بررسی تجربی بازده الکتریکی یک سامانه متمرکز کننده سهموی خطی با استفاده از نانوسیال آب/ Al_2O_3

معصومه عزیزی کاشانتویی[۱]، سیدرضا طباطبایی کلور[۲]، علی متولی سیدزین‌العابدینی[۳]، سیدرضا موسوی‌سیدی[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد انرژی تجدیدپذیر، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، masoome.azizi88@gmail.com؛
۲. دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، r.tabatabaei@sanru.ac.ir
۳. استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، motevali62@gmail.com
۴. دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، mousavi22@yahoo.com

چکیده

انرژی نقش حیاتی در تمام فعالیت‌های زندگی بشر دارد. توسعه فناوری‌ها و گسترش صنایع موجب شده است که جوامع بیش از پیش به انرژی‌های فسیلی و هم‌چنین برق نیازمند شوند. برای جایگزینی انرژی فسیلی، انواع انرژی‌های تجدیدپذیرقابل استفاده است. انرژی خورشیدی یکی از اقسام انرژهای پاک مورد توجه است که به صورت برق و حرارت قابل دسترس و ذخیره‌سازی می‌باشد. در این مقاله به بررسی تجربی اثر استفاده از نانوسیال آب/ Al_2O_3 و بررسی اثر افزایش دبی بر بازده‌ی الکتریکی یک سامانه متمرکزکننده سهموی خطی مجهز به سلول‌های خورشیدی پرداخته شد. آزمایشات در سه سطح دبی ۲، ۴ و ۶ لیتر بر دقیقه در مقایسه با آب، در فصل تابستان، در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. نتایج حاصل از این آزمایش‌های تجربی نشان داد که نانوسیال به‌طورکلی اثر مثبتی روی بازده‌ی الکتریکی سامانه داشته و افزایش دبی سبب افزایش بازده الکتریکی در سامانه مذکور می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: *سامانه‌های خورشیدی، بازده الکتریکی، نانوسیال، آب/ Al_2O_3*

نویسنده مسئول: motevali62@gmail.com

بررسی تجربی بازده الکتریکی یک سامانه متمرکزکننده سهموی خطی با استفاده از نانوسیال آب/ Al_2O_3

مقدمه

با افزایش جمعیت و صنعتی شدن جوامع مدرن بشری در چند دهه گذشته، زغال‌سنگ، نفت، هسته‌ای و سایر سوخت‌ها بیشترین انرژی مصرف‌کنندگان مسکونی و صنعتی را به خود اختصاص داده است (۱). این افزایش تقاضای جهانی برای انرژی، نگرانی‌های بیشتری برای تأمین انرژی ایجاد کرده است (۲). استفاده از سوخت‌های فسیلی با مشکلات متعددی مانند انتشار کنترل نشده دی‌اکسید کربن (CO_2) و گازهای گلخانه‌ای دیگر، گرمایش جهانی، باران اسیدی و تأثیر نشت نفت در زندگی آبزی همراه است(۳). علاوه بر این، افزایش تقاضای انرژی جهانی با نرخ سالیانه ۲,۱٪ (۴)، یک عامل ضروری است که باید مورد توجه قرار گیرد. تمام عوامل پیشین روشن می‌سازند که دلایل زیادی برای یافتن راه‌های جدید برای تولید انرژی موردنیاز وجود دارد (۵). استفاده از منابع انرژی جایگزین و تجدیدپذیر برای پوشش نیازهای انرژی انسانی به نظر یک انتخاب قابل‌اعتماد و امیدوارکننده می‌باشد(۶). پیشرفت‌های جدید در فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند بیشترین انرژی آینده را تأمین نماید. یکی از امیدوارکننده‌ترین منابع انرژی تجدیدپذیر انرژی خورشیدی است که می‌تواند به گرمای حرارتی مفید (با جمع‌کننده‌های حرارتی خورشیدی) یا مستقیماً به برق با سلول‌های (PV) تبدیل شود(۷). علاوه بر این، یکی دیگر از مزایای انرژی خورشیدی ، در دسترس بودن زیاد برای استفاده در مناطق دوردست (روستاها و مناطق صعب العبور) و فراوانی بسیار آن است(۸). با توجه به ترازنامه انرژی ایران بیش از دو سوم مساحت کشور در سال، ۳۰۰ روز آفتابی با متوسط تابش ۴/۵ تا ۵/۵ کیلووات ساعت بر مترمربع دارد. این اطلاعات نشان می‌دهد که ایران جزء مناطق با پتانسیل بالای انرژی خورشیدی است که درنتیجه پژوهش‌گران و محققان را به سمت استفاده از این منبع پاک و نامتناهی سوق می‌دهد(۹). انرژی خورشید را می‌توان هم به صورت برق و هم به صورت حرارت ذخیره کرد، که به فناوری تولید برق گردآورنده فتوولتائیک (PV) و به فناوری تولید حرارت گردآورنده حرارتی(SC) می‌گویند و به سیستم ترکیبی این دو گردآورنده‌های فتوولتائیک حرارتی (PV-T) اطلاق می‌شود، با ترکیب کردن یک گردآورنده فتوولتائیک حرارتی با یک متمرکزکننده، سیستم‌های متمرکزکننده فتوولتاییک حرارتی (CPV-T) ایجاد می‌شود. در این سیستم به دلیل استفاده کمتر از صفحات فتوولتائیک در واحد سطح هزینه‌های سیستم را نسبت به سیستم‌های فتوولتائیک حرارتی صفحه تخت به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌دهد. سلول‌های فتوولتائیک 5 الی 20 درصد انرژی جذب‌شده خورشید را به الکتریسیته تبدیل و مابقی به صورت گرما تلف می‌شود. با افزایش گرما توان سلول‌های فتوولتائیک کاهش‌یافته که با خنک‌کردن سلول‌ها می‌توان تولید انرژی الکتریکی را بهبود بخشید (۱۰). برای خنک کردن از سیال‌های مختلف مانند آب، هوا و... بر پشت صفحات خورشیدی استفاده می‌شود. برای بهبود عملکرد جمع کننده خورشیدی با تغییر سیال کار، از روش افزودن نانو ذرات با رسانایی حرارتی بالا به سیال کار استفاده می‌شود. نانوسیال هدایت حرارتی را با پراکندگی نانو ذرات فلزی یا غیرفلزی در مایعات کار پایه بهبود می‌بخشید. نانوسیالات مخلوط جامد مایع با اندازه ذرات ۱-۱۰۰ نانومتر هستند و برای تقویت انتقال حرارت مایعات استفاده می‌شوند. در سال‌های اخیر پژوهش‌های فراوانی برای تعیین پتانسیل این نوع سیستم‌ها جهت تولید الکتریسیته و حرارت صورت گرفته است که در ادامه به برخی از این تحقیات اشاره می‌شود. قاسمی و رنجبر (۲۰۱۷) به تأثیر استفاده از نانوسیال‌ها بر کارایی کلکتورهای سهموی در نیروگاه‌های خورشیدی حرارتی پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از نانوسیال به جای سیال پایه به‌عنوان یک سیال عامل باعث افزایش عملکرد انتقال حرارت می‌شود. لی و همکاران در سال 2011 در یک مطالعه تجربی اثر سه نانوسیال آب/Al_2O_3 آب/ZnO ، آب MgO/با درصد حجمی‌های مختلف و با اندازه ذرات 20 نانومتر را در کلکتور لوله‌ای بررسی کردند. نتایج نشان داد بهترین نانوسیال برای کلکتورهای خورشیدی آب ZnO با جز حجمی ۰/۲ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تصویر کلی از سامانه در شکل (۱-الف) و مسیر عبور نانوسیال جهت خنک کاری در شکل (۱-ب) آورده شده است. این سامانه از دو بخش متمرکزکننده و جمع کننده فتوولتاییک-حرارتی تشکیل‌شده است. قسمت جمع کننده خود از دو قسمت صفحه خورشیدی و جمع کننده فتوولتاییک/حرارتی تشکیل‌شده است. برای خنک کاری پنل نانوسیال در لوله‌های تعبیه‌شده در پشت پنل جریان می‌یابد.

(الف)

(ب)

شکل ۱: (الف) تصویر سامانه موردبررسی در پژوهش، (ب) لوله مسی و مسیر عبور نانوسیال جهت خنک کاری

تجهیزات مورداستفاده در آزمایش

در پژوهش حاضر از یک صفحه فتوولتاییک حرارتی کوچک به مساحت ۰/۱۳ مترمربع استفاده‌شده است. سامانه متمرکزکننده دارای نسبت تمرکز ۱۰ تا ۱۵ و اندازه ورق استیل براق موجود در بازار (مدل ۳۰۴ ساخت استیل پارس ایران) با ضریب انعکاس ۸۰ ٪ به طول ۲ متر و عرض ۱ متر بود. از یک تابش‌سنج مدل SPM-1116 SD با دقت ۰/۱ وات بر مترمربع و محدوده اندازه‌گیری بین ۰ تا ۲۰۰۰ وات بر مترمربع به‌منظور اندازه‌گیری شدت تابش ، 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، و برای اندازه‌گیری دبی اعمالی به سیستم از یک حسگر دبی سنج مدل ۲۰۱YF-S ساخته‌شده توسط شرکت Sea کشور چین با محدوده کاری ۱ الی ۳۰ لیتر بر دقیقه استفاده شد. همچنین برای نشان دادن مقادیر دبی و ثبت داده، از یک مدار دبی سنج دیجیتالی مجهز به دیتالاگر که با کمک نرم‌افزار آردوینو (ARDUINO) برنامه‌ریزی و طراحی‌شده استفاده شد.

شرایط آزمایش

آزمایش‌ها در فصل تابستان در دانشگاه علوم و کشاورزی و منابع طبیعی ساری واقع در شهر ساری استان مازندران که دارای طول جغرافیایی ۴۸/۲۸ و عرض جغرافیایی ۳۶/۴۰ درجه و ارتفاع ۴۰ متر از سطح دریا می‌باشد، انجام گرفت. ابتدا نانو ذره ساخته‌شده و در وزن موردنظر برای غلظت مشخص (۰/۰۱ درصد حجمی) اندازه‌گیری شد. سپس نانوذره به مقدار مشخصی آب اضافه‌شده و نمونه در دستگاه التراسونیک پروب‌دار به‌منظور پراکنده کردن و پایدارسازی نانو ذرات قرار گرفت. نمونه نهایی به مخزن اصلی سیستم انتقال داده شد.

در هر روز برای انجام آزمایش ابتدا دبی موردنظر (۲، ۴ و ۶ لیتر بر دقیقه) تنظیم شده و برای ثابت شدن شرایط و نزدیک شدن به شرایط پایدار و جلوگیری از خطای آزمایش، ۳۰ دقیقه قبل از شروع آزمایش، دستگاه راه‌اندازی شد. داده‌برداری هر ۱۵ دقیقه از ساعت ۹ صبح تا ۱۵ عصر هر روز توسط تجهیزات انجام و ثبت شد. با به دست آوردن داده‌های موردنیاز و روابط زیر بازده الکتریکی سامانه محاسبه شد.

فاصله کانونی متمرکزکننده از رابطه (۱) محاسبه شد:

$$y = \frac{x^2}{4f} \quad (۱)$$

که x عرض سهموی m، و y ارتفاع سهموی m و f فاصله کانونی m می‌باشد.

$$C_{pvt} = \frac{A_c}{A_{pvt}} \quad (۲)$$

که A_c مساحت سطح متمرکزکننده m^2 و A_{pvt} مساحت سطح فتوولتاییک m^2 می باشد.

مساحت سطح متمرکز کننده برابر است:

$$A_c = C \times W \quad (۳)$$

W عرض دهانه سهموی m و C طول سطح متمرکزکننده m می‌باشد.

تحلیل حرارتی

مقدار انرژی ورودی به سامانه با استفاده از رابطه (۴) تعریف می گردد:

$$E = I \times A_c \quad (۴)$$

همچنین شدت تابش تولیدشده بر روی سطح برابر است با:

$$G = I \times C_{pvt} \quad (۵)$$

$\boldsymbol{I}$ شدت تابش خورشید $\frac{w}{m^2}$، $\boldsymbol{A_c}$ مساحت سطح متمرکزکننده m^2، G شدت تابش بر روی سطح صفحه خورشیدی و $\boldsymbol{C_{pvt}}$ نسبت تمرکز می‌باشد.

میزان کاهش توان الکتریکی برحسب دما نیز برابر است با:

$$\eta_{PV} = \eta_r \times [1 - 0.0045 \times (T_{cell} - 25)] \quad (۶)$$

η_{PV} توان الکتریکی براثر دما، η_r بازده سلول در شرایط مرجع، T_{cell} دمای سطح صفحه خورشیدی می‌باشد. راندمان الکتریکی برابر است با که در آن P_{el} توان الکتریکی می‌باشد:

$$\eta_{el} = \frac{P_{el}}{G \times A_{pvt}} \quad (۷)$$

نتایج و بحث

در این پژوهش بازده یک سیستم فتوولتاییک حرارتی با استفاده از نانوسیال Al_2O_3 / آب موردبررسی قرار گرفت. افزودن نانوسیال سبب افزایش بازده سیستم می‌گردد همچنین سعی بر این بود با افزایش دبی در غلظت ثابت تأثیر این پارامتر بر سامانه موردبررسی قرارگیرد. نتایج اثر دبی در تولید توان الکتریکی نشان داد که توان‌های تولیدی در سه نرخ دبی نزدیک به هم بوده و با افزایش دبی عملکرد توان الکتریکی تولیدی بهتر می‌گردد، با افزایش دبی دمای سطح پنل فتوولتاییک کاهش‌یافته، درنتیجه بنا به رابطه (۶) راندمان الکتریکی به دمای سطح فتوولتاییک وابستگی دارد که درنتیجه راندمان آن افزایش می‌یابد. نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق با نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق‌های ولی زاده و همکاران (۱۳۹۳) و حسین‌زاده وهمکاران(۲۰۱۸) مطابقت داشت. راندمان الکتریکی برابر است با نسبت توان تولیدشده به انرژی ورودی، بنابرین با توجه به اینکه توان تولیدشده با دمای ورودی کاهش می‌یابد، راندمان الکتریکی سامانه سهموی خطی با افزایش دمای ورودی کاهش یافت. افزایش دبی نانوسیال سبب جذب بیشتر گرما از صفحه و درنتیجه بالا رفتن مقدار توان الکتریکی شد که این خود دلیل افزایش راندمان الکتریکی سامانه با افزایش دبی از ۲ لیتر بر دقیقه به ۴ و ۶ لیتر بر دقیقه است. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش با نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش دل کول و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

نتیجه این پژوهش نشان داد که با افزایش دبی نانوسیال در تست‌ها، میزان بازده الکتریکی افزایش یافت. به‌طوری‌که اختلاف بازده‌های الکتریکی به‌دست‌آمده در این آزمایش از کم‌ترین دبی (۲لیتر بر دقیقه) تا بیش‌ترین دبی (۶ لیتر بر دقیقه)، به ترتیب، ۰/۶۵ و ۰/۴۳ بود که مطابق با نتیجه به‌دست‌آمده در پژوهش بلوس و همکاران (۲۰۱۹) بود.

منابع

1. Abadeh, A., Rejeb, O., Sardarabadi, M., Menezo, C., Passandideh-Fard, M., & Jemni, A. (2018). Economic and environmental analysis of using metal-oxides/water nanofluid in photovoltaic thermal systems (PVTs). Energy, 159, 1234-1243.Author, A., 1986. *Book Name*. Publisher Name, Address.
2. V. Balzani, N. Armaroli, Energy for a Sustainable World: from the Oil Age to a Sun-powered Future, John Wiley & Sons, 2010. Inbook, A., ed., 1991. *Book title*, 1st ed., Vol. 2 of Series Title. Publisher Name, Publisher address, Chap. 1, pp. 1– 3. See also URL http://www.abc.edu.
3. S. Pavlovic, E. Bellos, R. Loni (2018) Exergetic investigation of a solar dish collector with smooth and corrugated spiral absorber operating with various nanofluids, Journal of Cleaner Production, 174:1147-1160.
4. IEA (2017) Global energy and CO2 status report
5. B.M. Kefford, B. Ballinger, D.R. Schmeda-Lopez, C. Greig, Simon Smart (2018) The PhD thesis, A., 2003. “Thesis Title”. PhD Thesis, University of Higher Education, Cambridge, MA, May. See also URL http://www.abc.edu.
6. A.A. Prasad, R.A. Taylor, M. Kay (2017) Assessment of solar and wind resource synergy in Australia. Applied Energy, 190:354-367.
7. G. Kumaresan, P. Sudhakar, R. Santosh, R. Velraj (2017) Experimental and numerical studies of thermal performance enhancement in the receiver part of solar parabolic trough collectors, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 77:1363-1374.

8. S.A. Kalogirou, S. Karellas, K. Braimakis, C. Stanciu, V. Badescu (2016) Exergy analysis of solar thermal collectors and processes, Progress in Energy and Combustion Science 2016;56:106-137
9. Li Y, Xie HQ, Li J, Investigation on heat transfer performances on Nano fluid in solar collector, Materials science forum, 2011, vol.614, pp.33-66
10. Bellos, E., & Tzivanidis, C. (2019). Investigation of a nanofluid-based concentrating thermal photovoltaic with a parabolic reflector. Energy conversion and management, 180, 171-182.

۱۱. [۱۱] سابا، ۱۳۹۲

۱۲. [۱۲] ولی زاده، م، سرحدی، ف و مهدوی عادلی، م، ۱۳۹۰، تحلیل حرارتی، الکتریکی و اکسرژی یک گردآورنده فتوولتاییک حرارتی سهموی خطی، کنفرانس بین المللی یافته های نوین پژوهشی در مهندسی صنایع و مهندسی مکانیک، تهران

۱۳. [۱۳] تاجی، م، ۱۳۹۵، ساخت کلکتور خورشیدی متمرکز کننده سهموی خطی و پیش بینی عملکرد آن، فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی مکانیک جامدات، شماره جهارم

۱۴. قاسمی، ا، رنجبر، ع و رامیار، ع، ۱۳۹۲، بررسی عددی اثر آلومینیوم-آب بر عملکرد کلکتور خورشیدی سهموی، نانومواد، شاهرود

Experimental study of the electrical efficiency of a linear parabolic concentrator system by using water nanofluids/Al_2O_3

Masomeh Azizi[1*], Reza Tabatabaeikoloor[2], Ali Motevali[3] and Seyed Reza Mousavi[4]

1. Student of Biosystems Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2. Associate Professor of Biosystems Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
3. Assistant Professor of Biosystems Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
4. Associate Professor of Biosystems Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

Abstract

Energy plays a vital role in all activities of human life. The development of technologies and the expansion of industries have made communities increasingly in need of fossil fuels as well as electricity. A variety of renewable energies can be used to replace fossil energy. Solar energy is one of the types of clean energy that is available in electricity and heat and storage. In this paper we investigate empirically the effect of using nanofluidic water/Al_2O_3 and the effect of increasing discharge on the electrical efficiency of a parabolic concentrator system. A line equipped with solar cells was dealt with. Experiments were conducted at three levels of 2, 4 and 6 liters / min discharge in summer at Sari University of Agriculture and Natural Resources. The results of these experimental experiments show that the nanofluid in general has a positive effect on the electrical efficiency of the system and increasing the discharge increases the electrical efficiency of the system.

Key words: Solar systems, Electrical efficiency, Nanofluids, water/Al_2O_3

*Corresponding Author
E-mail: motevali62@gmail.com