فصلنامه تحقیقات مکانیک کاربردی
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۶/۱- تاریخ پذیرش:۱۳۹۶/۹/۱۵
دوره۹. شماره ۳. زمستان ۱۳۹۶

مدل سازی و بررسی اقتصادی سیستم‌های هیبرید انرژی برای مناطق دورافتاده تاکستان

حسین مرآتی[۱*] – محمد نیکیان[۲]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان، قزوین، ایران
۲ – استادیار، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان، قزوین، ایران
Email: m.nikiyan@tiau.ac.ir

چکیده:

چکیده: انرژی‌های بادی و خورشیدی از مهم‌ترین منابع تجدیدپذیر محسوب می‌شوند. به همین خاطر توسعه سیستم‌های تولید انرژی با مولد بادی (WG) و فتوولتائیک (PV) پیشرفت قابل توجه‌ای داشته است. در این پژوهش سعی شد با استفاده از نرم‌افزار HOMER که به منظور طراحی و آنالیز نیروگاه‌های هیبرید مستقل از شبکه ساخته شده است، با توجه به پتانسیل منطقه تاکستان در استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، ترکیب بهینه سیستم هیبرید انرژی قابل استفاده به همراه بررسی اقتصادی و تأثیر زیست‌محیطی آن ارائه شود. نتایج به دست آمده حاکی از عملکرد مناسب سیستم هیبرید پیشنهادی در تامین بار مصرف‌کننده مورد نظر است. این مقاله مستخرج از پایان نامه‌ای با همین عنوان میباشد

کلید واژگان: مدلسازی، اقتصادی، هیبرید، تاکستان

Modeling and Economical Evaluation of Hybrid Energy Systems for Remote Area

Hosein Merati*[1], Mohammad Nikian[2]
1-MSc Student, Department of Mechanical Engineering, Islamic Azad University, Takestan, Iran
2-Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Islamic Azad University, Takestan, Iran
†Corresponding Author Email: m.nikiyan@tiau.ac.ir

Abstract:

Wind and solar energies are among the most important sources of renewable energy. As a result, the development of power generation using wind generators (WG) and photovoltaic (PV) systems has been significantly improved. In this study, considering the potential of the Takestan area in the use of renewable energy, an optimal combination is obtained for the hybrid energy system, using the HOMER software, developed to design and analyze independent network hybrid power plants. The economical evaluation is conducted as well and the systems' environmental impact is studied. The results confirm the proper performance of the proposed hybrid system in supplying the desired consumer load.

Keywords: *Modeling, Economic, Hybrid, Takestan*

۱- مقدمه:

امروزه تأمین انرژی مورد نیاز جوامع بشری و نگرانی در مورد تداوم تأمین آن از اهمیت خاصی برخوردار است. افزایش چشمگیر مصرف انرژی، طبیعت تجدیدناپذیر سوخت‌های فسیلی، هزینه‌های سنگین سوخت‌های فسیلی، نگرانی‌های موجود در زمینه زیست‌محیطی و مشکلاتی از این قبیل، عوامل اصلی در توسعه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشند. این انرژی‌ها قادر به تولید انرژی پاک و سازگار با محیط زیست بوده و در عین‌حال منجر به کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی می‌شوند. امروزه سیستم‌های هیبرید به یکی از امیدبخش‌ترین راه‌حل‌ها برای مرتفع کردن نیاز برق مناطق مختلف تبدیل شده است (آقازاده، ۲۰۰۹). با ترکیب مناسب منابع می‌توان به سیستم تولیدی مقرون به‌صرفه، پاک و مطمئن رسید. هدف از به‌کارگیری این سیستم‌ها کاهش هزینه‌هاست. در این بین انرژی‌های بادی و خورشیدی از مهم‌ترین منابع تجدیدپذیر محسوب می‌شوند. به همین خاطر توسعه سیستم‌های تولید انرژی با مولد بادی (WG) و فتوولتائیک (PV) پیشرفت قابل توجه‌ای داشته است.

پیل‌های سوختی (FC) نیز به خاطر عواملی از قبیل راندمان بالا، عدم انتشار گازهای آلاینده و ساختار انعطاف‌پذیر، پتانسیل بالا در تبدیل به منابع انرژی سبز (Green power sources) در آینده‌ای نزدیک را دارند (وانگ، 2008). به هر حال هر یک از تکنولوژی‌های یاد شده دارای معایبی نیز می‌باشند. به عنوان مثال باد و خورشید وابستگی زیادی به شرایط محیطی داشته و سوخت مصرفی FCها نیز گران است. اما با ترکیب چند تکنولوژی و با کنترل و مدیریت درست، می‌توان سیستم هیبرید با قابلیت اطمینان بالا برای تأمین بار مناطق مختلف به کار برد (بونانو1999؛ بادجانی2007؛ ایپساکیسا2008).

۲- مبانی نظری:

منابع انرژی متعددی شامل WG، PV، FC مولدهای دیزلی، توربین‌های گازی و میکروتوربین‌ها در ترکیب با یکدیگر می‌توانند سیستم هیبرید انرژی تشکیل دهند. با وجود این منابع انرژی تجدیدپذیری که به‌طور عمده استفاده می‌شود باد و خورشید می‌باشد. سیستم هیبرید باد و خورشید منبع انرژی جدید محسوب می‌شود. به علت پاکیزگی و تجدیدپذیر بودن این انرژی‌ها سازمان‌ها و کشورهای متعددی علاقه‌مند به استفاده از آن بوده و تحقیقاتی در این راستا انجام می‌دهند (ژانگ2008). اما به خاطر خاصیت تناوبی باد و خورشید، نیاز به ذخیره‌سازی انرژی در شرایط مطلوب جهت استفاده در مواقع نیاز کاملا محسوس می‌باشد. اغلب از باتری برای ذخیره‌سازی انرژی استفاده می‌شود (نهریر2006؛ زاهدی2007). در برخی مطالعات ترکیب باتری و پیل سوختی برای ذخیره‌سازی ترجیح داده شده است [لاگروس2008]. و در برخی مراجع، استفاده از دو منبع فوق برای ذخیره‌سازی به تفکیک از لحاظ هزینه مقایسه شده‌اند [آگبوسو2004؛ آلام2007]. هزینه بالای ذخیره انرژی الکتریکی، مانعی بسیار جدی برای تولید برق توسط پانل‌های فتوولتائیک بوده است. باتری‌هایی که هم اکنون در سیستم های فتوولتائیک مورد استفاده قرار می‌گیرد دارای هزینه اولیه بالا و عمر کوتاهی می‌باشند که حتی گاهی حدود ۵۰٪ هزینه کل سیستم فتوولتائیک صرف خرید، تعویض و نگهداری باتری‌ها می‌شود. تحقیقات صورت گرفته در ایران، اجرای سیستم فتوولتائیک و باتری را به دلیل وجودی ارانه‌های انرژی، غیر اقتصادی ارزیابی کرده‌اند. در برخی از کشورها با توجه به شرایط اقتصادی و هزینه‌های انرژی، سیستم فتوولتائیک با باتری اقتصادی می‌باشد و بازگشت سرمایه طولانی آن، علت عدم اقبال جامعه به آن ذکر شده است. برای کاهش وابستگی سیستم به باتری (ذخیره‌سازی) تلاش‌های زیادی در جهت امکان‌سنجی اقتصادی ترکیب سیستم خورشیدی با سایر سیستم‌های مولد انرژی از قبیل توربین باد، دیزل ژنراتور و... صورت گرفته است. دسته‌ای از تحقیقات با اضافه کردن دیزل ژنراتور به سیستم فتوولتائیک و باتری، تفاوت‌های موجود در هزینه‌های دو سیستم را برای کشورهای مختلف مطالعه کرده‌اند؛ که در تمامی این پژوهش‌ها، هزینه‌ی سیستم با اضافه کردن دیزل ژنراتور کاهش یافته است. از دیزل ژنراتور در سیستم هیبرید انرژی فتوولتائیک، بادی، دیزل و باتری، جهت پشتیبانی از منابع انرژی تجدید - پذیر و باتری و همچنین عملکرد به‌عنوان ژنراتور پشتیبان برای زمان‌های بحرانی که در آنها تولید منابع انرژی تجدیدپذیر کم بوده و یا تقاضای بار زیاد است استفاده می‌شود. در این پروژه سعی می‌شود با توجه به پتانسیل منطقه تاکستان در استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، ترکیب بهینه سیستم هیبرید انرژی قابل استفاده به همراه بررسی اقتصادی و تأثیر زیست محیطی آن ارائه شود. ولی آنچه در این زمینه کمتر دیده شده است، بررسی جامع اقتصادی و اثرات زیست‌محیطی با توجه پتانسیل منطقه موجود می‌باشد. ترکیب منابع انرژی تجدید پذیر با دیزل ژنراتور به همراه باتری می‌تواند سیستم هیبریدی اقتصادی، سازگار با محیط زیست و قابل اطمینانی را تولید کند. در این پایان‌نامه سعی می‌شود با توجه به پتانسیل منطقه مدنظر در استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، ترکیب بهینه سیستم هیبرید انرژی قابل استفاده به همراه بررسی اقتصادی و تاثیر زیست‌محیطی آن ارائه شود.

یکی از بزرگترین مزایای استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر برای ایران، عدم نیاز این نیروگاه‌ها به آب است. بنابراین می‌توان برق را که عامل محرک اقتصاد کشور است بدون قربانی کردن آب که عامل محرک بخش کشاورزی است تولید کرد (سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی، ویرایش ۱۳۹۴).

۳- مدل‌سازی سیستم در نرم‌افزار HOMER

در این قسمت نحوه مدل‌سازی سیستم هیبرید انرژی و انتخاب اجزای سیستم در نرم‌افزار HOMER شرح داده شده است. نرم‌افزار HOMER به‌منظور طراحی و آنالیز نیروگاه‌های هیبرید مستقل از شبکه ساخته شده است (داگلاس، ۲۰۱۰). اطلاعات مورد نیاز نرم‌افزار شامل پروفیل بار مصرف‌کنندگان (در یک سال)، اطلاعات منطقه‌ای و پتانسیل منابع تجدید پذیر نظیر میزان تابش خورشید و سرعت باد، اطلاعات فنی و اقتصادی اجزای سیستم و... می‌باشد. نرم‌افزار با آنالیز اطلاعات ورودی سیستم، ساختار بهینه و ابعاد سیستمی را که می‌تواند بار مورد نظر را تامین کند را پیشنهاد می‌دهد.

نرم‌افزار HOMER برای دستیابی به بهترین ترکیب و ابعاد سیستم‌های هیبرید انرژی، صدها و یا هزاران ساعت عملکرد سیستم را بارها و بارها شبیه‌سازی می‌کند. این نرم‌افزار به‌منظور رتبه‌بندی ساختارهای مختلف سیستم هیبرید، از هزینه سیستم در طول مدت پروژه استفاده می‌کند (داگلاس، ۲۰۱۰).

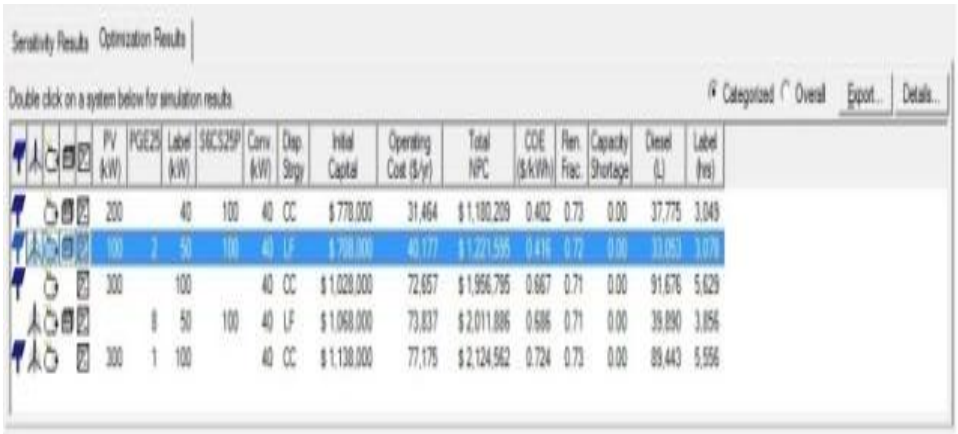
۳-۱- نتایج شبیه‌سازی:

جهت یافتن ترکیب مناسب و ساختار سیستم از نظر تعداد و ظرفیت تجهیزات در نرم‌افزار، فضای جستجو جهت تعریف جایگشت های طبق جدول (۱) وارد شده است. با بالا بردن فضای جستجو بار محاسباتی نرم‌افزار برای یافتن بهینه‌ترین حالت نیز افزایش می‌یابد.

جدول ۱. فضای جستجو

تجهیز	فضای جستجو	طول عمر
سلول خورشیدی	۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ کیلووات	۲۰ سال
توربین بادی	۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۸	۲۵ سال
دیزل ژنراتور	۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۱۰۰ کیلووات	۱۵۰۰۰ ساعت
مبدل	۰، ۲۰، ۴۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ کیلووات	۲۰سال
باتری	۰، ۲۰، ۴۰، ۵۰، ۱۰۰ عدد	۱۰۱۹۶ کیلووات ساعت
تجهیز	فضای جستجو	طول عمر
سلول خورشیدی	۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ کیلووات	۲۰ سال
توربین بادی	۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۸	۲۵ سال

جدول ۲. مقادیر بهینه ساختارهای پیشنهادی سیستم هیبرید توسط نرم‌افزار HOMER



۳-۱-۱- بررسی فنی:

ستون‌های سمت چپ در جدول (۲) ساختار بهینه پیشنهادی سیستم هیبرید نشان داده شده است. در این پایان‌نامه حداقل میزان استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر ۷۰٪ در نظر گرفته شده است. با توجه به اهمیت ساختارهای متشکل از منابع تجدید پذیر، ساختار بهینه پیشنهادی متشکل از همه منابع تجدید پذیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. میزان انرژی الکتریکی تولیدی سالیانه توسط منابع تجدیدپذیر و دیزل ژنراتور در جدول (۳) نشان داده شده است. سهم تولید انرژی توسط منابع تجدید پذیر در این ساختار ۷۲٪ است. با توجه به سهم بالای تولید انرژی توسط منابع تجدیدپذیر، این

ساختار کاملا از لحاظ زیست‌محیطی مناسب بوده که آلودگی صرفا ناشی از دیزل ژنراتور بوده که تنها ۲۸٪ در تولید سهم دارد. میزان آلودگی تولیدی سالیانه در جدول (۴) آورده شده است.

جدول۳. میزان انرژی الکتریکی تولیدی سالیانه

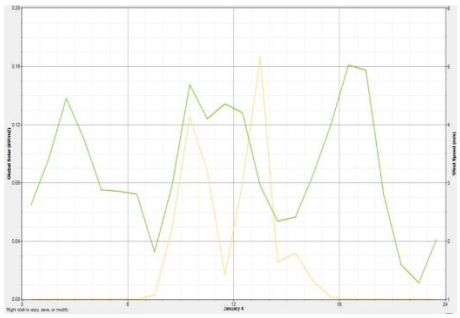
Component	Production (kWh/yr)	Fraction
آرایه‌های فتوولتائیک	۱۵۲۳۷۲	٪ ۵۲
توربین های بادی	۶۰۴۴۵	٪ ۲۰
ژنراتور ۱	۸۲۹۶۶	٪ ۲۸
جمع کل	۲۹۷۷۸۳	٪ ۱۰۰

پس از محاسبات نرم‌افزار و ارائه بهینه‌ترین حالت‌های با توجه به انتخاب حالت مورد نظر که همه عناصر در تامین نیروی برق محل مورد نظر مشارکت داده شوند. برای داشتن بهینه‌ترین حالت از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی برای سیستم انتخابی میزان تولید هرکدام از عناصر در طول سال در جدول (۳) نشان داده شده است. میزان مشارکت سیستم خورشیدی با بیش از ۵۰٪ از سهم تولید و انرژی باد نیز با ۲۰٪ علاوه بر کاهش هزینه‌های مصرف سوخت و نیز از لحاظ زیست‌محیطی هم سبب کاهش آلایندگی تولید انرژی برق شده‌اند. با توجه به میزان تولیدی هر کدام از عناصر میزان تولید آلودگی‌های زیست‌محیطی در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول۴. میزان آلودگی تولید سالیانه

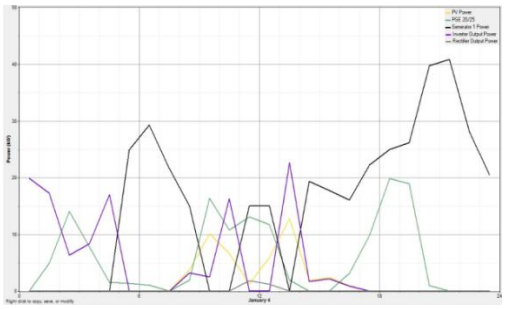
Pollutant	Emissions (kg/yr)
دی‌اکسید کربن	۸۷۰۴۱
منواکسید کربن	۲۱۵
هیدروکربن‌های سوخته نشده	۲۳.۸
ذرات جامد	۱۶.۲
دی‌اکسید گوگرد	۱۷۵
اکسیدهای نیتروژن	

جهت بررسی دقیق عملکرد سیستم هیبرید انرژی مورد نظر، شرایط آب و هوایی و میزان تولید منابع مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد. شکل (۱) وضعیت تابش خورشید و سرعت باد در یک روز نمونه را نشان می‌دهد. این شرایط منجر به تولید انرژی توسط منابع مختلف و وضعیت شارژ باتری (SOC) خاصی در آن روز می‌شود که به ترتیب در شکل‌های (۲) و (۳) نشان داده شده است. در شکل‌های (۴) و (۵) متوسط شارژ ماهیانه باتری و متوسط ماهیانه تولید انرژی الکتریکی توسط منابع مختلف نشان داده شده است.



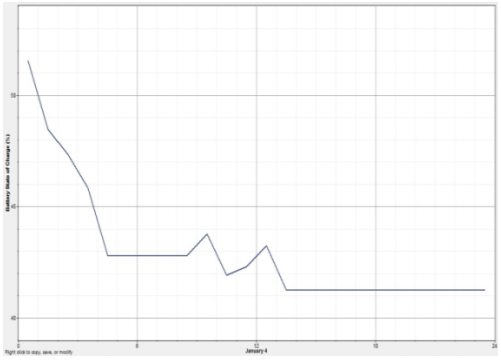
شکل ۱. وضعیت تابش خورشید و سرعت باد در یک روز نمونه

در شکل (۱) نمودار زرد رنگ میزان تابش نور خورشید در طول یک روز و نمودار سبز رنگ میزان وزش باد در همان روز طی ۲۴ ساعت را نشان می‌دهد.

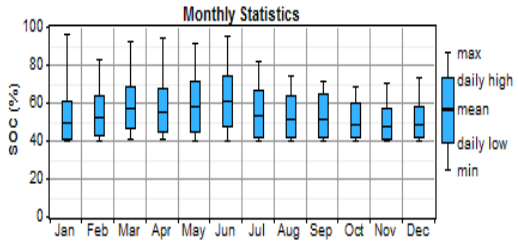


شکل ۲. عملکرد سیستم هیبرید مورد نظر در یک روز نمونه

همان‌طور که در شکل (۲) دیده می‌شود، زمانی که تولیدات انرژی تجدیدپذیر میزان قابل توجهی از تقاضای انرژی الکتریکی را تامین می‌کنند و میزان تقاضا متناسب با میزان تولید این نیروگاه‌ها می‌باشد، میزان تولید دیزل ژنراتور در حدناچیز می‌باشد اما زمانی که نیروگاه‌های انرژی تجدیدپذیر به‌علت شرایط محیطی توان تولیدی کمتری دارند و یا توان مورد تقاضا بیشتر از حد تولید این نیروگاه‌ها می‌باشد، جبران توان مورد تقاضا توسط دیزل ژنراتور صورت می‌پذیرد.

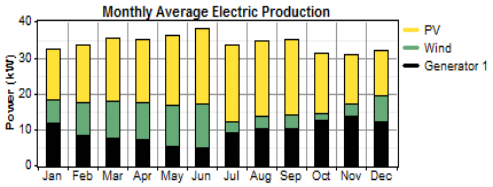


شکل ۳. وضعیت شارژ باتری سیستم در یک روز نمونه



شکل ۴. متوسط ماهیانه وضعیت شارژ باتری سیستم

در شکل (۳) دیده می‌شود که در ساعاتی از روز به دلیل کاهش تولیدات انرژی تجدیدپذیر و افزایش تقاضا، باتری جهت کمک به بخش تولید دشارژ شده و توان مرود نیاز را به شبکه تحویل می‌دهد. و در ساعاتی از روز با افزایش تولیدات انرژی تجدیدپذیر و یا کاهش تقاضا میزان تولید توان اضافی صرف شارژ باتری می‌گردد. در شکل (۴) میانگین وضعیت شارژ/ دشارژ باتری نشان داده شده است. با توجه به شکل دیده می‌شود که در ماه‌های گرم سال و با مساعد بودن شرایط محیطی میزان تولید توسط انرژی‌های تجدیدپذیر افزایش یافته و در نتیجه وضعیت شارژ باتری بیشتر از سایر ماه‌های سال می‌باشد.

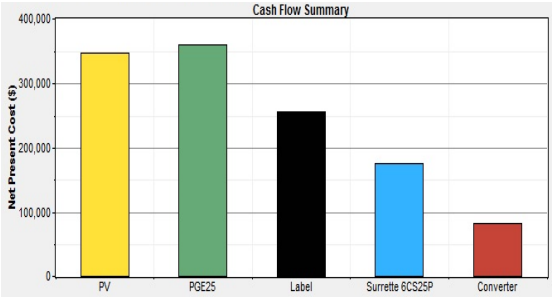


شکل ۵. متوسط ماهیانه تولید انرژی الکتریکی توسط منابع مختلف

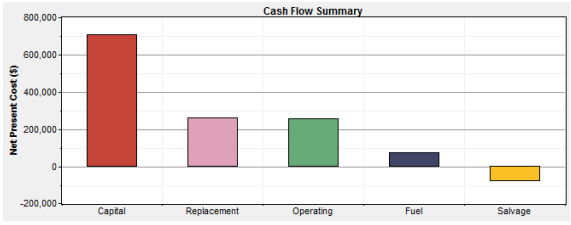
با توجه به شکل (۵) می‌توان به این نتیجه رسید که در شرایط تامین ۷۲٪ انرژی مورد تقاضا توسط انرژی‌های تجدید پذیر، میزان تولید فتوولتائیک نسبت به نیروگاه بادی و دیزل ژنراتور بیشتر می‌باشد.

۳-۱-۲- بررسی اقتصادی

همان‌طور که اشاره شد، هزینه کل سیستم در طول عمر ۲۵ سال عملکرد سیستم ۱۲۲۱۵۹۶ دلار پیش‌بینی شده است. هزینه راه‌اندازی سیستم هیبریدی با تمامی منابع انرژی تجدیدپذیر مورد اشاره در این پایان‌نامه ۷۰۸۰۰۰ دلار می‌باشد و مابقی هزینه‌های عملکرد ۲۵ ساله صرف تعویض و نگهداری و ... شده است. شکل (۶) هزینه اجزای سیستم هیبرید انرژی و شکل (۷) سهم نوع هزینه‌های مختلف در طول عمر ۲۵ ساله سیستم را نشان می‌دهد. سایر جزئیات مربوط به هزینه‌های سیستم هیبرید انرژی مورد نظر در جدول (۶) آورده شده است.

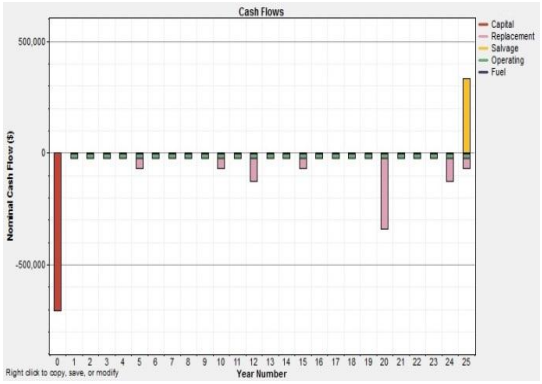


شکل ۶ هزینه اجزای سیستم هیبرید انرژی



شکل ۷. سهم هزینه‌های مختلف در طول عمر سیستم

همان‌طور که در شکل (۷) دیده می‌شود، بیشترین هزینه صرف راه‌اندازی سیستم شده است. پس از آن هزینه تعویض قطعات و اجزاء، تعمیر و نگهداری اجزاء سیستم، سوخت سیستم در رتبه‌های بعدی قرار دارند.



شکل۸. هزینه‌های سیستم در طی طول عمر آن

با توجه به شکل (۸) دیده می‌شود که هزینه نصب و راه اندازی در این نوع سیستم بالا بوده و در طول ۲۵ سال فعالیت سیستم هزینه‌های تولید و نگهداری و سوخت به شدت کاهش پیدا کرده و از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه می‌باشد. در طول مدت بهره‌برداری هزینه‌های سیستم فقط به هزینه‌های سالانه نگهداری و در مواقعی هزینه تعویض ادوات تقسیم می‌شود.

۴- نتایج:

در این پژوهش بررسی فنی و اقتصادی و بهینه‌سازی ابعاد سیستم هیبرید به دست آمد و ساختاری که شامل منابع تجدیدپذیر بود و کمترین COE را دارا بود جهت تجزیه و تحلیل انتخاب شد. بدین ترتیب سیستم هیبرید شامل توربین بادی، پنل خورشیدی، دیزل ژنراتور، و باتری به عنوان

اقتصادی‌ترین ساختار متناسب با محیط زیست انتخاب شد. هزینه نصب و راه‌اندازی این سیستم مبلغ ۷۰۸۰۰۰ دلار آمریکا که (با درنظر گرفتن هر دلار ۴۰۰۰تومان) معادل با ۲/۸۳۲/۰۰۰/۰۰۰ تومان بوده که با احتساب هزینه‌های جانبی سالانه ۲۱۰۰۰ دلار معادل ۸۴ میلیون تومان، هزینه کل سیستم در طول ۲۵ سال ۱۲۲۱۵۹۵ دلار آمریکا معادل با ۴/۶۸۰/۳۸۰/۰۰۰ تومان می‌باشد. قیمت خرید تضمینی انرژی برق توسط وزارت نیرو به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی انرژی خورشیدی معادل ۴۹۰ تومان و برای نیروگاه بادی ۴۲۰ تومان و برای دیزل ژنراتور ۱۰۰ تومان می‌باشد. با توجه به تولید به میزان ۷۸KWh/yr ۲۹۷/۳ میزان فروش انرژی برق این سیستم تولیدی با احتساب درصد مشارکت هر کدام از انواع تولیدات مبلغ ۱۰۹۳۲۵۷۸۰ تومان می‌باشد. با در نظر گرفتن حداقل ۱۰ درصد تورم سالانه می‌توان گفت پس از گذشت ۱۵ سال سرمایه‌گذاری انجام شده به سرمایه‌گذار برمی‌گردد که با کاهش منابع سوخت فسیلی و افزایش قیمت انرژی برق نیز مدت زمان برگشت سرمایه کوتاه‌تر خواهد شد. در جدول (۶) درآمد هر سال سیستم را برای دوره بازگشت سرمایه را نشان می‌دهد. پس می‌توان نتیجه گرفت که نتایج به دست آمده حاکی از عملکرد مناسب سیستم هیبرید پیشنهادی در تامین بار مصرف‌کننده مورد نظر است.

جدول ۶. میزان درآمد سیستم از فروش برق تولیدی با احتساب تورم ۱۲درصد سالانه

سال	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲
قیمت کل (میلیون تومان)	۱۰۹/۳۲۶	۱۲۲/۴۴۵	۱۳۷/۱۳۸	۱۵۳/۶	۱۷۲/۰۳۲	۱۹۲/۶۸	۲۱۵/۸۰۲
سال	۱۴۰۳	۱۴۰۴	۱۴۰۵	۱۴۰۶	۱۴۰۷	۱۴۰۸	۱۴۰۹
قیمت کل (میلیون تومان)	۲۴۱/۷	۲۷۰/۷۰۴	۳۰۳/۱۸۹	۳۳۹/۵۷۲	۳۸۰/۳۲۱	۴۲۵/۹۶	۴۷۷/۰۷۵
سال	۱۴۱۰						**جمع کل**
قیمت کل (میلیون تومان)	۵۳۴/۳۲۴						**۴۰۷۵/۸۵۸**

۵- منابع

۱. "سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی"، ویرایش ۱۳۹۴.

۲. آقازاده، هادی و حسین مددی کجابادی "مطالعه امکان‌سنجی و بهینه‌سازی اقتصادی برای سیستم ترکیبی مستقل از شبکه برای منطقه اردبیل با استفاده از نرم‌افزار HOMER"، بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق تهران، (PSC) 2009.

4. Boquan Zhang, Yimin Yang, and Lu Gan, "Dynamic Control of Wind/Photovoltaic Hybrid Power Systems Based on an Advanced Particle Swarm Optimization", Proc. Int. Conf. on Industrial Technology. PP. 1-6, 2008.

5. M. Hashem Nehrir, "A Course on Alternative Energy Wind/PV/Fuel Cell Power Generation", IEEE Power Engineering Society General Meeting, PP 6, 2006.

6. Ahmad Zahedi, "Technical Analysis of an Electric Power System Consisting of Solar PV Energy, Wind Power, and Hydrogen Fuel Cell", Universities Power Engineering Conference. Australasian, PP. 1 – 5, Dec. 2007.

7. Caisheng Wang, and M. Hashem Nehrir, "Power Management of a Stand-Alone Wind/ Photovoltaic/Fuel Cell Energy System", IEEE Trans. on Energy Conversion, Vol. 23, No. 3, September 2008.

8. F. Bonanno, A. Consoli, A. Raciti, B. Morgana, and U. Nocera, "Transient Analysis of Integrated Diese Wind Photovoltaic Generation Systems", IEEE Trans. on Energy Conversion, Vol. 14, No. 2, June 1999.

9. M. Mousavi Badejani, M.A.S. Masoum and M. Kalanta, "Optimal Design and Modeling of Stand- Alone Hybrid PV-Wind Systems", Proc. Int. Conf. on Power Engineering, Australasia, pp. 1-6, 2007.

10. Dimitris Ipsakisa, Spyros Voutetakis, Panos Seferlis, Fotis Stergiopoulos, and Costas Elmasides, "Power management strategies for a stand-alone power system using renewable energy sources and hydrogen storage", ELSEVIER.

International journal of hydrogen energy, (2008) 1 – 15.

11. Kodjo Agbossou, Mohanlal Kolhe, Jean Hamelin, and Tapan K. Bose, "Performance of a Stand- Alone Renewable Energy System Based on Energy Storage as Hydrogen", IEEE Trans. on Energy Conversion, Vol. 19, No. 3, September 2004.

12. Douglas-Westwood (2010), "Offshore Wind Assessment in Norway", The Research Council of Norway, Oslo.

13. Mohammad saad Alam, and David W. Gao,"Modeling and Analysis of a Wind /PV /Fuel Cell Hybrid Power System in HOMER", Proc. Int. Conf. on Industrial Electronics and Applications, PP.1594 – 1599, 2007.

14. Jeremy Lagorse, Marcelo G. Simo˜es, Abdellatif Miraoui, and Philippe Costerg,"Energy cost analysis of a solar-hydrogen hybrid energy system for stand-alone applications", ELSEVIER, International Journal Of Hydrogen Energy, 33(2008)2871–2879.