

طراحی نیروگاه ۰/۵ مگاواتی فتوولتاییک متصل به شبکه در پردیس دانشگاهی

^۱مصطفی اسماعیلی شایان*، ^۲غلامحسن نجفی، ^۳احمد بنکار، ^۴برات قبادیان

چکیده

تاریخ دریافت:
۱۳۹۵/۲/۱۰

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۵/۵/۶

كلمات کلیدی:
معماری پایدار،
نیروگاه فتوولتاییک،

SketchUp,
HelioScope

در استفاده از بام ساختمان‌ها با معماری پایدار به عنوان نیروگاه فتوولتاییک هندسه‌ی ساختمان نقش اساسی دارد. دیوارهای جنوی در ساختمان دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، امکان مناسبی در تولید توان در فصول زمستان و در ساعات اداری (۹ صبح تا ۱۵ بعدازظهر) دارند. نرم افزار SketchUp و HelioScope راهنمای مناسبی چهت تعیین مسیر سایه‌ها در طول سال می‌باشد. داده‌های هواشناسی ایستگاه آکوستیک مهرآباد و ایستگاه مجازی ناسا با دقت بالا قابل استفاده هستند. نیروگاه با داده‌های ایستگاه هواشناسی مهرآباد با عملکرد ۷۷/۷٪ می‌تواند سالانه ۷۳۵/۳ مگاوات و با توجه به ایستگاه مجازی ناسا با عملکرد ۷۹/۸٪ معادل ۲۲۴/۷ مگاوات تولید توان داشته باشد. بیشترین اتلاف توان در بخش دما و کمترین آن مربوط به سیم کشی و عدم تطابق اینورتر می‌باشد.

- دانشجوی کارشناسی ارشد، انرژی‌های تجدیدپذیر، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس mostafa.esmaeili@modares.ac.ir (نویسنده مسئول)
- دانشیار و عضو هیئت علمی، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
- استادیار و عضو هیئت علمی، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
- استاد و عضو هیئت علمی، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۱. مقدمه

پاسخ به نیاز انرژی انسان‌ها، افزایش گازهای گلخانه‌ای به همراه اثرات جبران‌ناپذیر آن‌ها و همچنین محدودیت منابع سوخت‌های فسیلی در جهان سالانه عناوین بسیاری از پژوهش‌ها را به خود اختصاص داده است. مجتمع علمی انرژی خورشیدی را به عنوان منبع انرژی پاک، پایان‌ناپذیر و رایگان پیشنهاد می‌کند[۱-۵] حال آن که محدودیت منابع فسیلی (سوخت‌های فسیلی رایج) و پیامدهای حاصل از تغییرات زیست محیطی و آب و هوایی جهان و همچنین مشکل افت فشار چاههای نفت در سال‌های اخیر منجر به افزایش هزینه‌های حفاری، استخراج و انتقال شده و نیاز به جذب سرمایه‌های سنگین‌تر و ارائه‌ی سود نهایی پایین‌تر شده است [۶]. این چالش فرصت مناسبی را برای رقابت انرژی خورشیدی با انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی خصوصاً در کشورهایی با پتانسیل بالای تابش انرژی خورشیدی ایجاد کرده است. به عنوان مثال به منظور پاسخ‌گویی به نیاز انرژی جهان با در نظر گرفتن تمام تکنولوژی‌ها (TW ۱۴) کافی است ۶٪ از سطح بیابان ساها را در کشور آفریقا با سلول‌های خورشیدی با کمینه عملکرد ۱۰٪ پوشش داده شود [۷]. با توجه به این که کشور ایران ۸ تا ۹ از سال آسمانی صاف دارد، می‌تواند بخش عظیمی از انرژی مورد نیاز خود را از تابش نور خورشید تأمین کند[۸].

هدف از مقاله حاضر بررسی بام دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به عنوان نیروگاهی با قابلیت تولید ۰/۵ مگاوات متصل به شبکه و ارزیابی افت توان در بخش‌های مختلف سیستم و نهایتاً مقایسه‌ی این سایت توسط داده‌های هواشناسی ناسا و ایستگاه هواشناسی مهرآباد با کمک نرم‌افزارهای شبیه‌سازی SketchUp و Helioscope می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی سایت و متغیرهای هواشناسی

ایران با داشتن حدود ۱٪ از جمعیت جهان، حدود ۹٪ از فرآورده‌های نفتی دنیا را مصرف می‌کند^[۶]. اطلس تابشی کشور ایران نشان می‌دهد بیشتر پهنه‌ی جغرافیایی آن در منطقه‌ی گرم و خشک با استعداد بالقوه‌ی بالا در بهره‌برداری از سامانه‌های برق فتوولتاییک است^[۱۰-۱۲].

بیشترین میزان تابش در ایران مربوط به نقاط مرکزی و کمترین آن در قسمت‌های شمالی رخ می‌دهد. با آگاهی از تفاوت تابش در نقاط مختلف کشور، می‌توان ارزیابی دقیق‌تری از محل به کارگیری نیروگاه‌های فتوولتاییک به منظور رسیدن به بیشینه‌ی توان و کمینه‌ی اتلاف توان داشت^[۱۳ و ۱۲].

پردیس دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس واقع در ۱۶ کیلومتری اتوبان تهران-کرج با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی و در ارتفاع ۱۳۵۲ متری سطح دریا قرار گرفته است. کمینه‌ی دمای هوا در این محل ۱۰/۰- درجه سلسیوس و بیشینه‌ی آن به ۴۲/۷ درجه سلسیوس می‌رسد. با توجه به این که مساحت این پردیس حدوداً ۳۷ هکتار و در قسمت مطلوب دریافت انرژی خورشیدی قرار گرفته است (منبع: نوید هوشنگی)، متوسط دریافت انرژی خورشیدی در آن $4/9 \text{ KWh/m}^2/\text{day}$ است^[۱۳]. میانگین سالانه‌ی دمای محیط در ارزیابی موقعیت جغرافیایی و پارامترهای هواشناسی با استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی مهرآباد برابر ۲۱/۲ درجه سلسیوس و با استفاده از داده‌های هواشناسی ناسا ۲۱/۱ درجه سلسیوس بدست آمد.

طراحی سامانه‌ی فتوولتاییک طراحی پنل و اینورتر

سامانه‌ی فتوولتاییک متصل به شبکه شامل مجموعه‌ای از اجزای متعدد از آرایه فتوولتاییک، اینورتر و تجهیزات ارتباط با شبکه تعریف شده است. بدیهی است که همه رشته مازول‌های متصل به ورودی

$$\frac{\text{ولتاژ ورودی نامی اینورتر}}{\text{ولتاژ نامی مازول}} = \frac{480}{28.75} \approx 17$$

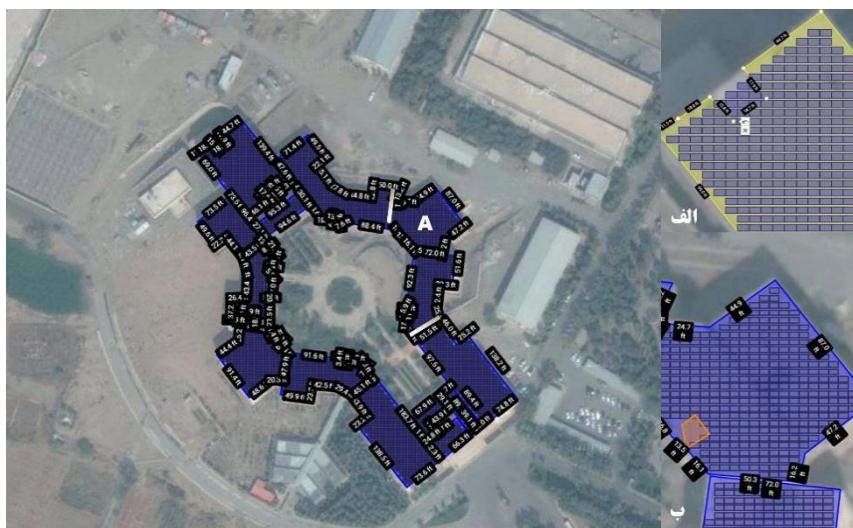
$$\frac{\text{تعداد مازول ها}}{\text{تعداد رشته ها}} = \frac{485}{17} \approx 29$$

البته مشابه محاسبات فوق برای قسمت‌های دیگر نیز به دست خواهد آمد. اما بهترین مسیر سیم کشی توسط نرم افزار HelioScope برای تمام بخش‌های ساختمان به صورت خودکار تعیین می‌گردد و به این ترتیب مجموع پنل‌ها به منظور تأمین توان بیش از $5/400$ مگاوات برابر است با:

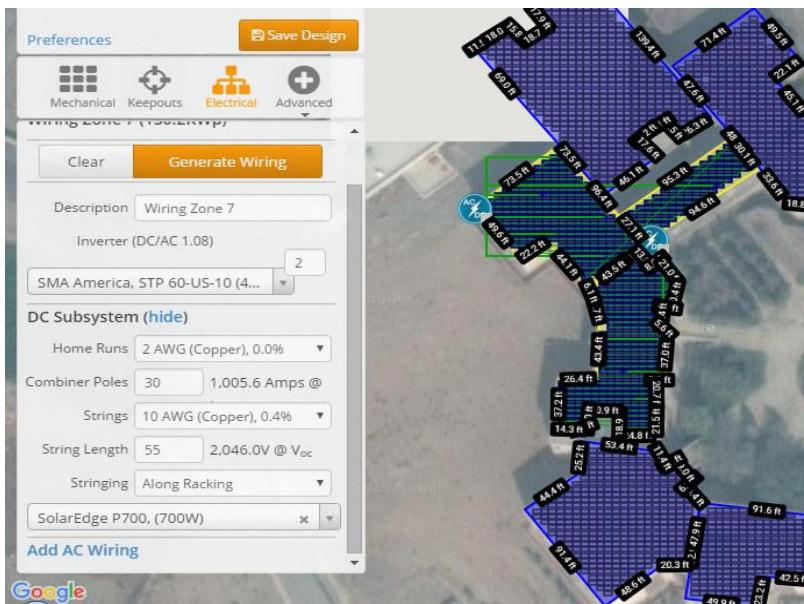
$$0.5 \text{ MW} \div 230\text{W} \approx 2174$$

تعداد پنل‌های جاسازی شده در فضای بام ساختمان‌ها با توجه به حذف مکان‌های غیرقابل استفاده (مسیرهای رفت و آمد و مساحت‌های اشغال شده با تجهیزات دیگر) و بهترین حالت چیدمان مازول‌ها

توسط نرم افزار ۲۰۳۵ بدست آمده است (شکل ۲).



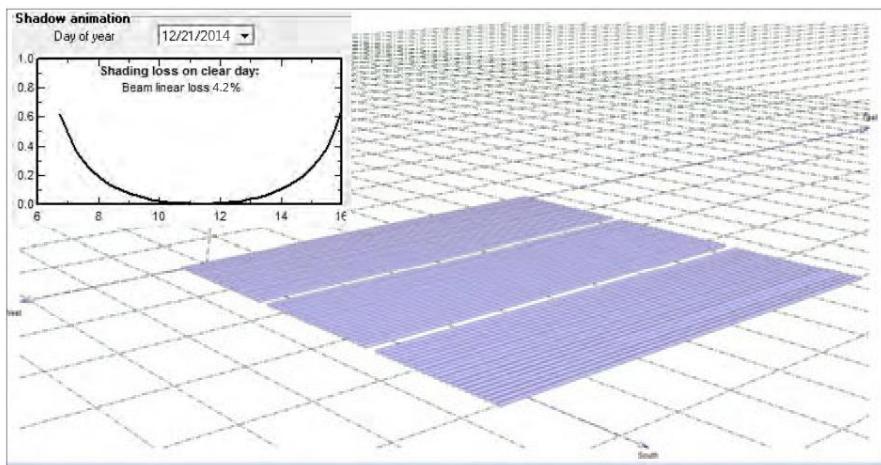
شکل ۲. تقسیم بندی ساختمان‌ها به ۱۳ بخش، الف: حذف مساحت‌های غیر قابل استفاده، ب: حذف مساحت‌هایی که توسط دیگر بنها تحت سایه نیمروزی قرار خواهند گرفت. (محیط نرم‌افزار HelioScope)



شکل ۳. شبیه‌سازی سیم‌کشی‌ها، تعیین اینورتر و مسیرهای بهینه‌ی سیم‌کشی در محیط نرم‌افزار HelioScope

فاصله بهینه پنل‌ها

فاصله بهینه پنل‌ها با توجه به سطح در دسترس در بام سایت اداری دانشگاه کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به میزان حدوداً ۱ هکتار (10146 m^2) و زاویه شیب ۱۵ درجه کاملاً به سمت جنوب انتخاب شد. ابعاد پنل ($1650 \times 992 \times 45 \text{ mm}$) انتخاب شده، بهترین برآش در حالت استقرار افقی تک ردیفه (شکل ۴) به منظور رسیدن به کمینه‌ی سایه و بیشینه عملکرد سطح دارد محاسبه می‌گردد.



شکل ۴. شبیه‌سازی حالت استقرار افقی تک ردیفه و ارزیابی سایه پنل‌ها

همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، میزان سایه مشاهده شده در کوتاه‌ترین روز سال که مایل‌ترین وضعیت تابش خورشید پدید می‌آید و در روزهای دیگر سال طول سایه‌ها کوتاه‌تر خواهد شد. نمودار شکل ۴ نشان می‌دهد در محلی با موقعیت جغرافیایی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس در روز ۲۱ دسامبر (کوتاه‌ترین روز سال) سایه از ساعت ۷ صبح تا کمی پس از ۹ صبح به شکل کاهشی بر روی مجموعه پنل‌ها پدیدار می‌شود و از حدود ساعت ۹:۳۰ تا کمی پیش از ۲ بعدازظهر هیچ سایه‌ای وجود نخواهد داشت. از حدود ۲ بعدازظهر به بعد تا ۴ بعدازظهر که آفتاب در حال غروب است، مجدداً طول سایه رو به افزایش می‌رود.

با توجه به سطح در دسترس در بام ساختمان‌های دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس معادل ۱۰۱۴۶ مترمربع، ضمن حذف فضای غیر قابل استفاده و در نظر گرفتن مسیرهایی برای رفت و آمد (شکل ۲)، ابعاد پنل و همچنین انتخاب زاویه‌ی شب (tilt) معادل ۱۵ درجه، فاصله‌ی بین ردیف‌ها از رابطه (۱) به دست خواهد آمد.

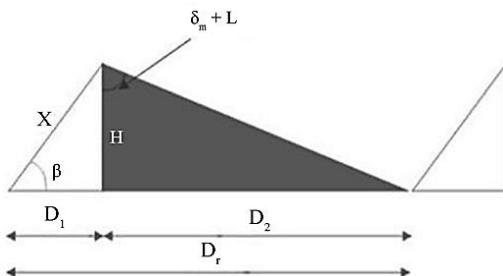
ماه آذر (دسامبر) خورشید در بحرانی‌ترین زمان، در کمینه‌ی ارتفاع و زاویه‌ی ۴۷ درجه قرار دارد، بنابراین با فرض بیشترین طول سایه و عرض جغرافیایی نیروگاه (L) که معادل عرض شمالی $\frac{35}{44}$ می‌باشد، فاصله ایده‌آل بین پنل‌ها با توجه به شکل (۵) محاسبه می‌گردد:

$$D_1 = X \times \cos(\beta) = 1650 \times \cos(15) = 1593,77\text{mm}$$

$$H = X \times \sin(\beta) = 1650 \times \sin(15) = 427,05\text{mm}$$

$$D_2 = H \times \tan(\delta_m + L) = 992 \times \tan(47 + 35.44) = 3217,72\text{mm}$$

$$D_1 + D_2 = 4811,5\text{mm}$$



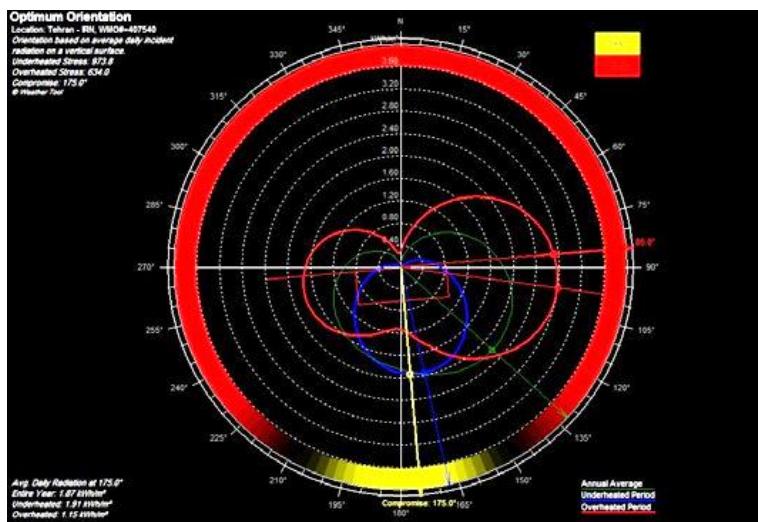
شکل ۵. طول سایه در بحرانی ترین زمان و فاصله‌ی بین پنل‌ها

اگر فاصله‌ی بهینه‌ی بین ردیف‌ها (D_2) معادل ۳ متر در نظر گرفته شود، آن گاه تلفات حاصل از سایه‌اندازی در نیروگاه معادل $4/2$ درصد و از تعداد پنل‌های مورد نیاز (با مشخصات جدول ۱) جهت تامین توان $/۵$ مگاوات (۲۱۷۴ عدد) تعداد ۲۰۳۵ عدد آن در موقعیت بهینه قرار خواهد گرفت.

هندرسه ساختمان

شهر تهران از نظر اقلیمی در منطقه نیمه خشک قرار داشته و از تابش سالانه‌ی مناسبی برخوردار است. بر اساس اطلاعات سازمان هواشناسی استان تهران، میانگین ساعتی آفتابی سالانه در ایستگاه مهرآباد تهران (فاصله‌ی ۱۶ کیلومتر از دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس) طی دوره‌ی آماری، برابر ۳۰۲۵ ساعت به ثبت رسیده است [۱۶].

طراحی ساختمان اداری پردیس دانشگاهی سعی در ایجاد ساختمانی با معماری پایدار، ضمن حفظ نشان‌واره‌ی اصلی دانشگاه داشته است. تحلیل پلان ساختمان با توجه به انرژی حرارتی خورشید در عرض $۳۵/۴۴$ و طول جغرافیایی $۵۱/۱۰$ همانند نتایج منبع [۱۷]. بوده و با توجه به تشابه طول و عرض جغرافیایی قابل تعمیم می‌باشد.



شکل ۶. جهت‌گیری بهینه حاصل از تحلیل نرم‌افزار اکونکت [۱۶].

با توجه به شکل ۶ و تعمیم تحلیل نرم‌افزار اکونکت بر ساختمان اداری منبع [۱۶] در همان طول و عرض جغرافیایی می‌توان نکات مهم زیر در مورد ساختمان اداری پردیس دانشگاهی با هندسه‌ی خاص را استنتاج کرد:

دیوارهای جنوبی بیشترین تابش آفتاب را در مهرماه (اکتبر) به میزان ۹۰ کیلووات ساعت بر مترمربع و کمترین مقدار آن در خداداده (ژوئن) به میزان حدود ۲۱ کیلووات ساعت بر مترمربع دریافت می‌کند. این دیوارها از شهریور تا اسفند، تابش آفتاب را از طلوع تا غروب دریافت می‌کنند و نیاز به مصرف انرژی بیشتر به جهت تهویه مطبوع را افزایش می‌دهد.

- دیوارهای غربی بیشترین مقدار تابش آفتاب را در خداداده (ژوئن) به میزان ۵۲ کیلووات ساعت بر مترمربع و کمترین مقدار آن در آذرماه (دسامبر) به میزان حدود ۸ کیلووات ساعت بر مترمربع دریافت می‌کنند.

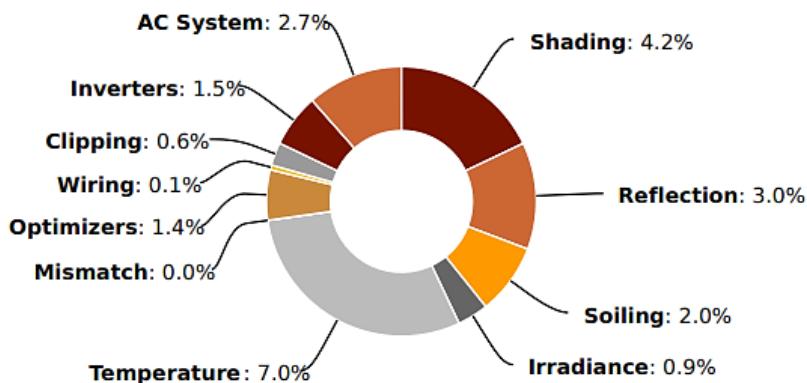
- دیوارهای شمالی فقط بین فروردین تا شهریورماه صبح زود و آخرین ساعت‌های بعدازظهر در معرض تابش آفتاب قرار می‌گیرند.

- دیوارهای شرقی بیشترین مقدار تابش آفتاب را در مردادماه (اوی) به میزان حدود ۸۰ کیلووات ساعت بر مترمربع و کمترین مقدار آن را در آذرماه (دسامبر) به میزان حدود ۱۳ کیلووات ساعت بر مترمربع دریافت می‌کنند، این دیوارها از طلوع آفتاب تا ساعت ۱۲:۳۰ پرتو آفتاب را دریافت می‌کنند.
- دیوارهای جنوب شرقی و جنوب غربی در فصل زمستان بیشتر از تابستان در معرض تابش آفتاب قرار می‌گیرند. در تابستان بیشینه‌ی تابش آفتاب به دیوارهای جنوب شرقی بین ۸ تا ۹ صبح و به دیوارهای جنوب غربی بین ساعت ۳ تا ۴ بعدازظهر می‌تابد. در فصل زمستان این ساعتها به ترتیب ۹ تا ۱۰ صبح و ۲ تا ۳ بعدازظهر است.
- سطح بام و دیگر سطوح مسطح ساختمان‌ها، در تابستان بیشترین و در زمستان کمترین مقدار تابش مستقیم آفتاب را دریافت می‌کنند، این مقدار در زمستان حتی کمتر از مقدار تابشی است که دیوارهای جنوب شرقی و جنوب غربی در این فصل دریافت می‌کنند.

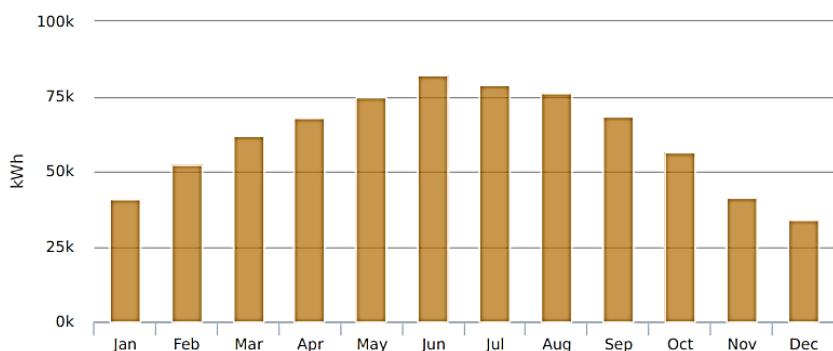
۳. نتایج و بحث

با کمک هندسه‌ی ساختمان‌ها دریافت شده از بخش Geo-Location نرمافزار SketchUp و تحلیل آن توان کل قابل استحصال از بام ساختمان‌های اداری در حالت DC را معادل ۴۶۸/۱ kW توان AC با نسبت بار ۸۷٪ میزان ۵۴۰ kW نشان می‌دهد. همچنین قابلیت تولید توان سالانه این مجموعه ۷۳۵/۵ MWh و عملکرد آن ۷۹/۸٪ برای داده‌های هواشناسی ایستگاه ناسا با فاصله‌ی ۱۰ کیلومتر از موقعیت نیروگاه (دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس) و قابلیت استحصال توان از بام در حالت DC معادل ۴۶۸/۱kW و توان AC معادل ۵۴۰ kW با عملکرد نهایی ۷۸/۷٪ برای داده‌های ایستگاه هواشناسی مهرآباد با فاصله‌ی ۱۶ کیلومتر از دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به دست آمد.

نمودار شکل ۷ و شکل ۸ به ترتیب نشان‌دهنده‌ی اتلاف بخش‌های مختلف در نیروگاه و قابلیت تولید توان به تفکیک ماهانه می‌باشد.



شکل ۷. اتلاف توان بخش‌های مختلف نیروگاه



شکل ۸. نمودارهای عملکرد تولید توان در ماههای مختلف سال

نمودارهای شکل ۶ به خوبی نشان می‌دهد بیشترین اتلاف توان در بخش دما بوده و این بخش متأثر از داده‌های هواشناسی می‌باشد ضمن این که به جهت رسیدن به بیشینه‌ی عملکرد نیروگاهی در بام سایت اداری دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس نیاز به تعیین فاصله محدود ردیف‌های پنل-ها (۳۰۰ سانتی‌متر) و همپوشانی قاب آن‌ها (با رعایت فاصله‌ی ۸/۰ سانتی‌متر) بوده است، این امر موجب کم شدن جریانات همرفتی و نهایتاً اتلاف دمایی بیشتر گردیده است.

کمترین میزان اتلاف در قسمت سیم‌کشی‌ها و عدم تطابق است، این موضوع نشان می‌دهد انتخاب اینورترها، مسیرهای سیم کشی و حذف مساحت‌های غیرقابل درسترس به درست بوده و هر بخش ساختمان‌ها می‌تواند از ترانسفورماتور نزدیک به بام خود، لود الکتریکی AC مورد نیاز خود را دریافت کند.

۵. تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله نویسنده‌گان این تحقیق از همه‌ی استادی گروه معماری و برق دانشگاه تربیت مدرس که در پیشبرد اهداف پژوهشی این تحقیق کمک و یاری داشتند، همچنین از دانشگاه تربیت مدرس به جهت در اختیار قرار دادن داده‌های مربوط به هندسه‌ی ساختمان کمال تشکر را دارند.

منابع

- [۱] اکبری، ح. "طراحی ساختمان اداری با صرفه جویی انرژی با استفاده از نرم افزارهای شبیه سازی." دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر تهران، تهران، ۱۳۹۰.
- [۲] کاظمی کارگر، حسین و مهدی نوروزی، پنل‌های فتوولتاییک، آشنایی، اصول و طراحی، تهران: آزاد کتاب، ۱۳۸۹.
- [۳] صالحی قلعه سفید س. س. م. دهقانی، ع. ر. توکلی و م. ارفاق، "مطالعه تاثیر شرایط محیطی بر روی بازده سلول‌های خورشیدی در استان خوزستان و ارائه راهکارهایی برای بهبود عملکرد آن‌ها" پژوهه تحقیقاتی شرکت برق منطقه‌ای خوزستان، خوزستان، ۱۳۹۱-۱۳۹۰.
- [۴] اکرامی ع. و م. صادقی، "ازیابی اقتصادی توسعه نیروگاه‌های خورشیدی با توجه به ملاحظات زیست محیطی،" فصل نامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۰، pp. 44-51. ۱۳۸۷ تابستان.
- [۵] عتابی ف.، ا. موسی زاده نمینی و آ. رسولی، "کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای با استفاده از سیستم‌های فتوولتاییک در ساختمان‌های مسکونی،" در نخستین همایش ملی انرژی باد و خورشید، تهران، ۱۳۹۰.

- [۶] بهادری نژاد م. و ح. ا. صفرزاده، "طراحی یک ساختمان بی نیاز از انرژی فسیلی در تهران(ساختمان سبز)،" در دومنین همایش بین المللی بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران، ۱۳۸۱.
- [۷] جوادی م، ا. جلیل وند، ر. نوروزیان و م. ولی زاده، "طراحی بهینه و مدیریت هوشمند انرژی سیستم هیبرید مستقل از شبکه برای مناطق روسایی" نشریه انرژی ایران، جلد ۱۳، شماره ۴، ۱۳۸۹
- [۸] شمس. م. ح، م. کیا و ب. مهدوی، "مطالعات طراحی بهینه یک نیروگاه فتوولتائیک ۱۰۰ کیلوواتی متصل به شبکه در تهران با استفاده از نرم افزار PVsyst" نشریه انرژی ایران، شماره ۲، ۱۵- ۳۰، ۱۳۹۲
- [۹] ربیعی م، "تامین سه درصد از کل انرژی کشور با منابع تجدید پذیر،" ماهنامه بین المللی آموزشی، پژوهشی تحلیل و اطلاع رسانی پیام سبز، شماره ۱۰۶، ۱، آبان ۱۳۹۱
- [۱۰] شفیعی م، ر. فیاض و ش. حیدری، "فرم مناسب ساختمان بلند برای دریافت انرژی تابشی در تهران،" نشریه انرژی ایران، جلد ۱۶، شماره ۴، ۱۳۹۲، pp. 47-60.
- [۱۱] محمودی م، صادقی م. ت. و ف. فرهادپور، "شناسایی رژیم‌های جریان دو فازی و محاسبه افت فشار در چاههای تحت فرازآوری با گاز،" نشریه پژوهش نفت، شماره ۶۸، صفحه ۵۷-۷۰، ۱۳۹۰
- [۱۲] هوشنگی ن، ع. ا. آل شیخ و ح. هلالی، "بررسی منطقه ای پتانسیل تابش خورشیدی با ارزیابی و بهینه سازی روش‌های درون یابی در سطح کشور،" جلد سال چهارم، ۱-۱۶، pp. زمستان ۱۳۹۳
- [13] IEA, "weo2010," 2010. [Online]. Available: <http://www.iea.org/weo2010>.
- [14] <http://www.epia.org>.
- [15] IEA, "weo2014," 2014. [Online]. Available: <http://www.worldenergyoutlook.org>.
- [16] Eric M., "Renewable Energy Markets In Developing Countries" Renewable Energy World, vol. 6, pp. 309-348, 2002.
- [17] Mirzahosseini S. A. and T. Taheri, "Environmental, Technical and Financial feasibility study of Solar Power Plant by RET Screen, According to the Targeting of Energy Subsidies in Iran" Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 16, no. 5, pp. 2806-2811, 21 march 2012.
- [18] <http://www.yinglisolar.com/>.
- [19] http://www.files.sma.de/dl/25977/STP60-US_EXP_DUS151619W.pdf.
- [20] <http://www.RETScreen.net>.

- [21] Burger B. and R. Ruter, "Inverter sizing of grid-connected photovoltaic systems in the light of local solar resource distribution characteristics and temperature" vol. 80, pp. 32-45, 2006.
- [22] Pavan A. M., A. Mellit and D. De Pieri, "The effect of soiling on energy production for large-scale photovoltaic plants" vol. 85, pp. 1128-1136, May 2011.
- [23] Hussam S. M., "Design and Implementation of a Solar Power System in Rural Haiti" MMIV, 2004.