ISME2020-XXXX

بررسی تاثیرات ماده تغییر فاز دهنده بر روی بازده حرارتی آبگرمکن خورشیدی

حمیدرضا پورصادق[۱]، سید مجتبی رضاپور[۲]، مفید گرجی بندپی[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، بابل، h.r.poorsadeq@gmail.com
[۲] کارشناسی، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، بابل seyedmorzp@gmail.com
[۳] عضو هیات علمی، استاد، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، بابل، gorji@nit.ac.ir

چکیده

مواد تغییر دهنده فاز دهنده، موادی هستند که برای کنترل درجه حرارت سیستم های حرارتی به کار می روند. این مواد بدون استفاده از تجهیزات مکانیکی و به صورت کاملا هوشمند و تنها از طریق تمایل طبیعی به تغییر فاز، به طور ذاتی خود را با نوسانات محیط تطبیق داده و کاهش مصرف انرژی را به دنبال دارند. با توجه به اهمیت مساله بهینه سازی مصرف انرژی در صنایع، نیروگاه ها و ساختمان ها، ذخیره سازی انرژی حرارتی و استفاده از مواد تغییر فاز دهنده در سال های اخیر، به عنوان یک مساله مهم و اساسی مورد توجه بسیاری از محققین و پژوهشگران قرار گرفته است. در این پژوهش، یک آبگرمکن خورشیدی با کلکتور صفحه تخت[۱] در شهر بابل نصب و مورد آزمایش قرار گرفت. پارامترهایی نظیر درجه حرارت، دبی، شدت تابش و راندمان به صورت تجربی اندازه گیری شده است و نتایج به دست آمده با استفاده از نمودارها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. هدف از این پژوهش بررسی بازده کلکتورهای خورشیدی و عملکرد آن در شهر بابل در انتهای فصل تابستان می باشد و استفاده از مواد تغییرفاز دهنده[۲] نیز به عنوان منبع ذخیره انرژی، بررسی شده است.

واژه های کلیدی: کلکتور صفحه تخت، انرژی خورشیدی، صفحه جاذب، مواد تغییر فاز دهنده، دمای مخزن.

مقدمه

در هر سیستم خورشیدی، کلکتورها[۳] جز اصلی آن سیستم محسوب می شوند. در واقع یک کلکتور خورشیدی وسیله ای است که انرژی تشعشعی ورودی خورشید را جذب نموده و آن را به حرارت تبدیل می نماید. سپس این حرارت جذب شده، توسط یک سیال (معمولاً هوا، آب و یا روغن) که در میان کلکتور جریان دارد منتقل می شود. این انرژی خورشیدی جذب شده یا از طریق یک سیال چرخان در کلکتور بطور مستقیم به آب گرم تبدیل می شود و یا به دستگاه های تهویه مطبوع منتقل شده و به مصارف راحتی می رسد. این انرژی ذخیره شده همچنین می تواند در یک تانک ذخیره انرژی گرمایی ذخیره شده تا در شب ها یا زمان هایی که آسمان ابری است جهت مصارف مختلف مورد استفاده قرار گیرد.

یکی از تکنولوژی های آینده ذخیره انرژی حرارتی، به کارگیری مواد تغییر فازدهنده است. موادی با گرمای ذوب بالا هستند که می توانند برای ذخیره یا بیرون کشیدن حرارت بدون تغییر قابل توجه در دما مورد استفاده قرار گیرند. مزیت اصلی این مواد این است که در دمای تقریبی۲۲ درجه سانتیگراد، می توانند ۴-۵ برابر انرژی بیشتری در واحد حجم نسبت به گرمای محسوس در جامدات و مایعات ذخیره نمایند [۱]. ذخیره حرارت توسط تغییر فاز دهنده ها در انتقال از یک حالت فازی به حالت فازی دیگر رخ می دهد. در انتقال جامد- جامد، حرارت در نتیجه انتقال ماده از یک ساختار بلوری به ساختار بلوری دیگر ذخیره می شود. مواد تغییر فاز دهنده به خودی خود قابلیت استفاده به عنوان محیط انتقال حرارت را ندارند. لذا جهت انتقال انرژی از منبع به تغییر فاز دهنده و از تغییر فاز دهنده به بار، لازم است که یک محیط مجزا همراه با مبدل حرارتی کوپل گردد.

پیشینه موضوع

باکلز و کلین[۴][۲] در سال ۱۹۸۰ به آنالیز حرارتی آبگرمکن های خورشیدی پرداختند. شرودر[۵] و همکاران [۳] در سال ۱۹۸۱، ابهات [۴] در سال ۱۹۸۳ و دینسر[۶] و همکاران [۵] در سال ۲۰۰۲ روی مواد تغییر فاز دهنده تحقیقاتی انجام دادند. ایبانز[۷] و همکاران [۶] در سال ۲۰۰۶ تاثیر استفاده از مواد تغییر فاز دهنده را در کارآیی آبگرمکن خورشیدی مورد بررسی قرار دارند و دریافتند که نسبت انرژی خورشیدی استفاده شده حدود ۴ الی ۸ درصد افزایش یافته است.

هابی[۸] و صدیقی [۷] در سال ۲۰۰۹ به مطالعه ی پارامتری سیستم آبگرمکن خورشیدی گردش اجباری پرداختند و مقادیر مناسب پارامتر های طراحی سیستم از جمله سطح کلکتور، حجم و ارتفاع مخزن و دبی جریان گذرنده از کلکتور، ضریب تاثیر مبدل حرارتی واقع در مخزن، جنس صفحه جاذب کلکتور و ضخامت آن

[۱] Flat Plate Collector
[۲] Phase Change Material (PCM)
[۳] Collector

[۴] Buckles, W.E., Klein
[۵] Schroder J
[۶] Dincer I
[۷] Ibanez M,
[۸] Hobbi, A., Sidiqui, K

پرداختند. شنگ[۱][۸] در سال ۲۰۱۶ به بررسی نرخ جریان مواد تغییر فاز دهنده بر عملکرد حرارتی یک آبگرمکن خورشیدی خانگی با ذخیره انرژی فاز همراه با کلکتور خورشیدی پرداخته است.

در این پژوهش کلکتور خورشیدی صفحه تخت در موقعیت جغرافیایی خاص و رطوبت بالای شمال مورد آزمایش قرار گرفته است و عملکرد حرارتی آن در دبی های مختلف از ۹ صبح الی ۱۷ عصر در استان مازندران (شهرستان بابل) در (انتهای فصل تابستان) بررسی شده است. از ماده تغییرفاز دهنده (پارافین) به عنوان منبع ذخیره ساز انرژی استفاده شده است و مورد آزمایش و بررسی قرار گرفته است.

کلکتور خورشیدی صفحه تخت

آبگرمکن خورشیدی ساخته شده از نوع آبگرمکن سیکل بسته و با جریان اجباری (با پمپ) می باشد. اجزای تشکیل دهنده آبگرمکن عبارت اند از: کلکتور، لوله مسی، مخزن ذخیره آب، اتصالات، سازه نگه دارنده، ابزار های اندازه گیری (فلومتر، ترمومانومتر و ...)، ورق گالوانیزه و پشم شیشه.

برای انجام آزمایش لازم است دبی آب عبوری از کلکتور به عنوان یک متغیر تنظیم گردد. این کار با استفاده از شیر فلکه نصب شده در مسیر آب در گردش و همچنین یک فلومتر که نشان دهنده دبی آب عبوری است، انجام شد. به این ترتیب دبی عبوری برای چهار مقدار (۷۵LPH، ۱۰۰LPH، ۱۲۵LPH و ۱۵۰LPH) تنظیم گردید. برای هریک از مقادیر دبی در فاصله زمانی ۳۰ دقیقه در طول روز از ساعت ۹ صبح الی ساعت ۱۷ عصر میزان شدت تابش خورشید با استفاده از دستگاه تابش سنج اندازه گیری و هم زمان درجه حرارت محیط، درجه حرارت آب ورودی به کلکتور، درجه حرارت آب خروجی از کلکتور و دمای آب گرم مخزن ذخیره ثبت شده است.

شکل ۱: آبگرمکن خورشیدی ساخته شده در محیط دانشگاه.

معادلات و روابط فیزیکی

روابط مورد استفاده در پژوهش به شرح زیر است. خاطر نشان می گردد که بازده های ذکر شده لحظه ای است.. فرآیند نیز از نوع گذرا می باشد. مقدار انرژی جذب شده توسط صفحه جاذب[۲] از رابطه زیر بدست آمده است [۹]:

$$Q_c = 0.95 \times G_T \times A_c \quad (۱)$$

برای محاسبه انرژی جذب شده توسط سیال عامل نیز داریم :

$$Q_f = \dot{m} \times c_p(T_{out} - T_{in}) \quad (۲)$$

بازده حرارتی کلکتور نیز با استفاده از رابطه زیر به دست خواهد آمد :

$$\eta_c = \frac{Q_f}{Q_c} \times 100 \quad (۳)$$

جدول ۱: مشخصات کلکتور خورشیدی

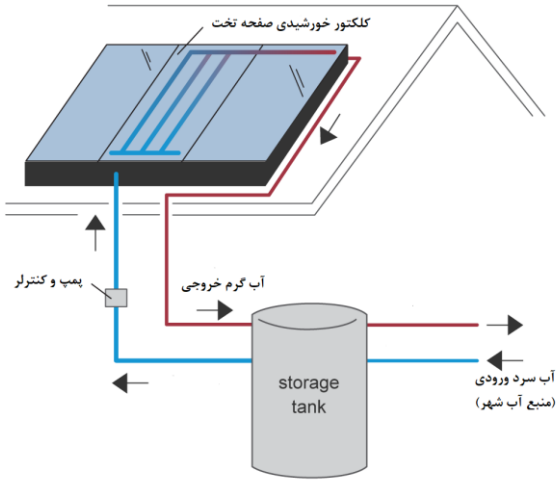
ردیف	نوع	توضیحات
۱	ابعاد کلکتور (mm)	۷۰ × ۱۰۲۲ × ۲۱۱۵
۲	ابعاد صفحه جاذب (mm)	۰,۵ × ۱۰۰۰ × ۲۰۰۰
۳	صفحه جاذب	**ورق گالوانیزه**
۴	لوله	**مسی**
۵	تعداد رایزر	۸
۶	توان پمپ (HP)	۰/۵
۷	**دبی خروجی (M^3/h)**	۲/۴

جدول ۲: مشخصات ماده تغییر فاز دهنده پارافین واکس[۳] p -116

ردیف	خواص ترموفیزیکی	مقدار
۱	نقطه ذوب (^oC)	۳۹
۲	چگالی جامد (kg/m^3)	۸۱۷
۳	چگالی مایع (kg/m^3)	۷۸۸
۴	گرمای نهان ذوب (kJ/kg)	۲۲۶
۵	گرمای ویژه ($kJ/kg.\ ^oC$)	۲۵۱
۶	**ضریب هدایت حرارتی[۴] ($W/m.\ ^oC$)**	۰/۱۶

[۱] H. Sheng Xue

[۲] Absorber Plate
[۳] Paraffin (WAX)
[۴] Heat Transfer Coefficient

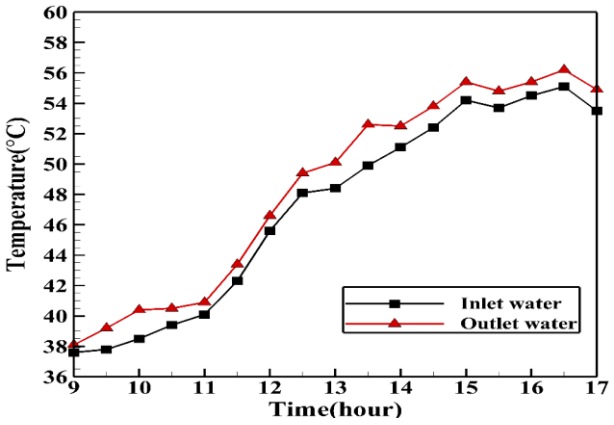


شکل ۲: سیکل گردش آب در کلکتور خورشیدی صفحه تخت.

شکل ۳: ماده تغییر فاز دهنده مورد استفاده در آزمایش (پارافین جامد)

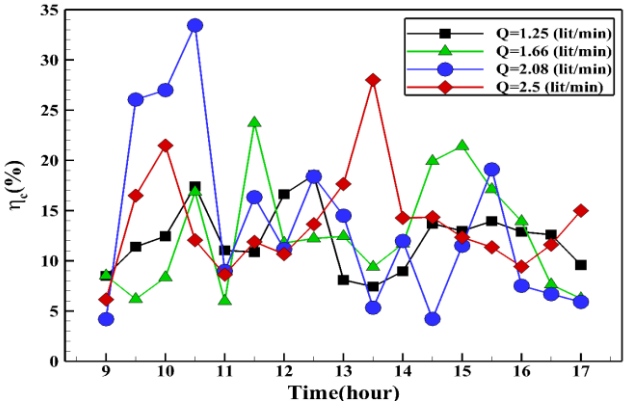
نتایج

تابش خورشید تاثیر بسزایی در تغییرات دمای آب ورودی و خروجی کلکتور دارد. به طوری که می تواند بر بازده کلی کلکتور خورشیدی نیز موثر باشد. با افزایش دبی سیال عامل، دمای آب درون مخزن ذخیره افزایش می یابد که ناشی از افزایش ضریب انتقال حرارت جابجایی درون کلکتور می باشد.

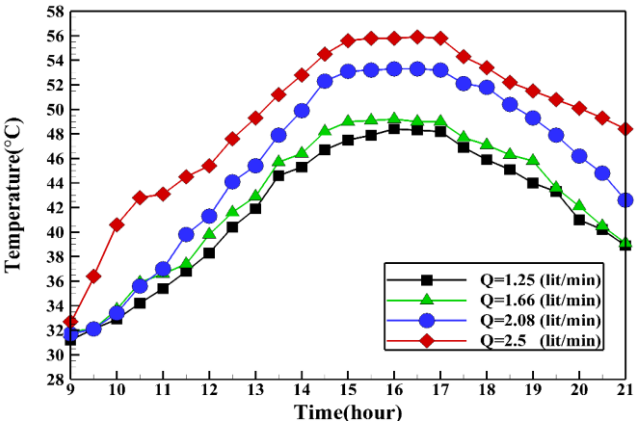


شکل ۳: تغییرات دمای آب ورودی و خروجی کلکتور در دبی ۲/۵ lit/min از ساعت ۹ صبح الی ۱۷ عصر

افزایش دمای آب درون مخزن ذخیره از ساعت ۹ صبح الی ۱۷ عصر برای دبی های۱/۲۵، ۱/۶۶، ۲/۰۸ و ۲/۵ لیتر بر دقیقه به ترتیب برابر با ٪۵۴/۵ ، ٪۵۳/۶ ، ٪۶۷/۸ و ٪۷۰/۶ می باشد.

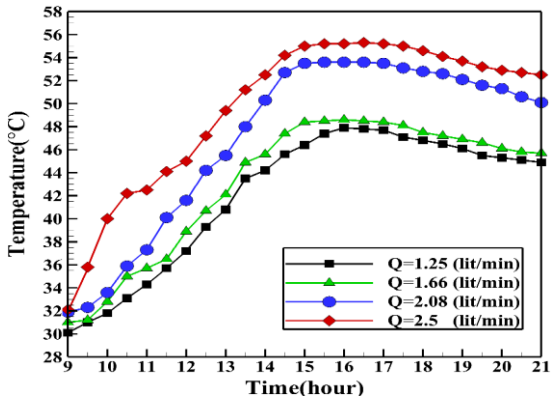


شکل ۴: تغییرات بازده کلکتور در دبی های مختلف از ۹ صبح الی ۱۷ عصر



شکل ۵: تغییرات دمای آب درون مخزن ذخیره در دبی های مختلف از ساعت ۹ صبح الی ۲۱ شب بدون حضور مواد تغییر فازدهنده

با استفاده از مواد تغییر فاز دهنده در سیستم آبگرمکن خورشیدی، دمای آب درون مخزن ذخیره در زمان عدم تابش باعث می گردد که سیستم آبگرمکن خورشیدی از مدار خارج و با سرعت کمتری کاهش یابد و می توان مدت زمان طولانی تری از سیستم آبگرمکن خورشیدی در زمان شب که تابش خورشید وجود ندارد، استفاده نمود.



شکل ۶: تغییرات دمای آب درون مخزن ذخیره در دبی های مختلف از ساعت ۹ صبح الی ۲۱ شب در حضور مواد تغییر فازدهنده

کـاهش دمـای آب درون مخـزن ذخیـره در شـرایط بـدون مـواد تغییر فازدهنـده بـه طـور میـانگین از سـاعت ۱۷ عصـر تـا ۲۱ شـب برابـر بـا ۱۸٪ مـی باشـد درحـالی کـه ایـن رقـم در شـرایط حضـور مواد تغییرفازدهنده به طور میانگین برابر با ۵,۵٪ بوده است.

نتیجه گیری

در پژوهش حاضر، تاثیر ماده تغییر فاز دهنده بـر روی عملکـرد بـازده حرارتی کلکتور خورشیدی صفحه تخت (آبگرمکن خورشـیدی) مـورد بررسی قرار گرفته است. کار حاضر حاصل تلاش ماهانه جهت ساخت، بهره برداری و آزمایشات متعدد بـوده اسـت. کلکتورهـای خورشـیدی بطور کلی بخاطر نوع کارکردشان (ثابت، متحرک تک محوره، متحرک دو محوره) و دمای کارکردشـان متفـاوت مـی باشـند. خلاصـه نتـایج حاصل از مراحل مختلف تست و اندازه گیری به شرح ذیل می باشد:

- دمـای سـیال عامـل بـا افـزایش دمـای تـابش خورشـید نسبت مستقیم دارد.
- بـا افـزایش دبـی سـیال عامـل رانـدمان حرارتـی افـزایش می یابد.
- میانگین بـازده بـه دسـت آمـده از کلکتـور در چهـار دبـی ۱,۲۵، ۱,۶۶، ۲,۰۸ و ۲,۵ برحسـب لیتـر بـر دقیقـه برابـر با ۱۲,۱۸٪ ، ۱۲,۵۵٪ ، ۱۳,۶۶٪ ، ۱۳,۸۲٪ می باشد.
- در حضـــور مـــاده تغییرفازدهنـــده، کـــاهش دمـــای آب درون مخـــزن بـــا شـــیب کمتـــر و در مـــدت طـــولانی تـــر انجام خواهد گرفت.

فهرست علائم:

A_c	مساحت صفحه جاذب، (m^2)
C_p	ظرفیت گرمایی ویژه سیال (آب)، (J/Kg.K) ۴۱۸۵
G_T	شدت تابش خورشید، (W/m^2)
$\dot{m}$	دبی سیال، (Kg/s)
Q_f	گرمای جذب شده توسط سیال عامل، (W)
Q_c	گرمای جذب شده توسط صفحه جاذب کلکتور، (W)
T_{in}	دمای سیال ورودی به کلکتور خورشیدی، (^oC)
T_{out}	دمای سیال خروجی از کلکتور خورشیدی، (^oC)
۰,۹۵	ضریب عملکرد کلکتور خورشیدی

مراجع و منابع

[1] Muruganantham K, “Application of Phase Change Material in Buildings: Field Data vs. EnergyPlus Simulation”, Master Thesis Approved by the Graduate Supervisory Committee: Phelan P, Lee T, Reddy A, ARIZONA STATE UNIVERSITY, December 2010

[2] Buckles, W.E., Klein, S.A., 1980. Analysis of soalr domestic hot water heater. Solar Energy 417-4۲۴. ۲۰۰۳.

[3] Schro¨der J, Gawron K. Latent heat storage. Energy Res 1981; 5:103–9.

[4] Abhat A. Low temperature latent heat thermal energy storage. Heat storage materials. Sol Energy1983;30(4):313–31.

[5] Dincer I, Rosen MA. Thermal energy storage: systems and applications. New York: Wiley; 2002.

[6] Ibanez M, Cabeza LF, Sole C, Roca J, Nogues M. Modelization of a water tank including a PCM module. Applied Thermal Engineering 2006

[7] A. Hobbi and K. Siddiqui, "Optimal design of a forced circulation solar water heating system for a residential unit in cold climate using TRNSYS," Solar Energy, vol. 83, pp. 700-714, 2009.

[8] H. Sheng Xue, Experimental investigation of a domestic solar water heater with solar collector coupled phase-change energy storage, Renewable Energy 86 (2016) 257-261

[9] S. Sadhishkumar and Dr. T. Balusamy, Comparison of Solar Water Heater with and without Phase Change Material as Latent heat storage, Open Access Journal (2017) pages 605-611