرایط آماده به کار[۱]: DG را می‌توان در حالت آماده به کار برای تغذیه بارهای حساس مانند صنایع و یا بیمارستانها در زمان خاموشی گسترده به کار برد.

-کاربرد منفرد[۲]: معمولا نواحی ایزوله شده که برای اتصال به شبکه سراسری مانعی در سر راه دارند. هزینه های اتصال به شبکه قدرت را بالا می‌برند در اینصورت از DG جهت این نواحی می‌توان به صورت مؤثرتری استفاده کرد.

- اصلاح پیک بار[۳]: هزینه تولید عمدتاً با توجه به منحنی بار و میزان تولید در دسترس، تغییر می‌کند. بنابراین می‌توان از DG برای تغذیه بارهای صنعتی در زمان پیک بار استفاده کرد که هزینه تولید را کاهش خواهد داد [۶].

- کاربرد روستایی و مناطق دور دست: DG می‌تواند توان مورد نیاز مناطق دور افتاده را تأمین کند. این کاربردها شامل روشنایی، سرمایش، گرمایش، ارتباطات و صنایع کوچک می‌باشد.

- تولید همزمان گرما و توان[۴] (CHP): استفاده از (CHP) بازده انرژی زیادی را به دنبال دارد. گرمای تولید شده در فرآیند تولید برق در موارد گوناگون مثل بیمارستانها و مراکز تجاری بزرگ و صنعت به کار گرفته شود [۷].

---

[۱] Standby Mode
[۲] Stand-Alone
[۳] Peak Shaving
[۴] Combined Heat and Power

بار پایه[1]: از DG می‌توان برای تأمین بار پایه به منظور بهبود پروفیل ولتاژ، کاهش تلفات توان و بهبود کیفیت توان استفاده کرد.

۱-۲-۲ ظرفیت DG

ظرفیت DG به طور مشخصی تعریف نشده است و متناسب با نوع مصرف آن است. به طور معمول منابع DG از نظر ظرفیت نصب در چهار دسته تقسیم بندی می‌شوند:

- میکرو $1W < P < 5\ kW$
- کوچک $5\ kW < P < 5\ MW$
- متوسط $5\ MW < P < 50\ MW$
- بزرگ $50\ MW < P$

۱-۲-۳ تکنولوژی DG

در کاربرد DG از تکنولوژی‌های گوناگونی برای تولید توان استفاده می‌شود، این تکنولوژی‌ها در ادامه به صورت کامل توصیف شده‌اند.

- میکرو توربین ها [2](MT)

به نظر می‌رسد که میکرو توربین‌ها آینده درخشانی داشته باشند. آنها توربین‌های احتراقی با ظرفیت‌های کوچکی هستند که میتوانند با گاز طبیعی، پروپان و سوخت‌های فسیلی کار کنند. در شکل ساده، میکروتوربینها از کمپرسور، محفظه احتراق، توربین‌های کوچک و ژنراتور، تشکیل شده‌اند [۸]. ابعاد آنها کوچک و در حد ۰/۴ تا ۱متر مکعب و ظرفیت آنها در حدود ۲۰ تا ۵۰۰ کیلو وات می‌باشد. توربین‌های احتراقی سنتی در فشار و دمای پایین و سرعت بالا کار می‌کنند که در بعضی از مواقع به گیربکس نیاز می‌باشد. این نوع DG، دارای هزینه کم، قابلیت اطمینان بالا و سرعت زیاد است. از دیگر مزایای میکروتوربین‌ها می‌توان به حجم کوچک، بازدهی بالا و هزینه اولیه پایین اشاره کرد.

---

[1] Base Load

[2] Micro-Turbine

انواع مختلفی از میکروتوربین‌ها با توجه به عملکردشان، مانند توربین‌های احتراقی و گازی وجود دارد. توربین‌های گازی، توربین های احتراقی با دما و فشار بالا هستند که گاز با فشار بالا به منظور چرخاندن شفت توربین استفاده شده و ضمن ایجاد نیروی محرک جهت چرخش کمپرسور توسط ژنراتور برق تولید می‌نماید. در ساختارهای مورد بحث، گرمای به وجود آمده در فرآیند را می‌توان بازیابی کرد و به منظور تولید بخار برای ایجاد سیکل ترکیبی و عملکرد مختلط (CHP) از آن استفاده نمود. توربین‌های گازی معمولاً برای توان های بالای ۱مگاوات استفاده می‌شوند. اما امروزه ژنراتورهای کوچکی نیز به نام توربین میکرو-گاز با ظرفیت ۲۰۰ کیلو وات وجود دارد. انواع مختلف میکروتوربین‌ها با توجه به ساختار سیکل عملیاتی آنها متفاوت هستند که می‌توان به موارد صفحه بعد اشاره کرد.

- توربین گازی سیکل- ساده: این توربین‌ها را می‌توان به دو صورت تک شفته (با کمپرسور هوا و توربین قدرت (PT)[۱] روی همان شفت) و یا شفت دوبل تقسیم کرد که همچنین دارای محفظه احتراق و ژنراتور الکتریکی هستند که با قدرت توربین به حرکت در می‌آیند.

- توربین گازی بهبود یافته: این توربین‌ها مشابه توربین‌های گازی ساده‌اند اما مبادله کننده گرمای ویژه‌ای نیز برای آنها در نظر گرفته شده است که با پیش گرم کردن هوای فشرده شده در طول مسیر احتراق باعث افزایش بازده می‌شود.

- توربین‌های گازی سیکل ترکیبی: این توربین‌ها از انرژی خروجی در بازیابنده گرمای ژنراتور بخار[۲] (HRSG) با توجه به ایده بازیافت گرما استفاده می‌نمایند که شامل یک محفظه احتراق به منظور افزایش خروجی بخار است. به منظور افزایش بازده بخار خارج شده از HRSG توربین بخاری را به حرکت در می‌آورد که به ژنراتور اصلی اضافه می‌شود.

- پیل‌های سوختی[۳] (FC)

پیل سوختی وسیله ایست که به منظور تولید توان الکتریکی و فراهم آوردن انرژی گرمایی از انرژی شیمیایی در طی یک فرایند الکتروشیمیایی استفاده می‌شود [۶]. بر خلاف باتری‌ها، پیل سوختی نیاز به شارژ شدن ندارد و تا زمانی که سوخت آن در طی فرآیند الکتروشیمیایی در حال

[۱] Power Turbine
[۲] Heat Recovered Steam Generator
[۳] Fuel Cell

مصرف شدن است می‌تواند انرژی الکتریکی را تأمین نماید. پیل‌های سوختی تکنولوژی‌های شناخته شده‌ای هستند که از سال ۱۹۶۰ در صنایع مورد استفاده قرار گرفتند. پیل‌های سوختی می‌توانند از انواع مختلف سوخت‌های هیدروژنی مانند هیدروژن خالص، گاز طبیعی، گازولین، بیوگاز و پروپان استفاده کنند. این سیستم‌ها در دما و فشارهای متفاوتی کار می‌کنند که پارامتر فشار در آنها از چند اتمسفر تا چند هزار اتمسفر تغییر می‌کند و محدوده تغییرات دما از ۲۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد متغیر می‌باشد. از جمله مزایای پیل سوختی می‌توان به بازدهی بالای آن، انعطاف پذیری، ابعاد کوچک، فقدان قسمت های متحرک و ... را نام برد. در کنار این مزایا پیل سوختی از معایبی نیز برخوردار می‌باشد که مهمترین آن از نقطه نظر الکتریکی این است که با افزایش عمر، امپدانس داخلی پیل افزایش می‌یابد پس به منظور تنظیم ولتاژ مناسب به ادوات الکترونیک قدرت نیاز است. پیل سوختی انواع مختلفی دارد، این انواع مختلف متناسب با الکترولیت موجود در سلول است، از انواع پیل سوختی می‌توان به پیل سوختی غشاء تبادل پروتون (PEMFC)[۱]، پیل سوختی قلیایی (AFC)[۲]، پیل سوختی اسید فسفریک (PAFC)[۳]، پیل سوختی کربنات مذاب (MCFC)[۴] و پیل سوختی اکسید جامد (SOFC)[۵] اشاره کرد.

- سیستم‌های ذخیره سازی انرژی[۶]

شامل باتری،خازن‌های بزرگ، فلای ویل و تجهیزات دیگر است که در طول دوره کم باری شارژ می‌شوند و در مواقع مورد نیاز مورد استفاده قرار می‌گیرند معمولاً این ابزار با انواع دیگر DG به منظور تغذیه پیک بار و به طور همزمان استفاده می شوند. تفاوت این باتری ها با دیگر باتری‌ها در این است که می‌توانند به دفعات به طور کامل و بدون آسیب شارژ و دشارژ کامل شوند. این باتری‌ها توسط کنترل کننده شارژ و دشارژ از شارژ و دشارژ اضافی محافظت می‌شوند. ابعاد و بزرگی باتری مشخص کننده طول دوره دشارژ باتری است. سیستم فلای ویل نیز می‌تواند شارژ شده و توان در حدود ۷۰۰ کیلو وات را درظرف کمتر از ۵ ثانیه در اختیار گذارد.

---

[۱] Proton Exchange Membrane Fuel cell

[۲] Alkaline Fuel Cell

[۳] Phosphoric Acid Fuel Cell

[۴] Molten Carbonate Fuel Cell

[۵] Solid Oxide Fuel Cell

[۶] Storage Devices