بررسی بازده الکتریکی سامانه فتوولتاییک- حرارتی با استفاده از نانوسیال SiO_2

نیوشا هوشمندزاده [۱]، علی متولی [۲،*]، سید رضا موسوی [۳]، پوریا بی‌پروا [۴]

۱. دانشجوی مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (Niusha_hooshmand@yahoo.com)
۲. استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (a.motevali@sanru.ac.ir)
۳. دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (Mousavi22@yahoo.com)
۴. استادیار گروه علوم پایه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (P.biparva@sanru.ac.ir)

چکیده

امروزه با رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی و مواد غذایی، لزوم تولید انواع محصولات در خارج از فصل‌های زراعی امری ضروری به نظر می‌رسد. ازاین‌رو کشت‌های گلخانه‌های در سال‌های اخیر رشد فراوانی داشته و در این نوع کشت‌ها مصرف انرژی در بخش‌های مختلف ازجمله گرمایش، سرمایش، روشنایی، تهویه و ... بالا می‌باشد. استفاده از سامانه‌های خورشیدی به‌منظور تأمین انرژی مصرفی گلخانه‌ها می‌تواند راه‌کاری مفید در بخش جایگزینی انرژی مصرفی فسیلی باشد. در مقاله حاضر، به بررسی اثر نانوذره Sio_2 محلول در سیال پایه آب و تأثیر افزایش غلظت آن بر بازده الکتریکی یک سامانه فتوولتائیک حرارتی صفحه تخت پرداخته شد. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر نشان داد که به‌کارگیری نانوذره SiO_2 سبب افزایش بازده حرارتی نسبت به سیال پایه آب گردید. همچنین افزایش غلظت نانوسیال SiO_2 سبب افزایش بازده الکتریکی در سامانه فتوولتائیک حرارتی شد.

کلمات کلیدی: *بازده الکتریکی، نانوسیال، فتوولتائیک- حرارتی.*

*نویسنده مسئول: a.motevali@sanru.ac.ir

بررسی بازده الکتریکی سامانه فتوولتاییک حرارتی با استفاده از نانوسیال SiO2

مقدمه

در عصر حاضر با توجه به نیاز روزافزون به منابع انرژی و کم شدن منابع انرژی فسیلی، ضرورت سالم نگه‌داشتن محیط‌زیست، کاهش آلودگی هوا، محدودیت‌های برق‌رسانی و تأمین سوخت برای نقاط و روستاهای دورافتاده استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر مانند: انرژی باد، انرژی خورشید هیدروژن و انرژی‌های داخل زمین می‌تواند جایگاه ویژه‌ای داشته باشد. باوجود پتانسیل بالای انرژی خورشیدی برای تأمین انرژی موردنیاز جهان، امروزه تنها درصد کمی از انرژی مصرفی جهان توسط انرژی خورشیدی تأمین می‌شود. کشور ایران با ۲۴۰ الی ۲۵۰ روز آفتابی در هرسال که تقریباً چهارپنجم از مساحت آن، دارای میانگین سالانه تابش خورشیدی در حدود، ۴/۵ تا ۵/۴ کیلو وات‌ساعت بر مترمربع، ازنظر مقدار دریافت انرژی تابشی خورشید، ازجمله بهترین کشور در دنیا به شمار می‌آید. ازاین‌رو فرصت بسیار زیادی در کشور برای به‌کارگیری انرژی خورشیدی وجود دارد[8]. با توجه به محدودیت انرژی فسیلی و آلودگی ناشی از آن‌ها و همچنین افزایش تقاضای انرژی، به‌کارگیری تمهیداتی جهت بهره‌برداری بهینه از منبع سرشار انرژی خورشیدی در کشورمان امری ضروری به نظر می‌رسد. یکی از روش‌های بهره‌وری از انرژی‌های خورشیدی، استفاده از سلول‌های فتوولتائیک می‌باشد[2]. سلول‌های فتوولتاییک که قادر به تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریسیته است، دارای بازده بسیار پایینی بوده و انرژی بسیار زیادی به خاطر مناسب نبودن طول‌موج دریافتی در این دستگاه‌ها به‌صورت گرما به هدر می‌رود[1]. ازاین‌رو می‌توان از سیستم‌های ترکیبی فتوولتائیک- حرارتی استفاده کرد که بازدهی آن‌ها نسبت به پنل های معمولی بالاتر است و گرمای اضافی تولیدشده از پنل ها را هدر نمی‌دهد. هدف از به کار بردن سیستم‌های یکپارچه PVT، کاهش افت راندمان الکتریکی سیستم‌های فتوولتاییک حاصل از گرمایش این سلول‌ها در دماهای بالا، در کنار آن استفاده مناسب از گرمای استخراج‌شده از سیستم است[5]. همچنین اگر تنش حرارتی روی سلول‌های PV برای مدت‌زمان طولانی باقی بماند، می‌تواند به ماژول فتوولتاییک آسیب برساند. در این راستا به‌منظور بهبود عملکرد ماژول‌های فتوولتاییک چندین روش برای کنترل دمای سلول‌های PV به‌منظور افزایش قدرت الکتریکی و جذب گرما معرفی‌شده است، که می‌توان استفاده کانال‌های هوا،مواد تغییر فاز دهنده (PCM) و سیال-های مختلفی مانند روغن ،آب، اتیلن گلیکول و نانوسیال‌ها... نام برد. استفاده از نانو سیالات در خنک‌سازی سیستم‌های خورشیدی روشی نوین است که در مرحله تحقیقات قرار دارد و تحقیقات به‌صورت گسترده به روی این روش در حال انجام است . تجزیه‌وتحلیل و بررسی اکسرژی در فضای باز توسط Madhu et al [6] با استفاده از نانو ذرات Al2O3، CuO و TiO2 با سیال پایه آب و غلظت حجمی ۰/۰۵ تا ۰/۲ درصد انجام شد. نتایج، توجیه استفاده از غلظت بالاتر برای دستیابی به عملکرد بالاتر را نشان می‌دهد. در طی آزمایش، بالاترین بازده را Al2O3/Water داشت. پسندیده‌فرد و همکاران (۲۰۱۷) یک سیستم PVT مجهز به یک جمع‌کننده مبتنی بر نانو ذرات از دیدگاه تولید انرژی آنتروپی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که اضافه کردن نانوسیال باعث بهبود وضعیت اکسرژی حرارتی سیستم می‌شود. ازاین‌رو در این تحقیق سعی شده عملکرد نانوسیالات در سیستم‌های فتوولتاییک حرارتی به‌عنوان عامل خنک‌کننده سلول‌های خورشیدی صورت گیرد. هدف از این پژوهش بررسی اثر نانوسیال SiO2 بر بازده الکتریکی سامانه است.

مواد و روش‌ها

شکل ۱ سامانه مورداستفاده در پژوهش حاضر را نشان داده که با جریان داشتن نانوسیال محلول در آب، در پشت لوله‌های پنل فتوولتاییک سبب خنک کاری سیستم می‌گردد.

شکل ۱ مسیر نانوسیال واردشده به سیستم فتوولتاییک حرارتی

تجهیزات بکار رفته در آزمایش

در پژوهش حاضر از یک صفحه فتوولتاییک حرارتی کوچک به مساحت ۰/۲۴ مترمربع استفاده‌شده است. به‌منظور اندازه‌گیری شدت تابش از یک تابش‌سنج مدل SD SPM-1116 با دقت ۰/۱ وات بر مترمربع و محدوده اندازه‌گیری بین ۰ تا ۲۰۰۰ وات بر مترمربع، دستگاه التراسونیک پروب دار مدل KS250F با فرکانس ۲۰ کیلوهرتز و قدرت ۲۵۰ وات، تحلیل‌گر توان مدل PROVA 200A برای به دست آوردن ولتاژ مدارباز و جریان اتصال کوتاه با دقت تعیین ولتاژ ۱٪، در محدوده‌ی بین ۰ تا ۶۰ ولت و دقت تعیین جریان ۱٪، در محدوده‌ی ۰ تا ۶ آمپر ، ترازو مدل WANT WT5003G برای اندازه‌گیری مقدار نانوذره موردنیاز با دقت ۰/۰۰۱، بادسنج فنجانی مدل AM-4221 ساخته‌شده توسط شرکت LUTRON کشور تایوان، با دقت ۰/۱ متر بر ثانیه و خطای اندازه‌گیری ۰/۲ متر بر ثانیه و محدوده اندازه‌گیری ۰/۹ تا ۳۵ متر بر ثانیه برای اندازه‌گیری سرعت باد و یک دبی سنج مدل YF-S201 ساخته‌شده توسط شرکت Sea کشور چین با محدوده کاری بین ۱ الی ۳۰ لیتر بر دقیقه برای تنظیم دبی در نظر گرفته شد.

شرایط آزمایش

آزمایش‌ها در فصل تابستان و در شهر ساری استان مازندران با طول جغرافیایی ۴۸/۲۸ و عرض جغرافیایی ۳۶/۴۰ درجه و ارتفاع ۴۰ متر از سطح دریا واقع‌شده است، انجام گردید. این پژوهش در مساحت کوچک و به‌صورت آزمایشی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام‌شده است.

در ابتدا نانو ذرات SiO_2 تهیه‌شده و در وزن‌های موردنیاز برای غلظت‌های مشخص (۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد وزنی) با استفاده از ترازوی دیجیتال وزن شده و در ۱ لیتر آب برای پراکنده کردن، اضافه می‌شود. سپس نمونه‌ی آماده‌شده با استفاده از دستگاه التراسونیک پروب دار (فرآیند جداسازی و شناورسازی نانو ذرات)، به مخزن اصلی دستگاه منتقل می‌شود.

برای شروع آزمایش ابتدا با استفاده از دبی سنج، دبی مناسب سامانه برای انجام آزمایش (۳ لیتر بر دقیقه) تنظیم شد. برای ثابت شدن شرایط و نزدیک شدن به حلت پایدار و جلوگیری از خطای آزمایش، ۳۰ دقیقه قبل از شروع آزمایش، دستگاه راه‌اندازی شد. توان‌سنج نصب‌شده به سامانه، هر ۱۵ دقیقه یک‌بار داده‌ها را ثبت و شدت تابش و سرعت باد نیز اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری‌های انجام‌شده و به دست آوردن شدت‌جریان اتصال کوتاه و ولتاژ مدارباز، با استفاده از روابط ۱ و ۲، بازده الکتریکی محاسبه شد:

$$\eta_{pvt} = \frac{\dot{E}_{thermal} - \dot{E}_{electrical}}{E_{input}} \quad (۱)$$

$$\eta_{pvt} = \frac{\int_{t_i}^{t_r}(A_c E_{thermal} + A_{pv}\dot{E}_{electrical})dt}{A_c \int_{t_i}^{t_r} G dt} \quad (۲)$$

$$\eta_{pvt} = (E_{thermal} + \gamma . E_{electrical}) \quad (۳)$$

A_c سطح مقطع کلکتور حرارتی برحسب mm^2 ، A_{pv} سطح مقطع پنل PV برحسب mm^2 است، r فاکتور بسته‌بندی به‌عنوان $\frac{A_c}{A_p}$، $E_{electrical}$ میزان توان الکتریکی خروجی بر واحد سطح پنل PV برحسب وات و G اثر تابش خورشید بر واحد سطح سیستم PVT است و واحد آن برحسب kW/m می‌باشد.

$$\eta_{electrical} = \frac{V_{oc} * I_{sc} * FF}{A_c * G} \quad (۴)$$

$$FF = \frac{P_{max}}{V_{oc} * I_{sc}} \quad (۵)$$

V_{oc} ولتاژ مدارباز (V)، I_{sc} جریان اتصال کوتاه (A) و FF را ضریب پر شدگی می‌توان تعریف کرد. FF را می‌توان به‌عنوان کیفیت اتصال سلول نیمه‌هادی و اینکه سلول خورشیدی چگونه می‌تواند حامل ایجادشده از نور خورشید را جمع‌آوری کند ، تعریف کرد (Chenming & White, 1983).

نتایج و بحث

در این پژوهش سعی شد تا بازده یک سیستم فتوولتاییک حرارتی با استفاده از نانوسیال SiO2 مورد بررسی قرار گیرد. چراکه استفاده از نانوسیال باعث بالا رفتن بازده سیستم می‌شود. ازاین‌رو سعی شده است تا با اضافه‌کردن نانوسیال در غلظت‌های مختلف با دبی بهینه ۳ لیتر بر دقیقه، تأثیر این ماده و افزایش غلظت در مخزن با جریان یافتن در لوله‌های پشت پنل، مورد ارزیابی قرار گیرد. طبق نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش با بالا رفتن دمای صفحه فتوولتاییک، ولتاژ کاهش و با افزایش شدت تابش، جریان تولیدی صفحه زیاد می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که در ساعات ابتدایی شروع آزمایش بالاترین ولتاژ تولیدی از صفحه خورشیدی به ترتیب در غلظت‌های ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵ درصد وزنی، ۱۸/۵۷، ۱۸/۷۹ و ۱۹/۰۵ بود و در انتهای آزمایش ولتاژ مدارباز به ترتیب ۱۸/۰۵، ۱۸/۱۹ و ۱۸/۳۴ ولت بود. برای جریان خروجی از صفحه نیز بالاترین میزان ۳/۰۳۸ آمپر ثبت شد.

نتایج به‌دست‌آمده از تغییر ولتاژ در طول فرآیند آزمایش نشان داد که ولتاژ تولیدی باگذشت زمان و با افزایش شدت تابش به دلیل افزایش دمای سطح سلول خورشیدی، کاهش می‌یابد. البته نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که در بعضی از ساعات افزایش ولتاژ و یا ثابت ماندن مشاهده شد که به دلیل وزش باد و پایین آمدن دمای لحظه‌ای اتفاق افتاد که این نتیجه با پژوهش مشتاق دزفولی و روشندل (۱۳۹۴) مطابقت دارد. همچنین نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش مشتاق دزفولی و روشندل (۱۳۹۴) نشان داد که با افزایش شدت تابش، شدت‌جریان هم افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

نتیجه این پژوهش نشان داد که با افزایش غلظت نانوسیال در آزمایش‌ها، میزان بازده الکتریکی افزایش یافت. به‌طوری‌که اختلاف بازده‌های الکتریکی به‌دست‌آمده در این آزمایش از پایین‌ترین غلظت ۰,۱ درصد به بالاترین غلظت ۰/۵ درصد ترکیب با آب، با اختلاف کم به ترتیب، ۰/۰۴ و ۰/۰۸ درصد بود که مطابق با نتیجه به‌دست‌آمده در پژوهش Talib et al (2015) مطابقت دارد.

منابع

۱. اسدیان سرخی، م.ح. و گرجی بندپی، م. ۱۳۹۶. مطالعه آزمایشگاهی افزایش بازده سیستم‌های خورشیدی بر پایه سیستم ترکیبی فتوولتاییک – حرارتی با سیال آب PVT/w. کنفرانس دستاوردهای نوین و به روز در علوم مهندسی و فناوری‌های جدید.

۲. باقری، س. و مفیدی شمیرانی، س.م. ۱۳۹۲. مقایسه بین سلول‌های فتوولتائیک (pv)و سلول‌های فتوولتائیک –حرارتی (pvt). سومین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی، تهران.

۳. پسندیده‌فرد، م.، سردارآبادی، م.، سالاری، ع.، حسین زاده، م. ۱۳۹۶. بررسی پارامتری یک سیستم فتوولتاییک حرارتی بر پایه نانوسیال با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی. مجله مهندسی مکانیک مدرس.

۴. مشتاق دزفولی، ع و روشندل، ر. ۱۳۹۴. بررسی اثر تغییرات دما بر توان خروجی از پنل فتوولتائیک در سیستم‌های برق خورشیدی. کنفرانس بین‌المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی

۵. میرزایی ضیاپور، ب. و پالیده، و. ۱۳۹۲. مروری بر پیشرفت‌های اخیر سستم های ترکیبی خورشیدی فتوولتائیک–حرارتی (PVT). دومین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک، همدان.

6. Madhu, B., Subramanian, B. E., Nagarajan, P. K., Sathyamurthy, R., & Mageshbabu, D. 2017. Improving the yield of freshwater and exergy analysis of conventional solar still with different nanofluids, FME Transactions, 45(4), 524-530.
7. Chenming, H., White, R. M.1983. Solar cells from basic to advanced system. New York: McGraw- Hill.
8. Moghadam, F., Omidkhah, M. R., Vasheghani-Farahani, E., Pedram, M. Z., & Dorosti, F. 2011. The effect of TiO2 nanoparticles on gas transport properties of Matrimid5218-based mixed matrix membranes, Separation and Purification Technology, 77(1), 128-136.
9. Talib, S. F. A., Azmi, W. H., Zakaria, I., Mohamed, W. A. N. W., Mamat, A. M. I., Ismail, H., & Daud, W. R. W. 2015. Thermophysical properties of silicon dioxide (SiO2) in ethylene glycol/water mixture for proton exchange membrane fuel cell cooling application. Energy Procedia, *79*, 366-371.

Evaluation of electrical efficiency of photovoltaic-thermal system using sio2 nanofluid

Niusha Hooshmandzadeh[1*], Ali Motevali[2], Seyed Reza Mousavi and Pourya Biparva

1. Student of Biosystems Engineering, Agricultural University of Sari
2. Assistant Professor of Biosystems Engineering, Agricultural University of sari
3. Associate Professor of Biosystems Engineering, Agricultural University of sari
4. Assistant Professor of Biosystems Engineering, Agricultural University of sari

Abstract

With the use of products offered in other stores and the provision of food products, the necessity of off-season products seems essential. So you can eliminate the likes of greenhouses over the years of your life so that you can be empowered and used in different areas. Using solar systems to supply greenhouse energy can be a useful alternative to fossil fuel replacement. In this paper, the effect of soluble SiO2 nanoparticles in water based fluid and the effect of increasing its concentration on the electrical efficiency of a flat plate thermal photovoltaic system was investigated. The results of this study showed that application of Sio2 nanoparticles increased the thermal efficiency of water based fluid. Increasing the concentration of Sio2 nanofluid also increased the electrical efficiency of the thermal photovoltaic system.

Key words: electrical efficiency, Nanofluid, thermal photovoltaic system.

*Corresponding author: Ali Motevali
E-mail: a.motevali@saru.ac.ir