سال دوم، شماره اول، تابستان ۱۳۹۴، ص ص ۳۴- ۴۰
فصل‌نامه علمی – ترویجی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو
renemag.ir
مقاله کامل
تاریخ دریافت: ۹۴/۰۵/۰۶
تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۶/۳۱

# طراحی سیستم تولید توان به کمک روش هیبرید باد و خورشید و ذخیره سازی آن برای مصرف مسکونی

**رامین مهدی پور[۱*]، هادی فلاح[۲]، علی هاشم زاده[۳]، سیاوش ستار[۴]**

۱- استادیار، دکترای مهندسی مکانیک، دانشگاه تفرش، تفرش
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه کاشان، کاشان
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی هوافضا، دانشگاه سمنان، سمنان
۴- کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه تفرش، تفرش
* تفرش، ۳۹۵۱۸-۷۹۶۱۱، raminme56@gmail.com

**چکیده**

سیستم انرژی تجدید پذیر هیبرید ترکیبی از سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر باد و خورشید و سیستم ذخیره انرژی می‌باشد که در دهه های اخیر برای تامین انرژی ساختمان‌ها از آن استفاده می‌شود. در این تحقیق با توجه به شرایط جغرافیایی محل و میزان انرژی برق مصرفی ساختمان خوابگاهی مدل سیستم تامین انرژی هیبرید مناسب ساختمان شامل توربین بادی، پنل‌های فتوولتائیک، باتری ذخیره‌ساز انرژی و مبدل در نظر گرفته شده است و با تحلیل و شبیه‌سازی انواع سیستم انرژی هیبرید طراحی شده با ترکیب ابعاد مختلف اجزاء سیستم هیبریدی طراحی شده و بررسی آن از لحاظ اقتصادی، سیستم هیبرید مناسب برای تامین انرژی برق ساختمان طراحی و مدلسازی شده است و طرح مناسب برای تامین انرژی برق مصرفی ساختمان به روش سیستم انرژی هیبرید به دست آمده است.

**کلیدواژگان:** سیستم انرژی هیبرید، توربین بادی، فتوولتاییک

# Design of Power Generation System by Wind and Solar Hybrid Method and the Storage for Residential Use

**Ramin Mehdipour[1*], Hadi Fallah[2], Ali Hashemzadeh[3], Siavash sattar[1]**

1- Department of Mechanical Engineering, Tafresh University, Tafresh, Iran.
2- Department of Mechanical Engineering, Kashan University, Kashan, Iran
3- Department of Aerospace Engineering, Semnan University, Semnan, Iran
* P.O.B. 79611-30518, Tafresh, Iran, raminme56@gmail.com

Received: 28 July 2015 Accepted: 22 September 2015

**Abstract**

The hybrid renewable energy system, combination of wind and solar renewable energy system and storage system, have been being used for the hybrid power supply of buildings. In this study, considering the geographic location and the electric power consumption of the dormitory building, the appropriate model for the hybrid power supply system of the building including wind turbine, photovoltaic panel, energy storage battery and converter is intended. Furthermore, by analysis and simulation of various energy systems, designed by combining the diverse dimensions of the hybrid system's components and checking them economically, the suitable hybrid system for electricity supply of the building is designed and modeled. Finally, the proper design for the power supply of the building is obtained.

**Keywords:** Hybrid Energy System, Wind Turbine, Photovoltaic

## ۱- مقدمه

امروزه، تأمین انرژی مورد نیاز جوامع بشری و نگرانی در مورد تداوم آن از اهمیت خاصی برخوردار است. با توسعه صنعتی جهان و تقاضای روزافزون انرژی از یک سو و محدود بودن و لزوم حفظ منابع سوختهای فسیلی برای نسل های آتی و جلوگیری از خسارات زیست محیطی ناشی از سوختن آن از دیگر سوی، راهی جز روی آوردن به استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر نظیر خورشید و باد را باقی نگذاشته است. در حال حاضر، استفاده از این منابع انرژی در جایگزینی با انرژیهای فسیلی با توجه به ویژگیهای زیست محیطی و اقتصادی آنها یکی از دغدغه های سیاستگذاران بخش انرژی است. از آنجایی که تنها ساختمانها حدود ۴۰٪ از مصرف انرژی کل را به خود اختصاص می‌دهند دیدگاه کلی به این سو می‌باشد که مصارف انرژی ساختمان‌ها از منابع انرژی تجدیدپذیر تامین گردد [۱و۲]. خواستگاه طرح ساختمان انرژی صفر به این معنا که انرژی ساختمانها تماما از منابع انرژی تجدیدپذیر بدست می‌آید نیز به همین دلیل شکل گرفت [۲]. این‌روزها تکنولوژی انرژی تجدیدپذیر باد و خورشید بسیار مورد توجه محققین در این زمینه قرار گرفته است. در طراحی و بهینه سازی سیستم تامین انرژی ساختمان جنبه های مختلفی از جمله اجرای اقتصادی، شرایط محیطی و قابلیت اطمینان در نظر گرفته می‌شود. این بدان معناست که این مشکلات مهندسی نیاز به بهینه‌سازی و شبیه‌سازی دارد. همچنین تحقیقات گسترده‌ای نشان می‌دهد که جایگزینی سلولهای سوختی با توربین بادی، سلولهای فتوولتائیک به همراه ذخیره باتری اضافه، ساختار بهینه‌ای را برای تامین انرژی ساختمان شکل می‌دهد که سیستم انرژی هیبرید نام دارد. سیستم انرژی هیبریدی در مقایسه با نمونه تکی درجه آزادی بیشتری برای تعیین سطح مشارکت هر بخش به منظور افزایش بهینه عملکرد دارد [۳]. این سیستم به علت عدم تولید آلودگی همچنین توجیه اقتصادی، یکی از پرطرفدارترین منابع تولید برق بوسیله انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد. همچنین انتخاب بهینه اندازه و میزان ظرفیت هر المان در سیستم هیبرید مورد توجه محققین بسیاری قرار گرفته است.

میلان [۱] با اجرای یک مدل برنامه خطی، سیستم تامین انرژی تجدیدپذیر ساختمان‌ها را بهینه ساخت. هدف این مدل بر اساس مینیمم هزینه سیستم کار می کند. میلان متد خود را برای ساختمانی در دانمارک به کار برد که شامل سه تکنولوژی کلکتور خورشیدی، پنلهای فتوولتائیک و پمپ گرمایی بود.

داگدوگو [۴] با بکارگیری یک مدل دینامیک سیستم انرژی تجدیدپذیر هیبرید انرژی حرارتی و الکتریکی یک ساختمان را فراهم کرد. مدل بکار گرفته شده یک سیستم هیبرید پیچیده شامل پنلهای فتوولتائیک، توربینهای بادی، کلکتور خورشیدی، شبکه برقی و ابزارهای ذخیره ساز می باشد. در این تحقیق یک مدل کنترل پیشگویانه برای یافتن راه حل بهینه بکار گرفته شده است.

پراساد [۵] با استفاده از نرم افزار شبیه سازی هومر[1] یک سیستم انرژی شامل پنلهای فتوولتائیک، توربین بادی و یک ژنراتور جانشین برای ساختمان ها را ارائه داد این متد بر اساس ارزیابی میزان هزینه کار می کند.

رضایی [۶] یک تحلیل برای مقایسه تعدادی از انتخابهای سیستم انرژی تجدیدپذیر برای چهار ساختمان در کانادا ارائه داد. یک پمپ گرمایی به منظور سرمایش و گرمایش، کلکتور نوری برای گرمایش و آب داغ و پنلهای فتوولتائیک برای تولید الکتریسیته بکار می رود. نتیجه حاکی از آن است که اگر هدف کاهش هزینه باشد هیتر آبی خورشیدی بهترین گزینه است و اگر هدف کاهش تولید دی‌اکسید کربن باشد بهترین گزینه سیستمهای هیبرید است.

فابریزو [۷] یک مدلی به منظور مدلسازی و بهینه سازی سیستم انرژی ساختمانها ارائه داد. این مدل بر اساس میزان مصرف انرژی، هزینه و تولید دی‌اکسید کربن به عنوان معیار طراحی امتحان شده است. اگرچه عدم استفاده از وسایل ذخیره ساز از اشکالات این مدل می‌باشد.

اوکا [۸] از الگوریتم ژنتیک به منظور بهینه‌سازی سیستم انرژی ساختمانها استفاده کرد. هدف اصلی متد او دستیابی به بهترین ترکیب اجزاء، ظرفیت و نقشه اجرا برای تولید سرمایش و گرمایش و بار قدرت ساختمان با در نظر گرفتن مینیمم تولید دی‌اکسید کربن می‌باشد.

هاسون [۹] یک مجموعه شبیه سازی به منظور شناسایی بهترین انتخاب طراحی نیروی ممکن برای ساختمانی در لبنان برای دستیابی به ساختمان انرژی صفر اجرا کرد. هاسون اشکال مختلف نیرو برای تهیه بار الکتریکی با کمترین هزینه شبکه، بیشترین استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و کمترین تولید گازهای گلخانه‌ای را با یکدیگر مقایسه کرد. نتایج، ترکیبی از سلولهای فتوولتائیک، توربین بادی، باتریها، مبدل و ژنراتور دیزلی به عنوان سیستم انرژی تجدیدپذیر بهینه برای بار نهایی ۹۰ *kwh/day* ارائه می‌دهد.

نرم‌افزارهای متعددی برای طراحی و شبیه‌سازی سیستم هیبرید بکار گرفته می‌شود. که یکی از شناخته‌شده‌ترین و پرکاربردترین آنها نرم‌افزار هومر می‌باشد که در این مقاله نیز از آن استفاده شده است. این نرم افزار جهت شبیه سازی و ارزیابی فنی و اقتصادی سیستمهای هیبرید استفاده می شود که کاربر را قادر می سازد تا گزینه های طراحی متفاوت بسیاری طبق اصول تکنیکی و اقتصادی را مقایسه کند، همچنین امکان اعمال تغییرات و عدم قطعیت های فراوانی در ورودیها را فراهم می‌کند. این نرم‌افزار عملکرد یک آرایش خاص سیستم انرژی را برای هر ساعت از سال با تعیین روشهای ممکن تأمین انرژی مورد نیاز و هزینه چرخه عمر آن مدلسازی می‌کند. نرم افزار هومر از معادله‌ی NPC برای هزینه چرخه عمر استفاده می‌کند که شامل هزینه‌های تأسیس اولیه، هزینه جایگزینی، تعمیرات، سوخت، خرید برق از شبکه، جریمه-های ناشی از آلودگی هوا و فروش برق به شبکه است. در محاسبه NPC، تمام هزینه‌ها، مثبت و درآمدها منفی در نظر گرفته می‌شوند. در فرایند شبیه‌سازی هومر تمام حالات ممکن را شبیه‌سازی می‌کند و سپس آنها را طبق NPC مرتب می کند و در نهایت آرایش قابل تحقق توسط کمترین NPC را به عنوان آرایش بهینه معرفی می‌کند.

در این تحقیق به منظور طراحی سیستم انرژی هیبرید ساختمان خوابگاهی در شهر تفرش با ارزیابی میزان برق مصرفی و ویژگی های جغرافیایی منطقه یک مدل تامین انرژی تجدید پذیر هیبریدی شامل توربین بادی، پنلهای فتوولتائیک، باتری ذخیره‌ساز انرژی و مبدل در نظر گرفته شده است و به منظور بهبود اجزاء سیستم هیبرید بر اساس پارامتر هزینه با استفاده از نرم افزار هومر مدلهای پیشنهادی گوناگون سیستم هیبرید بررسی شده و مقرون به صرفه ترین سیستم طراحی شده هیبرید را انتخاب کرده و در نهایت میزان انرژی تولید شده توسط سیستم هیبرید انتخاب شده بررسی خواهد شد.

1.HOMER

## ۲- تعیین بار مصرفی ساختمان

با بررسی های میدانی انجام شده مشخص گردید میزان برق مصرفی متوسط خوابگاه در شهر تفرش در طول شبانه روز مطابق با نمودارنشان داده شده در شکل ۱ می باشد که میزان مصرف کل برق برای ۲۴ ساعت برابر با $KWh$۵۱۹/۸، میزان مصرف در کل ساعات کم بار برابر با $KWh$ ۵۷/۷، در کل ساعات میان بار $KWh$ ۷۶/۹ و درکل ساعات اوج بار برابر $KWh$ ۳۸۵/۲ می-باشد.

## ۳- مشخصات و ویژگی‌های منطقه‌ای

شهر تفرش در ارتفاع ۱۹۸۰ متر از سطح دریا و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و۱۰دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۴۱ دقیقه شمالی قرار دارد. شکل۲ میانگین تابش روزانه بر یک متر مربع در طول ۲۲ سال شهر تفرش را نشان می‌دهد [۱۰].

همان‌گونه که مشاهده می‌شود بیشترین میانگین تابش در ماه Jun در حدود $KW/m^2/day$ ۷/۳۵۷ و کمترین میانگین تابش در ماه Dec در حدود $KW/m^2/day$ ۲/۵۳۹ می‌باشد.

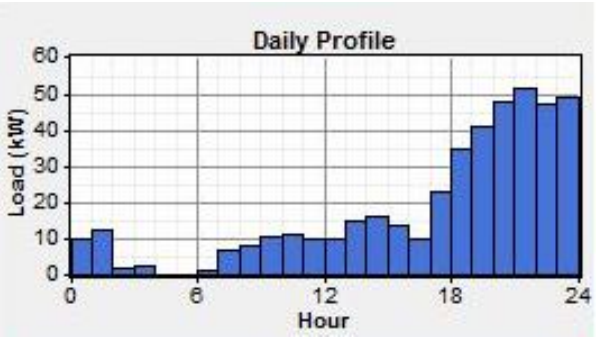
از دیگر ویژگیهای اقلیمی منطقه که باید مورد بررسی قرار گیرد محاسبه میانگین سرعت باد در طی فصول مختلف می‌باشد که با توجه به مختصات جغرافیایی ذکر شده مقدار این پارامتر در طول ۲۲ سال در ارتفاع ۳۰ متری به صورت شکل۳، نمودار سرعت باد در منطقه بر حسب $(m/s)$ در ماه های مختلف، به دست می‌آید که در آن میانگین سرعت باد درسال برابر با $5/16 m/s$ می‌باشد [۱۰].

بررسی‌ها نشان می‌دهد که به طور میانگین سرعت باد در ساعت ۱۶ دارای بیشترین مقدار است.

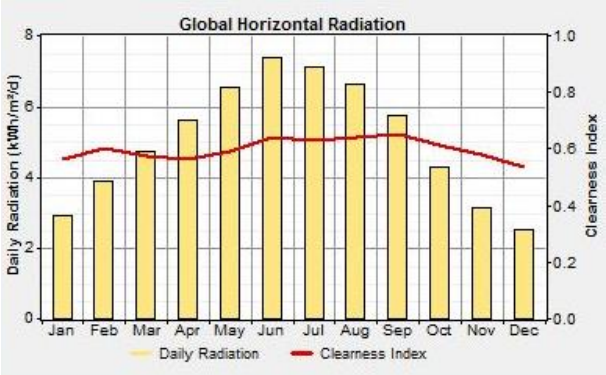
## ۴- مدل منبع انرژی هیبرید

مدل پیشنهادی هیبرید برای تولید انرژی ساختمان، ترکیب سیستم تولید انرژی تجدیدپذیر خورشیدی و بادی می‌باشد که متشکل از آرایه فتوولتائیک، توربین باد، بانک باتری، مبدل و دیگر ابزارهای لازم می‌باشد. یک دیاگرام شماتیک از سیستم ترکیبی فتوولتائیک و باد به همراه سیستم ذخیره باتری در شکل۴ نشان داده شده است.

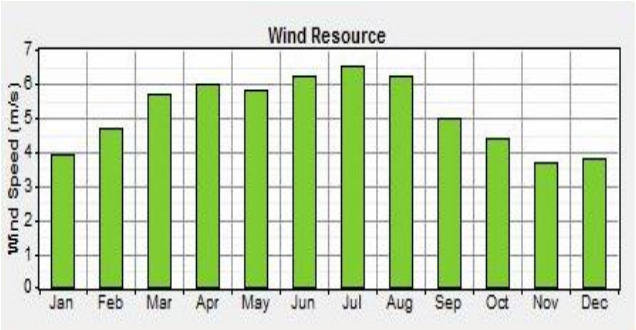
روش عملکرد این سیستم به این صورت است که آرایه فتوولتائیک و توربین باد به طور همزمان بار ساختمان را تامین می‌کنند. توان تولیدی مضاعف بر بار ساختمان در سیستم باتری تا زمان شارژ کامل آن ذخیره خواهد شد و زمانی که میزان انرژی تولیدی در مقایسه با میزان بار مصرفی ساختمان کم باشد انرژی ذخیره شده باتری برای تامین بار ساختمان تا حد مجاز تخلیه خواهد شد.




**شکل۱** میزان برق مصرفی در یک شبانه‌روز




**شکل ۲** نمایی از نمودار تابش خورشید منطقه بر حسب $KW/m^2/day$ در ماه-های مختلف سال




**شکل۳** نمودار سرعت باد منطقه بر حسب (m/s) در ماه های مختلف سال

### ۴-۱- مدل توربین بادی

ساختار توربین بادی شامل یک روتور، به منظور دریافت انرژی بادی بوسیله تبدیل آن به انرژی چرخشی، هم‌چنین یک سیستم چرخدنده، به منظور افزایش سرعت چرخشی روتور، و یک ماشین الکتریکی به منظور تبدیل انرژی مکانیکی به الکتریسیته می‌باشد [۱۱]. توان خروجی توربین بادی بوسیله معادله (۱) بدست می آید [ ۱۲-۱۷].

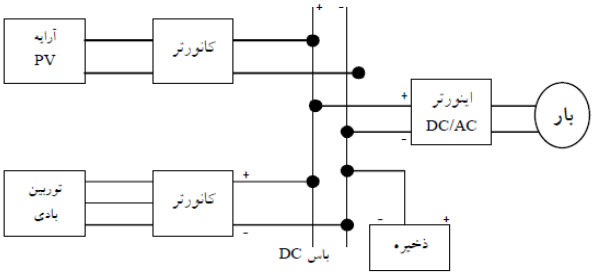
$$P_{WG} = 0.5 C_p(\lambda,\theta)\rho A {V_W}^3 \quad (۱)$$

در این رابطه $PWG$ توان مکانیکی برحسب $(W)$، Cp ضریب عملکرد توربین بادی به صورت تابعی از نسبت سرعت ماکزیمم برحسب $(\lambda)$ و زاویه چرخش $(\theta)$ ، $\rho$ چگالی هوا برحسب $(kg/m^3)$، $A$ سطح در بر گیرنده پره های توربین برحسب $(m^2)$ و $V_W$ سرعت باد برحسب $(m/s)$ می باشد.

توربین بادی مورد استفاده در این شبیه سازی Tridal 20$KW$ می‌باشد.

شکل (۵) توان خروجی توربین بر حسب سرعت باد را نشان می‌دهد. مشاهده می شود توان خروجی توربین، با افزایش سرعت باد از حد مشخصی، ثابت می‌ماند.

مشخصات و پارامترهای توربین بادی استفاده شده در شبیه سازی در جدول۱ بیان شده است [۱۸و۱۴].




**شکل۴** نمای سیستم هیبرید شامل فتوولتائیک و توربین بادی به همراه سیستم ذخیره باتری

**شکل۵** توان خروجی توربین بر حسب سرعت باد

**جدول ۱** مشخصات توربین

| فاکتور | مقدار |
|---|---|
| توان نامی | $20KW$ |
| ماکزیمم توان خروجی | $25KW$ |
| تعداد پره ها | 3 |
| قطر روتور | $10\ m$ |
| سرعت قطع بالا | $50\ m/s$ |
| سرعت قطع پایین | $3\ m/s$ |
| دمای کارکرد( C ) | 50 تا -20 |
| هزینه اولیه | $67900 |
| هزینه نگه داری و عملکرد | $30000 |
| طول عمر | 20 سال |

**۲-٤- منبع انرژی خورشیدی**

انرژی خورشیدی در میان منابع انرژی تجدیدپذیر دیگر دارای قابلیت اطمینان بالا و سازگار محیط زیست می‌باشد [۱۱]. برای تامین انرژی خورشیدی از سیستم پنل های سلولی فتوولتائیک خورشیدی استفاده می گردد. فتوولتائیک مجموعه ای از سلولهای خورشیدی می‌باشد که به طور مستقیم انرژی خورشیدی را به نیروی الکتریکی تبدیل می‌کند [۳]. سلول های خورشیدی از لحاظ فیزیکی شباهت بسیاری به دیودهای p-n دارند. توان تولیدی پنل های خورشیدی از معادله (۲) بدست می اید [ ۱۸-۲۰]

$$P_{PV} = insolation \times \eta_{PV} \times S_{PV} \qquad (۲)$$

که در این رابطه $S_{PV}$ سطح پنل فتوولتائیک بر حسب $(m^2)$ ، $\eta$ بازده پنل فتوولتائیک و تابش نیز بر حسب $(w/m^2)$ می‌باشد. در این معادله از اثر دما بر سطح پنل صرفه‌نظر شده است.

مشخصات پنل‌های فتوولتائیک مورد استفاده در این پژوهش در جدول۲ آمده است.

**۳-۴- باتری**

با وجود اینکه مستقیما از نیروی تولید شده برای مصرف ساختمان استفاده می‌شود ذخیره انرژی باتری ضروری می‌باشد. منابع فتوولتائیک در شب الکتریسیته تولید نمی‌کند. همچنین بار تولید شده در طول روز ممکن است از مقدار تقاضا بیشتر باشد [۱۱]. باتری انتخاب شده از نوع lead-acid می‌باشد، برتری این نوع باتری بر موارد مشابه در راندمان بالا، هزینه پایین و تخلیه خودی کم (کمتر از ۵ درصد در ماه) می‌باشد . عیب اصلی وزن بالای آن است که در سیستم های ساکن قابل چشم‌پوشی است .توان ورودی باتری با توجه به عملکرد شارژ یا دشارژ می‌تواند مثبت یا منفی باشد. میزان توان باتری از معادله (۳) بدست می‌آید [۲۱].

$$P_{BAT} = P_{WG} + P_{PV} - P_{load} \qquad (۳)$$

در این مجموعه از باتری مدل Hoppecke 24 OPzS 3000 استفاده می-شود. باتریهای انتخابی $2v$ و دارای ظرفیت $۳۵۰۰Ah$ می باشند.

قیمت هر یک از باتری ها ۳۰۰ $ و قیمت جایگزین آن ۲۱۵ $ می باشد. هزینه تعمیرات و نگهداری نیز ۲۰ $ درسال در نظر گرفته شده است.

**۴-۴- مبدل**

مبدل در واقع تبدیل کننده برق از نوع DC به AC و یا بالعکس می‌باشد. چون برق حاصل از سلولهای فتوولتائیک نیز باید مطابق با مشخصات نیاز مصرف کننده تأمین شود ، لذا می بایست از مبدل جریان مستقیم به جریان متناوب استفاده نمود. مبدل، ولتاژ DC از ماژولهای خورشیدی را به ولتاژ AC جهت تأمین انرژی مورد نیاز مصرف‌کننده تبدیل می‌کند .

با توجه به مدل توربین انتخابی می‌توان از مبدل مدل typical SMA Windy boy استفاده کرد که برآورد قیمت آن در جدول۳ آورده شده است.

## ۵- نتایج تحلیل سیستم هیبرید

تمام شبیه‌سازیها جهت ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم‌های هیبرید در این پژوهش توسط نرم افزار هومر انجام شده است.

**جدول۲** مشخصات پنل فتوولتائیک

| فاکتور | مقدار |
|---|---|
| تکنولوژی | پلی کریستالین |
| توان استاندارد | $120\ W$ |
| جریان اتصال کوتاه | $5.47\ A$ |
| ولتاژ مدار باز | $29.32\ V$ |
| جریان در توان ماکزیمم | $5.07\ A$ |
| ولتاژ در توان ماکزیمم | $23.66\ V$ |
| هزینه اولیه | $2.5/W$ |
| هزینه نگهداری و عملکرد | $0/year$ |
| عمر مفید | 20 سال |

**جدول۳** هزینه مبدل مدل SMA windy boy

| شماره | نرخ ($kw$) | هزینه ($) |
|---|---|---|
| ۱ | ۲/۵ | ۲۱۴۶ |
| ۲ | ۳ | ۲۳۳۱ |
| ۳ | ۶ | ۴۰۵۳ |

این نرم افزار براساس کمترین هزینه هر کیلووات‌ساعت انرژی تولیدی، حالت‌های مختلفی از تعداد ماژول‌های فتوولتائیک، توربین باد، باتری و مبدل را انتخاب کرده سپس گزینه با کمترین هزینه براساس هر کیلووات‌ساعت به دلار به عنوان گزینه بهینه انتخاب می‌شود.

بررسی اقتصادی سیستم به طور عمده شامل مقایسه میزان انرژی مورد نیاز برای سیستم و همچنین انرژی تولید شده توسط ماژول ها می‌باشد همینطور قیمت تمام شده و محدوده توان تولیدی هر ماژول نیز در این بررسی سهم عمده‌ای دارد.

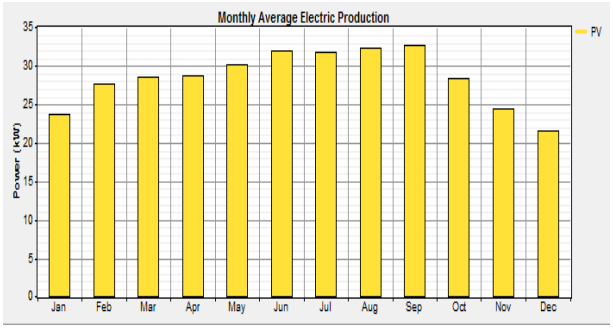
پس از بررسی اقتصادی حالتهای مختلف درنهایت حالت بهینه ای برای سیستم هیبریدی توسط نرم‌افزار مشخص می‌گردد .درجدول۴ تعدادی از حالتهای مختلف مورد بررسی نشان داده شده است.

پس از تحلیل سیستمهای هیبریدی پیشنهادی با توجه به جدول۴ سیستم هیبرید در نظر گرفته شده با توجه به کمترین هزینه شامل ۱۵۰ عدد پنل $1KW$ به همراه ۴۰۰ عدد باتری و مبدل $100KW$ می‌باشد. در واقع به علت قیمت بالای توربین و همچنین سرعت باد موجود در منطقه، در تحلیل نهایی از توربین استفاده نشده است. در شکل ۶ ترکیب تولید برق در ماه های مختلف سال نشان داده شده است که تمام برق تولیدی توسط سیستم هیبریدی پیشنهادی تولید شده است.

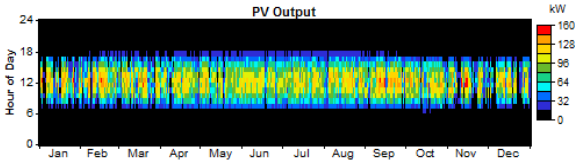
با توجه به شکل ۶ میزان برق تولید شده توسط پنل‌های فتوولتائیک برابر با $KWh/year$ ۲۴۹/۴۰۱ می‌باشد. هم‌چنین در شکل ۷ میزان توان تولیدی از پنل‌های خورشیدی در روزهای مختلف ماههای سال با استفاده از سیستم هیبریدی پیشنهادی نشان داده شده است.

**جدول ۴** نتایج بهینه سازی اقتصادی توسط نرم افزار هومر

| شماره | فتوولتائیک $KW$ | توربین G20 | باتری H3000 | مبدل $KW$ | Tot. NPC ($) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 150 | 0 | 400 | 100 | 667.240 |
| 2 | 175 | 0 | 300 | 100 | 671.227 |
| 3 | 150 | 1 | 300 | 100 | 682.017 |
| 4 | 150 | 0 | 400 | 150 | 695.997 |
| 5 | 150 | 0 | 450 | 100 | 696.497 |
| 6 | 175 | 0 | 300 | 150 | 699.984 |
| 7 | 175 | 0 | 350 | 100 | 700.484 |
| 8 | 150 | 1 | 300 | 150 | 710.774 |
| 9 | 150 | 1 | 350 | 100 | 711.274 |
| 10 | 200 | 0 | 300 | 100 | 733.727 |
| 11 | 150 | 1 | 300 | 200 | 739.530 |




**شکل ۶** ترکیب تولید برق در ماه های مختلف سال




**شکل ۷** میزان توان تولیدی از پنل های خورشیدی در ساعات مختلف روزهای سال

## ۶- نتیجه گیری

در این مقاله مدل بهینه سیستم انرژی هیبرید شامل پنلهای فتوولتائیک، توربین بادی، باتری ذخیره ساز انرژی و مبدل بر اساس پارامتر هزینه طراحی شده است. در ابتدا با توجه به بار مصرفی ساختمان و شرایط جغرافیایی منطقه نوع اجزاء سیستم انرژی هیبرید در نظر گرفته شده تعیین می‌گردد. سپس نحوه ترکیب ابعاد اجزاء سیستم برای تامین برق مصرفی ساختمان بررسی می‌گردد و حالات ممکن براورد هزینه می‌شود. بررسی اقتصادی سیستم به طور عمده شامل مقایسه میزان انرژی مورد نیاز برای سیستم و همچنین انرژی تولید شده توسط اجزاء، همینطور قیمت تمام شده و محدوده توان تولیدی هر قسمت می‌باشد. در نهایت حالت ترکیبی ابعاد سیستم هیبریدی برای تامین انرژی انتخاب می‌شود که کمترین هزینه را در بر داشته باشد. نتیجه حاکی از آن است که سیستم هیبرید در نظر گرفته شده با توجه به کمترین هزینه شامل ۱۵۰ عدد پنل $KW$ ۱ به همراه ۴۰۰ عدد باتری و مبدل $100KW$ می‌باشد. در واقع به علت قیمت بالای توربین و همچنین سرعت باد موجود در منطقه، در تحلیل نهایی از توربین استفاده نشده است. در نهایت نیز میزان برق تولید شده توسط پنل های فتوولتائیک برای تامین انرژی ساختمان نیز بررسی می‌گردد.

باید توجه داشت که هدف از این پژوهش طراحی بهینه سیستم تامین انرژی هیبریدی ساختمان می‌باشد و بنابراین در سیستم پیشنهادی از دیزل ژنراتور استفاده نشده و به همین دلیل تعداد تمام اجزا و ادوات نسبت به حالت با ژنراتور طبیعتا افزایش می‌یابد. علاوه بر آن میزان برق مصرفی ساختمان مورد نظر نیز نسبت به پروژه‌های مشابه زیاد است و در نتیجه هزینه‌ها افزایش چشمگیر خواهد داشت.

## ۷- مراجع

[1] C. Milan, C. Bojesen, M.P. Nielsen. A Cost Optimization Model for 100% Renewable Residential Energy Supply System. *Energy*, Vol. 48, No, 1, pp. 118-127, 2012.

[2] A.J. Marszel, P. Heiselberg, J.S. Bourrelle, E. Musall, K. Voss, I. Sartori, et al. Zero Energy Building-A Review of Definition and Calculation. Methodologies, *Energy Build* Vol. 43, No. 4, pp. 971-979, 2011.

[3] M. Rouholamini, M. Mohammadian. Energy Management of a Grid-Tied Residential-Scale Hybrid Renewable Generation System Incorporating Fuel Sell and Electrolyzer. *Energy and Buildings* Vol. 102, pp. 406-416, 2015.

[4] H. Dagdougui, R. Minciardi, A. Ouammi, M. Robba, R. Sacile, Modeling and Optimization of a Hybrid System for the Energy Supply of a "Green" Building. *Energy Convers Manag* Vol. 64, pp. 351-363, 2012.
[5] S. Prasad, V.K. Reddy, C.H. Saibabu. Integration of Renewable Energy Sin Zero Energy Building with Economical and Environmental Aspect by Using HOMER. *Int J Adv Eng Sci Technol* Vol. 9, No. 2, pp. 212-217, 2011.
[6] B. Rezaie, E. Esmailzadeh, I. Dincer. Renewable Energy Options for Building Case Studies, *Energy Build,* Vol. 43, No. 1, pp. 56-65, 2011.
[7] E. Fabrizo. M. Filippi, J. Virgone. An Hourly Modelling Framework for the Assessment of Energy Sources Exploitation and Energy Converts Selection and Sizing in Buildings. *Energy build,* Vol. 41, No. 10, pp. 1037-1050, 2009.
[8] R. Ooka, K. Komamura. Optimal Design Method for Building Energy Systems Using Genetic Algorithms. *Build Environ* 44 (7) (2009) 1538-1544.
[9] A. Hassoun, I. Dincer. Development of Power System Designs for a Net Zero Energy House. *Energy Build*, Vol, 73, pp. 120-129, 2014.

[10] *NASA Surface Meteorology and Solar Energ,* (http://www.nasa.gov).
[11] M. Abarkan, F. Errahimi, N.K. M'Sirdi, A. Naamene. Analysis of energy consumption for a building using wind and solar energy sources. *Energy procedia* Vol.42, pp. 567-576, 2013.
[12] 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.
[13] A. Kashefi Kaviani, G.H. Riahy, SH.M. Kouhsari. Optimal Design of a Reliable Hydrogen-based Stand-alone Wind/PV Generation System. *Proc. Int. Conf. on Optimization of Electrical and Electronic Equipment,* pp. 413-418, 2008.
[14] M.H. Nehrir. A Course on Alternative Energy Wind/PV/Fuel Cell Power Gerneration, *IEEE Power Engineering Society General Meeting,* pp. 6, 2006.
[15] M. saad Alam, D.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.
[16] C. Wang, and M.H. Nehrir. Power Management of a Stand-Alone Wind/Photovoltaic/Fuel Cell Energy System. *IEEE Trans. on Energy Conservation,* Vol. 23, No. 3, 2008.
[17] L. Wang, C. Singh, PSObased Hybrid Generation System Design Incorporating Reliability Evaluation and Generation/Load Forecasting. *Proc. Int. Conf. on Power Tech,* pp. 1392-1397, 2007.
[18] D.B. Nelson, M.H. Nehrir, C. Wang. Unit Sizing of Stand-Alone Hybrid Wind/PV/Fuel Cell Power Generation Systems. IEEE Power *Engineering Society General Meeting,* Vol. 3, pp. 2116-2122, 2005.

[19] F. Bonanno, A. Consoli, A. Raciti, B. Morgana, U. Nocera. Transient Analysis of Integrated Diese Wind Photovoltaic Generation Systems. *IEEE Trans. On Energy Consversion,* Vol. 14, No. 2, 1999.
[20] T. Zhou, B. Francois. Modeling and control design of hydrogen production process for an active hydrogen/wind hybrid power system. *International Journal of Hydrogen Energy,* Vol. 34, pp. 21-30, 2009.
[21] D. Ipsakisa, S. Voutetakis, P. Seferlis, F. Stergiopoulos, C. Elmasides. Power management strategies for a stand-alone power system using renewable energy sources and hydrogen storage. *International Journal of Hydrogen Energy,* pp. 1-15, 2008.