نشریه علمی (فصلنامه) «انرژی ایران»
دوره ۲۷، شماره۳، پاییز ۱۴۰۳، صفحه ۵۱-۶۰

مطالعه‌ی تجربی درباره اثرات دمای محیط بر کارایی پنل‌های خورشیدی فتوولتائیک در مناطق بیابانی ایران

سینا شکوهی صدر
کارشناس ارشد مهندسی مکانیک (نویسنده مسئول)
SINASHOKUHI2023@GMAIL.COM

تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۰۳/۰۷

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۴/۲۹

کلمات کلیدی:
سیستم‌های فتوولتائیک (PV)، توان بیشینه (Pmax)، جریان اتصال کوتاه (Isc)، ولتاژ مدار باز (Voc).

چکیده

پنل‌های خورشیدی فتوولتائیک در اقلیم‌های گرم و بیابانی، به‌ویژه در ایران، با چالش‌های عملکردی ناشـــی از دمای بالا مواجه‌اند؛ عاملی که می‌تواند بازده سیستم را به‌طور محسوسی کاهش دهد. هدف این مطالعه، بررسی تجربی تأثیر دمای محیط بر پارامترهای کلیدی عملکرد یک پنل مونوکریستال فتوولتائیک شامل ولتاژ مدار باز (Voc)، توان بیشینه (Pmax) و جریان اتصال کوتاه (Isc) در شرایط واقعی اقلیمی منطقه بیاض در جنوب ایران است. داده‌ها طی بازه زمانی گرم‌سال و با استفاده از سنسورهای دقیق تابش و دما گردآوری شدند. نتایج نشان داد که با افزایش دما، ولتاژ مدار باز و توان خروجی به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که در دمای ۶۹ درجه سـانتی‌گراد، توان تولیدی به کمتر از ۵۲٪ توان اسـمی کاهش یافت. در مقابل، جریان اتصـال کوتاه تنها تغییرات اندکی را نشـان داد. همچنین عملکرد اجزای جانبی نظیر اینورترها، ترانســفورماتورها و کابل‌ها نیز تحت تأثیر دما دچار افت یا تسـریع در فرسـایش حرارتی شـدند. بر این اسـاس، یافته‌ها بر اهمیت طراحی حرارتی مناســب، انتخاب تجهیزات با کلاس دمایی بالا، و به‌کارگیری فناوری‌های خنک‌ســازی مؤثر در نیروگاه‌های خورشیدی مناطق گرمسیری تأکید دارند.

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-09-05]

۱. مقدمه

در پرتو افزایش سریع نرخ رشد جمعیت، افزایش تقاضا برای برق در سراسر جهان، افزایش نگران‌کننده انتشار گازهای گلخانه‌ای که منجر به گرم‌شدن زمین می‌شود، ناپایداری بازار جهانی نفت و گاز، نوسانات مداوم قیمت‌ها و خطرات ناشی از نا آرامی‌های سیاسی و بلایای طبیعی مانند همه‌گیری کرونا، بسیاری از کشورها ناگزیر شده‌اند در استفاده از منابع انرژی سنتی تجدیدنظر کرده و به سمت سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر و تجهیزات مرتبط با آن‌ها روی آورند [۱-۳]. این اقدام منجر به کاهش انتشار کربن و تضمین امنیت انرژی خواهد شد، به‌ویژه با توجه به اینکه انرژی‌های تجدیدپذیر در اشکال مختلفی مانند خورشید، آب، باد و... وجود دارند. در این میان، انرژی خورشیدی به‌عنوان یکی از قوی‌ترین منابع انرژی تجدیدپذیر شناخته می‌شود و اخیراً کاهش قابل‌توجهی در هزینه‌های تولید آن رخ داده که این امکان را فراهم کرده تا بتواند با نفت و گاز رقابت کند، زیرا انرژی فتوولتائیک به‌شدت مورد استقبال قرار گرفته است [۴].این امر به‌ویژه از آن‌روست که منابع اصلی سوخت‌های فسیلی به‌طور مستمر در حال کاهش هستند، در حالی‌که تولید انرژی خورشیدی منبعی پاک محسوب می‌شود و هیچ اثری در افزایش ردپای کربن محیطزیست ندارد [۵].

ایران علاوه بر داشتن یکی از گسترده‌ترین مناطق آفتابی جهان با بیش از ۳۵۰۰ ساعت تابش نور خورشید در سال، از اقلیم بسیار مساعدی برای رشد و توسعه انرژی خورشیدی برخوردار است [۶،۷]. با این حال، افزایش بیش از حد دما بر عملکرد پنل‌های خورشیدی فتوولتائیک (PV) تأثیر منفی دارد [۸،۹]. با افزایش دما، جریان الکتریکی کمی افزایش می‌یابد، اما ولتاژ به میزان بیشتری کاهش می‌یابد [۱۰]؛ بنابراین، راندمان و بهره‌وری کاهش می‌یابد [۱۱،۱۲]. چندین مطالعه اخیر نیز اثر منفی شدید دماهای بالا بر عملکرد سلول‌های خورشیدی را تأیید کرده‌اند [۱۳].

در این مقاله، پژوهشی تجربی به‌منظور بررسی عملکرد یک پنل خورشیدی مونوکریستال در دماهای مختلف و در فصول گوناگون در منطقه کویری ایران در منطقه «بیاض» انجام شده است. هدف این تحقیق بررسی اثرات منفی دما بر راندمان پنل فتوولتائیک است؛ به ویژه در تابستان، زمانی که دمای هوا در سایه از ۵۰ درجه و در معرض آفتاب کامل تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد

۲. مواد و روش تحقیق

با افزایش دما، پهنای باند انرژی (band gap) سلول‌های خورشیدی کاهش می‌یابد که این امر بر پارامترهای الکتریکی سلول خورشیدی از جمله توان ماکزیمم (Pmax)، جریان اتصال کوتاه (Isc) و ولتاژ مدار باز (Voc) تأثیرگذار است [۱۴-۱۷].

این سه ویژگی الکتریکی—توان بیشینه، جریان اتصال کوتاه و ولتاژ مدار باز—پارامترهای کلیدی هستند که به‌طور مستقیم میزان انرژی تولیدی توسط یک پنل خورشیدی را تعیین می‌کنند. هدف کلی این مطالعه، بررسی تأثیر دما بر تولید انرژی یک پنل فتوولتائیک در زمان‌های مختلف سال در منطقه «بیاض» در جنوب ایران است. این آزمایش در روزهای مختلفی از سال انجام شد، در حالی‌که میزان تابش خورشیدی در تمام آزمایش‌ها ثابت و برابر با در نظر گرفته شد و تمرکز اصلی بر تأثیر دما بر عملکرد پنل خورشیدی بود. در این مطالعه، مشخصات الکتریکی پنل فتوولتائیکی مورد استفاده در جدول ۱ خلاصه شده است.

جدول ۱: مشخصات الکتریکی پنل فتوولتائیک

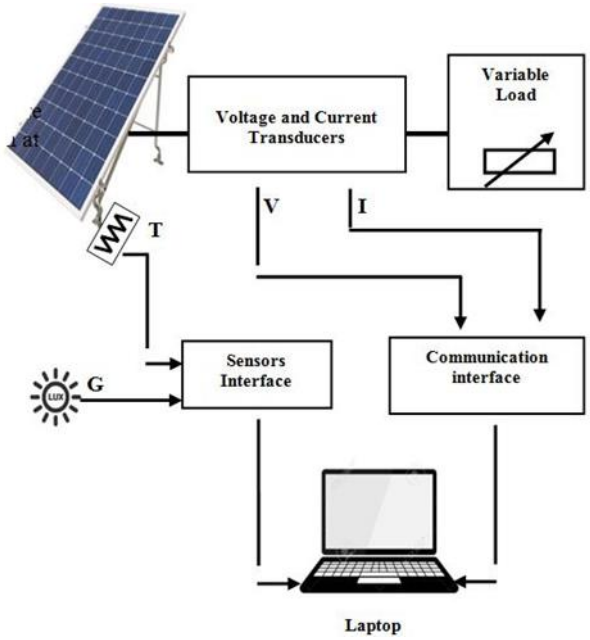
پارامتر	مقدار
(Voc) ولتاژ مدار باز	ولت 22.5
(Vmpp) ولتاژ در نقطه توان بیشینه	ولت 18.5
(Isc) جریان اتصال کوتاه	آمپر 4.66
(Impp) جریان در نقطه توان بیشینه	آمپر 4.53
توان اسمی	وات 80
نوع پنل	مونوکریستال

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-09-05]

شکل‌های ۱ و ۲ نحوه اجرای آزمایش ما را نشان می‌دهند. برای این منظور، یک بار متغیر قابل‌کنترل به آرایه پنل خورشیدی (PV) متصل شد. شرایط محیطی با استفاده از حسگرهای زیر پایش گردید:

- حسگر نور خورشید جهت اندازه‌گیری تابش خورشیدی جهانی
- حسگر دما برای اندازه‌گیری دمای سطح پنل خورشیدی.

هر بار که بار متصل به سیستم تغییر داده می‌شد، از دستگاه‌های اندازه‌گیری برای ثبت جریان و ولتاژ استفاده شده و داده‌ها به صورت هم زمان در لپ تاپ ذخیره می‌شدند. این فرآیند در بازه زمانی بین ماه های ژوئیه تا نوامبر انجام گرفت.



شکل ۱. پیکربندی سیستم اندازه‌گیری

شکل ۲. نمای تصویری از آزمایش در فضای باز

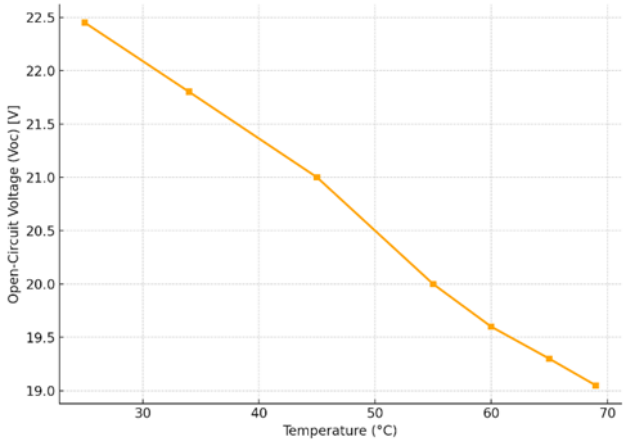
۳. نتایج و تحلیل ها

بیشترین ولتاژی که می‌توان از یک پنل خورشیدی دریافت کرد، ولتاژ مدار باز (Voc) نامیده می‌شود و زمانی رخ می‌دهد که مقدار جریان برابر صفر باشد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-09-05]

شکل ۳ تغییرات ولتاژ مدار باز (Voc) پنل فتوولتائیک را در برابر دما نشان می‌دهد. به‌وضوح مشاهده می‌شود که افزایش دما تأثیر منفی بر ولتاژ مدار باز دارد. بیشترین مقدار Voc در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (معادل ۲۲,۴۵ ولت) ثبت شده است.

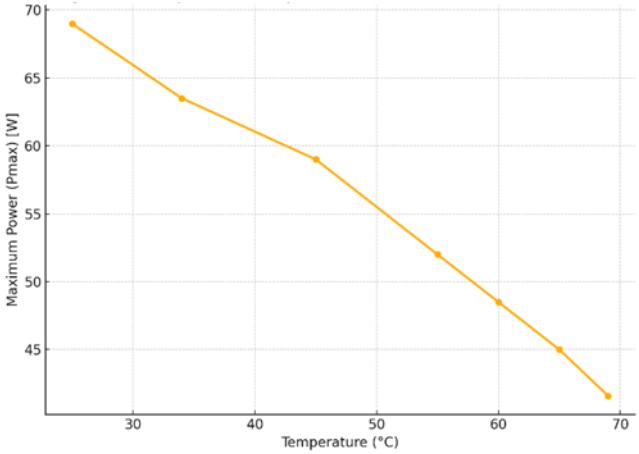
در ماه ژوئیه، کمترین مقدار Voc برابر با ۱۹,۰۵ ولت ثبت شد که ناشی از افزایش شدید دما تا ۶۹ درجه سانتی‌گراد بود. به‌طور کلی، با افزایش دما، مقدار ولتاژ مدار باز کاهش می‌یابد.



شکل ۳. وابستگی ولتاژ مدار باز (Voc) به دما

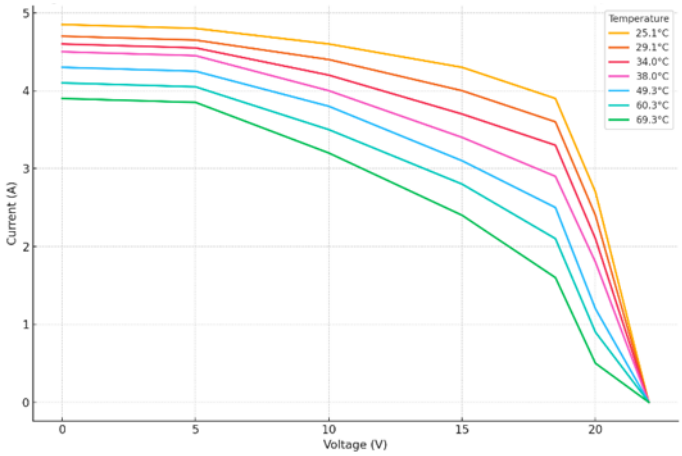
٤. توان بیشینه به‌عنوان تابعی از دما

توان خروجی پنل خورشیدی (PV) وابستگی شدیدی به میزان تابش خورشید بر سطح آن و تغییرات دما دارد. شکل ۴ تغییر توان خروجی را با تغییر دما نشان می‌دهد. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، توان خروجی در بیشینه مقدار خود و برابر با ۶۸/۹۸ وات ثبت شده است. در ماه ژوئیه و در دمای ۶۹ درجه سانتی‌گراد، توان خروجی پنل به مقدار بسیار کمی نسبت به شرایط دیگر کاهش یافت. تغییرات دما تأثیر قابل‌توجهی بر توان خروجی تولیدشده توسط پنل‌های فتوولتائیک دارد. همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده، با افزایش دما، توان خروجی به‌شدت کاهش می‌یابد. توان خروجی در دمای ۶۹ درجه سانتی‌گراد از ۵۲٪ توان اسمی تجاوز نمی‌کند. این نتیجه در ماه ژوئیه ثبت شده است.



شکل ۴. وابستگی توان بیشینه (Pmax) به دما

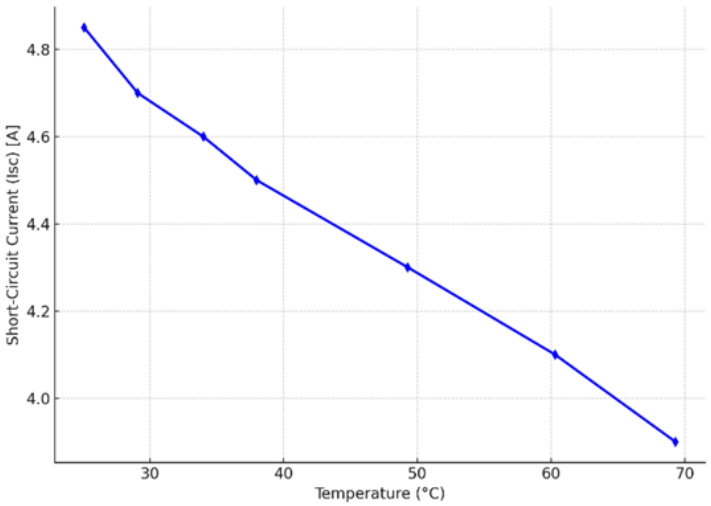
[Downloaded from necjournals.ir on 2025-09-05]



شکل ۵. مشخصه ولتاژ–جریان (V-I) یک پنل خورشیدی (PV)

۵. جریان اتصال کوتاه به‌عنوان تابعی از دما

جریان اتصال کوتاه (Isc) یکی از پارامترهای کلیدی عملکرد پنل خورشیدی است که با دما رابطه دارد. در آزمایش‌های انجام‌شده، مشاهده شد که با افزایش دما، مقدار Isc به‌طور جزئی افزایش می‌یابد، اما در مقایسه با ولتاژ مدار باز (Voc) یا توان بیشینه (Pmax)، تغییرات آن کمتر محسوس است. همان‌طور که در نتایج به‌دست‌آمده نشان داده شده، بیشترین مقدار جریان اتصال کوتاه در دمای حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است. با این حال، حتی در دمای بالا نیز Isc افت شدیدی ندارد و نسبتاً پایدار باقی می‌ماند. این رفتار ناشی از تأثیر دما بر نرخ تولید حامل‌های بار (الکترون و حفره) در سلول‌های خورشیدی است. با گرم شدن پنل، تولید حامل‌ها کمی افزایش می‌یابد و در نتیجه جریان اتصال کوتاه نیز اندکی بیشتر می‌شود، اما این افزایش نمی‌تواند کاهش قابل‌توجه ولتاژ و توان را جبران کند.



شکل ۶. وابستگی جریان اتصال کوتاه (Isc) به دما

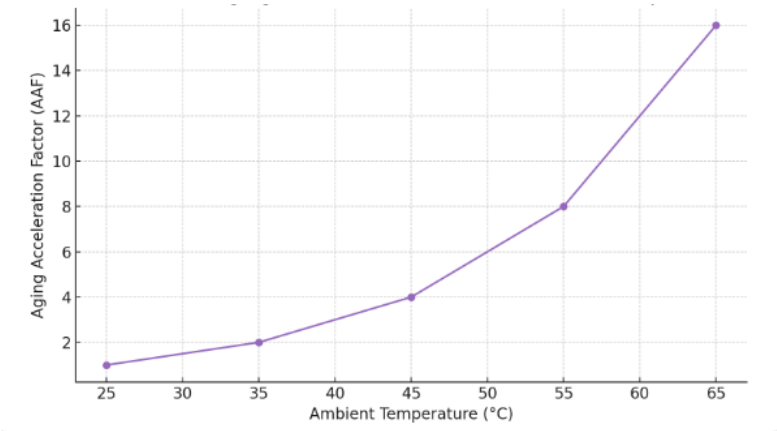
٦. تأثیر دما بر سایر تجهیزات الکتریکی سیستم خورشیدی

علاوه بر پنل‌های خورشیدی، سایر اجزای الکتریکی سیستم‌های فتوولتائیک نیز در برابر افزایش دمای محیط آسیب‌پذیر هستند. در این میان، اینورترها، ترانسفورماتورها و کابل‌ها نقش کلیدی در تبدیل، انتقال و بهره‌برداری از انرژی تولیدی دارند و عملکرد آن‌ها نیز به‌طور مستقیم تحت تأثیر دما قرار می‌گیرد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-09-05]

۱،٦. تأثیر دما بر اینورترها

بر اساس داده‌های تجربی و نمودار ترسیم شده، بازده اینورترها با افزایش دمای محیط کاهش محسوسی پیدا می‌کند؛ به‌طوری‌که در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، راندمان عملکرد در حدود ۹۸٪ بوده و این مقدار در دمای ۶۵ درجه به حدود ۷۵٪ کاهش یافته است. این افت حدود ۲۳ درصدی در عملکرد نشان‌دهنده حساسیت بالای اینورترها به شرایط حرارتی است. افزایش دما منجر به بالا رفتن مقاومت داخلی نیمه‌رساناها، افزایش تلفات سوئیچینگ، و گرم شدن بیشتر اجزای کلیدی مانند IGBT و خازن‌ها می‌شود. به‌دلیل ماهیت الکترونیکی اینورترها، این گرمایش مضاعف علاوه بر کاهش راندمان، خطر فعال شدن محافظ حرارتی و حتی خاموشی سیستم را نیز به همراه دارد. به‌همین دلیل، در طراحی نیروگاه‌های خورشیدی در مناطق گرمسیری، استفاده از تجهیزات خنک‌کننده مؤثر برای اینورترها (نظیر هیت‌سینک بزرگ‌تر، فن‌های کنترل‌شده با دما، یا محل‌گذاری در فضای تهویه‌شده) از نظر فنی و اقتصادی کاملاً توجیه‌پذیر است.

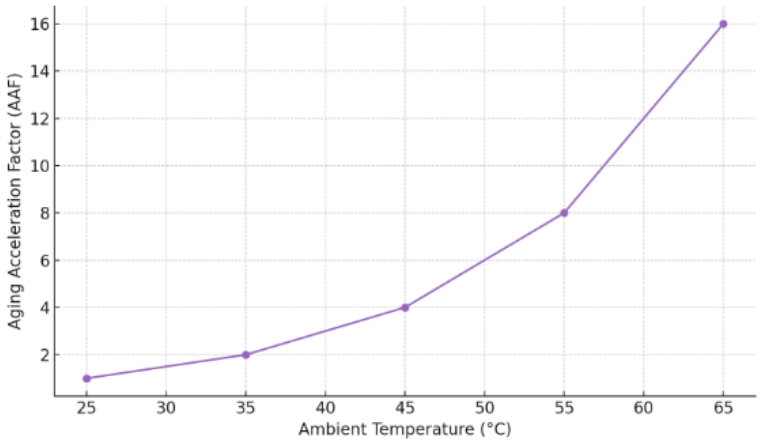


شکل۷. افت بازده اینورتر در دماهای بالا

۲،٦. تأثیر دما بر ترانسفورماتورها

نمودار ضریب شتاب پیری ترانسفورماتور نشان می‌دهد که دمای محیط تأثیر غیرخطی و تصاعدی بر سرعت فرسایش عایق ترانس دارد. بر اساس اصول مدل آری‌نیوس، افزایش هر ۱۰ درجه سانتی‌گراد در دمای کاری می‌تواند نرخ پیری عایق را تقریباً دو برابر کند. همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، مقدار AAF برابر ۱ است، اما با افزایش دما به ۶۵ درجه، این مقدار به ۱۶ می‌رسد؛ یعنی عمر مفید ترانسفورماتور در چنین شرایطی تا ۱۶/۱ کاهش می‌یابد. این یافته‌ها هشدار مهمی برای طراحی و بهره‌برداری از سیستم‌های خورشیدی در مناطق گرمسیری محسوب می‌شود. انتخاب ترانس با کلاس حرارتی بالاتر، استفاده از سیستم‌های خنک‌کننده و تهویه فعال یا غیرفعال، نصب در سایه، و اعمال بار کمتر از ظرفیت اسمی، از جمله راهکارهای حیاتی برای کاهش اثرات حرارتی و افزایش طول عمر ترانسفورماتورها است. بی‌توجهی به این عوامل می‌تواند هزینه‌های نگهداری و تعمیرات را به‌طور قابل‌توجهی افزایش دهد و قابلیت اطمینان سیستم را تضعیف کند.

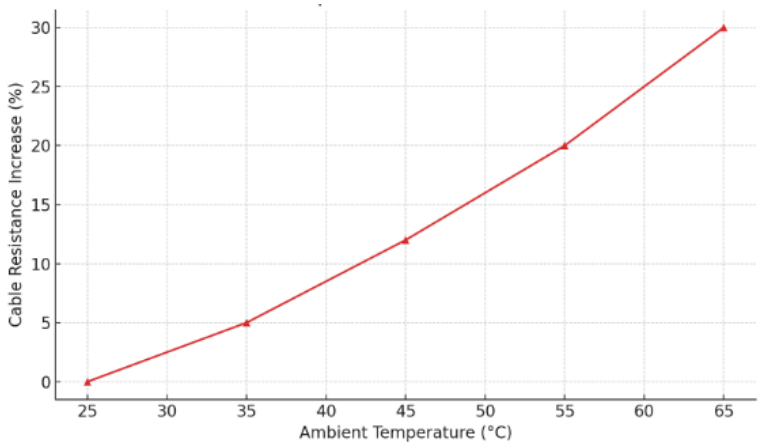
[Downloaded from necjournals.ir on 2025-09-05]



شکل۸. شتاب‌گیری نرخ پیری ترانسفورماتور با افزایش دما

۳,٦. تأثیر دما بر کابل‌ها

نمودار تأثیر دما بر مقاومت کابل‌ها نشان می‌دهد که مقاومت اهمی رساناهای الکتریکی با افزایش دما به‌طور خطی و قابل‌توجهی افزایش می‌یابد. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، مقاومت کابل در مقدار پایه قرار دارد؛ اما با افزایش دما به ۶۵ درجه، مقاومت کابل‌ها تا حدود ۳۰٪ بیشتر می‌شود. این افزایش مقاومت مستقیماً منجر به افزایش تلفات اهمی (I^2R) و افت ولتاژ در مسیر انتقال انرژی می‌گردد. افزایش تلفات در سیستم‌های فتوولتائیک به‌ویژه در کابل‌هایDC ، علاوه بر کاهش راندمان کل سیستم، می‌تواند دمای خود کابل را نیز افزایش دهد و شرایط حرارتی را تشدید کند. همچنین در صورت عدم انتخاب صحیح سطح مقطع یا کلاس حرارتی عایق، این افزایش حرارت می‌تواند منجر به آسیب‌های جبران‌ناپذیر مانند تخریب روکش کابل یا خطر آتش‌سوزی شود. بنابراین، در مناطق گرمسیری و بیابانی، استفاده از کابل‌هایی با ضریب دمایی پایین، پوشش مقاوم در برابر حرارت، و طراحی با سطح مقطع بزرگ‌تر از حداقل استاندارد توصیه می‌شود تا هم افت ولتاژ کنترل شده و هم طول عمر کابل حفظ گردد.



شکل ۹. افزایش مقاومت کابل‌ها در اثر افزایش دما

۷. نتیجه گیری و پیشنهادات

این تحقیق با تکیه بر داده‌های تجربی میدانی، تأثیر مستقیم و چندلایه‌ی دمای محیط بر عملکرد سامانه‌های فتوولتائیک را در اقلیم بیابانی ایران مورد ارزیابی قرار داد. یافته‌های حاصل از آزمایش‌ها نشان می‌دهد که افزایش دمای محیط نه‌تنها به کاهش بازدهی الکتریکی پنل‌های خورشیدی منجر می‌شود، بلکه سایر اجزای کلیدی سیستم نیز از این شرایط تأثیر منفی می‌پذیرند؛ امری که در صورت بی‌توجهی می‌تواند کارایی کل سیستم را به‌شدت تضعیف کند.

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-09-05]

از مهم‌ترین نتایج این مطالعه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. **کاهش محسوس ولتاژ مدار باز:**
داده‌ها نشان می‌دهد که با افزایش دمای سطح پنل، مقدار Voc کاهش چشمگیری می‌یابد؛ به‌گونه‌ای که در دمای ۶۹ درجه سانتی‌گراد، مقدار Voc حدود ۱۵٪ کمتر از مقدار آن در دمای مرجع (۲۵ درجه) ثبت شد. این کاهش ناشی از افزایش بازترکیب حامل‌های بار و کاهش پهنای باند انرژی سلول خورشیدی است.

۲. **افت قابل‌توجه توان خروجی:**
توان خروجی پنل در شرایط دمایی بالا به‌طور میانگین بیش از ۴۰٪ کاهش یافته و در برخی موارد به کمتر از ۵۲٪ توان اسمی رسیده است. این افت توان در دماهای بالا تأثیر مستقیمی بر میزان انرژی تولیدی روزانه داشته و چالش جدی در طراحی اقتصادی سیستم‌های خورشیدی در مناطق گرمسیری ایجاد می‌کند.

۳. **پایداری نسبی جریان اتصال کوتاه:**
برخلاف Voc و Pmax ، تغییرات Isc در برابر دما اندک و غالباً افزایشی است. این افزایش محدود ناشی از تحریک بیشتر حامل‌های بار است، ولی به دلیل کاهش شدید ولتاژ، جبران‌کننده‌ی افت عملکرد کلی نیست.

۴. **تأثیر منفی دما بر اجزای جانبی سیستم فتوولتائیک:**
- **اینورترها :**کاهش بازده تا ۲۳٪ در دماهای بالای ۶۵ درجه سانتی‌گراد ثبت شده که می‌تواند موجب کاهش توان تبدیل و فعال شدن مکانیسم‌های حفاظتی شود.
- **ترانسفورماتورها :**با استناد به مدل آری‌نیوس، دمای بالا نرخ پیری عایق ترانس را تا ۱۶ برابر افزایش می‌دهد که تأثیر مستقیمی بر عمر مفید و قابلیت اطمینان دارد.
- **کابل‌ها :**افزایش مقاومت اهمی در دماهای بالا موجب افزایش تلفات خط و گرم‌شدن بیش‌ازحد کابل‌ها شده و در صورت عدم رعایت ملاحظات طراحی، احتمال خرابی مکانیکی یا آتش‌سوزی افزایش می‌یابد.

با توجه به این نتایج، در طراحی، نصب و بهره‌برداری از سیستم‌های فتوولتائیک در مناطق با دمای بالا، رعایت ملاحظات فنی زیر به‌شدت توصیه می‌شود:

- استفاده از پنل‌هایی با ضریب دمایی پایین‌تر و بازده حرارتی بهینه؛
- انتخاب اینورتر و ترانسفورماتور با کلاس حرارتی بالا و بهره‌مندی از سیستم‌های خنک‌کننده فعال یا غیرفعال؛
- طراحی مسیر کابل‌کشی با سطح مقطع کافی، پوشش حرارتی مناسب، و حداقل‌سازی طول مسیرها؛
- نصب تجهیزات در محل‌های دارای تهویه طبیعی یا سایه‌دار جهت کاهش دمای کاری؛
- بهره‌گیری از سامانه‌های پایش هوشمند جهت کنترل دمایی و جلوگیری از ورود سیستم به ناحیه بحرانی.

در نهایت، این مطالعه گامی مؤثر در جهت شناخت دقیق‌تر از چالش‌های اقلیمی در توسعه انرژی خورشیدی در ایران و سایر مناطق گرمسیری جهان محسوب می‌شود. پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات آتی، نقش راهکارهای نوین خنک‌سازی پنل‌ها) همچون استفاده از PCM، پوشش‌های بازتابنده، یا سیستم‌های آبی/مه‌پاش (نیز مورد ارزیابی قرار گیرد تا بتوان بهره‌وری سیستم‌های خورشیدی را در شرایط سخت اقلیمی بهینه‌سازی کرد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-09-05]

منابع

[1] M. Ghodbane, D. Benmenine, A. Khechekhouche, B. Boumeddane, “Brief on Solar Concentrators: Differences and Applications, ” Instrumentation Mesure Métrologie, Vol. 19, No. 5, pp. 371-37, 2020. https://doi.org/10.18280/i2m.190507

[2] A. Laaraba, A. Khechekhouche. “Numerical Simulation of Natural Convection in the Air Gap of a Vertical Flat Plat Thermal Solar Collector with Partitions Attached to Its Glazing. ” Indonesian Journal of Science & Technology. Vol 3, no2, pp 14-23, 2018. https://doi.org/10.17509/ijost.v3i2.12753

[3] A. Hadjadj, B. Benhaoua, A. Atia, A. Khechekhouche, N.
Lebbihiat, A. Rouag, “Air Velocity Effect on Geothermal Helicoidally Water-Air Heat Exchanger under El Oued Climate -Algeria, ” Thermal Science and Engining. Vol. 20, pp. 100548, 2020. https://doi.org/10.1016/j.tsep.2020.100548

[4] M. Jahangiri, S. Pahlavan, A. Alidadi Shamsabadi, A. Khechekhouche, “Feasibility Study of Solar Water Heaters in Algeria, a Review, ” Journal of Solar Energy Research, pp. 135-146, 2018.

[5] N.H. Zaini, M. Z. Ab. Kadir, M. Izadi, N.I. Ahmad, M.A.M Radzi and N. Azis, “ The Effect of Temperature on a Mono-crystalline Solar PV Panel,” PROCEEDINGS
OF THE IEEE,978-1-4799-8598-2/15/ 2015.

[6] T.B. Johansson, H. Kelly, A.K.N Reddy, and R.H.
Williams, "Renewable energy: sources for fuels and electricity," Island Press, pp. 1-10 1993.

[7] Nouar Anouna, and Kada Bouchouicha “Estimating daily global solar radiation by day of year in Algeria,” Eur. Phys. J. Plus 2017.

[8] M. IrwanYusoff, Muhammad Irwanto, Safwati Ibrahim, and Leow Wai Zhe "Investigation of the Effect Temperature on Photovoltaic (PV) Panel Output Performance," ISSN: 2088-5334, Vol.6, No. 5, 2016.

[9] P. Li, X. Gao, Z. Li, X. Zhou, “Effect of the temperature difference between land and lake on photovoltaic power generation, ”Renewable Energy, Vol ۱۸۵, pp. ۸٦-95, 2022. https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.12.011

[10] Q. Luo, P. Li, L. Cai, “Experimental investigation on the heat dissipation performance of flared-fin heat sinks for concentration photovoltaic modules,” Applied Thermal
Engineering, vol. 157, pp. 113666, 2019. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.04.076

[11] J. K. Kaldellis, M. Kapsali, “Simulating the dust effect on the energy performance of photovoltaic generators based
on experimental measurements,” Energy, Vol. ۳٦, No. 8, pp. 5154-5161, 2011. https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.06.018

[12] P. Singh, S.N Singh, M. Lal, M. Husain, “Temperature dependence of I-V characteristics and performance parameters of silicon solar cell,” Solar Energy Materials and Solar Cells 92.12, pp. 1611-1616, 2008. https://doi.org/10.1016/j.solmat.2008.07.010

[13] D.M. Tobnaghi, R. Madatov, D. Naderi, “The effect of temperature on electrical parameters of solar cells,” International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrument Engineering, Vol. 2, pp. 6404-6407, 2013.

[14] D. Goossens, H. Goverde, F. Catthoor, “Effect of wind on temperature patterns, electrical characteristics, and performance of building-integrated and building-applied
inclined photovoltaic modules,” Solar Energy,Vol.۱۷۰,pp.64-75,2018. https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.05.043

[15] M. J. Adinoyi, S. A. Said, “Effect of dust accumulation on the power outputs of solar photovoltaic modules,” Renew. Energy, Vol. 60, pp. 633-636, 2013. https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.06.014

[16] P. Singh, N.M. Ravindra, “Temperature dependence of solar cell performance-an analysis,” Solar Energy
Materials and Solar Cells 101, pp. 36-45, 2012. https://doi.org/10.1016/j.solmat.2012.02.019

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-09-05]

[17] M. Piralaee, A. Asgari, “Investigation of the performance parameters of P3HT: PCBM solar cell: The role of temperature, ” Optik, Vol.۲۵۱, pp. ۱٦٨٤٥٣, ۲۰۲۲. https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2021.168453

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-09-05]