



آنالیز اقتصادی، شبیه‌سازی و مقایسه نیروگاه‌های خورشیدی متصل و غیر متصل به شبکه

بهشاد شیشه‌بر^۱، علیرضا سرایی^{۱*}، محمدرضا کلایی^۲، حسین احمدی‌دانش‌آشتیانی^۱

۱. گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران
۲. گروه مهندسی شیمی و پلیمر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: A_Saraei@azad.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۳

چکیده

در این مقاله، به شبیه‌سازی و مقایسه نیروگاه خورشیدی متصل و غیر متصل به شبکه برای یک ساختمان اداری دو طبقه در شهر تهران با استفاده از نرم‌افزار PVsyst پرداخته شده است. نیروگاه خورشیدی مذکور از لحاظ تولید انرژی و آنالیز اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته و شبیه‌سازی نیروگاه‌های خورشیدی از طریق این نرم‌افزار انجام شده است. این ساختمان از لحاظ تعداد تجهیزات زیر ساختی، عملکرد سیستم، هزینه اجرا و همچنین مساحت کل نیروگاه بررسی شده است. نتیجه نشان می‌دهد که نیروگاه خورشیدی غیر متصل به شبکه از لحاظ مساحت بزرگتر و از لحاظ هزینه گران‌تر از نیروگاه متصل به شبکه است، اما از لحاظ عملکرد با توجه به ذخیره‌سازی انرژی حتی در روزهای ابری و بارانی، نیروگاه متصل به شبکه کیفیت مناسب‌تری نسبت به نیروگاه غیر متصل به شبکه از نظر تولید برق در این ساختمان اداری را دارا می‌باشد.

کلمات کلیدی: انرژی خورشیدی، نیروگاه خورشیدی، نیروگاه متصل به شبکه، نیروگاه غیر متصل به شبکه

مقدمه

احداث نیروگاه‌های خورشیدی در اقلیم‌های مناسب از جهت تابش نور خورشید بسیار مهم و پر کاربرد بوده است، به طوری که نیاز به سوخت‌های فسیلی و تولید برق از طریق نیروگاه‌ها به روش‌های سنتی را از بین برده است. کشور ایران یک منطقه بسیار خوب از لحاظ جغرافیایی است که میزان متوسط تابش در مناطق مختلف آن بر اساس استاندارد STC ۴۳۶ وات بر متر مربع می‌باشد [۱]. همچنین از لحاظ احداث نیروگاه‌های خورشیدی بسیار مناسب و با صرفه اقتصادی خوب بوده است به طوری که ایران در یک دهه گذشته از لحاظ احداث نیروگاه خورشیدی پیشرفت چشمگیری داشته و چندین نیروگاه با ظرفیت‌های بالا در شهرهای مختلف آن احداث و به شبکه توزیع برق انتقال یافته است. این نیروگاه‌ها علاوه بر جلوگیری از آلودگی محیط زیست و انتشار کربن دی‌اکسید به محیط و تخریب لایه اوزون، سبب بازگشت سرمایه در مدت زمان اندکی می‌گردد. مارسل سیگال و همکاران [۲] به مقایسه بین یک سیستم خورشیدی شبیه‌سازی شده و یک نمونه واقعی نیروگاه غیر متصل^۱ به شبکه در کشور اندونزی پرداختند. در این شبیه‌سازی از نرم‌افزار پی وی سیستم^۲ استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که شبیه‌سازی نرم‌افزار با خطای بسیار کمی نسبت به نمونه واقعی انجام شده است. سوجت کشارونی و همکاران [۳] به طراحی و شبیه‌سازی یک نیروگاه خورشیدی متصل به شبکه^۳ در شهر متورا در کشور هند پرداختند. در این شبیه‌سازی ۱۰۰ مگاوات برق تولیدی به شبکه توزیع برق اضافه شده و راندمان نیروگاه در حدود ۷۵ درصد برآورد گردید. دیرلیک و همکاران [۴] به مقایسه نتایج نرم‌افزارهای شبیه‌سازی پی وی سول^۴، پی وی سیستم و هامر^۵ با اطلاعات واقعی انرژی تولیدی از نیروگاه‌های خورشیدی در شهرهای مختلف ترکیه پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که دقت نرم‌افزار پی وی سیستم به نسبت دو نرم‌افزار دیگر با توجه به شرایط آب و هوایی

¹ Off-Grid

² PVsyst Software

³ On-Grid

⁴ PVsol Software

⁵ Homer Software



ترکیه بیشتر بوده است. اسپینا و همکاران [۵] به شبیه‌سازی یک نیروگاه خورشیدی ۴۸ کیلوواتی غیر متصل به شبکه در کشور فیلیپین با استفاده از نرم‌افزار پی وی سیستم پرداختند. فیض و همکاران [۶] به مدل‌سازی و شبیه‌سازی یک نیروگاه فتوولتائیک به ظرفیت ۳ مگاوات در کشور پاکستان با استفاده از نرم‌افزار پی وی سیستم پرداختند. کومار و همکاران [۷] به طراحی و شبیه‌سازی یک سیستم فتوولتائیک غیر متصل به شبکه با استفاده از نرم‌افزار پی وی سیستم پرداختند. ستیج و همکاران [۸] به شبیه‌سازی یک نیروگاه خورشیدی ۲۰۰ کیلوواتی در شهر دبی با استفاده از نرم‌افزار پی وی سیستم پرداختند. نتایج نشان می‌دهد در ساعاتی که تابش خورشید وجود دارد با توجه به موقعیت جغرافیایی شهر دبی راندمان نیروگاه خورشیدی نزدیک به ۱۰۰ درصد بوده است. در مقاله ایشان، همچنین به بررسی پارامترهای تاثیر گذار از جمله تابش نور خورشید، زاویه پنل‌ها نسبت به زمین و تاثیر شرایط محیطی پرداخته شده است. نتایج تحقیق آنها نشان می‌دهد با توجه به هزینه احداث نیروگاه غیر متصل به شبکه، بهتر است از این نیروگاه در مناطقی با دستیابی به انرژی محدود استفاده گردد. سوالمیا و همکاران [۹] به شبیه‌سازی یک نیروگاه خورشیدی متصل به شبکه به ظرفیت ۱۵ کیلوواتی با استفاده از نرم‌افزار پی وی سیستم پرداختند. سام معینی و همکاران [۱۰] به برآورد تابش خورشید در ایران با استفاده از یک مدل بهینه پرداختند. در پژوهش ایشان تابش خورشید و ایجاد سایه اندازی مورد مطالعه قرار گرفته شده است. چودر و همکاران [۱۱] به بررسی و مدل‌سازی یک نیروگاه خورشیدی متصل به شبکه بر اساس تاثیر پارامترهای اصلی مانند پنل بر راندمان نهایی نیروگاه پرداختند. نتایج این بررسی نشان داده که انتخاب درست تجهیزات باعث کاهش در هزینه‌ها و افزایش تولید انرژی توسط نیروگاه با راندمان بالاتر شده است. محمد [۱۲] به بررسی مدل‌سازی و شبیه‌سازی پنل‌های خورشیدی فتوولتائیک با استفاده از نرم‌افزار متلب پرداخته است. نتایج به دست آمده از نرم‌افزار را با با حالت واقعی مقایسه کرده که نتایج با خطای بسیار کمی حاصل شده است.

در این مقاله به شبیه‌سازی نیروگاه‌های متصل به شبکه و غیر متصل به شبکه برای یک ساختمان اداری دو طبقه در شهر تهران با استفاده از نرم‌افزار پی وی سیستم پرداخته شده است. نتایج هر کدام از نیروگاه‌ها از نظر انرژی تولید شده، راندمان عملکرد و هزینه مورد بررسی قرار گرفته است.

بیان مسئله

شهر تهران با توجه به موقعیت جغرافیایی که دارد بیشتر روزهای سال آفتابی و دارای تابش خورشید می‌باشد. بدین جهت، احداث نیروگاه‌های خورشیدی در این شهر می‌تواند از لحاظ تولید انرژی مناسب و مفید باشد. این شهر دارای عرض جغرافیایی ۳۵/۷ و طول جغرافیایی ۵۱/۴ می‌باشد. اولین گام جهت شروع شبیه‌سازی اطلاعات در مورد وسایل برقی مصرفی در ساختمان اداری می‌باشد. اطلاعات از نوع وسایل، توان مصرفی هر وسیله، تعداد وسایل و همچنین میزان ساعت مصرف وسایل در ساختمان ضروری است و بدون داشتن آن‌ها شبیه‌سازی مقدر نمی‌باشد. در جدول شماره (۱) تعداد وسایل، ظرفیت و میزان ساعت مصرفی هر وسیله به تفکیک بیان شده است.

جدول ۱: وسایل مصرفی موجود در ساختمان

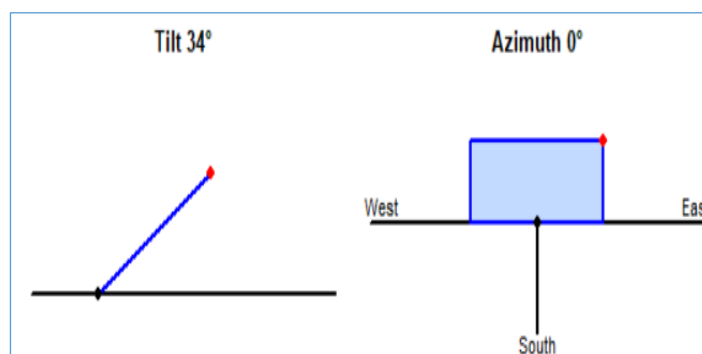
توان مصرفی در طول یک ساعت	ساعت مصرف (ساعت)	تعداد	توان مصرفی (W)	وسایل مصرفی در ساختمان
۳۰۰	۹	۳۰	۱۰	لامپ ۱۰ وات
۲۴۰	۹	۲	۱۲۰	تلویزیون و گیرنده دیجیتال
۱۱۰۰	۹	۲	۵۵۰	کولر آبی ۵۵۰۰
۵۶۰۰	۹	۴	۱۴۰۰	کولر گازی ۱۸۰۰۰
۶۰۰	۹	۶	۱۰۰	لپ تاپ
۹۰۰	۹	۶	۱۵۰	کامپیوتر
۲۴۰۰	۸	۲	۱۲۰۰	یخچال هتلی ۹ فوت
۱۱۱۴۰				مجموعه توان مورد نیاز برای هر ساعت مصرف وسایل (W)



با توجه به مجموع توان‌های مورد نیاز برای وسایل مصرفی که معادل ۱۱۱۴۰ وات شده است، یک نیروگاه متصل به شبکه با ظرفیت ۱۲ کیلو وات باید طراحی گردد تا بتواند در طول ساعت‌های ۸ صبح تا ۱۷ بعد از ظهر توان مصرفی این وسایل برقی که طبق جدول شماره (۱) بیان شده است، تامین نماید.

نیروگاه متصل به شبکه

با توجه به موقعیت جغرافیایی محل مورد نظر و میزان تابش آن بهترین زاویه جهت نصب پنل بر طبق اطلاعات نرم‌افزار ۳۴ درجه می‌باشد.



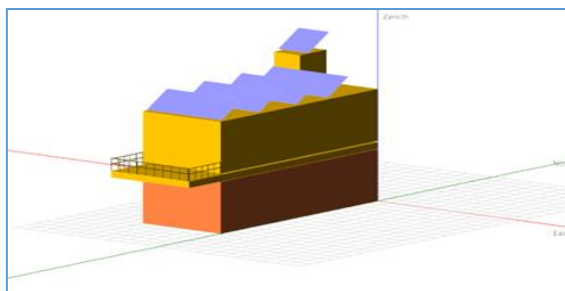
شکل ۱: نحوه قرار گیری پنل و زاویه نصب

نیروگاه ۱۲ کیلوواتی از ۲۲ پنل ۵۵۰ وات و یک اینورتر متصل به شبکه ۱۲ کیلو واتی تشکیل شده است. محاسبه قیمت تجهیزات شامل سازه، پنل و اینورتر در شکل (۲) نشان داده شده است.

Description	Quantity	Unit price	Total	
PV modules			3,127.74	USD
AE 550MD-144	22.00	110.94	2,440.68	USD
Supports for modules	22.00	31.23	687.06	USD
Inverters			2,089.00	USD
SUN2000-12KTL-M2-380V	1.00	2,089.00	2,089.00	USD
Other components			0.00	USD
Studies and analysis			0.00	USD
Installation			0.00	USD
Insurance			0.00	USD
Land costs			0.00	USD
Loan bank charges	0.00	0.00	0.00	USD
Taxes			0.00	USD
Total installation cost			5,216.74	USD

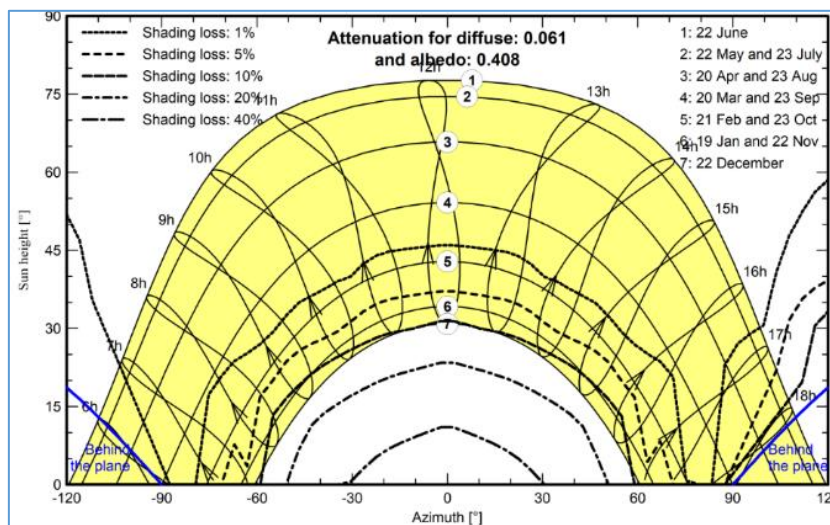
شکل ۲: محاسبه هزینه نیروگاه متصل به شبکه با نرم‌افزار پی وی سیستم

هزینه اجرای نیروگاه متصل به شبکه معادل ۵۲۱۶/۷۴ دلار می‌باشد. علاوه بر هزینه‌های فوق می‌توان سایر هزینه‌ها که شامل اتصالات مانند کابل، کانکتور و جعبه برق است به هزینه نهایی اضافه نمود. اما در این تحقیق، صرفاً تجهیزات اصلی نیروگاه مورد محاسبه قرار گرفته شده است. با توجه به مشخص شدن تعداد تجهیزات و نوع قرارگیری پنل‌ها، شکل و نمای ساختمان در شکل (۳) نمایش داده شده است.



شکل ۳: نمای کلی از چیدمان پنل‌ها برای نیروگاه متصل به شبکه

مسیر حرکت خورشید برای نیروگاه متصل به شبکه در شکل (۴) نمایش داده شده است.



شکل ۴: مسیر حرکت خورشید در طول سال

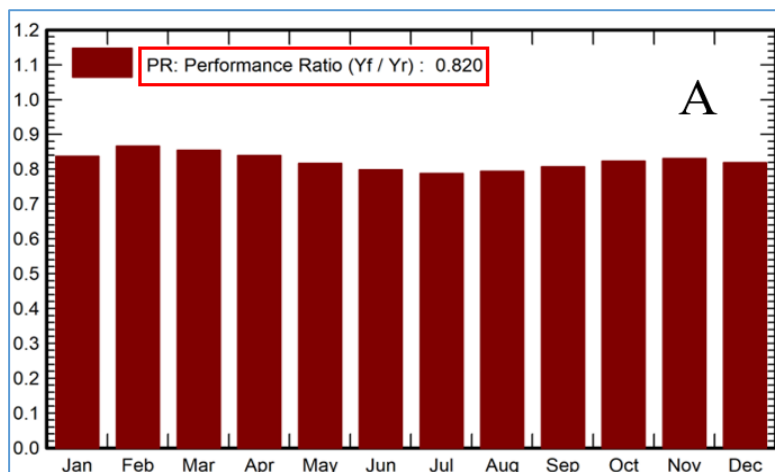
نتایج در قالب پارامترهای مختلف برای ماه‌های مختلف سال در قالب جدول (۲) ارائه شده است. این نتایج از طریق نرم افزار استخراج شده است.

جدول ۲: تراز انرژی و نتایج اصلی خروجی از نرم افزار پی وی سیستم

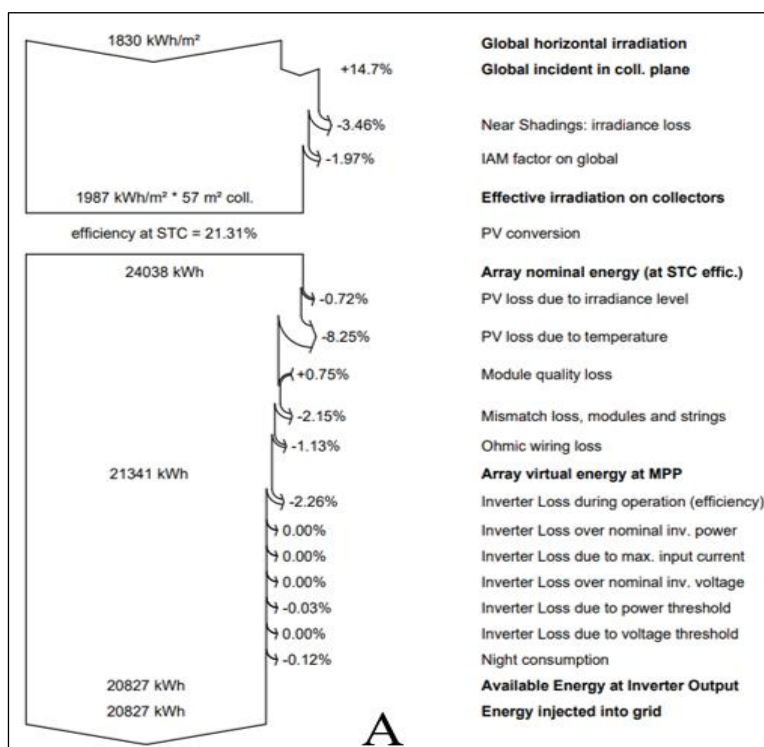
ماه میلادی	GlobHor ($\frac{kWh}{m^2}$)	DiffHor ($\frac{kWh}{m^2}$)	T_Amb (c)	GlobInc ($\frac{kWh}{m^2}$)	GlobEff ($\frac{kWh}{m^2}$)	EA rray (kwh)	E_Grid (kwh)	PR ratio
ژانویه	۸۱/۴	۳۲/۹۳	۴/۷۶	۱۳۰/۵	۱۱۷/۰	۱۳۵۴	۱۳۲۱	۰/۸۳۷
فوریه	۹۷/۸	۳۳/۰۰	۶/۹۸	۱۳۹/۳	۱۳۲/۰	۱۴۹۶	۱۴۶۰	۰/۸۶۶
مارچ	۱۴۱/۹	۵۳/۲۲	۱۲/۵۶	۱۷۰/۹	۱۶۴/۳	۱۸۰۹	۱۷۶۶	۰/۸۵۴
آوریل	۱۷۳/۷	۶۵/۲۳	۱۷/۴۷	۱۸۴/۵	۱۷۶/۸	۱۹۱۷	۱۸۷۲	۰/۸۳۹
مه	۲۰۹/۰	۷۸/۶۱	۲۳/۶۱	۱۹۹/۶	۱۹۰/۷	۲۰۲۱	۱۹۷۱	۰/۸۱۶
ژوئن	۲۲۳/۴	۷۴/۰۱	۲۸/۵۸	۲۰۱/۷	۱۹۲/۵	۱۹۹۸	۱۹۴۹	۰/۷۹۸
ژوئیه	۲۲۱/۵	۷۵/۴۸	۳۱/۴۶	۲۰۵/۵	۱۹۶/۴	۲۰۰۹	۱۹۵۹	۰/۷۸۸
اوت	۲۰۹/۳	۶۹/۸۳	۳۰/۴۸	۲۱۳/۵	۲۰۵/۰	۲۱۰۳	۲۰۵۲	۰/۷۹۴
سپتامبر	۱۷۳/۸	۴۶/۸۷	۲۶/۰۱	۲۰۴/۸	۱۹۷/۵	۲۰۴۷	۲۰۰۰	۰/۸۰۷
اکتبر	۱۳۱/۴	۳۵/۹۸	۱۹/۸۶	۱۷۹/۲	۱۷۲/۰	۱۸۲۹	۱۷۸۵	۰/۸۲۳
نوامبر	۹۱/۴	۳۳/۳۲	۱۱/۱۱	۱۴۳/۰	۱۳۰/۷	۱۴۷۱	۱۴۳۶	۰/۸۳۰
دسامبر	۷۵/۲	۲۷/۳۰	۶/۱۳	۱۲۶/۷	۱۱۱/۷	۱۲۸۸	۱۲۵۶	۰/۸۱۹
سال	۱۸۲۹/۹	۶۲۵/۷۷	۱۸/۳۱	۲۰۹۹/۲	۱۹۸۶/۷	۲۱۳۴۱	۲۰۸۲۷	۰/۸۲۰



نسبت عملکرد^۱ سیستم به طور متوسط در طول سال برابر ۰/۸۲ می باشد. انرژی وارد شده به شبکه^۲ در طول یک سال برابر با ۲۰۸۲۷ کیلو وات ساعت می باشد. مجموع انرژی تولیدی توسط پنل‌های خورشیدی^۳ در طول یک سال برابر با ۲۱۳۴۱ کیلو وات ساعت می باشد. همچنین میزان تابش کلی خورشیدی بر روی سطح پنل^۴ در طول یک سال معادل ۱۸۲۹/۹ کیلو وات ساعت بر متر مربع می باشد. در شکل‌های (۵) و (۶) به ترتیب، عملکرد نیروگاه خورشیدی متصل به شبکه برای ماه‌های مختلف سال و دیاگرام تلفات انرژی نیروگاه متصل به شبکه از نرم‌افزار استخراج شده است.



شکل ۵: عملکرد نیروگاه متصل به شبکه در ماه‌های مختلف سال



شکل ۶: دیاگرام تلفات انرژی برای نیروگاه متصل به شبکه

¹ Performance Ratio (PR)² E_Grid³ EArray⁴ GlobHor



نیروگاه غیر متصل به شبکه

برای بدست آوردن ظرفیت یک نیروگاه غیر متصل به شبکه باید تعداد وسایل، ظرفیت هر وسیله و ساعت مصرف برق هر کدام از وسایل مشخص شده باشد. ظرفیت کلی نیروگاه از رابطه (۱) بدست می‌آید:

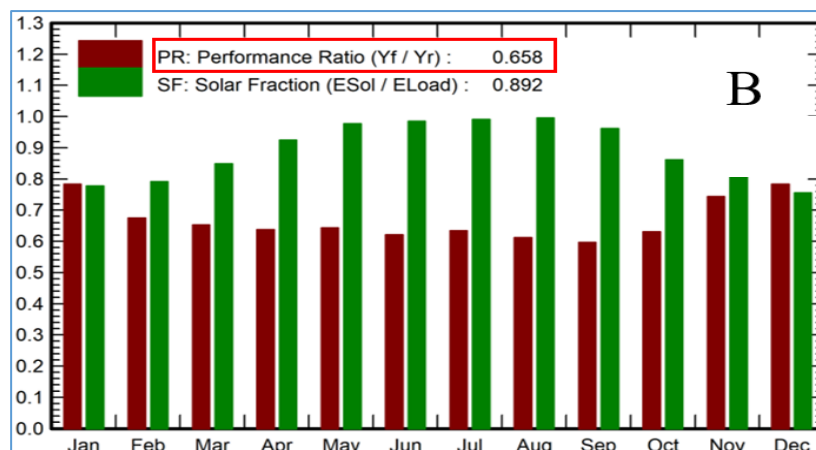
$$\sum_{i=1}^{\infty} (n_i \times W_i \times h_i) \quad (1)$$

در این رابطه n تعداد وسیله، W میزان توان مصرفی هر وسیله و h مدت زمان استفاده از هر وسیله بر حسب ساعت می‌باشد. با توجه به جدول (۳)، مجموعه ظرفیت کلی نیروگاه غیرمتصل به شبکه برابر $\frac{Wh}{day}$ ۹۷۸۸۴ می‌باشد.

جدول ۳: میزان مصرف برق دستگاه‌ها در طول شبانه روز

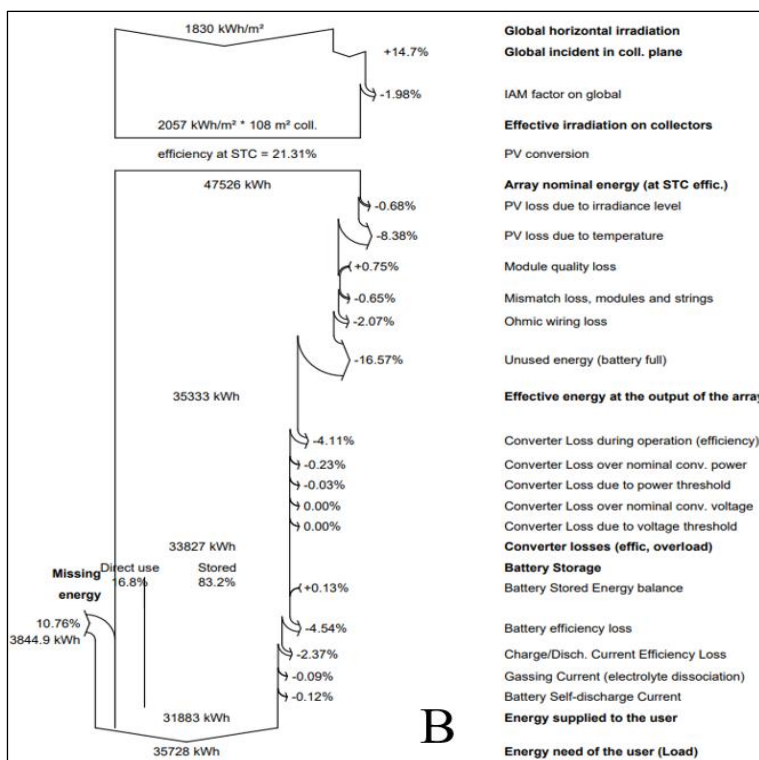
تجهیزات	تعداد تجهیزات	توان (w)	ساعت مصرف (h)	انرژی (wh/day)
لامپ	۳۰	۱۰	۹	۲۷۰۰
تلویزیون	۲	۱۲۰	۹	۲۱۶۰
کولر آبی	۲	۵۵۰	۹	۹۹۰۰
یخچال	۲	۱۲۰۰	۸	۱۹۲۰۰
کامپیوتر	۶	۱۵۰	۹	۸۱۰۰
کولر گازی	۴	۱۴۰۰	۹	۵۰۴۰۰
لپ تاپ	۶	۱۰۰	۹	۵۴۰۰
انرژی کلی مورد نیاز روزانه				۹۷۸۸۴

با توجه به اطلاعات جدول (۳)، نیروگاه خورشیدی منفصل از شبکه دارای ظرفیت ۲۳/۱ کیلوواتی می‌باشد که احتیاج به ۴۲ عدد پنل ۵۵۰ وات و ۱۰۰ عدد باتری ۱۰۰ آمپر ساعت ۱۲ ولت دارد. تعداد باتری‌ها با توجه به ظرفیت عمق تخلیه^۱ ۸۰ درصد انتخاب شدند. این نیروگاه شامل اینورتر و کنترل شارژر نیز می‌باشد. ولی برای کاهش هزینه‌ها از ۲ عدد سانورتر ۸ کیلوواتی (۴۸ ولت - ۱۵۰ آمپر) استفاده شده است. هزینه احداث نیروگاه غیر متصل به شبکه براساس هزینه تجهیزات اصلی نیروگاه شامل استراکچر برای پنل خورشیدی، پنل خورشیدی، باتری و سانورتر می‌باشد که معادل ۲۶۹۳۰ دلار برآورد می‌گردد. در شکل‌های (۷) و (۸) به ترتیب، عملکرد کلی نیروگاه خورشیدی غیر متصل به شبکه برای ماه‌های سال و دیاگرام تلفات انرژی برای نیروگاه خورشیدی غیر متصل به شبکه از نرم‌افزار استخراج شده است.



شکل ۷: عملکرد نیروگاه غیر متصل به شبکه در ماه‌های مختلف سال

¹ Depth of Discharge(DOD)



شکل ۸: دیاگرام تلفات انرژی برای نیروگاه غیر متصل به شبکه

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصله می‌توان نتیجه گرفت، زاویه تابش برای هر دو نیروگاه ۳۴ درجه می‌باشد که برای هر دو نیروگاه بهترین حالت ممکن انتخاب شده است. با توجه به نتایج عملی به دست آمده بهترین زاویه تابش برای شهر تهران در بهترین حالت ممکن ۳۲ درجه می‌باشد. مساحت اشغال شده توسط پنل‌ها در نیروگاه متصل به شبکه ۵۷ مترمربع و در نیروگاه غیر متصل به شبکه ۱۰۷ مترمربع می‌باشد. در نیروگاه متصل به شبکه نرخ عملکرد سیستم برابر با ۰/۸۲ است ولی در نیروگاه خورشیدی غیر متصل به شبکه برابر با ۰/۶۵۸ می‌باشد که نشان می‌دهد نیروگاه خورشیدی متصل به شبکه در شهر تهران و برای ساختمان اداری دو طبقه عملکرد بهتری خواهد داشت. از طرفی، بر طبق محاسبات نرم‌افزار، هزینه اجرای نیروگاه متصل به شبکه ۵۲۱۶/۷۴ دلار و هزینه اجرای نیروگاه غیر متصل به شبکه معادل ۲۶۹۳۰ دلار می‌باشد. از لحاظ هزینه، احداث و راه اندازی نیروگاه خورشیدی غیر متصل به شبکه ۵/۱۶ برابر نیروگاه خورشیدی متصل به شبکه می‌باشد که این اختلاف هزینه به دلیل استفاده از باتری سولار، سانورتر و تعداد بیشتر پنل ۵۵۰ وات نسبت به نیروگاه متصل به شبکه می‌باشد.

مراجع

- [1] Alamdari, P., Nematollahi, O., Alemrajabi, A.A., (2013). Solar energy potentials in Iran: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21, pp 778-788.
- [2] Siregar, M., Pardosi, C.H., Bachri, K.O., Nur, T., Pandjaitan, L.W., (2024). Comparison of Actual Results and PVSyst Simulation in the Design of Off-Grid Solar Power Generation System (PLTS) in Karuni Village, Southwest Sumba. *Jurnal Elektro Vol*, 17(1), pp 1-12
- [3] Kesharvani, S., Nanda, I., Qasem, A., Sarathe, S., Verma, V., Dwivedi, G., (2024). Designing and simulation of a grid-connected solar plant in Mathura city region employing PVsyst. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*, p 09544089241239323.



- [4] Dirlik, E.E., Gezeğin, C., Mohammadi, S.A.D., (2023). Comparison of pvsyst, pvsol and homer simulation software results with real production data of solar power plants in different provinces of Turkey. *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 12(2), pp 2357-2364.
- [5] Espina, R.U., Enano, N.H., Descalsota, E.E., Occidental, J.T., (2022). Modeling and simulation of a 48-kW off-grid solar-PV power system using PVSyst, pp 1-11
- [6] Faiz, F.U.H., Shakoor, R., Raheem, A., Umer, F., Rasheed, N., Farhan, M., (2021). Modeling and analysis of 3 MW solar photovoltaic plant using PVSyst at Islamia University of Bahawalpur, Pakistan. *International Journal of Photoenergy*, 2021(1), p 6673448.
- [7] Kumar, R., Rajoria, C.S., Sharma, A., Suhag, S., (2021). Design and simulation of standalone solar PV system using PVsyst Software: A case study. *Materials Today: Proceedings*, 46, pp 5322-5328.
- [8] Satish, M., Santhosh, S., Yadav, A., (2020). February. Simulation of a Dubai based 200 KW power plant using PVsyst Software. In 2020 7th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN), pp 824-827
- [9] Soualmia, A., Chenni, R., (2016). November. Modeling and simulation of 15MW grid-connected photovoltaic system using PVsyst software. In 2016 International renewable and sustainable energy conference (IRSEC), pp 702-705
- [10] Moieni, S., Javadi, S.H., Kokabi, M., Nanshadi, M., (2010). Estimating the Solar Radiotion in Iran by Using the Optimal Model. *Iranian Journal of Energy*, 13(2), pp 1-10.
- [11] Chouder, A., Silvestre, S., Sadaoui, N., Rahmani, L., (2012). Modeling and simulation of a grid connected PV system based on the evaluation of main PV module parameters. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 20(1), pp 46-58.
- [12] Mohammed, S.S., (2011). Modeling and Simulation of Photovoltaic module using MATLAB/Simulink. *International Journal of Chemical and Environmental Engineering*, 2(5), pp 350-355