توسعه پایدار و ساختمان هوشمند
https://sdsb.buqaen.ac.ir

جلد ۱، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳

تامین بار مصرفی یک کارخانه با استفاده سیستم‌های تجدیدپذیر ترکیبی به صورت منفصل از شبکه

حانیه رستم زاده* [۱۴]، رضا شهرکی شهدآبادی [۱۵] ، سید احسان شکیب[۱]

۱- گروه مهندسی مکانیک - دانشکده مهندسی- دانشگاه بزرگمهر قائنات- قاین - ایران
۲- گروه مهندسی مکانیک - دانشکده مهندسی مکانیک - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی تهران - تهران – ایران

چکیده:

ریزشـــبکه‌ها با منابع انرژی تجدیدپذیر ترکیبی در حال افزایش هستند و این یک راه‌حل امیدوارکننده برای برقرسانی به مناطق دورافتاده است که در آن گسترش شبکه توزیع امکان‌پذیر نیست یا مقرون به صرفه نیست. ریزشبکه های مستقل با منابع انرژی هیبریدی ســازگار با محیط زیســت یک راه حل مقرون به صــرفه است که قابلیت اطمینان سیستم و امنیت انرژی را تضمین می کند. در همین راســتا در این پژوهش به تامین بار مصــرفی یک کارخانه با اســتفاده ســیســتم‌های تجدیدپذیر ترکیبی به صــورت منفصل از شبکه پرداخته شده است. بار مصرفی این کارخانه به طور میانگین روزانه ۲۵ مگاوات است و اونج بار مصرفی آن ۱۹۱۲ کیلووات اســـت. مقدار نرخ بهره در این پژوهش ۸٪ در نظر گرفته شده و طول عمر پروژه نیز ۲۵ سال است. سیستم پیشنهادی شامل دیزل ژنراتور، توربین بادی، پنل خورشیدی، باتری و اینورتر است. نتایج نشان می‌دهد که بهینه‌ترین سیستم برای تامین بار مصـــرفی این کارخانه ۲۵۶۶ کیلووات پنل خورشـــیدی، ۲ عدد توربین بادی ۱۵ مگاوات، ۲۲۰۰ کیلووات دیزل ژنراتور، ۵۸ عدد باتری ۱۰۰ کیلوواتی و ۱۱۶۱ کیلووات اینورتر اســت. هزینه تولید هر کیلووات انرژی توسط این سیستم ۰/۲۵۶ دلار است و هزینه سرمایه گذاری اولیه ۱۳/۸ میلیون دلار خواهد بود. همچین میزان سوخت مصرفی این ژنراتور ۶۱۰۹۴۱ لیتر در سال است و ساعات عملکرد آن نیز ۲۳۵۵ ساعت خواهد بود.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۷

واژه‌های کلیدی:

انرژی های تجدیدپذیر؛ نیروگاه هیبریدی؛ امکان سنجی؛ نرم افزار هومر پرو.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: h.r.1997@gmail.com

Journal of Sustainable Development and Smart Building, vol. ۱, no. ۱
Digital Object Identifier https://doi.org/۱۰,۲۲۰۳٤/sdsb.۱,۱,۱۱
THIS WORK IS LICENSED UNDER CC BY-NC ٤,٠ INTERNATIONAL LICENSE.
© ۲۰۲٤ BOZORGMEHR UNIVERSITY OF QAENAT, IRAN

مقدمه

سیستم های انرژی تجدیدپذیر ترکیبی در حال محبوب شدن هستند به عنوان سیستم های قدرت مستقل برای تأمین برق در مناطق دور افتاده به دلیل پیشرفت در انرژی تجدید پذیر فن آوری ها و افزایش قیمت های بعدی نفت محصولات یک سیستم انرژی ترکیبی ، یا قدرت ترکیبی، معمولاً از دو یا چند منبع انرژی تجدیدپذیر استفاده می شود که برای تأمین بازده سیستم و همچنین تعادل بیشتر در تأمین انرژی ، با هم استفاده می شوند. نیروگاه هیبریدی کاملاً تجدیدپذیر شامل انرژی‌های خورشیدی، بادی، زیست توده و پیل سوختی، یک نیروگاه هیبریدی متشکل از این چهار منبع انرژی تجدیدپذیر است که می‌توان به وسیله استفاده مناسب از این منابع با یک شیوه کاملاً کنترل شده آن را به بهره‌برداری رساند. در ادامه به بررسی پژوهش های انجام شده در این زمینه پرداخته شده است.

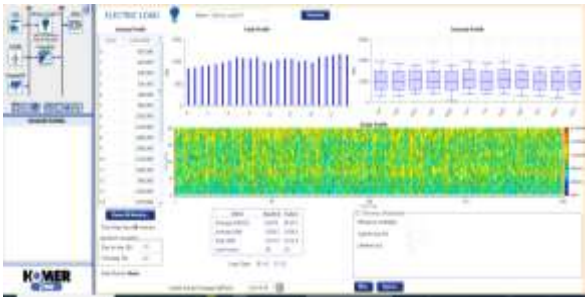
رضایی و همکاران [۱] به بررسی شهرهای ایزدخواست، اقلید، صفاشهر، باوانات، ارسنجان، استهبن و فیروزآباد با توجه به شاخص های فنی، اقتصادی، اجتماعی و آب و هوایی برای احداث نیروگاه هیبریدی بادی و خورشیدی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که اقلید به عنوان بهترین شهرستان برای ساخت نیروگاه بادی-خورشیدی است. گروپی و همکاران [۲] به طراحی سیستم هیبریدی با توجه سیستم هیبریدی بادی و خورشیدی و پیل سوختی و دیزل ژنراتور برای ایسلند پرداختند و سیستم بهینه برای این منطقه را برای تامین بار ۳۸۱۲۳ کیلوات ساعت در روز به دست آوردند. لی و همکاران [۳] به طراحی سیستم هیبریدی با استفاده از پیل سوختی ، انرژی بادی و خورشیدی برای تامین بار ۱۰۰ منزل مسکونی به صورت مستقل از شبکه پرداختند و سیستم بهینه برای تامین بار را به دست آوردند. همچنین پس از تحلیل¬های اقتصادی با توجه به سیستم پیشنهادی، هزینه هر کیلووات برق تولیدی ۱/۵۵ دلار است. خماری و همکاران [۴] به بررسی سیستم هیبریدی متشکل از انرژی بادی، پیل سوختی، الکترولایزر و انرژی خورشیدی به صورت مستقل از شبکه برای تامین بار ۷۰ کیلووات ساعت در روز پرداختند؛ هزینه این سیستم را ۵۷۰۰۰ دلار ارزیابی کردند و همچنین هزینه هر کیلووات برق تولیدی ۰/۱۹۶ دلار است. گالوز و همکاران [۵] به طراحی سیستم هیبریدی متشکل از پیل سوختی، توربین بادی، باتری، سلول خورشیدی و دیزل ژنراتور در مناطق روستایی کشور کوبا برای تامین بار ۱۴۵ کیلووات ساعت در روز به صورت مستقل از شبکه پرداختند و هزینه سیستم بهینه پیشنهادی توسط آنها به ازای تولید هر کیلووات برق ۰/۶۲ دلار بود. وزیری و همکاران [۶] برای تامین برق مناطق روستایی در شمال غربی کشور ایران پرداختند. سیستمی متشکل از پیل سوختی، توربین بادی، دیزل ژنراتور و بیوگاز طراحی کردند و این سیستم را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که وجود پیل سوختی در این سیستم باعث افزایش ۳۳ درصدی هزینه احداث می¬شود که بیشترین تاثیر را در هزینه پروژه دارد. از طرفی هزینه هر کیلواوات برق تولیدی توسط سیستم بهینه را ۰/۲۳ دلار به دست آوردند. آمنی و همکاران [۷] به بررسی و مدل سازی و کنترل یک سیستم برق ترکیبی مبتنی بر سیستم پیل سوختی و توربین بادی مبتنی بر ژنراتور القایی پرداختند. برای بهبود عملکرد سیستم انرژی ترکیبی، یک سیستم ذخیره سازی با یک سلول سوختی در ارتباط است که قادر به تغییر سریع تقاضای بار بار نیست. در این حالت، الگوریتم مدیریت انرژی باید برای تقسیم انرژی بین سه عنصر منبع به منظور تأمین تقاضای انرژی بار استفاده شود. نتایج شبیه سازی اثربخشی استراتژی کنترل پیشنهادی و الگوریتم مدیریت انرژی را نشان می دهد. دوریم و همکاران [۸] به ترکیب صفحات خورشیدی فتوولتائیک، توربین بادی در مقیاس کوچک، الکترولیزر و سیستم ترکیبی سلول سوختی غشای تبادل پروتون برای تولید برق برای یک خانه متوسط ۱۵۰ مترمربع واقع در آنکارا ، ترکیه پرداختند. از انرژی خورشیدی و باد به عنوان منابع اولیه و از سلول سوختی غشای تبادل پروتون به عنوان قدرت پشتیبان استفاده شده است. سیستم ترکیبی مدل سازی شده و نتایج آن¬ها نشان می دهد که استفاده از توربین بادی انتخاب شده با ظرفیت ۳ کیلووات به همراه پانل های فتوولتائیک با مساحت ۱۷/۹۷ متر مربع برای تأمین ۵ ساعت کار الکترولیزر کافی است، که به نوبه خود هیدروژن لازم را تأمین می کند. روشندل و همکارانش [۹] به بررسی سیستم ترکیبی پیل سوختی- توربین بادی برای تأمین تقاضای الکتریکی مناطق با وزش باد موسمی پرداختند. این سیستم ترکیبی مورد تحلیل انرژی قرار گرفته است. برای منطقه‌ای از کشور با فراوانی بادهای موسمی این سیستم مورد بررسی قرار گرفته و اتلاف انرژی و امکان کاستن از آن مورد توجه بوده است. نتایج آنها نشان داد که با توجه به اطلاعات باد منطقه مورد نظر برای تأمین تقاضا، مشخصات اجزا تعیین و مدلی توسعه داده می‌شود که بتواند مازاد یا کمبود توان و میزان انرژی تولیدی در هر بازه از سال را برآورد کند. در منطقه مورد بررسی نمونه (ابرکوه)، با توجه به مدل توسعه داده شده، ۵۶٪ از تقاضا توسط توربین بادی و ۴۴٪ توسط پیل سوختی تأمین می‌شود. براتی و همکارانش [۱۰] به بررسی کنترل فرکانس در یک سیستم ترکیبی مبتنی بر توربین بادی/ فتوولتائیک/ پیل سوختی و ابرخازن پرداختند. روش پیشنهادی

ترکیبی از کنترل بار-فرکانس و کنترل ولتاژ ابرخازن است. برای مشخص‌کردن مراجع توان از کنترل‌کنندهٔ PI و کنترل‌کنندهٔ شیب افتی استفاده شده است. عملکرد سیستم براساس اطلاعات سرعت باد، تابش خورشید و منحنی تقاضای بار مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهند که در کنترل به روش شیب افتی، ناشی از ارسال فرمان کنترلی مناسب‌تر به واحدهای تولیدی جهت ایجاد تعادل در شبکه، در میراسازی انحرافات فرکانس بهتر عمل کرده است. برای شبیه‌سازی کامپیوتری از محیط نرم‌افزاری MATLAB/Simulink استفاده شده است. پیرکندی و همکاران [۱۱] به شبیه‌سازی ترمودینامیکی یک سیستم هیبریدی توربین باد و پیل‌سوختی پلیمری مستقل از شبکه برای به‌کارگیری در چهار شهر تهران، مشهد، منجیل و زابل می‌باشد. با توجه به اهمیت پیل‌سوختی در کاهش نوسانات توان خروجی توربین بادی و همچنین انعطاف‌پذیری سیستم هیبریدی در مقابل تغییرات شرایط جوی و نوسانات توان مصرفی، از چند پیل‌سوختی و الکترولایزر با توان مناسب جهت به‌کارگیری در سیستم هیبریدی استفاده شده است. هدف اولیه این پژوهش این است که توربین بادی تا چه حدی می-تواند پاسخگوی توان مصرفی واحدهای مسکونی باشد و در صورت عدم تامین توان لازم برای تعداد واحدهای بالاتر چند پیل‌سوختی و الکترولایزر مورد نیاز است. نتایج بیانگر آن است که سیستم هیبریدی برای شهر تهران، برای تعداد واحدهای کم قادر به تامین توان مصرفی می‌باشد، این در حالیست که برای شهر منجیل و زابل تعداد واحدهای تحت پوشش به صورت چشمگیری افزایش می‌یابد. همچنین به دلیل سرعت پایین باد در شهر مشهد، سیستم هیبریدی به هیچ عنوان پاسخگوی توان مصرفی واحدهای معرفی شده نمی‌باشد. نتایج آنها نشان داد که با افزایش تعداد واحدهای مسکونی، سهم تامین توان توسط پیل‌سوختی افزایش می‌یابد. سیستم هیبریدی پیشنهادی برای شهرهای تهران، منجیل و زابل به ترتیب تا ۶، ۶۸ و ۳۴ واحد مسکونی قادر به تامین توان مصرفی بوده و برای این تعداد واحد مسکونی سهم پیل‌سوختی به ترتیب ۲/۱۰، ۳/۱۱ و ۳۱/۸ درصد از توان تولیدی می‌باشد. همچنین هزینه راه‌اندازی سیستم هیبریدی معرفی‌شده در مقایسه با نیروگاه‌های سیکل ترکیبی با سوخت فسیلی تقریبا یکسان می‌باشد. ینگ و همکاران [۱۲] جایگزینی همه بویلرها با فناوری های انرژی تجدیدپذیر را در دانمارک تا سال ۲۰۲۵ مطالعه کردند. یازده پارامتر با جنبه های فنی، اقتصادی و زیست محیطی شناسایی و استفاده شده است. سه فناوری گرمایش خورشیدی، پمپ حرارتی و دیگ گلوله چوب با استفاده از تاپسیس مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج تجزیه و تحلیل نشان داد که گرمایش خورشیدی بهترین گزینه، پمپ حرارتی دومین گزینه و گلوله چوب بدترین گزینه در این تحقیق است. دیموندکه و همکاران [۱۳] یک توپوگرافی بهینه از سیستم های انرژی هیبریدی را با در نظر گرفتن ذخیره انرژی یا ژنراتور پشتیبان مبتنی بر پنل خورشیدی و توربین باید برای شش مکان در جنوب نیجریه انجام دادند. انرژی هیبریدی با استفاده از نرم افزار هومر و روش تاپسیس با استانداردهای اقتصادی، زیست محیطی، فرهنگی، فنی و اجتماعی مورد مطالعه قرار گرفته است. بهترین سیستم‌های هیبریدی برای مکان‌های موجود به شرح زیر است: ژنراتورهای دیزل، توربین بادی، سلول خورشیدی و باتری‌ها برای سایت‌هایی در یاناگاوا، شهر بنین و بندر هارکورت پیشنهاد شده‌اند. علاوه بر این، یک باتری هیبریدی، سیستم توربین بادی و سلول خورشیدی برای مکان‌های Oyo، Vari و Kalabar توصیه می‌شود.

نیروگاه هیبریدی کاملاً تجدیدپذیر شامل انرژی‌های خورشیدی، بادی، زیست توده و پیل سوختی، یک نیروگاه هیبریدی متشکل از این چهار منبع انرژی تجدیدپذیر است که می‌توان به وسیله استفاده مناسب از این منابع با یک شیوه کاملاً کنترل شده آن را به بهره‌برداری رساند. در همین راستا در این پژوهش به تامین بار مصرفی یک کارخانه واقع در شهر مشهد پرداخته خواهد شد. سیستم طراحی شده شامل توربین بادی، دیزل ژنراتور، پنل خورشیدی، باتری و اینورتر پرداخته شده است و به شبکه سراسری برق دسترسی ندارد. دیزل ژنراتور در مواقعی شروع به کار خواهد کرد که سیستم تجدیدپذیر و باتری قادر به تامین بار مصرفی کارخانه نباشد تا بیشتر از منابع تجدید پذیر استفاده شده و در مواقع کمبود بار صرفا از دیزل ژنراتور استفاده شود.

بار مصرفی و سیستم پیشنهادی

(شکل شماره ۱) میزان بار مصرفی در طول سال را نشان می دهد. مشاهده می شود که حداکثر بار مصرفی ۱۱۸۰ کیلووات بر ساعت است که در ساعت ۱۰ شب رخ خواهد داد. همچنین در ساعات ۰۰:۰۰ تا ۰۳:۰۰ بامداد کمترین میزان بار مصرفی را کارخانه خواهد داشت.

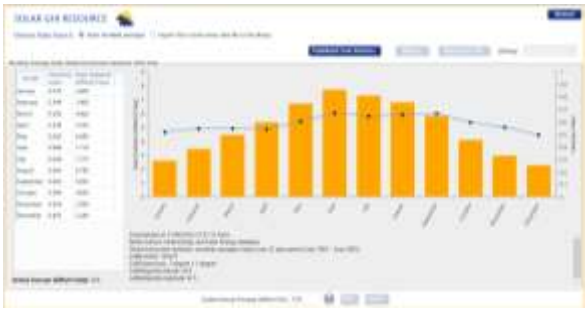


شکل ۱: میزان بار مصرفی

(شکل شماره ۲) سرعت باد را در ماه های سال برای منطقه انتخاب شده نشان می دهد. مشاهده می شود که در تیرماه میانگین سرعت باید برابر با ۸/۲ متر بر ثانیه باشد که برای استفاده از توربین های بادی بسیار مناسب است. همچنین کمترین سرعت باد را در ماه دسامبر دارد که برابر با ۴/۳ متر بر ثانیه است. (شکل شماره ۲) پتانسیل باد منطقه را برای استفاده از توربین بادی نشان می دهد.

شکل ۲: سرعت باد در منطقه مورد مطالعه

در (شکل شماره ۳) میزان تابش خورشیدی در منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که تابش خورشیدی در فصل تابستان برای استفاده از پنل خورشیدی بسیار مناسب است اما در فصل زمستان از شدت آن کاسته خواهد شد. مشاهده می‌شود که بیشترین میزان تابش خورد نزدیک به ۸ کیلووات ساعت در متر مربع است که نشان از پتانسیل بالای منطقه دارد.



شکل ۳: میزان تابش خورشید و شفافیت آسمان

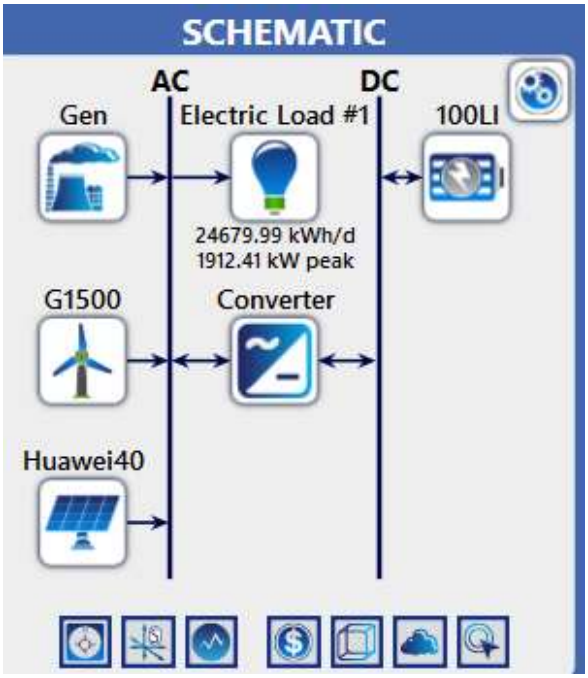
(شکل شماره ۴) ناحیه دما را نشان می دهد. مشاهده می شود که دمای هوا در ماه جولای حدود ۲۳/۵ درجه سانتی‌گراد است که بر توان خروجی پنل های خورشیدی تأثیر می گذارد. همچنین کمترین دما در ماه ژانویه رخ خواهد داد که برابر با ۳- درجه سانتیگراد است.

شکل ۴: میانگین دما در منطقه مورد مطالعه

استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر به دلیل فراوانی و رایگان بودن آنها برای تولید برق همواره مورد توجه بشر بوده است. اگرچه مشکلاتی مانند غیرقابل پیش‌بینی بودن این منابع، وابستگی آن‌ها به تغییرات اقلیمی و قابلیت اطمینان پایین، استفاده از این منابع را دشوار می‌کند، اما ترکیب مناسب این منابع می‌تواند تا حد زیادی این مشکلات را برطرف کند. ترکیب این سیستم ها اگرچه مشکل قابلیت اطمینان را بسیار کاهش می دهد، اما طراحی و اجرای بهینه الگوریتم کنترلی مناسب برای چنین سیستمی را دشوار می کند. (شکل شماره ۵) شماتیکی از سیستم هیبریدی طراحی شده را نشان می دهد. سیستم هیبریدی طراحی شده از دو استراتژی HOMER Cycle Charging و HOMER Load Following استفاده می کند که هر کدام در زیر توضیح داده شده است.

HOMER Cycle Charging: استراتژی شارژ چرخه یک استراتژی توزیع است که به موجب آن هر زمان که یک ژنراتور برای خدمت به بار اولیه نیاز به کار داشته باشد، با توان خروجی کامل کار می کند. مازاد تولید الکتریسیته به سمت اهداف با اولویت پایین‌تر از جمله به ترتیب اولویت کاهش می‌رود: سرویس بار قابل تعویق، شارژ بانک ذخیره‌سازی و سرویس الکترولیز.

HOMER Load Following: استراتژی زیر بارگذاری یک استراتژی توزیع است که به موجب آن هر زمان که یک ژنراتور کار می کند، تنها توان کافی برای پاسخگویی به بار اولیه را تولید می کند. اهداف با اولویت پایین تر مانند شارژ بانک ذخیره یا ارائه بار معوق به منابع انرژی تجدید پذیر واگذار می شود. اگر از نظر اقتصادی سودمند باشد، ژنراتور ممکن است همچنان افزایش یابد و برق را به شبکه بفروشد.



شکل ۵: شماتیک سیستم هیبریدی طراحی شده

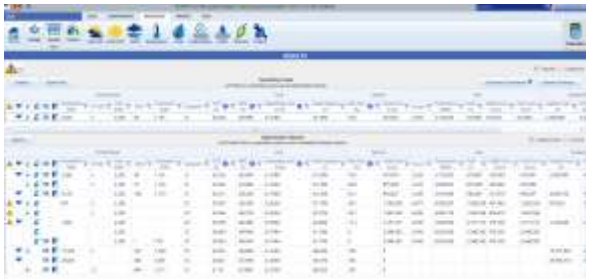
در (جدول شماره ۱) اطلاعات اقتصادی و اجزا استفاده در سیستم پیشنهادی نشان داده شده است.

جدول شماره ۱: اطلاعات اقتصادی

مدل	قیمت	توان	نام اجزا
–	۳ میلیون دلار	۱،۵ مگاوات	توربین بادی
هواوای ۴۰	۱۵۰۰ دلار به ازای هر کیلووات	با توجه به سیستم متغیر است	پنل خورشیدی
–	۵۰۰ دلار به ازای هر کیلووات	با توجه به سیستم متغیر است	دیزل ژنراتور
لیتیوم یون	۷۰،۰۰۰ دلار	۱۰۰ کیلووات	باتری
–	۳۰۰ دلار به ازای هر کیلووات	با توجه به سیستم متغیر است	اینورتر

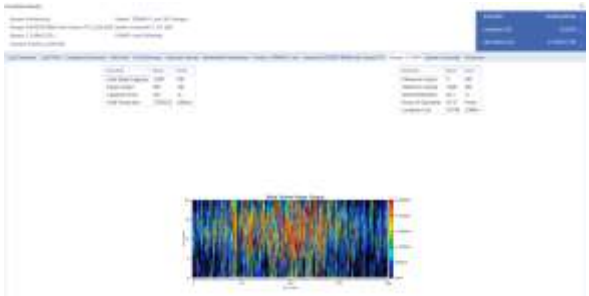
نتایج

در (شکل شماره ۶) نتایج شبیه سازی با استفاده از نرم افزار هومر نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که سیستم بهینه پیشنهادی توسط نرم افزار هومر ۲ عدد توربین بادی ۱۵۰۰ کیلوواتی، اینورتر با توان ۱۱۶۱ کیلووات و ۵۸ عدد باتری ۱۰۰ کیلوواتی است. هزینه سرمایه گذاری این سیستم ۲۹،۹ میلیون یورو است و هزینه تولید هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی ۰/۲۵۶ یورو است. این سیستم سالیانه ۲۱۳۰ مگاوات انرژی الکتریکی تولید می‌کند که ۷۶/۳٪ آن توسط انرژی‌های تجدید پذیر تامین می‌شود.



شکل ۶: سیستم بهینه پیشنهادی توسط نرم افزار هومر

در (شکل شماره ۷) اطلاعات کامل توربین بادی نشان داده شده است. توان نامی این توربین بادی ۱۵۰۰ کیلووات است و میانگین انرژی الکتریکی خروجی از آن ۹۰۲ کیلووات است. تولید انرژی الکتریکی سالانه این توربین بادی برابر با ۷۹۰۰ مگاوات است و ساعات عملکرد این توربین بادی ۶۵۱۵ ساعت در طول سال است. همچنین هزینه تولید هر کیلووات انرژی الکتریکی توسط این توربین بادی ۰/۰۷۴۵ یورو است.



شکل ۷: اطلاعات کامل توربین بادی

در (شکل شماره ۸) تحلیل اقتصادی پژوهش صورت گرفته توسط نرم افزار هومر نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که بیشترین هزینه مربوط به دیزل ژنراتور است که در زمان نبود خورشید و باد به تامین بار میپردازد. هزینه سرمایه گذاری این سیستم ۲۹/۹ میلیون یورو است که ۱۲/۳ میلیون یورو از آن مربوط به دیزل ژنراتور است و هزینه توربین بادی نیز ۷/۸ میلیون یورو برآورد شده است.

شکل ۸: تحلیل اقتصادی

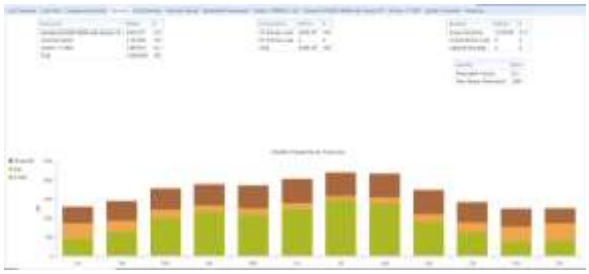
در (شکل شماره ۹) مشخصات کامل باتری مورد استفاده در این پژوهش نشان داده شده است. باتری در نظر گرفته شده طول عمر ۱۴/۴ ساله دارد و انرژی ورودی به باتری برابر با ۱۲۶۹ مگاوات ساعت در سال است. میزان تلفات این باتری در سال ۱۲۷ مگاوات در سال است. ولتاژ این باتری که به صورت سری بهم متصل می شوند تا حدود ۶۰۰ ولت خواهد رسید.

شکل ۹: اطلاعات کامل باتری

در (شکل شماره ۱۰) اطلاعات کامل پنل خورشیدی نشان داده شده است. پنل ها به طور میانگین ۵۵۲ کیلووات ساعت انرژی الکتریکی تولید میکنند و ساعات عملکرد سالانه آن ها ۴۳۸۳ کیلووات است. هزینه هر کیلووات انرژی الکتریکی تولید شده توسط پنل های خورشیدی ۰/۰۴۲۲ یورو است. پنل های خورشیدی در این پروژه ۲۱/۴٪ از کل بار مصرفی کارخانه را تامین خواهند کرد. همچنین لازم به ذکر است که نرخ توان نامی پنل های خورشیدی ۲۵۶۶ کیلووات ساعت است.

شکل ۱۰: اطلاعات کامل خروجی از پنل های خورشیدی

(شکل شماره ۱۱) اطلاعات کامل انرژی الکتریکی تولید شده توسط سیستم پیشنهادی نشان داده شده است. این سیستم سالانه ۱۴۸۶۹۸۶۵ کیلووات ساعت انرژی الکتریکی تولید می‌کند که ۹۰۰۸۱۹۷ کیلووات سالانه انرژی مورد نیاز است و ۳۷/۳٪ انرژی الکتریکی می‌تواند به شبکه سراسری برق فروخته شود. بیشترین سهم تولید انرژی الکتریکی را توربین بادی با ۵۳/۱٪ انجام خواهد داد.



شکل ۱۱: اطلاعات کامل انرژی الکتریکی تولید شده

در (شکل شماره ۱۲) آنالیز حساسیت برای تغییرات قیمت سوخت از ۰/۵ یورو تا ۱/۵ یورو برای هر لیتر بررسی شده است. نتایج نشان می دهد که با تغییرات قیمت سوخت سیستم بهینه نیز دچار تغییراتی خواهد شد. مشاهده می شود که با افزایش قیمت سوخت میزان استفاده از باتری و انرژی های تجدید افزایش می یابد و با کاهش قیمت سوخت میزان استفاده از انرژی های تجدید پذیر با توجه به عدم صرفه اقتصادی افزایش خواهد یافت.

شکل ۱۲: آنالیز حساسیت برای قیمت سوخت

نتیجه گیری کلی

امروزه تولید انرژی و استفاده پایدار یکی از اصلی‌ترین مشکلات جوامع است. رشد سریع مصرف انرژی در جهان، افزایش تقاضای انرژی را به دنبال دارد، که باتوجه به محدود بودن منابع سوخت‌های فسیلی و نیز روبرو بودن جامعه جهانی با مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، استفاده از منابع انرژی پاک، به امری مهم در قرن بیست و یکم تبدیل شده است. در همین راستا در همین راستا در این پژوهش به تامین بار مصرفی یک کارخانه با استفاده سیستم‌های تجدیدپذیر ترکیبی به صورت منفصل از شبکه

پرداخته شده است. بار مصرفی این کارخانه به طور میانگین روزانه ۲۵ مگاوات است و اونج بار مصرفی آن ۱۹۱۲ کیلووات است. سیستم پیشنهادی شامل دیزل ژنراتور، توربین بادی، پنل خورشیدی، باتری و اینورتر است. هزینه تولید هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی ۰/۲۵۶ یورو است. این سیستم سالیانه ۲۱۳۰ مگاوات انرژی الکتریکی تولید می‌کند که ۷۶/۳٪ آن توسط انرژی-های تجدید پذیر تامین می‌شود. هزینه خالص این سیستم در طول ۲۵ سال ۲۹/۹ میلیون یورو است که ۱۲,۳ میلیون یورو از آن مربوط به دیزل ژنراتور است و هزینه توربین بادی نیز ۷/۸ میلیون یورو برآورد شده است. توان نامی توربین بادی مورد استفاده ۱۵۰۰ کیلووات است و میانگین انرژی الکتریکی خروجی از آن ۹۰۲ کیلووات است. تولید انرژی الکتریکی سالانه این توربین بادی برابر با ۷۹۰۰ مگاوات است و ساعات عملکرد این توربین بادی ۶۵۱۵ ساعت در طول سال است. این سیستم سالانه ۱۴,۸۶۹,۸۶۵ کیلووات ساعت انرژی الکتریکی تولید می‌کند که ۹,۰۰۸,۱۹۷ کیلووات سالانه انرژی مورد نیاز است و ۳۷/۳٪ انرژی الکتریکی می‌تواند به شبکه سراسری برق فروخته شود. بیشترین سهم تولید انرژی الکتریکی را توربین بادی با ۵۳,۱٪ انجام خواهد داد. همچنین پنل های خورشیدی به طور میانگین ۵۵۲ کیلووات ساعت انرژی الکتریکی تولید میکنند و ساعات عملکرد سالانه آن ها ۴۳۸۳ کیلووات است. هزینه هر کیلووات انرژی الکتریکی تولید شده توسط پنل های خورشیدی ۰/۰۴۲۲ یورو است. پنل های خورشیدی در این پروژه ۲۱/۴ ٪ از کل بار مصرفی کارخانه را تامین خواهند کرد. همچنین نتایج نشان می دهد که با تغییرات قیمت سوخت سیستم بهینه نیز دچار تغییراتی خواهد شد. مشاهده می شود که با افزایش قیمت سوخت میزان استفاده از باتری و انرژی های تجدید افزایش می یابد و با کاهش قیمت سوخت میزان استفاده از انرژی های تجدید پذیر با توجه به عدم صرفه اقتصادی افزایش خواهد یافت.

منابع

[۱] Rezaei, M., et al., Investigation of the optimal location design of a hybrid wind-solar plant: A case study. International Journal of Hydrogen Energy, ۲۰۱۸. ٤٣(۱): p. ۱۰۰-۱۱٤.

[۲] Groppi, D., et al., Analysing economic and environmental sustainability related to the use of battery and hydrogen energy storages for increasing the energy independence of small islands. Energy Conversion and Management, ۲۰۱۸. ۱۷۷: p. ٦٤-٧٦.

[۳] Li, C., Techno-economic study of off-grid hybrid photovoltaic/battery and photovoltaic/battery/fuel cell power systems in Kunming, China. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, ۲۰۱۹. ٤١(١٣): p. ١٥٨٨-١٦٠٤.

[۴] Resch, G., et al., Potentials and prospects for renewable energies at global scale. Energy policy, ۲۰۰۸. ٣٦(١١): p. ٤٠٤٨-٤٠٥٦.

[۵] Hernández Galvez, G., et al., Selection of hybrid systems with hydrogen storage based on multiple criteria: application to autonomous systems and connected to the electrical grid. International journal of energy research, ۲۰۱٤. ٣٨(٦): p. ٧٠٢-٧١٣.

[۶] Rad, M.A.V., et al., Techno-economic analysis of a hybrid power system based on the cost-effective hydrogen production method for rural electrification, a case study in Iran. Energy, ۲۰۲۰. ۱۹۰: p. ۱۱٦٤۲۱.

[۷] Kadri, A., et al., Energy management and control strategy for a DFIG wind turbine/fuel cell hybrid system with super capacitor storage system. Energy, ۲۰۲۰. ۱۹۲: p. ۱۱٦٥۱۸.

[۸] Devrim, Y. and L. Bilir, Performance investigation of a wind turbine–solar photovoltaic panels–fuel cell hybrid system installed at İncek region–Ankara, Turkey. Energy Conversion and Management, ۲۰۱٦. ۱۲٦: p. ۷٥۹-۷٦٦.

[۹] مدلسازی سیستم ترکیبی توربین بادی-پیل et al., روشندل, سوختی و سهم پیل سوختی در تامین تقاضای الکتریکی در یک منطقه نمونه. نشریه مهندسی و مدیریت انرژی, ۲۰۱۲. ۲(۳): p. ۱۲-۱۹.

[۱۰] کنترل توان و فرکانس بار مبتنی بر روش کنترلی et al., براتی, شیب افتی بهبودیافته در سیستم ترکیبی توربین بادی، فتوولتائیک و پیل سوختی در ریزشبکه های مستقل. نشریه مهندسی و مدیریت انرژی, ۲۰۱٦. ٦(۱): p. ۲۸-۳۹.

[۱۱] ح. منفرد, شبیه سازی ترمودینامیکی and پیرکندی, جاماسب, یک سیستم هیبریدی توربین باد و پیل سوختی با کاربرد در یک سیستم مستقل از شبکه. مدل سازی در مهندسی, ۲۰۱۸. ۱٦(٥٣): p. ۲٥-۳۷.

[۱۲] Yang, Y., et al., Using multi-criteria analysis to prioritize renewable energy home heating technologies.

Sustainable Energy Technologies and Assessments, ۲۰۱۸. ۲۹: p. ۳٦-٤۳.

[۱۳] Diemuodeke, E., et al., Optimal mapping of hybrid renewable energy systems for locations using multi-criteria decision-making algorithm. Renewable Energy, ۲۰۱۹. ۱۳٤: p. ٤٦۱-٤۷۷.

Supplying the consumption load of a factory using hybrid renewable systems separately from the grid

Hanie Rostamzade[۱], Reza Shahraki Shahdabadi[۲], Seyed Ehsan Shakib[۱]

۱- Department of Mechanical Engineering - Faculty of Engineering - Bozormehr Qaenat University - Qaen - Iran

۲- Department of Mechanical Engineering - Faculty of Mechanical Engineering – K.N.Toosi University of Technology Tehran - Tehran - Iran

Abstract: Microgrids with combined renewable energy sources are on the rise and are a promising solution for electrifying remote areas where extending the distribution network is not feasible or cost-effective. Autonomous microgrids with environmentally friendly hybrid energy sources are a cost-effective solution that ensures system reliability and energy security. In this regard, in this research, the supply of consumption load of a factory using hybrid renewable systems has been discussed separately from the grid. The average daily consumption of this factory is ۲۵ megawatts and its consumption is ۱۹۱۲ KW. The amount of interest rate in this study is ۸٪ and the life of the project is ۲۵ years. The proposed system includes diesel generator, wind turbine, solar panel, battery and inverter. The results show that the most optimal system for supplying the consumption load of this factory is ۲۵٦٦ KW solar panels, ۲۱۵ MW wind turbines, ۲۲۰۰ KW diesel generators, ۵۸۱۰۰ KW batteries and ۱۱۶۱ [illegible] ۰,۲۵۶ [illegible] cost will be ۱۳,۸ million dollars. The amount of fuel consumed by this generator is ٦۱۰۹٤۱ liters per year and its working hours will be ۲۳۵۵ hours.

Keywords: renewable energy, hybrid power plant, Feasibility, Homer Pro software.