طراحی و شبیه‌سازی سامانه فتوولتاییک ۵۰ کیلووات متصل به شبکه با نرم افزار PVsyst (مطالعه موردی: شهر خرم‌آباد)

موحد سپهوند[1*] و نیکروز باقری[2]

۱*. محقق، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، خرم‌آباد، ایران
۲. دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

تحقیق حاضر به‌منظور طراحی و شبیه‌سازی یک سامانه فتوولتاییک ۵۰ کیلووات متصل به شبکه با نرم‌افزار PVsyst برای شهر خرم‌آباد صورت گرفت. نتایج نشان داد، تعداد پانل‌های مورد نیاز برای احداث این سامانه ۲۲۰ عدد و مساحت آن‌ها ۳۵۸ مترمربع می‌باشد. تلفات آرایه فتوولتاییک، تلفات سامانه و مجموع انرژی مفید قابل دسترس در خروجی اینورتر به ترتیب ۰/۷٦، ۰/۱۸ و ٤/۸۳ کیلووات ساعت بر کیلووات پیک بر روز محاسبه گردید. متوسط نسبت عملکرد سالیانه سامانه فتوولتاییک ۰/۸۳۷، همچنین مقدار انرژی الکتریکی تزریقی به شبکه ۱۰۸/۷ مگاوات ساعت در سال و تولید ویژه ۱۷٦٤ کیلووات ساعت بر کیلووات پیک در سال محاسبه شد.

کلمات کلیدی:

انرژی خورشیدی، سامانه فتوولتاییک، نسبت عملکرد، نرم‌فزار PVsyst، خرم‌آباد.

***نویسنده مسئول:** Sepahvandmovahed@gmail.com

طراحی و شبیه‌سازی سامانه فتوولتاییک ۵۰ کیلووات متصل به شبکه با نرم‌افزار PVsyst (مطالعه موردی: شهر خرم‌آباد)

مقدمه

امروزه تأمین انرژی از اساسی‌ترین پیش‌نیازهای توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورها به شمار می‌رود. تغییرات جمعیتی و رشد شهرنشینی علاوه بر ضعف در کارآیی جریان تولید، انتقال، توزیع، مصرف و عدم وابستگی لازم به منابع انرژی مطمئن و پاک، موجب افزایش تقاضای انرژی و مصرف سریع منابع آن گردیده است. در حالی‌که روش‌های تأمین و تولید انرژی خود از عوامل تعیین‌کننده در آلوده نمودن محیط‌زیست می‌باشند، سرعت تهی شدن منابع تجدیدناپذیر انرژی و افزایش آلودگی‌ها به بحران‌های انرژی و محیط‌زیست در هزاره سوم مبدل شده‌اند. از آنجا که بیش از ۹۵ درصد انرژی در ایران از سوخت‌های فسیلی تامین می‌شود، کشور ایران از بزرگترین مصرف‌کنندگان سوخت‌های فسیلی و مسئول انتشار سالانه یک درصد از گازهای گلخانه‌ای جهان است. افزون بر این تولید آلاینده‌های گلخانه‌ای در ایران ۲/۸ برابر استاندارد جهانی است و میزان دی‌اکسیدکربن در آن روز به روز در حال افزایش است. این آمارها نشان می‌دهد که آثار مخرب و آلودگی‌های زیست‌محیطی در نتیجه مصرف سوخت‌های فسیلی در ایران بسیار جدی و بحرانی است. بنابراین ایران باید در الگوی مصرف انرژی خود، در مقیاس خرد و کلان، تجدیدنظر کند و تنها راه شناخته شده برای این منظور استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر است [۳].

ایران از نظر جغرافیایی بر روی کمربند زرد زمین که بیشترین میزان دریافت نور خورشید را در طول روز در ماه‌های مختلف سال دارد واقع شده و با میانگین ۳۰۰ روز در سال در زمره کشورهایی قرار دارد که بیشترین دریافت نور خورشید را دارد. بر اساس اطلس جامع GIS انرژی خورشیدی ایران میزان متوسط سالیانه انرژی تابش کل خورشید بر سطح افقی در ایران برابر با ۵/۲٤ کیلووات‌ساعت بر مترمربع در روز برآورد شده است [۵].

سامانه فتوولتاییک (برق‌خورشیدی)

به پدیده‌ای که در اثر آن و بدون استفاده از مکانیزم‌های مکانیکی، انرژی تابشی به انرژی الکتریکی تبدیل شود پدیده فتوولتاییک گفته می‌شود. این پدیده بر فرضیه ذره‌ای بودن انرژی تابشی بنا نهاده شده است. هر سامانه‌ای نیز که از این خاصیت استفاده نماید سامانه فتوولتاییک نام دارد [۲].

سامانه‌های فتوولتاییک با توجه به کاربردشان به دو گروه تقسیم می‌شوند:

۱- سامانه مستقل از شبکه ۲- سامانه متصل به شبکه

۱- سامانه مستقل از شبکه: طراحی سامانه‌های فتوولتاییک مستقل از شبکه به‌گونه‌ای است که باید مستقل از شبکه سراسری برق عمل نموده و قابلیت تغذیه بارهای مستقیم و متناوب را دارا باشد. این واحدها مستقیم به بار متصل می‌شوند و تمام بار را بر خلاف سامانه‌های متصل به شبکه تأمین می‌نمایند.

۲- سامانه متصل به شبکه: به‌منظور تقویت شبکه سراسری برق و جلوگیری از فشار الکتریکی وارده بر نیروگاه‌ها در طی روز، استفاده از سامانه‌های فتوولتاییک متصل به شبکه سراسری برق به‌صورت متمرکز و یا غیرمتمرکز از جمله راه‌حل‌های این مشکل می‌باشد [۲]. مطالعات متعددی در زمینه شبیه‌سازی سامانه‌های فتوولتاییک با نرم‌افزار PVsyst صورت گرفته است که در ادامه به چند نمونه آن اشاره شده است.

در شبیه‌سازی احداث یک نیروگاه فتوولتاییک ۵۰۰ کیلوواتی با استفاده از نرم‌افزار PVsyst برای شهرهای کرمان، تهران و یزد نتایج نشان داد، بیشترین شدت تابش خورشیدی در زاویه شیب ۳۰ درجه آرایه (برای یزد) به‌دست می‌آید. برای این نیروگاه فتوولتاییک، انرژی تولیدی در سایت یزد برابر با ۹۳۱/۲ مگاوات ساعت بر سال محاسبه شد

و در مقایسه با دیگر مناطق مانند کرمان (۹۲۱ مگاوات ساعت بر سال) و تهران (۸۷۱/٦ مگاوات ساعت بر سال) بیشترین مقدار بود. همچنین برآورد اقتصادی نشان داد که احداث نیروگاه فتوولتاییک در یزد در مقایسه با سایر مناطق بهتر است [۱]. تزریق انرژی توسط یک نیروگاه ۲۰ کیلوواتی خورشیدی به شبکه سراسری برق در شهر تهران با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی PVsyst**، ۳٦/۱۷ مگاوات ساعت بر سال برآورد شد [۷].**

نتایج حاصل از شبیه‌سازی عملکرد نیروگاه خورشیدی در دانشگاه یزد به کمک نرم‌افزار PVsyst **نشان داد که با نصب ردیاب دومحوره روی پلنل‌ها می‌توان توان نیروگاه را حدود ۳۸ درصد افزایش داد. همچنین در مناطقی که در معرض آلودگی بیشتری قرار دارند (مانند مناطق کویری) تمیز نگه داشتن سطح سلول‌ها افزایش توان قابل ملاحظه‌ای را خواهد داشت [۹]. در تحقیقی که توسط حبیبی سرانسکانرود و ممتاز [٤] انجام شد، نتایج نشان داد که برای احداث یک نیروگاه ٦ مگاواتی در شهرستان بستک استان هرمزگان به ۲٤۰۱۲ پانل ۲۵۰ واتی و ۳۸ اینورتر ۱۵۰ کیلوواتی نیاز است. این نیروگاه در حالت سازه ثابت قادر به تولید سالیانه ۹٦۳۸ مگاوات ساعت برق و در حالت مجهز به سیستم ردیاب خورشیدی قادر به تولید سالیانه ۱۲٦٤٤ مگاوات ساعت خواهد بود. در تحقیقی که توسط شمس و همکاران [٦] با عنوان مطالعات طراحی بهینه یک نیروگاه فتوولتاییک ۱۰۰ کیلوواتی متصل به شبکه در تهران با استفاده از نرم‌افزار** PVsyst **انجام شد، نتایج نشان داد شیب بهینه پانل‌ها ۳۰ درجه و زاویه آزیموت صفر درجه می‌باشد. ضریب عملکرد برای این نیروگاه یک و انرژی تزریقی به شبکه حدود ۱٦۱ مگاوات ساعت برآورد گردید.**

با توجه به پتانسیل بالای انرژی خورشیدی در شهر خرم آباد و ضرورت مطالعات امکان‌سنجی، این مقاله به طراحی و شبیه‌سازی سامانه یک فتوولتاییک ۵۰ کیلووات متصل به شبکه با نرم‌افزار PVsyst **پرداخته است.**

مواد و روش‌ها

در این تحقیق به‌منظور طراحی و شبیه‌سازی یک سامانه فتوولتاییک ۵۰ کیلووات متصل به شبکه در شهر خرم‌آباد، از نرم‌افزار PVsyst 7.2 **استفاده شد. به دلیل این‌که اطلاعات و شرایط آب و هوایی مکان مورد نظر (شهر خرم‌آباد) به منظور دریافت جزئیات شدت تابش خورشیدی در نرم‌افزار** PVsyst 7.2 **موجود نبود، از داده‌های ماهواره‌ای ناسا (**NASA – SSE satellite data 1983 – 2005**) استفاده گردید.**

- شرایط جغرافیایی مکان مورد مطالعه

مکان مورد مطالعه برای احداث سامانه فتوولتاییک در موقعیت ۳۳ درجه و ٤٤ دقیقه عرض شمالی و ٤۸ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۱٤۸ متری از سطح دریا قرار گرفته است.

- بازده پانل‌های خورشیدی و نسبت عملکرد[1] سامانه فتوولتاییک

بازده پانل‌های خورشیدی و نسبت عملکرد سامانه به‌ترتیب از روابط (۱) و (۲) به‌دست آمد [۸].

$$\eta = \frac{I_{MP} \times V_{MP}}{A \times E} \times 100 \qquad (۱)$$

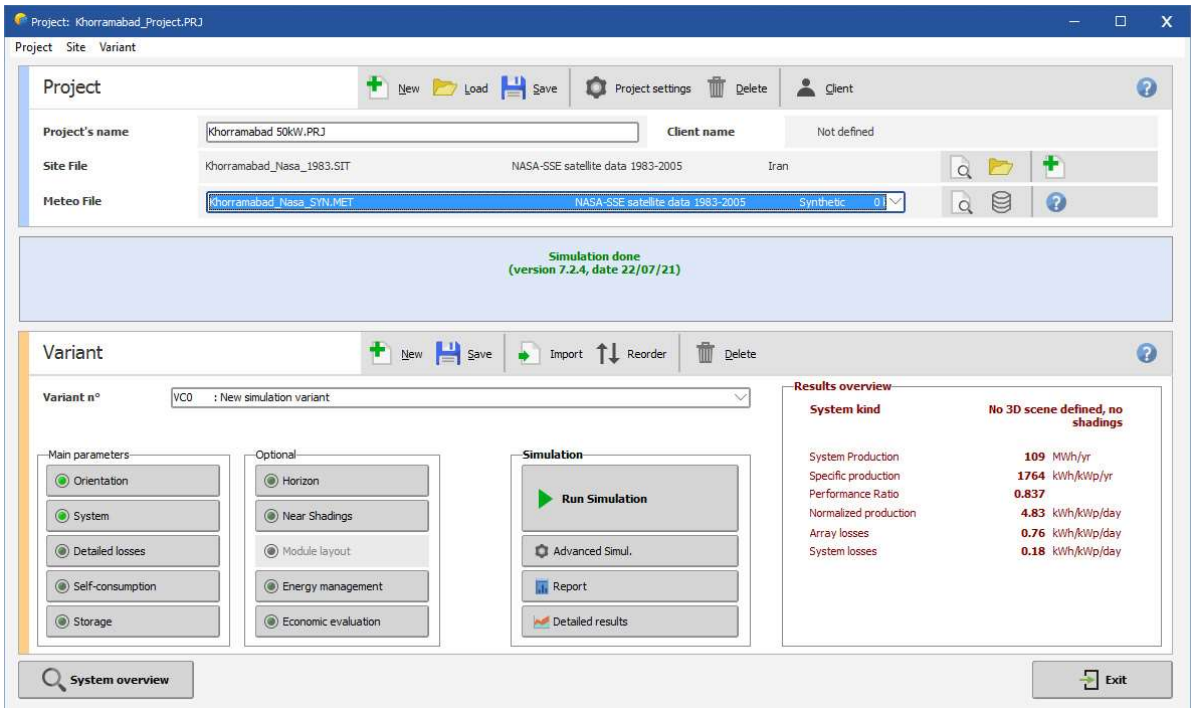
که در آن η، بازده پانل؛ V_{MP}، ولتاژ نامی (V)؛ I_{MP}، شدت جریان نامی (A)؛ A، مساحت پانل خورشیدی (m^2) و E، شدت توان تابشی ($\frac{W}{m^2}$) در شرایط استاندارد برابر با ۱۰۰۰ وات بر مترمربع است.

$$PR = \frac{Y_f}{Y_r} \times 100 \qquad (۲)$$

1. Performance Ratio

که در آن PR، نسبت عملکرد؛ Y_f، تولید ویژه $(kWh/kWp/day)$؛ Y_r، انرژی تابیده شده روی سطح پانل $(kWh/kWp/day)$.

شکل (۱) نوار ابزار خروجی نرم‌افزار شبیه‌سازی PVsyst 7.2 را نشان می‌دهد.



شکل ۱. نوار ابزار خروجی نرم‌افزار PVsyst

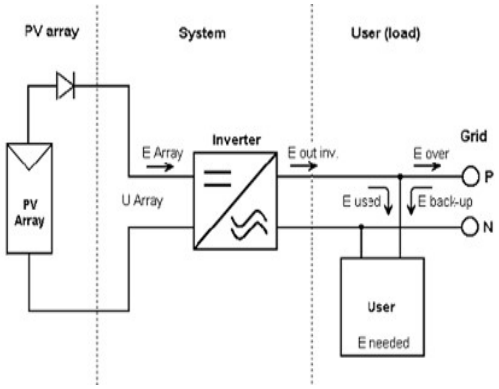
نتایج و بحث

بر اساس خروجی نرم‌افزار، مجموع شدت تابش روی سطح افقی و تابش موثر مکان مورد مطالعه به ترتیب ۱۸۷۸ و ۲۰۶۵ کیلووات ساعت در سال برآورد شد (جدول ٤).

- مشخصات و پارامترهای شبیه‌سازی جهت احداث سامانه فتوولتاییک

- مشخصات آرایه فتوولتاییک

توان نامی آرایه فتوولتاییک ٦٠/٦ کیلووات پیک (اوج مصرف) و مشخصات بار سامانه، متصل به شبکه می‌باشد.



شکل ۲. سامانه فتوولتاییک متصل به شبکه

جدول ۱ خلاصه‌ای از مشخصات کل سامانه فتوولتاییک را نشان می‌دهد. تعداد پانل‌های مورد نیاز برای احداث این سامانه، ۲۲۰ عدد و مساحت آن‌ها ۳۵۸ مترمربع می‌باشد. همچنین ۵ عدد اینورتر نیز مورد نیاز است. توان نامی هر پانل ۲۸۰ وات پیک و توان نامی متناوب (AC) ۵۰ کیلووات محاسبه شد.

جدول ۱. خلاصه‌ای از مشخصات کل سامانه فتوولتاییک

پارامتر	واحد	مقدار
تعداد پانل‌ها	Nb	۲۲۰
مساحت پانل‌ها	m^2	۳۵۸
تعداد اینورترها	Nb	۵
توان نامی پانل	Wp	۲۸۰
توان نامی آرایه	kWp	۶۰/۶
توان نامی متناوب (AC)	kW	۵۰

- انتخاب پانل و اینورتر مناسب

جداول ۲ و ۳ به‌ترتیب مشخصات پانل‌های فتوولتاییک و اینورتر (مبدل) مورد استفاده در شبیه‌سازی را نشان می‌دهد. مطابق جدول ۲ ولتاژ نامی، ولتاژ نقطه توان بیشینه در دمای ۶۰ درجه سلسیوس و ولتاژ مدار باز در دمای ۱۰- سلسیوس به ترتیب ۲۶، ۲۷ و ۴۳/۲ ولت است. همچنین در جدول ۳ محدوده ولتاژ کاری بین ۱۸۰ تا ۸۵۰ ولت تعریف شده است.

جدول ۲. مشخصات پانل‌های فتوولتاییک

مشخصات	واحد	مقدار
مدل	-	AS-P605-280
توان نامی	Wp	۲۸۰
ولتاژ نامی	V	۲۶
ولتاژ نقطه توان بیشینه در دمای ۶۰ درجه سلسیوس	V	۲۷

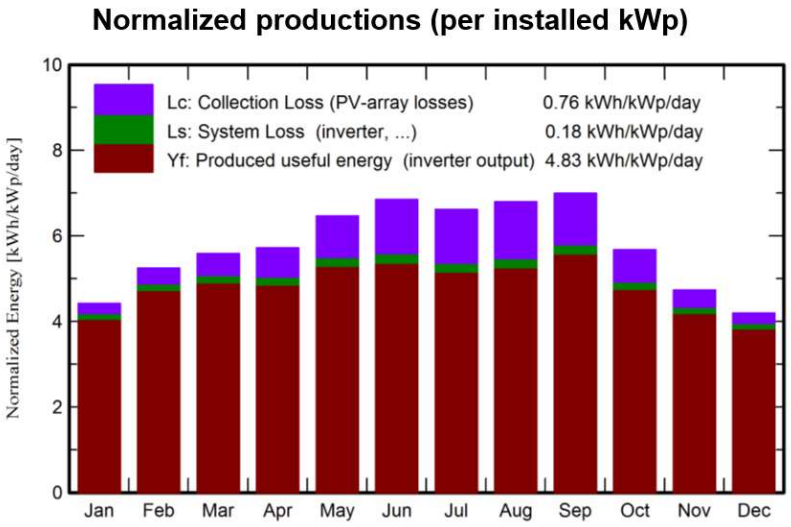
ولتاژ مدار باز در دمای ۱۰- درجه سلسیوس	V	٤٣/٢

جدول ۳. مشخصات اینورتر

مشخصات	واحد	مقدار
مدل	-	SWG 10000 PU
توان نامی متناوب (AC)	kW	۱۰
محدوده ولتاژ کاری	V	۱۸۰ – ۸۵۰

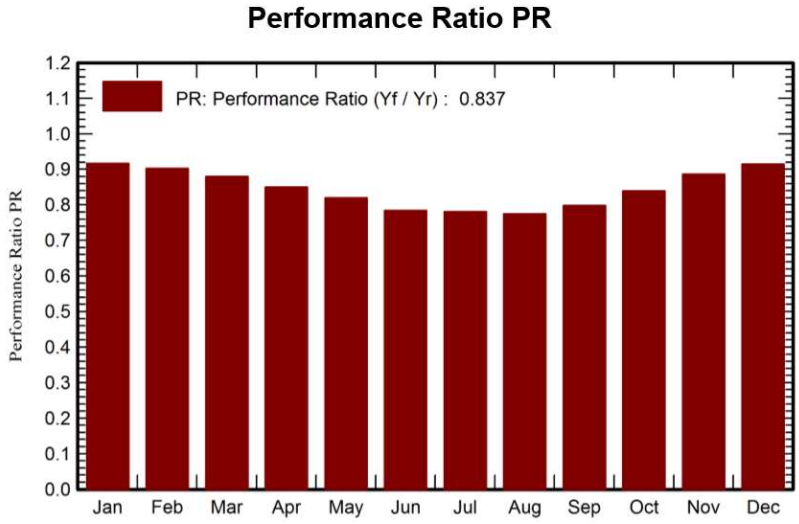
- نتایج شبیه‌سازی سامانه فتوولتاییک

نمودار ۱ متوسط ماهیانه تلفات و انرژی تولیدی سامانه را نشان می‌دهد. مطابق شکل تلفات آرایه فتوولتاییک ۰/۷٦ و تلفات سـاملنه شـامل اینورتر و ... (تلفات بخش DC، از تلفات تابش تا کلبل DC) برابر ۰/۱۸ کیلووات سـاعت بر کیلووات پیک بر روز محاسبه شد. همچنین مجموع انرژی مفید قابل دسترس در خروجی اینورتر (انرژی الکتریکی تزریقی به شبکه) ٤/۸۳ کیلووات ساعت بر کیلووات پیک بر روز می‌باشد. بیشترین و کمترین انرژی الکتریکی تزریقی به شبکه به ترتیب به ماه‌های سپتامبر و دسامبر اختصاص داشت (جدول ٤).



نمودار ۱. متوسط ماهیانه تلفات و انرژی تولیدی سامانه فتوولتاییک

نمودار ۲ نسبت عملکرد سامانه فتوولتاییک در ماه‌های مختلف سال را نشان می‌دهد. متوسط نسبت عملکرد سالیانه سامانه برابر ۰/۸۳۷ می‌باشد. بیشترین و کمترین نسبت عملکرد به ترتیب به ماه‌های ژانویه و آگوست با مقادیر ۰/۹۱۷ و ۰/۷۷۵ اختصاص داشت. مقدار انرژی الکتریکی تزریقی به شبکه ۱۰۸/۷ مگاوات ساعت در سال و تولید ویژه ۱۷٦٤ کیلووات ساعت بر کیلووات پیک در سال محاسبه شد (جدول ٤).



نمودار ۲. نسبت عملکرد سامانه فتوولتاییک

جدول ٤. توازن و نتایج اصلی سامانه فتوولتاییک

ماه	GlobHor (kWh/m²)	DiffHor (kWh/m²)	T Amb (°C)	GlobInc (kWh/m²)	GlobEff (kWh/m²)	EArray (MWh)	E_Grid (MWh)	PR
ژانویه	۹۰/۲	۳۷/۹۲	۱/۸۲	۱۳۷/۱	۱۳۵/۲	۸/۰۱	۷/۷٤	۰/۹۱۷
فوریه	۱۰۷/۲	٤٥/۹	۲/۹۹	۱٤٦/۸	۱٤٤/۲	۸/٤۳	۸/۱٦	۰/۹۰۲
مارس	۱٤٥/٤	٦۱/۱۸	۷/۰٦	۱۷۳	۱٦۹/۹	۹/۷	۹/۳۸	۰/۸۸
آوریل	۱٦٤/۷	٦۹/٥۱	۱۳/۹٤	۱۷۱/٥	۱٦۷/۹	۹/۳۲	۸/۹۸	۰/۸٥
می	۲۱۲	٦۷/۸۱	۲۰/۰۹	۲۰۰/۳	۱۹٥/٦	۱۰/٥	۱۰/۱۱	۰/۸۱۹
ژوئن	۲۳۱/۹	٥۸/٤۲	۲٥/٦۷	۲۰٥/٥	۲۰۰/۲	۱۰/۳۳	۹/۹۲	۰/۷۸٤
جولای	۲۲۳/۸	۷۰/۱	۲۸/۸۲	۲۰٥/۲	۲۰۰/۲	۱۰/۲٦	۹/۸۷	۰/۷۸۱
آگوست	۲۰۹/۳	٥۹/۷	۲۸/۱۳	۲۱۰/٥	۲۰٥/۹	۱۰/٤٥	۱۰/۰٤	۰/۷۷٥
سپتامبر	۱۸۱/۲	٤۹	۲۳/٥۳	۲۰۹/۸	۲۰٥/٤	۱۰/۷۱	۱۰/۳۲	۰/۷۹۸
اکتبر	۱۳٤/۲	٥۱/۱٥	۱۷/۲٦	۱۷٥/۹	۱۷۳	۹/٤۲	۹/۰۹	۰/۸۳۹
نوامبر	۹٦/۳	٤۱/٦	۹/٤۲	۱٤۲/۱	۱۳۹/۸	۸/۰۲	۷/۷٥	۰/۸۸٦
دسامبر	۸۱/۸	۳٦/٥۹	۳/۷۹	۱۲۹/۹	۱۲۷/۹	۷/٥۷	۷/۳۲	۰/۹۱٥
سالانه	۱۸۷۸	٦٤۸/۹	۱٥/۲۸	۲۱۰۷/۷	۲۰٦٥/۱	۱۱۲/۷۲	۱۰۸/٦۹	۰/۸۳۷

GlobHor [1]: **انرژی تابشی خورشیدی کل بر سطح افق** (kWh/m^2)

DiffHor [2]: **انرژی تابشی خورشیدی پراکنده بر سطح افق** (kWh/m^2)

T Amb [3]: **دمای متوسط محیط** (°C)

GlobInc [4]: **انرژی تابشی خورشیدی کل بر سطح پنل در زاویه تعیین شده** (kWh/m^2)

GlobInc [5]: **انرژی تابشی خورشیدی کل بر سطح پنل در زاویه تعیین شده با لحاظ کردن تلفات** (kWh/m^2)

1. Horizontal global irradiation
2. Horizontal diffuse irradiation
3. Ambient Temperature
4. Global incident in coll. Plane
5. Effective Global, corr. for IAM and shadings

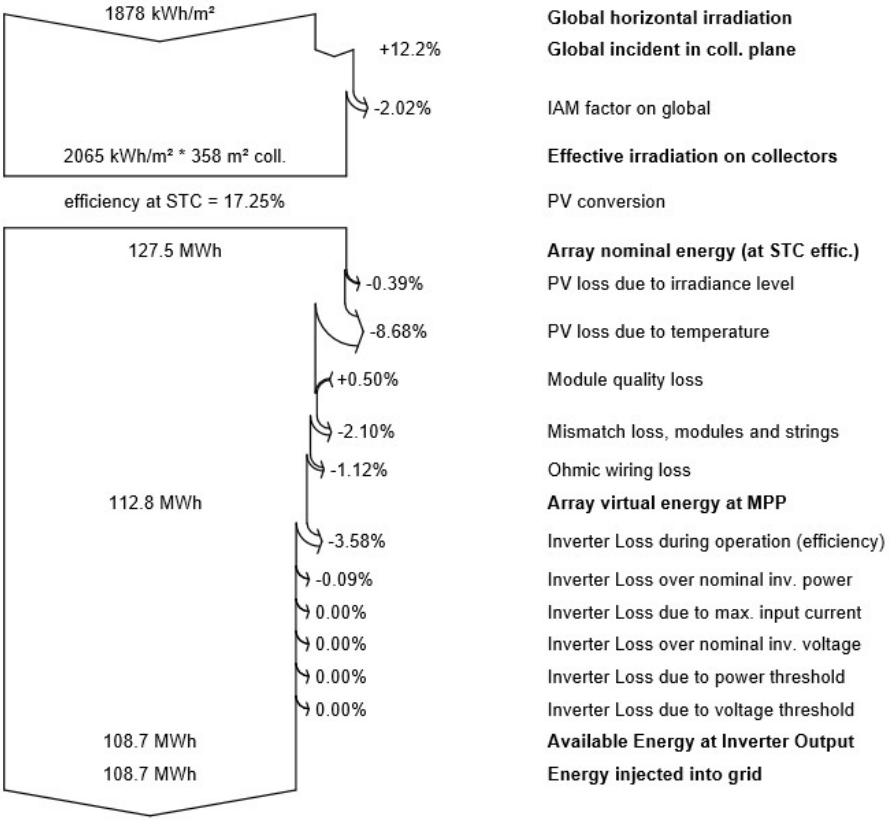
EArray [1]: **انرژی الکتریکی تولیدی توسط آرایه‌های خورشیدی** (MWh)

E_ Grid [2]: **انرژی الکتریکی تزریقی به شبکه** (MWh)

PR: نسبت عملکرد

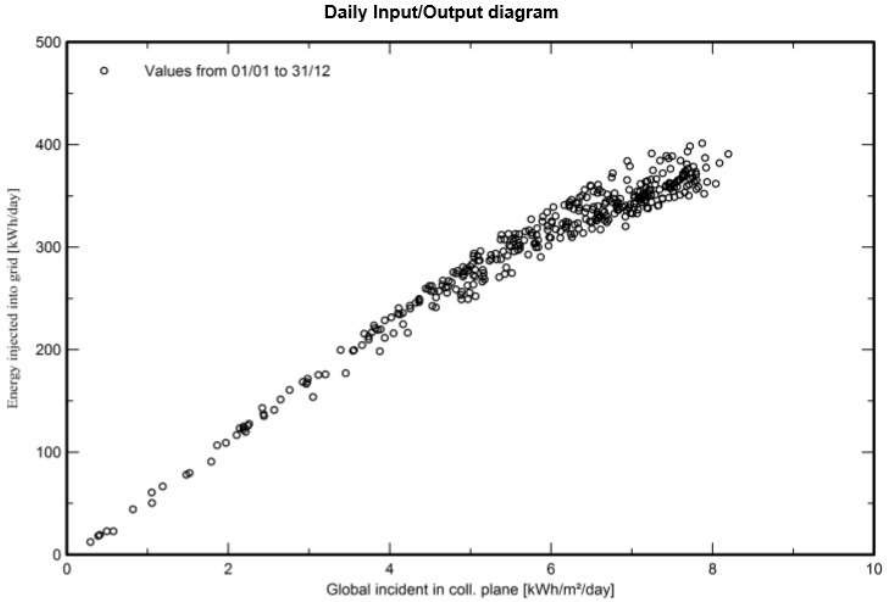
شکل ۳ دیاگرام انرژی (تلفات کل سامانه از تابش تا تزریق انرژی الکتریکی به شبکه) سامانه فتوولتاییک را نشان می‌دهد. مجموع شدت تابش افقی بر روی پانل‌های فتوولتاییک در شهر خرم‌آباد برابر با ۱۸۷۸ کیلووات‌ساعت بر مترمربع در سال می‌باشد. انرژی تابشی در سطح افقی پس از تغییر زوایه پانل (۳۳ درجه)، ۱۲/۲ درصد افزایش پیدا کرده که با کسر ۲/۰۲ درصد تلفات ناشی از تعدیل زاویه وقوع، مقدار نهایی آن (تابش موثر) به ۲۰۶۵ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال می‌رسد. بعد از تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریکی توسط سلول‌های فتوولتاییک، انرژی نامی با احتساب ۱۷/۲۵ درصد بازده پانل‌های فتوولتاییک در شرایط استاندارد (STC)**، ۱۲۷/۵ مگاوات ساعت می‌باشد. انرژی تولید شده در حالت نامی است ولی در نیروگاه واقعی شرایط نامی نخواهیم داشت، پس باید حالت واقعی شبیه‌سازی گردد. بنابراین مواردی همچون افت سالیانه، تغییر بازده در اثر تغییر شدت توان تابشی، تلفات حرارتی، تلفات الکتریکی ناشی از سایه-اندازی، کیفیت پانل، عدم تطابق پانل‌ها و تلفات اهمی کابل در بخش جریان مستقیم لحاظ شده و انرژی الکتریکی تولیدی سالیانه نیروگاه از ۱۲۷/۵ مگاوات ساعت به ۱۱۲/۸ مگاوات ساعت (انرژی مجازی) تقلیل پیدا خواهد کرد. پس از کسر تلفات اینورتر از انرژی مجازی، میزان انرژی در دسترس در خروجی اینورتر برابر ۱۰۸/۷ مگاوات ساعت و در نهایت، میزان انرژی تزریقی به شبکه پس از کسر تلفات اهمی کابل خروجی از اینورتر تا کنتور برابر با ۱۰۸/۷ مگاوات ساعت محاسبه شد.**

6. Effective energy at the output of the array
7. Energy injected into grid



شکل ۳. دیاگرام انرژی (تلفات کل سامانه از تابش تا تزریق انرژی الکتریکی به شبکه) سامانه فتوولتاییک

نمودار ۳ خروجی به ورودی روزانه سامانه را نشان می‌دهد که محور افقی آن مقدار انرژی تابشی کل به‌صورت روزانه روی سطح پانل را نشان می‌دهد و محور عمودی آن، انرژی الکتریکی تزریق شده به شبکه را نمایش می‌دهد. بدیهی است در سامانه‌های متصل به شبکه که مستقل از بار هستند، هر قدر این نمودار نقطه‌ای متمرکزتر باشد، طراحی کم‌نقص و ایده‌آلی داشته‌ایم. جامعه آماری تعداد روزهایی که در آن به سبب افزایش میزان دریافت انرژی بر واحد مترمربع در زاویه نصب بهینه پانل (۳۳ درجه) شکل گرفته، تراکم زیادی دارد خصوصاً از زمانی که تابش به بیش از ٤ کیلووات ساعت بر مترمربع می‌رسد، انرژی تزریق شده به شبکه به بیش از ۲۰۰ کیلوات ساعت بر روز افزایش می‌یابد.



نمودار ۳. خروجی به ورودی روزانه سامانه فتوولتاییک

- تحلیل زیست‌محیطی احداث سامانه فتوولتاییک

طبق محاسبات نرم‌افزار برای احداث سامانه فوق‌الذکر با طول عمر ۲۰ سال، سالیانه حدود ٤٦٢٥ کیلوگرم کربن دی‌اکسید به محیط‌زیست انتشار پیدا خواهد کرد. همچنین سالیانه از انتشار ٤٧٩١٨ کیلوگرم کربن دی‌اکسید جلوگیری خواهد شد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از شبیه‌سازی سامانه فتوولتاییک در شهرخرم‌آباد نشان داد، تعداد پانل‌های مورد نیاز برای احداث این سامانه ۲۲۰ عدد و مساحت آن‌ها ۳۵۸ مترمربع می‌باشد. تلفات آرایه فتوولتاییک، تلفات سامانه (شامل اینورتر و ...) و مجموع انرژی مفید قابل دسترس در خروجی اینورتر (انرژی الکتریکی تزریقی به شبکه) به ترتیب ۰/۷٦، ۰/۱۸ و ٤/۸۳ کیلووات ساعت بر کیلووات پیک بر روز محاسبه گردید. متوسط نسبت عملکرد سالیانه نیروگاه ۰/۸۳۷، همچنین مقدار انرژی الکتریکی تزریقی به شبکه ۱۰۸/۷ مگاوات ساعت در سال و تولید ویژه ۱۷٦٤ کیلووات ساعت بر کیلووات پیک در سال محاسبه شد

مراجع

۱. بدری، ع.، عمادی‌فر، ر.، وفایی، س. و الدرمی، م. ۱۳۹۵. شبیه‌سازی و ارزیابی پتانسیل خورشیدی تهران، کرمان و یزد برای احداث نیروگاه فتوولتاییک ۵۰۰ کیلوواتی با استفاده از نرم‌افزا PVsyst. نشریه انرژی ایران. ۱۹(۱)، ۱۵۳- ۱٦٦.

۲. بی‌نام. ۱۳۹۳. راهنمای طراحی سیستم‌های فتوولتاییک به منظور تامین انرژی الکتریکی به تفکیک اقلیم و کاربری. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

۳. بی‌نام. ۱۳۸۹. ترازنامه انرژی. وزارت نیرو، معاونت امور برق و انرژی، دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی.

٤. حبیبی سراسکانرود، ک. و ممتاز، ا. ک. ١٣٩٤. بررسی امکان‌سنجی احداث نیروگاه فتوولتاییک ٦ مگاواتی در شهرستان بستک استان هرمزگان. هفتمین همایش علمی تخصصی انرژی‌های تجدیدپذیر، پاک و کارآمد.
٥. حق‌پرست کاشانی، آ.، صالح ایزدخواست، پ. و لاری، ح. ر. ١٣٨٨. تدوین اطلس جامع GIS انرژی خورشیدی ایران بر اساس مدل تابش‌سنجی. بیست و چهارمین کنفرانس بین اللملی برق.
٦. شمس، م. ح.، کیا، م. و مهدوی، ب. ١٣٩٢. مطالعات طراحی بهینه یک نیروگاه فتوولتاییک ١٠٠ کیلوواتی متصل به شبکه در تهران با استفاده از نرم‌افزار PVsyst. نشریه انرژی ایران. ١٦(٢)، ٣٠-١٥.
٧. کریمی، ح. و سیادتان، ع. ر. ١٣٩٧. طراحی و امکان‌سنجی زاویه بهینه نیروگاه ٢٠ کیلوواتی متصل به شبکه در شهر تهران جهت دریافت حداکثر تابش خورشید با استفاده از نرم‌افزار PVsyst. سی و سومین کنفرانس بین‌المللی برق.
٨. محمدی قهرودی، محمد. ١٣٩٧. راهنمای جامع طراحی نیروگاه‌های فتوولتاییک با نرم‌افزار PVsyst. انتشارات ادبستان. تهران.
٩. مهدیان، م. ع.، صایمی، ا. و کلانتر، و. ١٣٩٣. نتایج شبیه‌سازی عملکرد نیروگاه فتوولتاییک دانشگاه یزد و سنجش اعتبار آن با داده‌های تجربی ضمن ارائه راهکارهای افزایش راندمان. نشریه انرژی ایران. ١٧(٣)، ٥٢-٣٩.

Design and simulation of a 50 kW photovoltaic system connected to the grid with PVsyst software (Case study: Khorramabad city)

Movahed Sepahvand*[1] and Nikrooz Bagheri[2]

*1. Researcher, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Khorramabad, Iran
2. Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Abstract

This research was conducted to design and simulate a 50 kW photovoltaic system connected to the grid with PVsyst software for the city of Khorramabad. The results showed, that the number of panels required for the construction of this system is 220 and their area is 358 m^2. Photovoltaic array losses, system losses and total useful energy available at the inverter output were calculated to be 0.76, 0.18 and 4.83 kWh/kWp/day, respectively. The average annual performance ratio of the photovoltaic system was 0.837, as well as the amount of electrical energy injected into the grid was 108.7 MWh/year and the specific production was 1764 kWh/kWp/year.

Key words: Solar energy, Photovoltaic system, Performance ratio, PVsyst software, Khorramabad.

*Corresponding author
E-mail: Sepahvandmovahed@gmail.com