

طراحی و تجزیه تحلیل یک سیستم فتوولتائیک ۳۰ کیلوواتی متصل به شبکه با کمک نرم افزار PVsyst

ثنا صادقی^۱

۱- مربی - عضو هیئت علمی - گروه مهندسی برق - دانشگاه فنی و حرفه ای - تهران - ایران

s.sadeghi@tvu.ac.ir

چکیده: امروزه به دلایل مختلفی چون افزایش قیمت حامل های انرژی، افزایش میزان آلاینده های زیست محیطی، بکارگیری منابع انرژی تجدید پذیر در تولید انرژی الکتریکی رو به افزایش می باشد. از میان سیستم های انرژی تجدید پذیر، سیستم های فتوولتائیک به دلیل پایداری، طول عمر بالا و همچنین هزینه های سرویس و نگهداری پایین از محبوبیت گسترده ای برخوردار می باشند. بنابراین ارزیابی عملکرد آن ها جهت درک جنبه های مختلف مربوط به عملکرد آن ها ضروری می باشد چرا که عدم توجه به این مهم در استفاده از این دست منابع نه تنها مفید واقع نخواهد شد بلکه ممکن است متحمل هزینه های جبران ناپذیر اقتصادی نیز بشود. جهت پیشگیری از این مشکل نرم افزار های متعددی برای شبیه سازی و بررسی پیش از احداث واحدهای تولید انرژی الکتریکی ارائه شده است. در این مقاله با کمک داده های هواشناسی دقیق از جمله میزان تابش سالیانه و همچنین دمای محیط مورد بررسی و نیز با استفاده از نرم افزار PVsyst شبیه سازی جهت امکان سنجی نصب یک واحد تولیدی فتوولتائیک 30KW متصل به شبکه در یک مرکز آموزشی پرداخته شده است. نتایج شبیه سازی نشان داد که استفاده از منابع خورشیدی جهت تولید انرژی الکتریکی در این محل مناسب می باشد.

واژه های کلیدی: سیستم فتوولتائیک، نیروگاه خورشیدی، زاویه تابش، پنل خورشیدی، PVsyst

نوع مقاله: پژوهشی

DOI: 10.61186/jiaeee.20.4.2627

تاریخ ارسال مقاله : ۱۴۰۱/۰۴/۱۶

تاریخ پذیرش مشروط مقاله: ۱۴۰۱/۱۲/۲۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۲/۱۰

نام نویسنده ی مسئول: ثنا صادقی

نشانی نویسنده ی مسئول: ایران - همدان - کیلومتر ۲ جاده شورین - دانشگاه فنی و حرفه ای واحد استان همدان - آموزشکده شهید مفتاح

۱- مقدمه

امروزه استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک برای تولید انرژی الکتریکی بسیار فراگیر شده است. این افزایش عمدتاً به دلیل کمبود منابع انرژی دیگر از جمله سوخت‌های فسیلی و همچنین آلاینده‌گی آنها و نیز قیمت بالای آنها می باشد. بنابراین نیاز به تغییر منابع قابل اعتماد و پایدار مثل سیستم‌های فتوولتائیک احساس می شود. [۱]. استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک جهت تولید انرژی الکتریکی در کشور ما رو به افزایش می باشد. همچنین با توجه به پتانسیل بالای کشور ایران در بهره مندی از انرژی خورشیدی و همچنین سیاست‌گذاری های کلان اقتصادی در استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر پیشبینی می شود استفاده از این سیستم ها در آینده افزایش یابد. با این حال در ایران، ظرفیت PV در حدود ۳۶۵ مگاوات است، که کم‌تر از ۰٫۵٪ کل مصرف انرژی کشور است [۲]. این در حالی است که بیشتر شهرها در ایران پتانسیل انرژی خورشیدی بسیار بالایی دارند. عملکرد پنل های فتوولتائیک به شدت به شرایط آب و هوایی و منطقه ای وابسته می باشد. میزان تابش خورشید و دمای محیط از جمله مهمترین عوامل در عملکرد پنل های خورشیدی می باشد [۳]. همچنین مقالات بسیاری در مورد عملکرد نامطلوب پنل های خورشیدی در دمای بالا نگاشته شده است [۴-۶]. از جمله عوامل موثر دیگر در عملکرد پنل های خورشیدی ذرات معلق موجود در فضا می باشد. وجود گرد و خاک باعث کاهش راندمان پنل های خورشیدی می شود. تحقیقات نشان داده است که گرد و غبار می تواند باعث کاهش ۱٫۵ تا ۶٫۲ درصدی راندمان سالانه یک پنل خورشیدی شود که این میزان می تواند در مناطق بیابانی و دارای گرد و غبار تا ۳۰ درصد کاهش هم برسد [۱۰-۱۷]. از جمله موارد موثر دیگر در عملکرد پنل‌های خورشیدی رطوبت می باشد که میزان اثر گذاری آن در مقالاتی چون [۱۱] بررسی شده است. یکی از مشکلات استفاده از انرژی خورشیدی ماهیت متناوب آن است و تابش خورشید را برای ساعات محدودی در طول روز دریافت می کنیم. حتی با این وجود توزیع انرژی برای یک مکان خاص، باز هم در طول سال متفاوت است. این بر میزان برق تولید شده از یک سیستم انرژی خورشیدی تأثیر می گذارد [۱۲]. تکنیک طراحی و نصب همراه با کیفیت تجهیزات مورد استفاده نیز بر خروجی کلی پنل PV تأثیر می گذارد. برای نصب یک نیروگاه خورشیدی، تشخیص ویژگی های خاص این ناحیه مانند عرض جغرافیایی، شرایط آب و هوایی، میانگین تابش روزانه، زاویه انحراف، زاویه آزیموث، و غیره مهم است. این عوامل به شدت بر خروجی کلی تولید شده از یک سیستم فتوولتائیک تأثیر می گذارند. هدف این تحقیق ارزیابی بلند مدت عملکرد سیستم‌های فتوولتائیک در غرب ایران است که سیستم مورد مطالعه یک فضای آموزشی در شهر همدان بوده و شبیه سازی با استفاده از نرم افزار کاربردی PVsyst صورت گرفته است. PVsyst ابزار مدلسازی مورد استفاده مهندسين و محققين برای مشخص کردن اینکه چه

میزان انرژی خورشیدی می تواند از یک مکان خاص به کار گرفته شود، می باشد و از آن برای تجزیه و تحلیل سیستم‌های متصل به شبکه و منفصل از شبکه و همچنین سیستم‌های پمپاژ خورشیدی استفاده می شود. با توجه به این واقعیت که پژوهش‌های کمی در مورد این موضوع در فضاهای آموزشی در غرب ایران و حتی کل کشور وجود دارد، داده‌های این تحقیق می تواند منبع خوبی برای محققان علاقه مند به تجزیه و تحلیل عملکرد سیستم‌های فتوولتائیک در آب و هوای مشابه باشد.

۲- روش طراحی

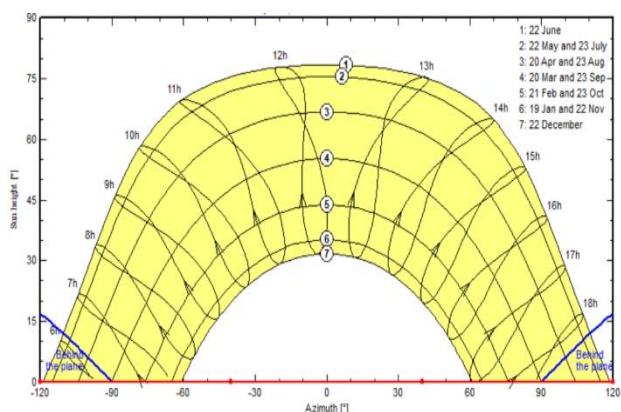
در این مقاله، ابتدا با استفاده از نرم افزار PVsyst 7.2 پس از تعیین موقعیت جغرافیایی پروژه داده های هواشناسی منطقه استخراج می شود. سپس زاویه نصب پنل‌ها ی فتوولتائیک تعیین می شود. در ادامه به تعیین نوع پنل ها و انتخاب اینورتر بر اساس توان نامی می پردازیم و سپس سایر تجهیزات مورد نیاز انتخاب می شود. در ادامه نحوه چیدمان آرایه ها با توجه به توان نامی اینورتر مشخص می گردد. و در انتها پس از اتمام تعیین ورودی های سیستم، به اجرای شبیه سازی می پردازیم. مراحل فوق در شکل شماره ۱ نمایش داده شده است.



شکل (۱): مراحل طراحی پروژه

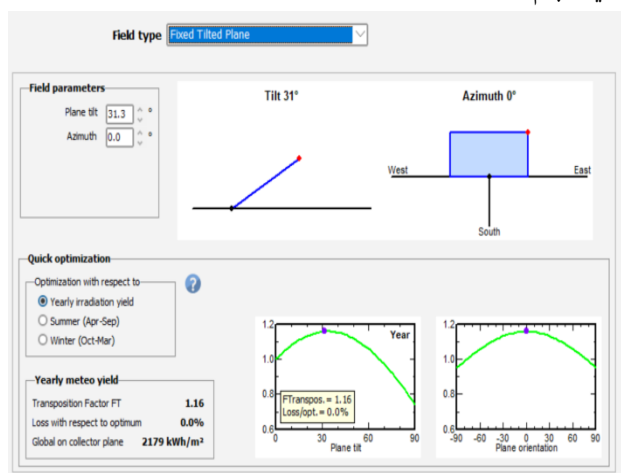
۲-۱- نرم افزار PVsyst

PVsyst به عنوان یکی از نرم افزارهای شبیه سازی استاندارد در نظر گرفته می شود و توسط اکثر مهندسين در سراسر دنیا مورد استفاده قرار گرفته شده است. چون نتایج سریع و مفیدی را ارائه می دهد. این



شکل (۲): مسیر تابش خورشید

بدیهی است که خورشید با توجه به عرض های جغرافیایی مختلف و همچنین زاویه های مختلفی که نسبت به محل شبیه سازی دارد، با کیفیت های مختلفی نور به سطح پنل های می تاباند. جهت دقیقتر شدن شبیه سازی می توان با تنظیم دقیق ازیموث یا همان سمت و سوی پنل به خورشید و ارتفاع تابش بر حسب درجه، به محاسبات سایه نیز پرداخت و در واقع شبیه سازی دقیقی با در نظر گرفتن اثر سایه انجام داد.



شکل (۳): تنظیم زاویه و جهت نصب پنل

پس از بررسی زوایای مختلف مشاهده می شود که زاویه مناسب قرارگیری پنلهای خورشیدی تقریباً برابر با عرض جغرافیایی یا حدوداً چهار یا پنج درجه کمتر از آن می باشد. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می شود، زاویه ۳۱٫۳ درجه باعث حصول کمترین میزان تلفات شده است که حدوداً سه درجه از عرض جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (34.83°E) کمتر می باشد. همچنین به دلیل قرارگیری کشور ایران در نیمکره شمالی، بهترین حالت زمانی رخ می دهد که جهت پنل ها به سمت جنوب باشد تا زمانی که خورشید در حال طلوع از شرق به غرب می باشد، بیشترین میزان تابش حاصل شود.

نرم افزار با استفاده از مطالعه دقیق و صریح بر روی پارامترهای متعدد که بر کارایی یک سیستم تاثیر می گذارند، از جمله میزان تابش خورشید، دمای محیط، سرعت باد، و پارامترهای فیزیکی صفحات PV به شبیه سازی می پردازد. علاوه بر این، توانایی انجام تخمین های تناوبی و تولید گزارش را دارد. دقت نرم افزار PVsyst بسیار بالا بوده و نتایج به مقادیر واقعی بسیار نزدیک است.

۲-۲- مختصات جغرافیایی و شرایط جوی منطقه مورد مطالعه

سیستم مورد مطالعه در این پژوهش، دانشگاه پیام نور مرکز همدان واقع در مختصات به طول و عرض جغرافیایی به ترتیب 48.52°N و 34.83°E می باشد. با استفاده از نرم افزار PVsyst اطلاعات هواشناسی این منطقه از جمله میزان تابش خورشید، دمای هوا، سرعت وزش باد و سایر موارد استخراج شده و در جدول شماره ۱ آورده شده است.

جدول (۱): اطلاعات هواشناسی منطقه مورد مطالعه

ماه های سال	Gh (Kwh/m ²)	Gd (Kwh/m ²)	متوسط دما (°C)	سرعت متوسط باد (m/s)
January	88.1	31.7	-2	1.7
February	105.1	35.8	1.3	2.5
March	142.8	58.4	7.7	3.3
April	173.9	70.0	12.0	3.2
May	216.6	75.8	17.0	2.6
June	236.4	64.3	22.3	2
July	228.6	62.8	26.3	2.1
August	208.3	66.4	25.5	2
September	179.3	46.3	20.1	1.8
October	134.1	41.6	14.3	1.9
November	93.0	29.9	6.3	1.5
December	77.8	28.9	1.4	1.5
year	1884.0	611.9	12.7	2.2

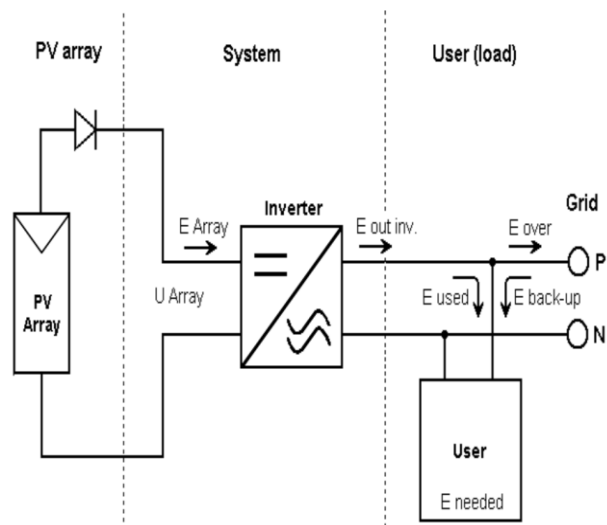
که G_d و G_h در جدول شماره ۱ به ترتیب تابش افقی جهانی و تابش پراکنده افقی می باشند.

۲-۳- تنظیم زاویه و جهت مناسب نصب پنل

عملکرد بهینه پنل های خورشیدی به تنظیم دو فاکتور مهم بستگی دارد. اول جهت گیری مناسب و دوم شیب یا زاویه مناسب. مسیرهای مختلف تابش خورشید در ساعات مختلف روز در شکل ۲ نمایش داده شده است. کاربرد اصلی این منحنی نشان دهنده میزان دقیق دسترسی نور خورشید می باشد.

۴-۲- اجزای تشکیل دهنده سیستم فتوولتائیک

شماتیک کلی یک سیستم فتوولتائیک در شکل شماره ۴ نمایش داده شده است.



شکل (۴): شماتیک کلی یک سیستم فتوولتائیک

همانطور که در شکل ۴ مشاهده می شود، یک سیستم فتوولتائیک شامل پنل‌های خورشیدی، دیود جهت جلوگیری از بازگشت جریان به پنل‌ها و تغییر رنگ آن‌ها، اینورتر جهت تبدیل جریان مستقیم به متناوب، کنتور جهت سیستم‌های متصل به شبکه و کابل‌های ارتباطی و در نهایت مصرف کننده یا شبکه می باشد [۱۳]. مشخصات اجزای تشکیل دهنده سیستم مورد مطالعه در این پژوهش در جدول شماره ۲ آورده شده است.

جدول (۲): مشخصات اجزای تشکیل دهنده سیستم مورد مطالعه

Module Type	Si-Poly
Load	Grid-connected
Total Nominal Power	30kw
PV Module	Yingli Solar 250Wp
Inverter	Growatt New Energy, 25kw, 200-1000 50-60Hz
Module Area	166 m ²
Load	Grid-connected

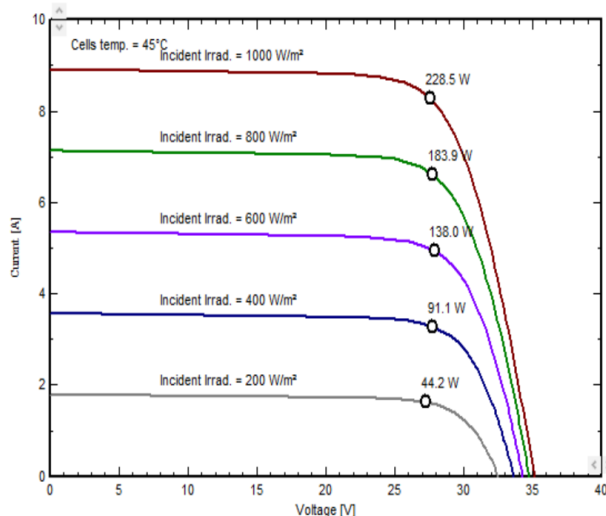
۵-۲- راندمان پنل‌های فتوولتائیک

راندمان پنل‌های خورشیدی از رابطه (۱) به صورت زیر به دست می آید:

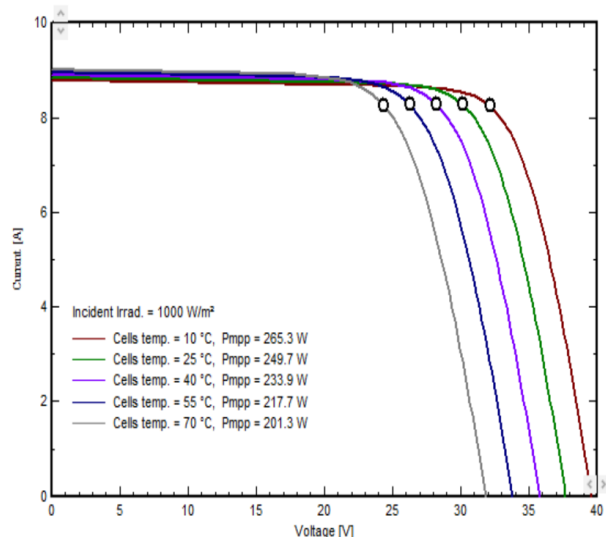
$$\eta_{Arrays} = \frac{E_{actual}}{G_{total}} \quad (1)$$

که E_{actual} انرژی تزریق شده به شبکه و G_{total} میزان تابش نهایی در کلکتور می باشد. شکل ۵ ارتباط بین میزان تابش و ولتاژ و جریان خروجی پنل خورشیدی یا به عبارتی توان خروجی را نشان می دهد. همانطور که در این شکل دیده می شود، در یک دمای ثابت، با افزایش میزان تابش، جریان افزایش می یابد. اما برای یک میزان تابش ثابت،

تقریباً با افزایش ولتاژ مقدار جریان تغییر خاصی نکرده اما در محدوده ۳۳ تا ۳۵ ولت با افزایش ولتاژ، جریان دچار کاهش شدیدی می شود.



شکل (۵): ارتباط بین ولتاژ و جریان در شدت تابش‌های مختلف و دمای ثابت



شکل (۶): ارتباط بین ولتاژ و جریان در شدت تابش ثابت و دمای مختلف

شکل ۶ رابطه بین ولتاژ و جریان در یک شدت تابش ثابت را نشان می دهد. همانطور که از این شکل پیداست در یک میزان تابش ثابت با افزایش دما سطح زیر منحنی ولتاژ-جریان یا همان توان خروجی پنل کوچکتر شده و در نتیجه راندمان سیستم کاهش می یابد.

۶-۲- راندمان اینورتر

راندمان اینورتر خورشیدی از رابطه (۲) به صورت زیر به دست می آید:

$$\eta_{Inverter} = \frac{P_{AC}}{P_{DC}} \quad (2)$$

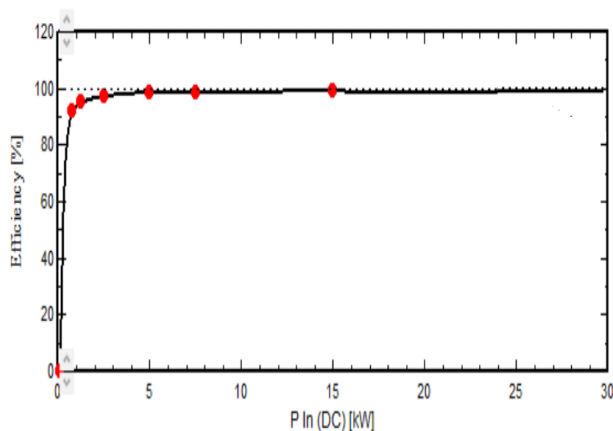
که P_{AC} توان خروجی اینورتر و P_{DC} توان ورودی اینورتر می باشد.

۳- شبیه سازی و نتایج آن

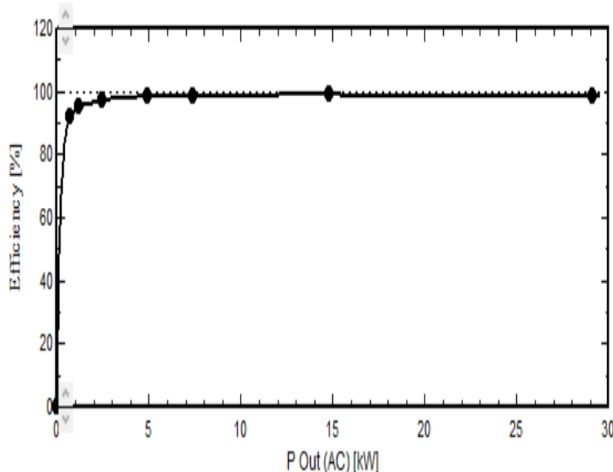
شبیه سازی صورت گرفته در این مقاله به کمک نرم افزار PVSyst انجام شده است. با استفاده از داده های جدول شماره ۱ و انتخاب تجهیزات مناسب و تنظیم آن ها نتایج زیر استخراج می شود. نتایج شبیه سازی به صورت خلاصه در جدول شماره ۳ آورده شده است. این جدول شامل پارامترهایی مانند تابش جهانی مبتنی بر صفحه افقی، تابش پراکنده مبتنی بر صفحه افقی، دمای محیط، تابش جهانی در صفحه کلکتور، نسبت عملکرد، انرژی عرضه شده به شبکه و بازده انرژی کلی آرایه است. همچنین متوسط تابش جهانی سالانه در صفحه افقی ۱۸۸۳٫۹ کیلووات ساعت بر متر مربع است. تابش جهانی تصادفی در صفحه کلکتور ۲۱۴۳٫۶ کیلووات ساعت بر متر مربع و همچنین تابش پراکنده در صفحه افقی ۶۱۱٫۹۷ کیلووات ساعت بر متر مربع است.

همانطور که از جدول شماره ۳ مشاهده می شود، تولید سالانه انرژی ۳۵۲٫۶ کیلووات ساعت در سال است. نسبت عملکرد متوسط (PR) سالیانه محاسبه شده ۸۴٫۱٪ برای سیستم فتوولتائیک Si - poly 30 kWp می باشد انرژی خروجی موثر و مقادیر انرژی تزریقی ۴۶۶۲۱ کیلووات ساعت و ۴۵۹۶۳ کیلووات ساعت محاسبه شد. توان بدست آمده از آرایه PV به صورت DC می باشد. این جریان مستقیم باید به برق AC تبدیل شود که منجر به اتلاف انرژی در اثر تلفات سیستم می شود. انرژی ورودی در مقایسه با مقدار انرژی خروجی مقدار متفاوتی خواهد داشت. برای سیستم فتوولتائیک Si - poly 30 kWp، سیستم فتوولتائیک انرژی سالانه ۳۵۲٫۶۲ کیلووات ساعت تزریق می کند. در ماه جون، حداکثر تزریق انرژی با مقدار ۴۳۸۰ کیلووات ساعت و کمترین مقدار انرژی تامین شده به شبکه در ماه دسامبر با مقدار ۲۹۷۵ کیلووات ساعت می باشد. انرژی تزریق شده به شبکه در مقابل انرژی دریافتی توسط صفحه کلکتور در شکل ۹ نشان داده شده است.

راندمان اینورتر انتخاب شده حدود ۹۸٫۸ درصد می باشد. همانطور که در شکل های ۷ و ۸ مشاهده می شود، با تغییر توان های خروجی و ورودی، راندمان تقریباً ثابت بوده و این اثبات عملکرد مناسب اینورتر می باشد.



شکل (۷): ارتباط بین توان ورودی و راندمان اینورتر

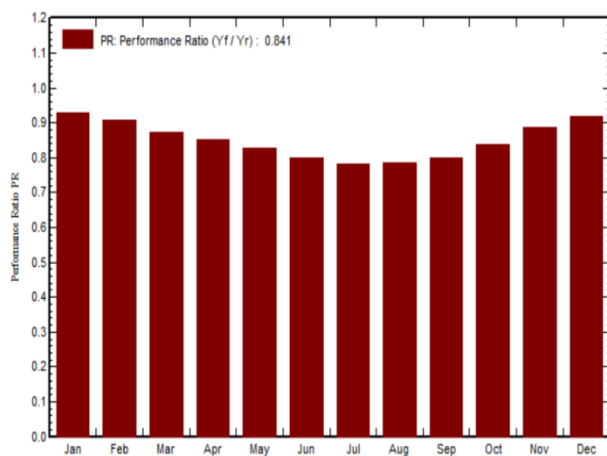


شکل (۸): ارتباط بین توان خروجی و راندمان اینورتر

جدول (۳): نتایج کلیدی شبیه سازی

	GlobHor KWh/m ²	DiffHor KWh/m ²	A_Amb □C	GlobInc KWh/m ²	GlobEff KWh/m ²	EArray KWh	E_Grid KWh	E_Grid KWh	PR ratio
January	88.1	31.73	-1.95	137.6	135.5	۳۲۹۹	۳۲۵۴	۳۲۵۴	0.927
February	105.1	35.79	1.34	147.4	۱۴۵٫۳	۳۴۴۲	۳۴۱۲	۳۴۱۲	0.908
March	142.8	58.41	7.71	170.0	۱۶۶٫۴	۳۸۳۹	۳۷۸۶	۳۷۸۶	0.837
April	173.9	70.04	12.04	184.0	۱۷۹٫۸	۴۰۶۲	۴۰۰۴	۴۰۰۴	0.853
May	216.6	75.83	16.95	207.3	۲۰۱٫۹	۴۴۳۸	۴۳۷۴	۴۳۷۴	0.827
June	236.4	64.29	22.31	215.2	۲۰۹٫۶	۴۴۴۴	۴۳۸۰	۴۳۸۰	0.798
July	228.6	62.75	26.27	213.3	۲۰۸٫۱	۴۳۱۰	۴۲۴۸	۴۲۴۸	0.781
August	208.3	66.39	25.47	211.9	۲۰۷٫۰	۴۳۱۳	۴۲۵۲	۴۲۵۲	0.787
September	179.3	46.25	20.14	208.0	۲۰۳٫۷	۴۲۹۳	۴۲۳۴	۴۲۳۴	0.798
October	134.1	41.58	13.33	178.5	۱۷۵٫۶	۳۸۶۹	15۳۸	15۳۸	0.838
November	93.0	29.95	6.25	143.0	۱۴۰٫۶	۳۲۷۵	3229	3229	0.885
December	77.8	28.95	1.37	127.3	۱۲۵٫۳	۳۰۱۷	2975	2975	0.916
Year	1883.9	611.97	12.75	2143.6	۲۰۹۸٫۷	۴۶۶۲۱	45963	45963	0.841

به تفکیک هر ماه را نشان می دهد. همچنین واضح است که بیشترین میزان تولید در ماه جون و کمترین میزان در ماه دسامبر می باشد. ضریب عملکرد سیستم در شکل شماره ۱۱ نشان داده شده است.



شکل (۱۱): ضریب عملکرد سیستم

ضریب عملکرد که در واقع راندمان کلی سیستم می باشد، به صورت رابطه (۳) نوشته می شود.

$$P_R = \frac{Y_f}{Y_r} \quad (3)$$

که در آن،

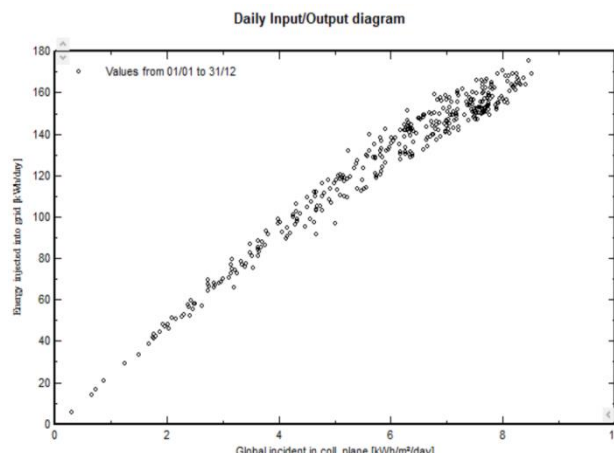
Y_f : انرژی تولید شده سیستم

Y_r : انرژی تولیدی مورد انتظار سیستم می باشد.

مقادیر Y_f و Y_r جهت محاسبه PR در جدول شماره ۴ آورده شده است. همانطور که در جدول شماره ۳ مشاهده می شود، ضریب عملکرد سالانه سیستم ۸۴٫۱ درصد می باشد که عدد نسبتاً خوبی می باشد.

جدول (۴): مقادیر Y_f و Y_r

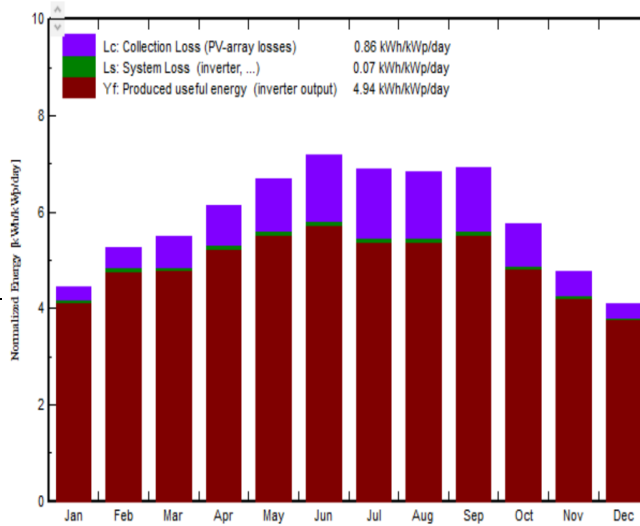
ماه های سال	Y_f KWh/KWp/day	Y_r KWh/m ² /day
January	88.1	31.73
February	105.1	35.79
March	142.8	58.41
April	173.9	70.04
May	216.6	75.83
June	236.4	64.29
July	228.6	62.75
August	208.3	66.39
September	179.3	46.25
October	134.1	41.58
November	93.0	29.95
December	77.8	28.95
year	1883.9	611.97



شکل (۹): انرژی تزریق شده به شبکه در مقابل انرژی دریافتی توسط صفحه کلکتور

نمودار شکل ۹ میزان کیفیت سیستم و عناصر استفاده شده را نشان می دهد. فرضا اگر سیستم ایده ال باشد، بایستی در مقدار تابش ۹ کیلووات بر متر مربع در روز میزان انرژی خروجی سیستم نیز ۶ کیلووات بر ساعت در روز باشد. اما در عمل چنین نیست و سیستم دارای تلفات مختلفی می باشد. بنابراین نمودار شکل ۹ هر چقدر به یک خط نزدیکتر باشد نشان از بهبود عملکرد سیستم خواهد داشت. همانطور که در شکل شماره ۹ دیده می شود میزان پراکندگی نقاط کم بوده و این نشان از عملکرد بهینه سیستم و انتخاب مناسب تجهیزات دارد.

میزان تولید نرمال شده سیستم در شکل شماره ۱۰ نشان داده شده است.



شکل (۱۰): میزان تولید نرمال شده

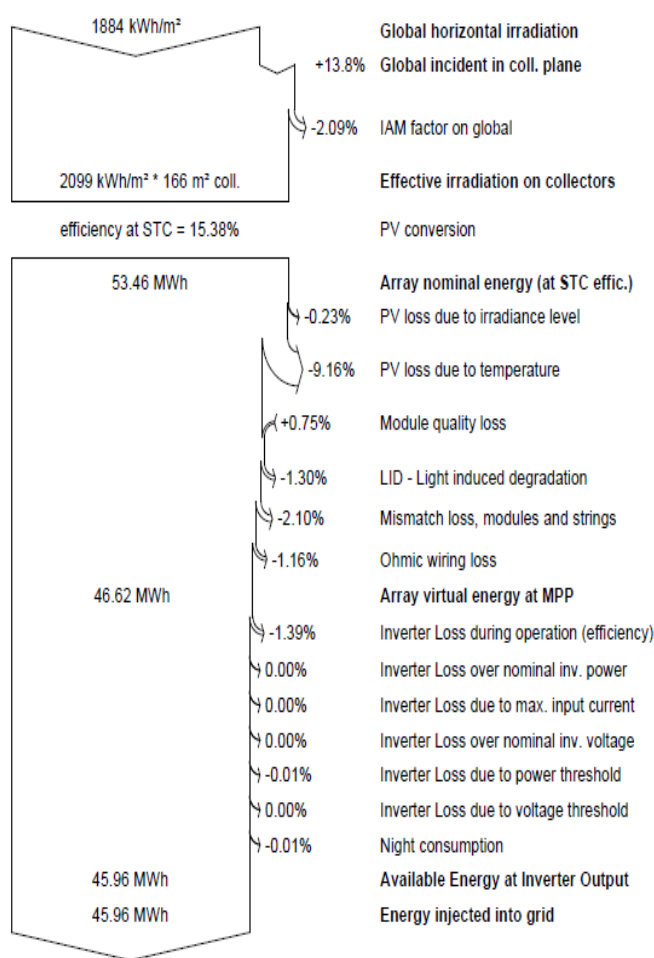
همانطور که از شکل ۱۰ مشخص است. محدوده زرشکی رنگ میزان توان تولید شده یا خروجی اینورتر با مقدار ۴٫۹۴ kwh/kwp/day، قسمت سبز رنگ تلفات سیستم با مقدار ۰٫۰۷ kwh/kwp/day و قسمت بنفش تلفات پنل خورشیدی با مقدار ۰٫۸۶ kwh/kwp/day

اساس نتایج شبیه سازی انجام گرفته بوسیله آن موارد زیر مشخص گردید:

- روش اندازه گیری بستگی زیادی به موقعیت جغرافیایی محل مورد مطالعه دارد. به عنوان مثال تغییرات دما میزان راندمان پنل ها را دچار تغییر می کند به طوری که افزایش دما باعث کاهش راندمان و کاهش دما باعث افزایش راندمان پنل ها می شود.
- اندازه پنل خورشیدی و مدل اینورتر متناسب با تقاضای بار مورد نیاز انتخاب می شود و برای داشتن تلفات کم توان نامی اینورتر بایستی تقریباً ۹۰ تا ۹۵ درصد توان ارایه های خورشیدی باشد.
- زاویه مناسب نصب پنل های خورشیدی تقریباً برابر عرض جغرافیایی یا تقریباً ۳ یا ۴ درجه کمتر از آن می باشد
- برای داشتن کارایی بالای پنل های خورشیدی، جهت مناسب نصب پنل های خورشیدی در نیمکره شمالی به سمت جنوب می باشد.
- میزان انرژی تغذیه شده به شبکه، سالانه ۴۵,۹۶۳ مگاوات ساعت محاسبه شد.
- حداکثر انرژی عرضه شده به شبکه برای ماه جون ۴,۳۸ مگاوات ساعت و کمترین میزان انرژی تامین شده برای ماه دسامبر ۲,۹۷۵ مگاوات ساعت است.
- میانگین نسبت عملکرد سالانه این نیروگاه خورشیدی ۸۴,۱٪ برای مکان از پیش تعیین شده بدست آمد که عدد مناسبی می باشد.

با استفاده از نتایج فوق و همچنین مزایای کلی استفاده از سیستم های فتوولتائیک از جمله پاک بودن منابع و همچنین نامحدود بودن آن می توان گفت که استفاده از این سیستم در محل مورد نظر مفید می باشد. همچنین در این مقاله مشخص گردید که استفاده از نرم افزار های مربوط به طراحی نیروگاه های خورشیدی از جمله PVsyst7.2 در زمینه امکان سنجی اولیه بسیار مفید بوده و با استفاده از شبیه سازی های اولیه می توان چشم انداز دقیق تری نسبت به طرح نهایی بدست آورد و در نهایت باعث کاهش هزینه های احداث و راه اندازی و در نتیجه افزایش راندمان واحد های برق خورشیدی را در پی خواهد.

شکل شماره ۱۲ دیاگرام پخش توان یا تلفات مرحله به مرحله سیستم در یک سال را نشان می دهد. همانطور که از این نمودار مشخص است، توان نامی تولید شده توسط پنل های خورشیدی 53.46MWh می باشد که پس از کسر تلفاتی همچون تلفات میزان کیفیت نامطلوب پنل ها، تلفات بر اثر تغییرات دما، تلفات اهمی سیم کشی و همچنین تلفاتی مربوط به تابش در نهایت با کسر حدود ۱۲ درصد از توانی نامی پنل، عدد 46.62MWh حاصل خواهد شد که در نهایت با کسر حدود 1.4 درصد از آن به دلیل تلفات ناشی از اینورتر، در نهایت انرژی خروجی تزریق شده به شبکه پس از کسر حدود ۷,۵ مگاوات ساعت انرژی به دلیل تلفات، 45.96MWh خواهد شد. که G_d و G_h در جدول شماره ۱ به ترتیب تابش افقی جهانی و تابش پراکنده افقی می باشند.



شکل (۱۲): دیاگرام پخش توان سالانه سیستم

۴- نتیجه گیری

در این مقاله طراحی و ارزیابی عملکرد یک نیروگاه خورشیدی ۳۰ کیلوواتی متصل به شبکه در یک فضای آموزشی در شهر همدان انجام شد. نرم افزار مورد استفاده در این مقاله PVsyst7.2 بود که بر

مراجع

- [1] Anurag Shrivastava, Rajneesh Sharma, Mohit Kumar Saxena, V. Shanmugasundaram, Moti Lal Rinawa, Ankit, Solar energy capacity assessment and performance evaluation of a standalone PV system using PVSYST,

- Materials Today Journal, Vol. 29, No. 3, pp. 47-59, 2020. Vol. ۵۵, No. ۲, pp. ۱۷۶-۱۹۲, ۲۰۲۱.
- [2] Hamed Yazdani, Mahmood Yaghoubi, Techno-economic study of photovoltaic systems performance in Shiraz, Iran, Renewable Energy Journal, Vol. 172, pp. 251-262, , 2021
- [۳] Mehmet EminMeral, FurkanDinçer, A review of the factors affecting operation and efficiency of photovoltaic based electricity generation systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews Journal, Vol. 1۵, No. ۵, pp. ۲۱۷۶-۲۱۸۴, ۲۰۱۱.
- [4] P. Dash, N. Gupta, Effect of Temperature on Power Output from Different Commercially available Photovoltaic Modules, International Journal of Engineering Research and Applications, Vol. 5, No. 1, pp. 148-151, 2015.
- [5] M.M.Rahman,M.Hasanuzzaman,N.A.Rahimab, Effects of various parameters on PV-module power and efficiency, Energy Conversion and Management Journal, Vol. 103, pp. 348-358, 2015.
- [6] A.R. Amelia, Y.M. Irwan, W.Z. Leow, M Irwanto, I. Safwati, M. Zhafarina, Investigation of the Effect Temperature on Photovoltaic (PV) Panel Output Performance, International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, Vol. 6, No. 5, pp. 682-688, 2016.
- [7] M.T. Chaichan, H.A. Kazem, Effect of Sand, Ash and Soil on Photovoltaic Performance: An Experimental Study, International Journal of Scientific Research & Management Studies, Vol. ۱, No. ۲, pp. ۲۷-۳۲, ۲۰۱۷.
- [8] Julius Tanesab,David Parlevliet,Jonathan Whale,Tania Urme, The effect of dust with different morphologies on the performance degradation of photovoltaic modules, Sustainable Energy Technologies and Assessments Journal, Vol. 31, pp. 347-354, 2019.
- [9] Zeki Ahmed Darwish,Hussein A.Kazem,K.Sopian,M.A.Al-Goul,Hussain Alawadhi, Effect of dust pollutant type on photovoltaic performance, Renewable and Sustainable Energy Reviews Journal, Vol. 41, pp. 735-744, 2015.
- [10]Min Wah Leung, Mark Alexander Mikofski , Mike Hamer, Anja Neubert, Abhishek Parikh, Patrick Rainey, Rounak Kharait, Tracker Terrain Loss Part Two , IEEE Journal of Photovoltaics, Vol. 12,No.1, pp. 127-132, 2022.
- [11] H. Kazem, M. Chaichan, Effect of Environmental Variables on Photovoltaic Performance-Based on Experimental Studies, International Journal of Civil,Mechanical and Energy Science (IJCMES), Vol. ۲, No. ۴, pp. ۱-۸, ۲۰۱۶.
- [12] Razmi H, Doagou-Mojarrad H, Niknam T. Optimal Stochastic Operation of CHP/WT/PV Generation Units. Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers 2022; 19 (1) :149-160.
- [13] Rajaeian A, Zeinali Davarani R, Rajaeian E. Investigation the Effect of Inverter Power Clipping Losses on the Efficiency of Photovoltaic Power Plants. Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers 2020; 17 (2) :43-51.

