

مجموعه مقالات دهمین همایش ملی انرژی‌های تجدیدپذیر، پاک و کارآمد

دوم دی ماه ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما

۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶

مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم‌اندیشان انرژی‌های نو

ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC

www.Renewenergy.ir



سامانه آب شیرین‌کن خورشیدی با جمع‌کننده لنز فرسnel خطی

احمد بناکار، سیف‌اله سقر، غلامحسین نجفی

گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

ah_banakar@modares.ac.ir

چکیده

تامین آب شرب در بسیاری از نقاط جهان با مشکل روبرو شده است لذا تولید آب شیرین به یک نگرانی انسان‌ها تبدیل شده است. از طرفی تکنولوژی‌های تولید آب شیرین نیاز به صرف هزینه و انرژی زیادی می‌باشند. مشکلات ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی باعث توجه به انرژی‌های تجدیدپذیر بویژه انرژی خورشیدی شده است. در این مطالعه یک جمع‌کننده لنز فرسnel خطی طراحی و ارزیابی گردید. از این جمع‌کننده برلی پیش-گرمایش آب مورد نیاز آب شیرین‌کن استفاده شد. این جمع‌کننده یک مترمربعی با یک کانون حفره‌ای و چند لوله جاذب رفت و برگشتی مجهز گردید. بازده حرارتی آن در سه دبی ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌لیتر مورد ارزیابی قرار گرفت و به ترتیب بازده ۶۵/۶، ۶۷/۵ و ۷۶/۶ بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: آب شیرین‌کن، جمع‌کننده خورشیدی، لنز فرسnel



۱- مقدمه

آب موجود بر روی کره‌ی زمین متشکل از آب دریا به مقدار ۹۶/۵۴٪ و آب شیرین به مقدار ۲/۵۳٪ می‌باشد که از این مقدار حجم آب شیرین موجود، فقط ۰/۳۶٪ بصورت مستقیم در دسترس انسان می‌باشد. با توجه به روند افزایش جمعیت و توسعه‌ی صنایع، تهیه‌ی آب شیرین مورد نیاز تبدیل به یک مشکل جدی در بسیاری از مناطق شده است. محققان برای رفع این مشکل نمک زدایی^۱ یا شیرین کردن آب را به منظور تامین نیازهای آبی بشر پیشنهاد می‌دهند. بدین منظور بکارگیری سامانه‌های آب شیرین کن‌ها برای رفع نیاز بشر امری ضروری و حیاتی است [1].

آب شیرین کن‌های گرمایی موجود دارای فن‌آوری‌های مختلف از جمله تقطیر ناگهانی چند مرحله‌ای^۲ (MSF)، تقطیر چندمرحله‌ای^۳ (MED)، تراکم بخار^۴ (VC) و فن‌آوری‌های غشایی شامل میکروفیلتراسیون^۵ (MF)، اولترافیلتراسیون^۶ (UF)، نانوفیلتراسیون^۷ (NF) و اسمز معکوس^۸ (RO) می‌باشند که البته در کنار بازده بالای این روش‌ها باید به هزینه بالا و مصرف انرژی الکتریکی آنها اشاره نمود [2].

آب شیرین کن‌های خورشیدی روشی نسبتاً ساده و ارزان در مقایسه با روش‌های دیگر نمک زدایی آب می‌باشد. آب شیرین کن‌های خورشیدی همانند چرخه‌های تبخیر^۹ و چگالش^{۱۰} طبیعی عمل می‌کنند. بصورت خلاصه در یک سامانه‌ی تقطیر خورشیدی یک بستر آب شور موجود می‌باشد که توسط یک لایه‌ی شفاف پوشانده شده است. نور خورشید از لایه‌ی شفاف عبور نموده و آب موجود در بستر را گرم می‌نماید و آب شروع به تبخیر می‌کند. بخار آب ایجاد شده از تمام ناخالصی‌ها جدا می‌شود. بخار آب تمیز در سطح داخلی لایه‌ی شفاف میعان می‌شود. آب بدست آمده جمع شده و به منظور مصرف ذخیره می‌شود [3]. به دلیل کم بودن ظرفیت تولید دستگاه‌های تقطیر خورشیدی استفاده‌ی گسترده از آنها با محدودیت مواجه شده است. افزایش ظرفیت تولید و بهبود قابلیت استفاده در شرایط جوی متفاوت، مهمترین مسائل پیش رو در این سامانه‌ها می‌باشد. تحقیقات بسیاری تا به اکنون به منظور حل این مسائل صورت پذیرفته است. یکی از راهکارهای ارائه شده ترکیب سامانه‌های تقطیر خورشیدی با جمع‌کننده‌های خورشیدی^{۱۱} می‌باشد [2].

بررسی تحقیق پژوهشگران نشان داد که تولید آب شیرین روزانه با استفاده از جمع‌کننده‌ی صفحه تخت^{۱۲} ۲۴٪ افزایش می‌یابد [4]. همچنین بررسی نتایج تحقیق نظری دستگاه تقطیر خورشیدی تک حوضچه‌ای با جمع‌کننده‌ی صفحه تخت نشان

¹ Desalination

² Multi Stage Flash

³ Multi Effect Distillation

⁴ Vapor Compression

⁵ Microfiltration

⁶ Ultrafiltration

⁷ Nanofiltration

⁸ Reverse Osmosis

⁹ Evaporation

¹⁰ Condensation

¹¹ Solar Collector

¹² Flat Plate Collector



داد که بازده دستگاه خورشیدی فعال بیشتر از دستگاه تقطیر خورشیدی غیرفعال است و بازده روزانه‌ی نوع ساده با افزایش عمق آب کاهش می‌یابد در حالی که در مورد دستگاه تقطیر خورشیدی فعال عکس آن صادق است [5]. بررسی تحقیقی نشان داد که بکارگیری یک جمع‌کننده‌ی صفحه تخت بر روی دستگاه تقطیر خورشیدی سبب افزایش ۳۶٪ تولید آب می‌گردد [6]. تایریس و همکاران با بکارگیری دو عدد جمع‌کننده‌ی صفحه تخت به منظور پیش‌گرمایش آب ورودی به سامانه تقطیر خورشیدی سبب افزایش ۱۰٪ تولید آب شیرین نسبت به نوع بدون پیش‌گرمایش شدند [7]. همچنین در پژوهش دیگر دستگاه تقطیر خورشیدی فعال دوطرفه را تحت جریان طبیعی مورد آزمایش قرار دادند و نتایج حاکی از افزایش ۵۱٪ تولید آب شیرین بود [8].

نتایج تحقیق سینگ و همکاران در مقایسه دستگاه تقطیر خورشیدی با جمع‌کننده صفحه تخت و متمرکزکننده خورشیدی با جریان طبیعی نشان داد که بازده سیستم با متمرکزکننده، بالاتر از جمع‌کننده تخت است [9]. رودریگوئز و کاماچو، با بررسی سیستم تقطیر خورشیدی چند مرحله‌ای متصل شده به جمع‌کننده سهموی برای نمک‌زدایی آب دریا نشان دادند که استفاده از سامانه متمرکزکننده عملکرد بالاتری در طول سال برای مناطق ساحلی دارد [10]. نتایج تحقیق بکارگیری سیستم نمک‌زدایی خورشیدی، متصل شده به جمع‌کننده سهموی با لوله کانونی و مبدل گرمایی نتایج نشان داد با بکارگیری این سامانه، تولید آب به طور متوسط ۱۸٪ افزایش می‌دهد [11]. نتایج تحقیق استفاده از دستگاه آب شیرین کن خورشیدی از نوع آبشاری به همراه یک متمرکزکننده سهموی نشان داد که دمای آب ورودی به دستگاه آب شیرین کن ۳۵٪ افزایش می‌یابد. البته راندمان دستگاه با استفاده از پیش‌گرمایش توسط متمرکزکننده سهموی بهبود می‌یافت [12]. همچنین نتایج پژوهشی نشان داد که بکارگیری سامانه متمرکزکننده سبب افزایش بازده می‌گردد [13]. در پژوهش دیگر نتایج تحقیق خفاجه و بناکار، ۲۰۱۳ در آب شیرین کن نوع پلکانی نشان داد که بازده سامانه در صورت استفاده از سامانه‌ی پیش‌گرمایشی میکروویو ۵۳٪ و در صورت عدم استفاده ۲۴٪ می‌باشد [14].

عدسی‌های فرسنگ به دلیل وجود مزایای بسیاری از جمله حجم کم، وزن اندک، بازده نوری^۱ بالا به همراه وزن، تولید انبوه با هزینه‌ی اندک و افزایش موثر چگالی انرژی در حال گسترش می‌باشند [15]. نتایج بکارگیری عدسی فرسنگ خطی نشان داد که این جمع‌کننده‌های بازده مناسبی (۵۰٪) را در یک روز صاف می‌توانند تامین کنند [16]. نتایج تحقیق الجمیلی نشان داد که جمع‌کننده‌ی عدسی فرسنگ خطی دارای بازده نوری در حدود ۶۰٪ و بازده گرمایی روزانه حدود ۵۸٪ می‌باشد [17].

محمد و اسما (۲۰۱۱) از یک جمع‌کننده‌ی فرسنگ نقطه‌ای خورشیدی به منظور گرم کردن آب شور ورودی به یک فرآیند نمک‌زدایی از نوع Humidification-Dehumidification (HD) استفاده نمود. نتایج بدست آمده حاکی از وابستگی توانایی گرمایش این جمع‌کننده به نرخ جریان عبوری آب شور بود [18]. نتایج تحقیقات صورت پذیرفته توسط محققان نشان می‌دهد که پیش‌گرمایش خورشیدی در تولید و راندمان دستگاه‌های تقطیر خورشیدی دارای اثر مثبت می‌باشد. پارامترهای بسیاری از جمله عمق آب شور در بستر، جنس بستر، سرعت باد، تابش خورشیدی، دمای محیط و زاویه‌ی میل^۲ بر عملکرد این آب شیرین‌کن‌ها موثرند [19]. عملکرد یک سامانه‌ی تقطیر خورشیدی توسط متغیرهای غیرقابل کنترلی نظیر شدت تابش خورشید، دمای محیط و سرعت باد قابل پیش‌بینی یا بهبود نیست. اما متغیرهایی از جمله عمق آب، زاویه‌ی شیشه‌ی پوشاننده، مصالح ساخت، دمای آب موجود در بستر و ضخامت عایق‌ها بر روی عملکرد تاثیر دارند که با تصحیح و

¹ Optical Efficiency

²Inclination Angle

مجموعه مقالات دهمین همایش ملی انرژی‌های تجدیدپذیر، پاک و کارآمد

دوم دی ماه ۱۳۹۵، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما

۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶

مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم‌اندیشان انرژی‌های شیمیایی

ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC

www.Renewenergy.ir



بهینه کردن آنها می‌توان عملکرد را بهبود بخشید. عملکرد سامانه‌ی تقطیر خورشیدی را می‌توان با کم کردن عمق آب و افزایش نرخ تبخیر افزایش داد. تفاوت دمای بین آب موجود در بستر و شیشه‌ی چگالنده، تاثیر مستقیم بر عملکرد سامانه‌ی تقطیر خورشیدی دارد. افزایش دمای آب بستر باعث افزایش تفاضل دمای سطوح تبخیر و چگالش شود. به منظور بدست آوردن نرخ تبخیر و چگالش بهتر می‌توان دمای آب درون بستر را توسط یک منبع خارجی یا سامانه پیش گرمایش افزایش داد [3]. سامانه‌های تقطیر^۱ خورشیدی برای مناطقی از جمله ایران که دارای تابش خورشیدی مناسبی هستند قابل استفاده می‌باشد. بنابراین در این تحقیق توانایی پیش گرمایشی یک جمع‌کننده‌ی خورشیدی متمرکزکننده به منظور تامین آب پیش گرم شده برای سامانه‌ی تقطیر خورشیدی مورد مطالعه قرار خواهد گرفت. به منظور متمرکز کردن نور خورشید در این جمع‌کننده از عدسی فرسنل خطی^۲ با کانون حفره‌ای استفاده شده است.

۲- مواد و روشها

به منظور انجام آزمایش و سنجش پارامترهای مختلف ورودی و خروجی به جمع‌کننده‌ی خورشیدی نیاز به سامانه‌های اندازه‌گیری می‌باشد. پارامترهای کنترل سیال ورودی، کنترل تابش خورشیدی، دمای محیط، شدت باد و دمای ورودی و خروجی سیال عامل می‌بایست در طول آزمایشات تحت کنترل باشد. به منظور کنترل مقدار سیال ورودی نیاز به داشتن یک مخزن ذخیره سیال و سامانه پمپاژ و اندازه‌گیری مقدار سیال عبوری بود. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد خروجی پمپ توسط دو عدد شیر تقسیم می‌گردد که یکی از آنها مسیر فرعی^۳ می‌باشد و دیگری مسیر خروجی اصلی است. مسیر فرعی مقدار اضافه پمپاژ شده توسط پمپ را به درون مخزن باز می‌گرداند. کنترل سیال ورودی به جمع‌کننده به صورت پیش تنظیم شده صورت پذیرفته است.



شکل ۱: مخزن و پمپ آب مورد استفاده

¹ Distillation

² Linear Fresnel Lens

³ Bypass

مجموعه مقالات دهمین همایش ملی انرژی‌های تجدیدپذیر، پاک و کارآمد

دوم دی ماه ۱۳۹۵، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما

۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶

مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم‌اندیشان انرژی‌های شیمیایی

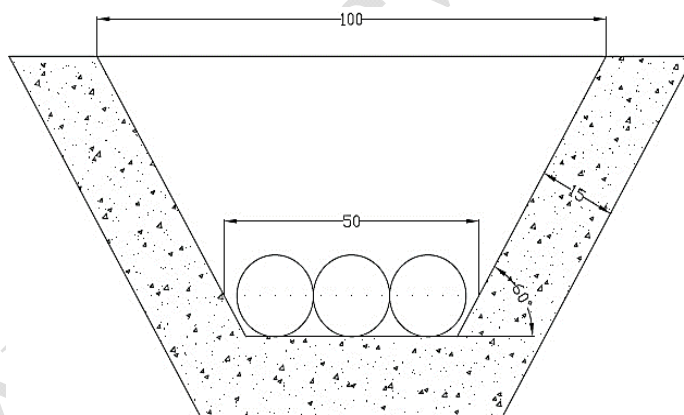
ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC

www.Renewenergy.ir



به منظور اندازه‌گیری شدت تابش خورشید از حسگر TES - 1333R محصول شرکت TES کشور تایوان استفاده گردید. خطای اندازه‌گیری این حسگر $\pm 0.5\%$ گزارش شده است. همچنین به منظور اندازه‌گیری دمای محیط و سرعت باد از یک حسگر پره‌ای به نام SMART SENSOR AR856 ساخت کشور تایوان استفاده شده است. خطای اندازه‌گیری برای حسگر باد $\pm 0.3\%$ و برای حسگر دمای این دستگاه ± 1 درجه سلسیوس گزارش شده است. برای اندازه‌گیری دما از یک ترنسدمیتر دمای ۸ کاناله محصول شرکت مهندسی تیکا TM-1221 استفاده شده است. ورودی این ترنسدمیتر حسگر SMT 160 می‌باشد. خطای اندازه‌گیری این حسگر $\pm 0.7\%$ درجه سلسیوس عنوان شده است.

دریافت‌کننده‌ها در جمع‌کننده‌های مجهز به متمرکزکننده‌ی خورشیدی به عنوان یک عضو کلیدی به شمار می‌آیند، زیرا عملکرد آن بصورت مستقیم بر بازده کل سامانه تأثیرگذار می‌باشد. به دلیل دمای کارکرد بالا، تلفات تابشی بازده دریافت‌کننده را شدیداً تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای کم کردن تلفات، طراحی حفره‌ای^۱ راه حل مناسبی بنظر می‌رسد. در یک دریافت‌کننده‌ی حفره‌ای، تابش منعکس شده یا عبور کرده از متمرکزکننده‌ی خورشیدی از یک دهانه عبور کرده و وارد یک ساختار جعبه‌مانند قبل از برخورد به لوله‌ی جاذب می‌گردد. سپس، لوله‌ی جاذب انرژی خورشیدی متمرکز شده را جذب نموده و به سیال منتقل‌کننده‌ی حرارت^۲ (سیال عامل) منتقل می‌نماید. ایده‌ی کلی دریافت‌کننده‌های حفره‌ای پخش کردن یکنواخت تابش با شار بالای موجود در دهانه‌ی حفره بر روی سطح داخلی بیشتر می‌باشد تا پیک شار جذب شده در یک نقطه کاهش یابد [20]. به منظور جلوگیری از اتلاف انرژی بصورت نوری و حرارتی در این پژوهش یک حفره‌ی ذوزنقه‌ای شکل به عنوان دریافت‌کننده طراحی و ساخته شد (شکل ۲).



شکل ۲: دریافت‌کننده حفره‌ای ذوزنقه‌ای شکل

قطر لوله جاذب یکی از عواملی است که بر روی عملکرد حرارتی جمع‌کننده تأثیر دارد. با توجه به اینکه عرض خط کانونی در عدسی فرستل ۵ سانتی‌متر می‌باشد به منظور استفاده از حداکثر میزان نور متمرکز شده می‌بایست حداقل امکان تمام عرض کانون توسط لوله‌ی جاذب پوشانیده شود که این مسأله معیایی را به همراه دارد. با افزایش قطر لوله‌ی جاذب برای یک

¹ Cavity

² Heat Transfer Fluid (HTF)



دبی مشخص سرعت سیال درون لوله جاذب افت پیدا می‌کند و کاهش سرعت سیال کاهش ضریب انتقال حرارت را به همراه خواهد داشت. با کوچکتر کردن قطر لوله‌ی جاذب مشکل اشاره شده از بین می‌رود اما تلفات نوری بیشتر می‌شود. برای جلوگیری از این مشکل استفاده از چند لوله با قطر کوچکتر به جای یک لوله با قطر بزرگ پیشنهاد شده است. با در نظر گرفتن یک جاذب چند لوله‌ای با طول ثابت، کاهش قطر لوله‌ها باعث کاهش سطح مقطع و در نتیجه سرعت سیال بیشتر برای یک جریان جرمی ثابت ورودی می‌شود. می‌توان اثبات نمود که برای عرض جاذب ثابت، ضریب هدایت گرمایی برای سیال درون لوله متناسب با جریان جرمی عبوری و دارای رابطه‌ی عکس با قطر لوله‌ها می‌باشد. با این وجود کم کردن بیش از حد قطر لوله‌ها باعث بحرانی شدن توان پمپاژ و کم شدن بازده کلی سامانه می‌شود. پس باید کوچک کردن قطر لوله‌ی جاذب به اندازه‌ای باشد که پمپ تغذیه‌ی سامانه را تحت تاثیر قرار ندهد. همچنین در این نوع آرایش، در صورتی که سیال درون لوله‌ها به گردش^۱ دربیاید، سیال عامل می‌تواند در نوارهای کناری پیش گرمایش شده و در نوار مرکزی به حرارت نهایی برسد [21]. با توجه به این تفاسیر در این پژوهش از سه لوله جاذب با قطر ۱ میلی‌متر که سیال عامل در هر سه لوله می‌چرخد، استفاده شده است.

آزمایش‌ها در خردادماه سال ۲۰۱۴ صورت پذیرفت. محل آزمایش منطقه وردآورد در غرب تهران بود. در حین آزمایش پارامترهای دبی آب ورودی به دستگاه، شدت تابش خورشید، دمای محیط، سرعت باد و دمای ورودی و خروجی آب اندازه‌گیری شده است. با توجه به این که با اضافه شدن ناخالصی به آب ظرفیت گرمایی این مایع کاهش می‌یابد، در این پژوهش به بررسی تغییرات دمایی آب معمولی که دارای ظرفیت گرمایی بیشتر نسبت به آب شور است پرداخته شد. همچنین در این تحقیق دمای آب ورودی و خروجی در سه سطح دبی ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌لیتر به منظور تعیین بازده جمع‌کننده مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. بازده سیستم گرمایش بر اساس معادلات انتقال حرارت سیستم‌های خورشیدی بدست آمده است [22].

۳- نتایج و بحث

در این تحقیق آزمایشات در سه دبی مختلف انجام گردید، لذا در شکل‌های ۳ تا ۵ دمای خروجی نظری (با در نظر گرفتن اینکه تمام انرژی وارد شده به سامانه جذب شده)، دمای ورودی و دمای خروجی واقعی نشان داده شده است. همانطور که در نمودارها مشخص است، دمای خروجی با بالا رفتن جریان عبوری سیال کاهش می‌یابد. در آزمایش‌های صورت گرفته حداکثر دماهای خروجی برای سه دبی جریان ذکر شده به ترتیب برابر ۹۶، ۷۷ و ۶۳ درجه سلسیوس بوده است که در حوالی ساعت ۱۳ موقعی که تابش رسیده به جمع‌کننده حداکثر بود، بدست آمده است. البته در آزمایش‌هایی که برای دبی ۱۰۰ میلی‌لیتر بر دقیقه صورت پذیرفت، پس از عبور دمای سیال از ۸۵ درجه سلسیوس شاهد خروج مخلوط بخار و آب بودیم که حتی با رسیدن این حرارت به حدود ۹۷ درجه خروجی فقط بخار آب بود که البته اندازه‌گیری‌ها را بسیار ناپایدار کرده بود. همانطور که در شکل‌های ۳ تا ۵ مشاهده می‌گردد فاصله‌ی دماهای بدست آمده از آزمایش با دماهای بدست آمده از محاسبات با بالاتر رفتن دبی، کاهش یافته است اما به دنبال آن دمای خروجی رو به کاهش بود. دمای خروجی با افزایش تابش خورشیدی در حوالی ظهر افزایش پیدا کرده و بعد از ساعت ۱۴ دچار افت می‌گردد.

¹ Circulation

مجموعه مقالات دهمین همایش ملی انرژی‌های تجدیدپذیر، پاک و کارآمد

دوم دی ماه ۱۳۹۵، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما

۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶

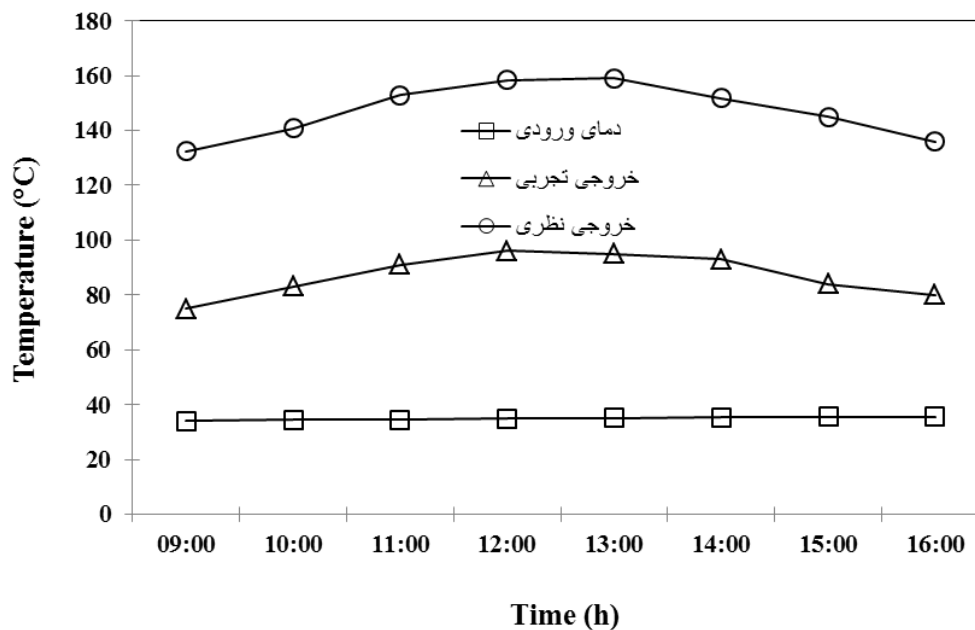
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم‌اندیشان انرژی‌های نو

ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC

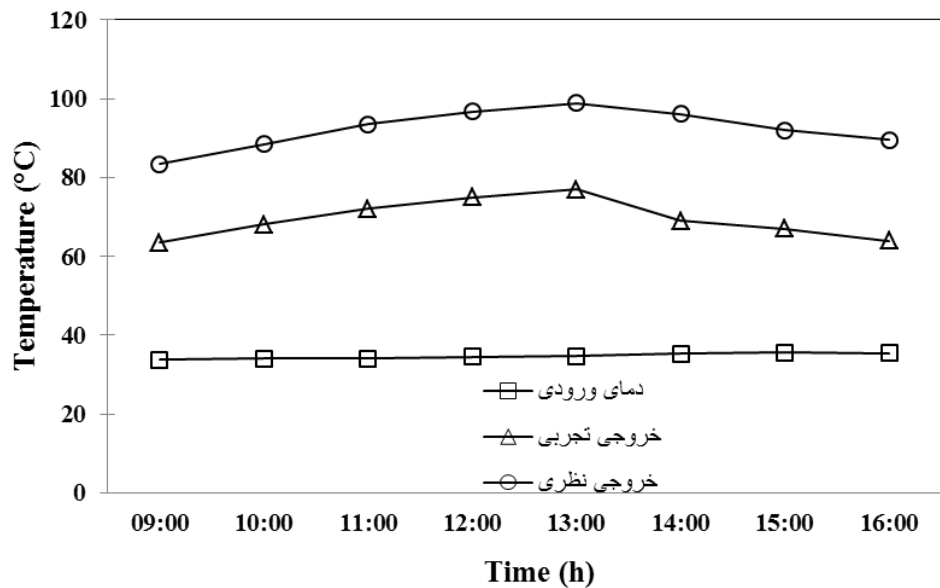
www.Renewenergy.ir



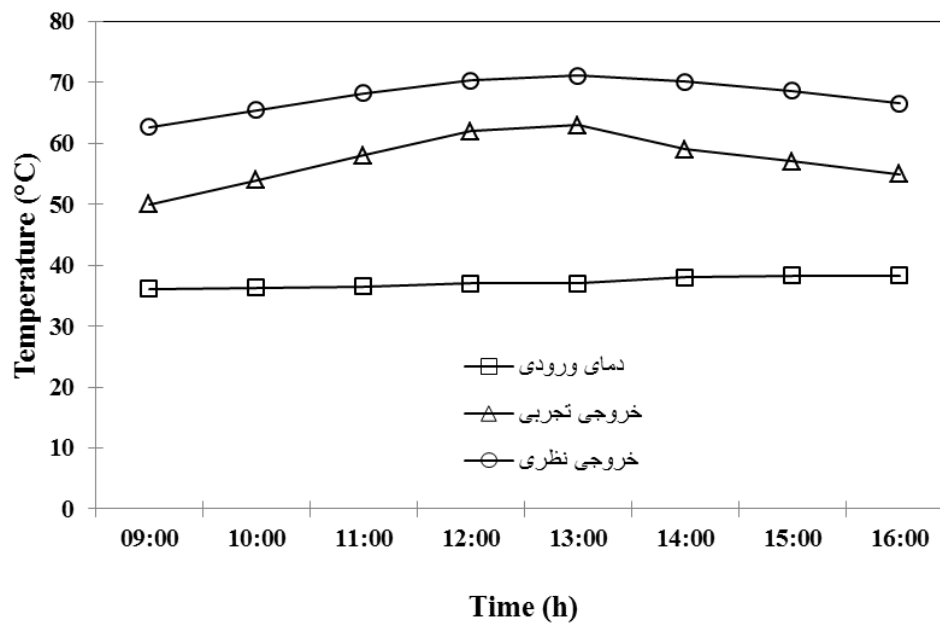
نمودار شکل ۶، میزان بازده حرارتی کل ساعتی بدست آمده برای دستگاه جمع‌کننده‌ی خورشیدی مورد مطالعه را در سه دبی آزمایش شده را نشان می‌دهد. همانطور که در نمودار شکل ۶ نشان داده شده است، با افزایش دبی سیال (در بازه‌ی دبی-های آزمایش‌شده در این تحقیق)، بازده حرارتی کل سامانه نیز افزایش داشت که نتایج بدست آمده با توجه به اثر سرعت سیال بر ضریب انتقال حرارت همخوانی دارد. الجمیلی و همکاران (۱۹۹۸) جمع‌کننده‌ی خورشیدی با استفاده از عدسی فرسnel خطی را مورد آزمایش قرار دادند. جاذب این سامانه متشکل از پره‌های آلومینیومی بود که درون یک لوله‌ی شیشه‌ای عایق بندی شده بود. بازده نوری به دست آمده در طول کل روز ثابت و حدود ۶۰٪ بود که بالاتر بودن این میزان با توجه به ردیابی دو طرفه خورشید طبیعی به نظر می‌رسد.



شکل ۳: دماهای بدست آمده برای دبی ۱۰۰ میلی لیتر بر دقیقه



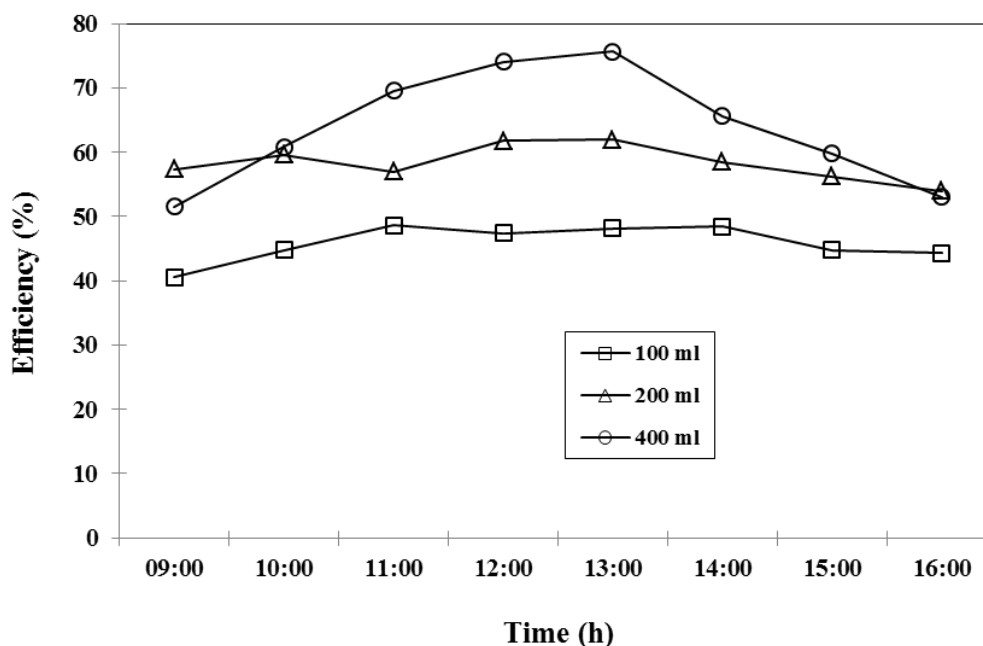
شکل ۴: دماهای بدست آمده برای دبی ۲۰۰ میلی لیتر بر دقیقه



شکل ۵: دماهای بدست آمده برای دبی ۴۰۰ میلی لیتر بر دقیقه



بازده گرمایی روزانه حدود ۵۸٪ به دست آمده است. حداکثر بازده گرمایی بدست آمده برابر ۶۵٪ بوده است که با دبی سیال نسبت عکس دارد [17]. حداکثر بازده حرارتی کل بدست آمده برای ۳ دبی مورد آزمایش به ترتیب ۵۰/۸٪، ۶۵/۹٪ و ۷۴/۲٪ بوده است. این مقادیر حداکثر در حوالی ساعت ۱۳ بدست آمده است که میزان تابش خورشیدی در حداکثر میزان خود برای آن روز بوده است. برای داشتن دید مناسب‌تری نسبت به بازده حرارتی کلی جمع‌کننده، میانگین روزانه برای ساعات آزمایش شده در طول روز برای دبی‌ها و تکرارهای صورت گرفته محاسبه گردید. بهترین میانگین روزانه برای دبی‌های آزمایش شده به ترتیب برابر ۴۶/۴٪، ۶۰/۱٪ و ۶۴/۸٪ بوده است. همچنین میانگین بازده حرارتی کلی برای دبی‌ها مورد آزمایش به ترتیب ۴۵/۹٪، ۵۸/۳٪ و ۶۳/۸٪ بدست آمده است. همانطور که از نمودارهای فوق نیز پیداست، بازده سامانه در ساعات اولیه روز پایین‌تر بوده و با رسیدن به ساعات ظهر که تابش خورشید بصورت عمود بروی عدسی می‌افتد، افزایش یافته و با عبور از ظهر دوباره کاهش در روند بازده را شاهد بودیم که البته شیب کاهش در بعداز ظهر بیشتر از شیب افزایش در قبل از ظهر می‌باشد. دلیل این پدیده همانطور که قبلاً نیز ذکر شد، افزایش عرض کانون و همچنین حرکت سریع کانون در راستای شمال - جنوب به دلیل تغییر در زاویه تابش خورشیدی می‌باشد، البته این اثر را می‌توان با طراحی شیب‌دار جمع‌کننده به منظور برخورد مستقیم اشعه‌های خورشیدی از بین برد.



شکل ۶: بازده حرارتی کل ساعتی بدست آمده برای دبی ۱۰۰ میلی لیتر بر دقیقه.

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه بازده حرارتی جمع‌کننده‌ی خورشیدی به دست آمده است و همچنین نظر به اینکه دبی ورودی آب پیش‌گرم به یک سامانه آب شیرین‌کن تابعی از اندازه و طراحی آن می‌باشد، می‌توان سطح مورد نیاز برای تامین دبی‌های مورد نیاز را محاسبه نمود. بازده حرارتی بدست آمده برای جمع‌کننده‌ی مورد مطالعه برای رساندن دمای آب در بازه‌ی ۵۰ تا

مجموعه مقالات دهمین همایش ملی انرژی‌های تجدیدپذیر، پاک و کارآمد

دوم دی ماه ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما

۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶

مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم‌اندیشان انرژی‌های نو

ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC

www.Renewenergy.ir



۷۰ درجه بسته به دبی مورد نیاز مناسب می‌باشد. با توجه به بالا بودن بازده حرارتی جمع‌کننده‌ی مورد مطالعه در مقایسه با جمع‌کننده‌های صفحه تخت، سطح کمتری از جمع‌کننده‌ی مجهز به متمرکزکننده‌ی عدسی فرسفل قادر به تامین آب پیش گرم با دماهای بالاتر خواهد بود. تفاوت بازده حرارتی متمرکزکننده‌های خورشیدی متفاوت در بازه ۵۰ تا ۷۰٪ می‌باشد که جمع‌کننده‌ی خورشیدی مورد مطالعه نیز این مقادیر را تامین می‌نماید.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از حمایت مالی شرکت بهینه سازی مصرف سوخت ایران تشکر و قدردانی را دارد.

مراجع

- 1- Gasson, C. (2009). "Forecast Trends in Desalination: A River Flowing Backwards from the Sea " Presented at the IDA World Congress, Dubai, UAE.
- 2- Xiao, G., et al. (2013). "A review on solar stills for brine desalination." Applied Energy 103(0): 642-652.
- 3- Sampathkumar, K .,et al. (2010). "Active solar distillation—A detailed review." Renewable and Sustainable Energy Reviews 14(6): 1503-1526.
- 4- Rai, S. N. and G. N. Tiwari (1983). "Single basin solar still coupled with flat plate collector." Energy Conversion and Management 23(3): 145-149.
- 5- Lawrence, S. A. and G. N. Tiwari (1990). "Theoretical evaluation of solar distillation under natural circulation with heat exchanger." Energy Conversion and Management 30 (3):205-213.
- 6- Badran, O. O. and H. A. Al-Tahaineh (2005). "The effect of coupling a flat-plate collector on the solar still productivity." Desalination 183(1-3): 137-142.
- 7- Tiris, C., et al. (1998). "Experimental Studies an a Solar Still Coupled with a Flat Plate Collector and a Single Basin Still. " Energy onversion and Management 39(8): 853-856.
- 8- Dwivedi, V. K. and G. N. Tiwari (2010). "Experimental validation of thermal model of a double slope active solar still under natural circulation mode." Desalination 250(1): 49-55.
- 9- Singh, S. K., et al. (1996). "Design parameters for concentrator assisted solar distillation system." Energy Conversion and Management 37(2): 247-252.
- 10- García-Rodríguez, L., et al. (1999). "Application of direct steam generation into a solar parabolic trough collector to multieffect distillation." Desalination 125 (1-3): 139-145.
- 11- Abdel-Rehim, Z. S. and A. Lasheen (2007). "Experimental and theoretical study of a solar desalination system located in Cairo, Egypt ".Desalination 217(1-3): 52-64.
- ۱۲- منتظری، م.، بناکار، ا.، عماد م.، رحیمی، ع. ۲۰۱۴. استفاده از متمرکز کننده سهموی خطی در آب شیرین کن خورشیدی، اولین کنفرانس و نمایشگاه بین المللی انرژی خورشیدی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
- 13- Tiwari, G. N .,et al. (2007). "Comparative thermal performance evaluation of an active solar distillation system." International Journal of Energy Research 31(15): 1465-1482.
- ۱۴- خفاجه، ح.، بناکار، ا.، خوش تقاضا، م. ۲۰۱۴. آب شیرین کن خورشیدی با پیش گرمایش مایکروویو هشتمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی (بیوسیستم) و مکانیزاسیون ایران. دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
- 15- Leutz, R. and A. Suzuki (2001). Nonimaging Fresnel Lenses: Design and Performance of Solar Concentrators, Springer.
- 16- Zhai, H., et al. (2010). "Experimental investigation and analysis on a concentrating solar collector using linear Fresnel lens." Energy Conversion and Management 51(1): 48-55.
- 17- Al-Jumaily, K. E. J. and M. K. A. Al-Kaysi (1998). "The study of the performance and efficiency of flat linear Fresnel lens collector with sun tracking system in Iraq." Renewable Energy 14 (1-4): 41-48.

مجموعه مقالات دهمین همایش ملی انرژی‌های تجدیدپذیر، پاک و کارآمد

دوم دی ماه ۱۳۹۵، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما

۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ – (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶

مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم‌اندیشان انرژی‌های شیمیایی

ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC

www.Renewenergy.ir



- 18- **Mahmoud, M. S. and A. A. E. S. Mohamed** (2011). Utilization of fresnel lens solar collector in water heating for desalination by Humidification-Dehumidification process. Fifteenth International Water Technology Conference, IWTC-15. Alexandria, Egypt.
- 19- **Tiwari, G. N. and A. K. Tiwari** (2008). Solar distillation practice for water desalination systems, Anshan.
- 20- **Xie, W. T., et al.** (2012). "Theoretical and experimental analysis on efficiency factors and heat removal factors of Fresnel lens solar collector using different cavity receivers." *Solar Energy* **86**(9): 2458-2471.
- 21- **Abbas, R., et al.** (2013). "High concentration linear Fresnel reflectors." *Energy Conversion and Management* **72**(0): 60-68.
- 22- **Duffie, J. A. and W. A. Beckman** (1980). "Solar engineering of thermal processes." NASA STI/Recon Technical Report A **81**: 16591.

www.Renewenergy.ir