مجله مهندسی مکانیک مدرس، مهر 1395، دوره 16، شماره 13، ویژه‌نامه مجموعه مقالات کنفرانس، ص‌ص 217-221

مجموعه مقالات دومین کنفرانس بین‌المللی تهویه‌مطبوع و تاسیسات حرارتی و برودتی
بیرجند، دانشگاه بیرجند، 6 و 7 مهر 1395

مهندسی مکانیک مدرس
mme.modares.ac.ir

بررسی آزمایشگاهی تاثیرات نانوسیال اکسید آهن (فرو مگنتیت) بر بازدهی اگزرژی در کالکتورهای صفحه تخت خورشیدی در ساختمان

جلال قندهاری[1*]، علی کیانی‌فر[2]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه فردوسی، مشهد
2- دانشیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه فردوسی، مشهد
* مشهد، صندوق پستی 9177511111، a-kiani@um.ac.ir

چکیده

یکی از روش‌های نوین بهبود عملکرد حرارتی کالکتورهای خورشیدی به عنوان مهمترین جزء آبگرم‌کن‌های خورشیدی، استفاده از نانوسیالات می‌باشد. یکی از مسائلی که همواره در سیستم‌های ترمودینامیکی مورد توجه می‌باشد، بهینه‌سازی اگزرژی یا بالا بردن بازدهی اگزرژی سیستم ترمودینامیکی است. در این پژوهش، تاثیرات نانوسیال اکسید آهن با سیال پایه مخلوط 50 درصد حجمی آب و پروپیلن گلیکول به عنوان سیال عامل در کالکتورهای صفحه تخت خورشیدی در کالکتورهای صفحه تخت خورشیدی به صورت آزمایشگاهی بررسی شده است. بدین منظور نانوسیال اکسید آهن در غلظت‌های مختلف نانوذره تا سه دهم درصد جرمی و در سه دبی مختلف مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. آزمایشات تمامی در روزهای صاف و بدون ابر فصل تابستان و در پژوهشکده هواخورشید دانشگاه فردوسی مشهد انجام شده است. نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده پتانسیل مناسب نانوسیال اکسید آهن در افزایش بازدهی اگزرژی کالکتور صفحه تخت خورشیدی به عنوان اصلی‌ترین جزء آبگرم‌کن خورشیدی می‌باشد. نتایج بدست آمده نشان دهنده افزایش 2.1 درصدی بازدهی اگزرژی کالکتور صفحه تخت خورشیدی می‌باشد.

کلید واژگان: کالکتورهای صفحه تخت خورشیدی، نانوسیال اکسید آهن(فرومگنتیت)، بازده اگزرژی

Experimental Investigation on the Effect of Iron Oxide(Fe_3O_4) Nanofluid on the Exergy Efficiency of Flat-Plate Solar Collectors in the Building

Jalal Ghandehari, Ali Kianifar*

Department of Mechanical Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
* P.O.B. 917751111 Mashhad, Iran, a-kiani@um.ac.ir

ABSTRACT

Using nanofluids is one of the new methods to improve the thermal performance of solar collector, that is the most important component of solar water heaters. Exergy optimization or increase Exergy efficiency are the most important issues in thermodynamic systems. In this research, the effects of iron oxide nanofluids, with a base fluid consist of mixture of 50% water and propylene glycol as an agent fluid, in solar flat plate collectors was studied experimentally. Iron oxide nanofluid concentration was varied up to 0.3%, and discharge rate was also changed at three levels. All tests were performed on summer clear days and without cloud in Havakhorshid institute in Ferdowsi university of Mashhad. Results indicate iron oxide nanofluids has good potential to improve Exergy efficiency of solar flat plate collectors, as an increase of 1.2 % was noticed.

Keywords: Flat- plate solar collector, Fe_3O_4 nanofluids,Exergy efficiency

1- مقدمه

کالکتورهای خورشیدی در واقع مبدل‌های حرارتی هستند که انرژی تابشی خورشید را به انرژی درونی سیال عامل کالکتور تبدیل می‌نمایند. این وسایل با جذب انرژی تابشی خورشید آن را به صورت گرما به سیال جاری در کالکتور(معمولا هوا، آب یا روغن)، منتقل نموده و این انرژی جمع‌آوری شده از سیال جاری در کالکتور یا مستقیما موجب گرم کردن آب مصرفی می‌شود و یا در مخزنی مخصوص ذخیره‌سازی گردیده که می‌توان از آن در شب و یا در روزهای ابری استفاده نمود [1]. کالکتورهای صفحه تخت خورشیدی به دلیل سادگی طراحی، عملکرد مناسب و تعداد اجزای مکانیکی کمتر، پرکاربردترین و مشهورترین نوع کالکتورهای خورشیدی برای سیستم‌های آب‌گرم‌کن خورشیدی مورد استفاده در انواع ساختمان‌های مسکونی و اداری می‌باشند. به همین دلیل در این پژوهش از این نوع کالکتورها در سیستم آبگرمکن خورشیدی استفاده شده است. همچنین در این پژوهش از مخلوط آب و پروپیلن گلیکول[1] به‌عنوان سیال پایه استفاده شده است تا ضمن استفاده از خواص ضدیخ و ضدجوش بودن پروپیلن گلیکول و جلوگیری از یخ‌زدگی سیال در کالکتور، با افزودن آب از کاهش شدید انتقال حرارت (به دلیل انتقال حرارت پایین پروپیلن گلیکول) جلوگیری شود [2].

در دهه‌ی گذشته، بسیاری از محققان به ارزیابی تاثیرات نانوسیالات بر بهبود انتقال حرارت در سیستم‌های گرمایی مختلف پرداخته‌اند [3]. در میان کاربردهای متفاوت نانوسیالات، استفاده آن‌ها در انرژی‌های تجدیدپذیر به خصوص در انرژی خورشیدی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. نانوسیالات عموماً ظرفیت حرارتی پایین‌تری نسبت به سیالات متداول دارند. بنابراین، استفاده از نانوسیالات در کالکتورهای خورشیدی به‌عنوان اصلی‌ترین جزء

[1] Propylen glycol

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

Please cite this article using:

J.Ghandehari1, A.Kianifar, Experimental Investigation on the Effect of Iron Oxide (Fe_3O_4) Nanofluid on the Exergy Efficiency of Flat-Plate Solar Collectors in the Building, *Modares Mechanical Engineering, Proceedings of the Second International Conference on Air-Conditioning, Heating and Cooling Installations*, Vol. 16, No. 13, pp. 217-221, 2016 (in Persian فارسی)

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1395.16.13.8.5]

آب‌گرم‌کن‌های خورشیدی موجب بالا رفتن دمای خروجی از کالکتور می‌شود که همین امر یعنی دمای بالاتر خروجی سیال برای بسیاری از کاربردها به ویژه سیستم‌های گرمایشی ساختمان‌ها بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در زیر به مرور چند تحقیق انجام گرفته بر تاثیر نانوسیالات بر بازدهی اگزرژی کالکتورهای صفحه تخت خورشیدی پرداخته شده است.

در پژوهشی فرهت و همکاران [4]، به صورت تئوری به بررسی قانون دوم ترمودینامیک و بهینه‌سازی اگزرژی کالکتورهای صفحه تخت خورشیدی پرداخته‌اند. آن‌ها با استفاده از شبیه‌سازی کالکتور خورشیدی به این نتیجه رسیدند که با بالا رفتن دمای ورودی، قطر لوله‌های کالکتور و همچنین مقدار تابش، بازدهی اگزرژی کالکتور بیشتر می‌شود.

علیم و همکاران [5]، به صورت تئوری به بررسی قانون اول و دوم ترمودینامیک در کالکتورهای صفحه تخت خورشیدی با استفاده از نانوسیالات متفاوت(نانوذرات اکسید مس، اکسید آلومینیوم، اکسید تیتانیوم و اکسید سیلسیوم در سیال پایه‌ی آب) در دبی‌های مختلف پرداخته‌اند. آن‌ها نانوسیالات را با درصد جرمی بین 1 تا 4 درصد در دبی‌های بین 1 تا 4 لیتر بر دقیقه در کالکتورهای صفحه تخت خورشیدی مورد آزمایش قرار دادند که در انتها نانوسیال اکسید مس با کاهش آنتروپی تولیدی 4.3 درصد و افزایش ضریب انتقال حرارت به میزان 22.15 درصد بهترین نوع نانوسیال در میان دیگر نانوسیالات به‌کار رفته در کالکتور صفحه تخت خورشیدی معرفی گردید.

2- طرز تهیه نانوسیال

در این پژوهش، برای تهیه نانوسیال از نانوذرات اکسید آهن (مگنتیت) با قطر متوسط 40 نانومتر در مخلوط 50 درصد حجمی آب و پروپیلن گلیکول استفاده شده است، به‌طوری که با توجه به درصد جرمی مورد نیاز، نانوذرات آهسته در سیال پایه ریخته شده و به وسیله همزن به‌طور همزمان مخلوط گردیده‌اند. سپس، به محلول چند قطره اسید استیک اضافه کرده و محلول برای مدت سی دقیقه داخل حمام دستگاه اولتراسونیک قرار داده تا از کلوخه‌ای شدن نانوذرات جلوگیری شود و ته نشینی نانوذرات در نانوسیال به حداقل برسد، به این شیوه، با چشم غیرمسلح حداقل پس از یک ماه هیچگونه ته‌نشینی مشاهده نگردید. لازم به ذکر است که اضافه کردن اولئیک اسید باعث کلوخه ای شدن نانوذرات شده است. نانوسیالات برای دو درصد جرمی متفاوت 0.1 و 0.3 درصد جرمی آماده شده‌اند. در "شکل 1"، تصویر نانوفروسیال پایدار شده و استفاده شده در آزمایش آورده شده است.

3- روش انجام آزمایش

همان‌طور که در "شکل شماتیکی 2"، نشان داده شده است، نانوسیال به وسیله یک پمپ سیرکوله داخل سیکل بسته‌ی آبگرم‌کن خورشیدی طراحی شده چرخش می‌کند، به طوری که نانوسیال پس از گرم شدن و دریافت انرژی تابشی خورشید دمای خروجی‌اش از کالکتور بالا رفته و به وسیله لوله‌های مسی به داخل یک مبدل گرمایی منتقل می‌شود و انرژی دریافتی خود را در داخل یک مخزن به آب گرم مصرفی برای مصارف مختلف چون شستشو و ظرفشویی منتقل می‌کند و پس از، از دست دادن انرژی خود و کاهش دما دوباره به سمت ورودی کالکتور پمپ می‌گردد. در این سیستم طراحی شده از یک ترموکوپل مدل پی‌تی100 برای اندازه‌گیری دمای محیط و تابش‌سنج کیپ‌اندزنون برای اندازه‌گیری مقدار تابش در سطح افق استفاده شده که هر دو به یک دیتالاگر لوفت متصل و اطلاعات را به صورت لحظه‌ای یادداشت و ذخیره می‌نمایند. همچنین از دو دماسنج خودکاری برای اندازه گیری دمای ورود و خروج سیال از کالکتور استفاده شده است به طوری‌که سنسور دماسنج‌ها کاملاً داخل جریان و مطابق با استاندارد اشری قرار گرفته است [8]. برای تنظیم نمودن دبی نیز از سه درجه‌ی موجود در پمپ و باز یا بسته کردن شیر کنترل جریان بعد از پمپ استفاده گردیده تا دبی موردنظر ایجاد گردد. قبل از آزمایش‌ها، تمامی وسایل به طور کامل و با دقت کالیبره شده‌اند. آزمایش‌ها در فصل تابستان و در روزهای کاملا آفتابی مطابق استاندارد اشری برای سه غلظت نانوسیال 0 و 0.1 و 0.3 درصد جرمی و سه دبی حجمی مختلف 1 و 1.5 و 2 لیتر بر دقیقه در شهر مشهد در پژوهشکده‌ی هوا خورشید دانشگاه فردوسی با طول جغرافیایی 59.35 و عرض جغرافیایی 36.17 انجام گرفته است. تمامی آزمایش‌ها با رعایت کامل استاندارد اشری برای انجام آزمایش در کالکتورهای خورشیدی برای تامین آب گرم مصرفی در منازل انجام پذیرفته است.

4- محاسبات بازدهی اگزرژی

برای به‌دست آوردن مقادیر اگزرژی از معادلات اگزرژی در سیستم استفاده می‌نمایند که این معادله برای کالکتورهای صفحه تخت خورشیدی به صورت کلی زیر تعریف می‌گردد [6]:

$$\dot{E}x_{\text{in}} + \dot{E}x_{\text{s}} + \dot{E}x_{\text{out}} + \dot{E}x_{d} = 0 \qquad (1)$$

نرخ اگزرژی ورودی خود از دو قسمت نرخ اگزرژی ورودی براساس جریان سیال و نرخ اگزرژی ورودی براساس نرخ اگزرژی تابشی تشکیل شده است.

نرخ اگزرژی ورودی براساس جریان سیال به صورت رابطه (2)، تعریف می‌گردد [6]:

$$\dot{E}x_{\text{in}} = \dot{m}c_p\left[T_{\text{in}} - T_{\text{a}} - T_{\text{a}}\text{Ln}\left(\frac{T_{\text{in}}}{T_{\text{a}}}\right)\right] \qquad (2)$$

نرخ اگزرژی تابش جذب شده که جزئی از اگزرژی ورودی می‌باشد به صورت رابطه (3) تعریف تعریف می‌گردد [6]:

$$\dot{E}x_{\text{s}} = \eta_o G_t A_p\left[1 - \left(\frac{T_{\text{a}}}{T_{\text{s}}}\right)\right] \qquad (3)$$

در رابطه فوق دمای سطح خورشید برابر با 5700 درجه کلوین و به صورت جسم سیاه در نظر گرفته شده است.

Fig. 1 Nanofluid picture used in the test

شکل 1 تصویر نانوسیال استفاده شده در آزمایش

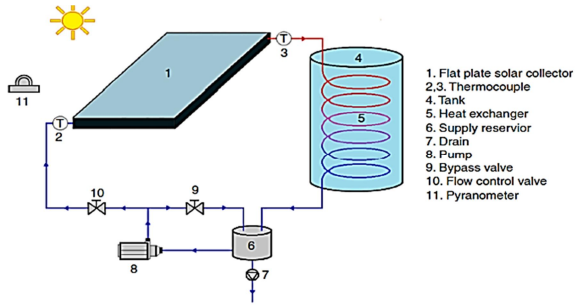

Fig.2 Schematic picture of solar water heater system

شکل 2 شکل شماتیکی سیستم آب گرم کن خورشیدی

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1395.16.13.8.5]

نرخ اگزرژی خروجی سیال به صورت رابطه (4)، تعریف می‌گردد [6]:

$$\dot{E}x_{\text{out}} = \dot{m}\, c_p \left[T_{\text{out}} - T_{\text{a}} - T_{\text{a}}\text{Ln}\left(\frac{T_{\text{out}}}{T_{\text{a}}}\right)\right] \quad (4)$$

نرخ اگزرژی تخریب شده کالکتور خود از سه نرخ اگزرژی تخریب شده مطابق رابطه (5) تشکیل شده است [6]:

$$\dot{E}x_d = \dot{E}x_{d,\Delta T_s} + \dot{E}x_{d,\Delta P} + \dot{E}x_{d,\Delta T_f} \quad (5)$$

به‌طوری‌که اگزرژی تخریب شده ناشی از اختلاف دما بین سطح کالکتور و سطح خورشید برابر است با [6]:

$$\dot{E}x_{d,\Delta T_S} = -\eta_o G_t A_p T_{\text{a}} \left(\frac{1}{T_p} - \frac{1}{T_s}\right) \quad (6)$$

در کالکتور صفحه تخت خورشیدی نرخ اگزرژی ناشی از حرارت نشت شده از سطح جاذب کالکتور به محیط پیرامون، نرخ اگزرژی تلف شده ناشی از اتلاف حرارت با محیط معرفی می‌گردد که با رابطه (7) معرفی می‌گردد [6]:

$$\dot{E}x_{d,\Delta T_f} = -U_L A_p (T_p - T_{\text{a}}) \left(1 - \frac{T_{\text{a}}}{T_p}\right) \quad (7)$$

و در انتها اگزرژی تخریب شده ناشی از افت فشار در کالکتور برابر است با [6]:

$$\dot{E}x_{d,\Delta P} = -\frac{m\dot{\Delta} P}{\rho} \quad (8)$$

در روابط بالا c_p ظرفیت حرارتی سیال استفاده شده در کالکتور می‌باشد که در صورت استفاده از نانوسیال ظرفیت حرارتی نانوسیال از رابطه (9) بدست می‌آید [6]:

$$C_{p,\text{nf}} = \frac{\emptyset(\rho_{\text{np}} C_{p,\text{np}}) + (1-\emptyset)(\rho_{\text{bf}} C_{p,\text{bf}})}{\emptyset \rho_{\text{np}} + (1-\emptyset)\rho_{\text{bf}}} \quad (9)$$

در این رابطه $\emptyset$، درصد جرمی نانوسیال و $C_{p,\text{bf}}$ و ρ_{bf} به‌ترتیب ظرفیت حرارتی و چگالی سیال پایه، $C_{p,\text{np}}$ و ρ_{np} به‌ترتیب ظرفیت حرارتی و چگالی نانوذره می‌باشند.

بازدهی اگزرژی کالکتور صفحه تخت خورشیدی به‌صورت اختلاف اگزرژی ورودی و خروجی جریان سیال عامل بر اگزرژی تابشی توسط منبع تابش تعریف می‌گردد [7].

$$\eta_{\text{ex}} = \frac{\dot{m} c_p \left[T_{\text{out}} - T_{\text{in}} - T_{\text{a}}\text{Ln}\left(\frac{T_{\text{out}}}{T_{\text{in}}}\right)\right]}{G_t A_p \left(1 - \frac{T_{\text{a}}}{T_s}\right)} \quad (10)$$

5- نتایج

برای بررسی بازدهی اگزرژی در ابتدا بایستی نرخ‌های مختلف اگزرژی در کالکتور صفحه تخت خورشیدی را مورد بررسی قرار داد. در "شکل3" تغییرات نرخ‌های مختلف اگزرژی برای نانوسیال با درصد جرمی0.3% در دبی 2 لیتر بر دقیقه را نشان می‌دهد.

همان‌طور که از "شکل3" مشخص می‌گردد با افزایش مقدار تابش بر سطح کالکتور و در نتیجه بالا رفتن دمای سطح کالکتور و دمای سیال عامل، مقادیر نرخ‌های اگزرژی همگی افزایش پیدا می‌کنند. برای دو منحنی اگزرژی تابش جذب شده و اگزرژی تخریب شده ناشی از اختلاف دمای سطح کالکتور و دمای سطح خورشید، مقادیر این دو نرخ اگزرژی نسبت به دیگر مقادیر نرخ‌های اگزرژی بیشتر می‌باشند و با افزایش مقدار تابش، این دو نرخ اگزرژی افزایش چشمگیری دارند اما دیگر مقادیر نرخ‌های اگزرژی تخریب شده و نشت شده و همچنین اختلاف نرخ اگزرژی ورود و خروج سیال عامل کالکتور مقادیر نسبتا کمتری دارا می‌باشند. همچنین نرخ اگزرژی خروج و ورود نیز با بیشتر شدن تابش، افزایش می‌یابد که این موضوع به دلیل بیشتر شدن

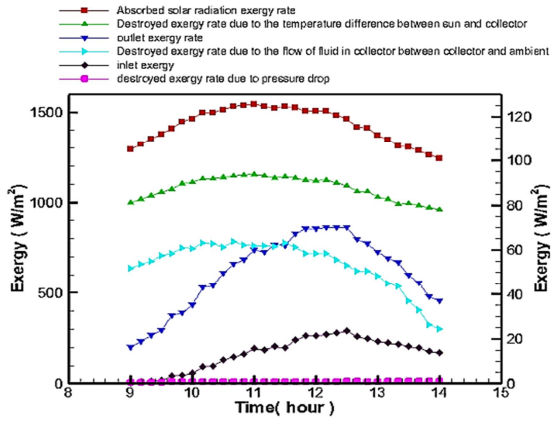

Fig.3 Variances of absorbed radiation Exergy Rate and destroyed Exergy by the solar temperature variances and collector surface, leaking Exergy, Exergy based on fluid flow and the temperature variances between collector surface and the fluid temperature as well as departure and Variances of inlet and outlet Exergies Rate

شکل 3 تغییرات نرخ‌های اگزرژی تابش جذب شده و اگزرژی تخریب شده ناشی از اختلاف دمای خورشید و سطح کالکتور، اگزرژی نشت شده، اگزرژی ناشی از جریان سیال و اختلاف دمای سطح کالکتور و دمای سیال و همچنین اختلاف نرخ اگزرژی‌های خروج و ورود

اختلاف دمای ورود و خروج سیال از کالکتور می‌باشد. در این نمودار به‌دلیل افت فشار ناچیز سیال در کالکتور، مقدار نرخ اگزرژی تخریب شده ناشی از افت فشار به‌دلیل مقدار بسیار اندک آن (کمتر از یک وات) در پایین نمودار مشخص شده است.

با توجه به روابط بازدهی اگزرژی، مقدار بازدهی در روزها و ساعات مختلف آزمایش در بازه‌های 10 دقیقه‌ای برای دبی‌ها و درصد جرمی‌های مختلف نانوسیال محاسبه گردیده‌اند. در "اشکال 4 و 5"، مقدار بازدهی اگزرژی در ساعات مختلف روز با توجه به مقدار تابش و دمای محیط نشان داده شده‌اند.

از "اشکال 4 و 5"، مشخص می‌گردد با بیشتر شدن مقدار تابش و در نتیجه میانگین دمای سطح کالکتور، مقدار بازدهی اگزرژی کالکتور افزایش می‌یابد هچنین با افزودن نانوذره فرومگنتیت به سیال پایه (50 درصد پروپیلن گلیکول و 50 درصد آب)، بازدهی اگزرژی در شرایطی که مقدار تابش دریافتی تقریبا برابر بوده، افزایش مناسبی داشته است.

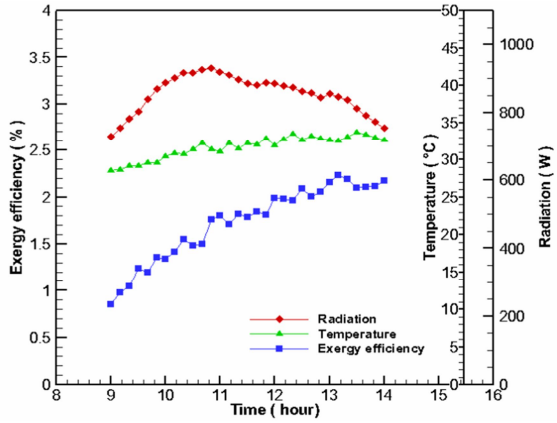

Fig.4 Exergy efficiency variances according to irradiance duration and ambient temperature in different day hours at the base fluid mode with volumetric flow rate 1.5 liters / minute

شکل 4 تغییرات بازدهی اگزرژی براساس مقدار تابش و دمای محیط برای ساعات مختلف روز در حالت سیال پایه با دبی 1.5 لیتر بر دقیقه

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1395.16.13.8.5]

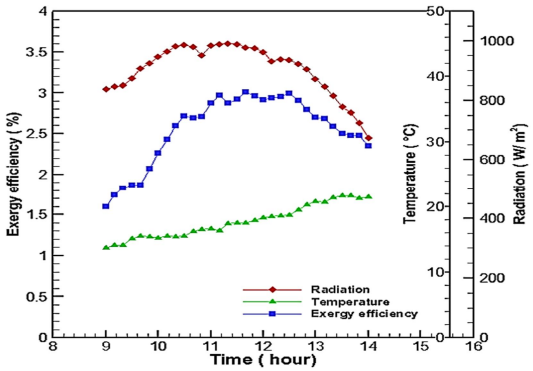

Fig.5 Exergy efficiency variances according to irradiance duration and ambient temperature in different day hours at the nanofluid mode with mass percentage 0.3% and volumetric flow rate 1.5 liters / minute

شکل 5 تغییرات بازدهی اگزرژی براساس مقدار تابش و دمای محیط برای ساعات مختلف روز در حالت نانوسیال با درصد جرمی 0.3%،با دبی 1.5 لیتر بر دقیقه

برای مقایسه بازدهی اگزرژی برای نانوسیال فرومگنتیت در غلظت‌ها و دبی‌های متفاوت لازم است برای هر روز آزمایش، بازدهی اگزرژی برای تمامی ساعات محاسبه گردد و پس از رسم نمودار بازدهی اگزرژی برحسب ساعات مختلف روز، مطابق "اشکال 4 و 5"، سطح زیر نمودار بازدهی اگزرژی محاسبه گردد و سپس با توجه به ساعات آزمایش (از ساعت 9 تا 14)، برای هر روز آزمایش یک مقدار متوسط برای بازدهی اگزرژی محاسبه گردد که نماینده بازدهی اگزرژی برای یک روز آزمایش می‌باشد. به این ترتیب مطابق "شکل 6"، می‌توان بازدهی اگزرژی را برحسب درصد جرمی‌های مختلف نانوسیال فرومگنتیت بری دبی‌های مختلف رسم نمود.

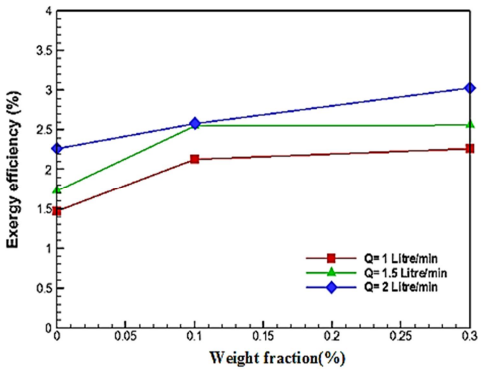

Fig.6 Exergy efficiency variances according to mass percentage and various volumetric flow rate of iron oxide nanofluid

شکل6 تغییرات بازدهی اگزرژی براساس درصد جرمی‌ها و دبی‌های مختلف نانوسیال اکسید آهن

از "شکل 6"، می‌توان دریافت با افزایش غلظت نانوسیال فرومگنتیت از صفر تا سه دهم درصد، مقدار بازدهی اگزرژی برای تمامی دبی‌ها مورد آزمایش افزایش می‌یابد که با استفاده از نانوسیال میزان افزایش بازدهی نسبت به حالت سیال عامل بدون نانوسیال حدود 0.9 درصد می‌باشد. همچنین به‌طور کلی با افزایش دبی جریان نانوسیال، بازدهی اگزرژی کالکتور صفحه تخت خورشیدی افزایش می‌یابد، زیرا افزایش دبی و کاهش اتلافات حرارتی، میزان اگزرژی تخریب شده کل کاهش یافته که این موضوع موجب بالا رفتن بازدهی اگزرژی کالکتور می‌گردد.

6- بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش تاثیرات نانوسیال اکسید آهن (مگنتیت) با سیال پایه‌ی مخلوط 50% پروپیلن گلیکول و آب بر بازدهی اگزرژی آبگرم‌کن‌های خورشیدی که موجب صرفه‌جویی در مصرف انرژی ساختمان می‌گردد، مورد بررسی آزمایشگاهی قرار گرفت. آزمایش‌ها برای نانوسیال با درصد جرمی‌های 0 و 0.1 و 0.3 در سه دبی 1 و 1.5 و 2 لیتر بر دقیقه انجام پذیرفت. در ابتدا بررسی عوامل موثر در اگزرژی کالکتورهای صفحه تخت خورشیدی پرداخته شد که بیشترین نرخ اگزرژی تخریب شده ناشی از اختلاف دمای سطح کالکتور و دمای سطح خورشید به دلیل اختلاف زیاد بین این دو دما می‌باشد. همان‌طور که پیش‌تر گفته شده است بازدهی اگزرژی رابطه مستقیم با ظرفیت حرارتی و ضریب هدایت سیال عامل دارد و با توجه به این‌که استفاده از نانوسیال باعث افزایش ضریب هدایت می‌گردد استفاده از نانوسیال می‌تواند باعث افزایش بازدهی اگزرژی گردد. نتایج بدست آمده در این آزمایش‌ها نشان دهنده افزایش 0.9 درصدی بازدهی اگزرژی است. نتایج در این پژوهش نشان می‌دهد که با افزایش دبی جریان و درصد جرمی نانوسیال بازدهی اگزرژی به دلیل کاهش اتلافات اگزرژی افزایش می‌یابد.

7- فهرست علایم

A_P	مساحت سطح کالکتور(m^2)
C_P	ظرفیت حرارتی (J/kg. K)
$\dot{E}x$	نرخ اگزرژی (W)
T	دما (K)
$\dot{m}$	دبی جرمی کل جریان (kg/s)
G_t	مقدار تابش تابیده شده بر سطح کالکتور (W/m^2)

علایم یونانی

$\emptyset$	درصد جرمی نانوسیال
ρ	چگالی (kgm^{-3})
η	بازدهی

زیرنویس‌ها

in	هوا
out	مقدار متوسط
a	محیط
s	سطح خورشید
ex	اگزرژی
np	نانو ذره
bf	سیال پایه
nf	نانوسیال

8- منابع

[1] S. A. Kalogirou, *Solar energy engineering: processes and systems*: Academic Press, 2013 .

[2] E. Shojaeizadeh, F. Veysi, T. Yousefi, F. Davodi, An experimental investigation on the efficiency of a Flat-plate solar collector with binary working fluid: Acase study of propylene glycol (PG)–water, *Experimental Thermal and Fluid Science*, Vol. 53, pp. 218-226, 2014 .

[3] T. Yousefi, F. Veysi, E. Shojaeizadeh, S. Zinadini, An experimental investigation on the effect of Al 2 O 3–H 2 O nanofluid on the efficiency of flat-plate solar collectors, *Renewable Energy*, Vol. 39, No. 1, pp. 293-298, 2012 .

[4] S. Farahat, F. Sarhaddi, H. Ajam, Exergetic optimization of flat plate solar collectors, *Renewable Energy*, Vol. 34, No. 4, pp. 1169-1174, 2009.

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1395.16.13.8.5]

[5] M. Alim, Z .Abdin, R. Saidur, A. Hepbasli, M. Khairul, N. Rahim, Analyses of entropy generation and pressure drop for a conventional flat plate solar collector using different types of metal oxide nanofluids, *Energy and Buildings*, Vol. 66, pp. 289-296, 2013.

[6] A .Bejan, Theory of heat transfer-irreversible power plants, *International Journal of Heat and mass transfer*, Vol. 31, No. 6, pp. 1211-1219, 1988 .

[7] I. Luminosu, L. Fara, Determination of the optimal operation mode of a flat solar collector by exergetic analysis and numerical simulation, *Energy*, Vol. 30, No. 5, pp. 731-747, 2005.

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1395.16.13.8.5]