



بررسی اثرات زاویه شیب و سمت قرارگیری بر عملکرد سامانه گرمایش خورشیدی مجهز به عدسی فرسnel خطی

داود مؤمنی^۱، احمد بناکار*^۲، برات قبادیان^۳، سعید مینایی^۳

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم و محقق موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۳- دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

ایمیل مکاتبه کننده: ah_banakar@modares.ac.ir

چکیده

در این تحقیق عملکرد یک سامانه گرمایش خورشیدی که در ساخت آن از عدسی فرسnel خطی استفاده شده بود، در دو آزمایش مستقل ارزیابی شد. در آزمایش اول پس از تنظیم زاویه شیب عدسی معادل عرض جغرافیایی محل آزمایش، عملکرد سامانه در پنج وضعیت کاملاً رو به جنوب، ۱۰ و ۲۰ درجه انحراف به شرق و غرب در مهرماه ۱۳۹۳ بررسی شد. در آزمایش دوم پس از تنظیم زاویه سمت قرارگیری در وضعیت کاملاً جنوبی، که از آزمایش اول بدست آمد، شیب عدسی فرسnel خطی در پنج زاویه ۲۵، ۳۵، ۴۵، ۵۵ و ۶۵ درجه تنظیم و عملکرد آن در آبان‌ماه ۱۳۹۳ ارزیابی گردید. در هر دو آزمایش، دبی پمپ در ۲۰۰ میلی‌لیتر بر دقیقه تنظیم شد. در این تحقیق علاوه بر ثبت مقدار تابش خورشیدی، سرعت باد، دما و رطوبت نسبی محیط، دمای آب ورودی و خروجی از لوله جاذب و دمای لوله جاذب از ساعت ۹ صبح تا ۱۴ ثبت شد. نتایج آزمایشات نشان داد که با این که تفاوت معنی‌داری بین دمای سیال ورودی به لوله جاذب در تیمارهای مختلف وجود نداشته است، لیکن دمای سیال خروجی از لوله جاذب در تیمارهای مختلف در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده است و سامانه در وضعیت کاملاً رو به جنوب و زاویه شیب ۵۵ درجه بهترین عملکرد را از لحاظ دمای خروجی آب داشته است.

واژه‌های کلیدی: زاویه سمت قرارگیری، زاویه شیب، سامانه گرمایش خورشیدی، عدسی فرسnel.

مقدمه

یکی از راه‌های استفاده از حرارت خورشید، استفاده از جمع‌کننده‌ها است. در این روش با استفاده از جمع‌کننده‌های خورشیدی و گرم کردن آب در طول روز و ذخیره‌کردن در مخازن و استفاده از آن در ساعات ابری روز و یا طول شب از انرژی خورشیدی استفاده می‌شود. جمع‌کننده خورشیدی نوع خاصی از مبدل حرارتی است که انرژی تابشی خورشید را به گرما تبدیل می‌کند و به دو دسته جمع‌کننده‌های صفحه تخت و متمرکزکننده‌ها طبقه‌بندی می‌شوند (مؤمنی و همکاران ۱۳۹۲ و Duffie and Beckman 2013). یکی از انواع متمرکزکننده‌های ساخته شده، عدسی فرسnel است که برحسب شکل شیارها به دو دسته خطی و دایره‌ای تقسیم می‌شوند. با توجه به این که در ساخت عدسی فرسnel مواد کمتری نسبت به عدسی‌های معمولی بکار رفته است باریک‌تر و سبک‌تر از عدسی‌های معمولی هستند در نتیجه هزینه‌های شاسی و ردیاب



در آن‌ها کمتر است (مؤمنی و همکاران ۱۳۹۳، Chemisana et al. 2011، Dostucok et al. Chemisana et al. 2012، and 2014). تحقیقات گذشته نشان داده تنظیم زاویه شیب صفحه جمع‌کننده و زاویه سمت قرارگیری سامانه نقش مهمی در بیشینه کردن خروجی جمع‌کننده دارند. به همین دلیل در این خصوص مطالعات زیادی در مناطق مختلف انجام شده است (Heywood 1971، Lunde 1980، Nijegorodov et al. 1997، Moncos 1994، Oladiran 1995، Azmi et al. 2001، Qiu and Riffat 2003، Tang and Tong 2004، Talebizadeh et al. 2011، Benghanem 2011، etc). هیوود (۱۹۷۱) گزارش کرد که برای بیشترین دریافت تابش‌های خورشیدی، بهترین زاویه شیب جمع‌کننده به صورت ثابت، ده درجه کمتر از عرض جغرافیایی محل با سطح افق است (Heywood 1971). لاند (۱۹۸۰) بهترین زاویه شیب جمع‌کننده را در نیمکره شمالی پانزده درجه بیشتر از عرض جغرافیایی محل با سطح افق بدست آورده است (Lunde 1980). نتایج یک تحقیق بر روی زاویه بهینه جمع‌کننده‌های خورشیدی صفحه تخت در شهر تهران نشان داد که بهترین زاویه تمایل سالانه جمع‌کننده‌ها ۳۰ درجه برای فصل تابستان و ۵۰ درجه برای فصل زمستان است (Ali 1987). چینری (۱۹۸۱) و کیو و ریفات (۲۰۰۳) بدین نتیجه رسیدند که بیشترین دریافت تابش‌های خورشیدی در زاویه ده درجه بیشتر از عرض جغرافیایی محل بدست می‌آید (Chinnery 1981 and Qiu and Riffat 2003). مونکوس (۱۹۹۴) در تحقیقی در مصر با هشت بار تنظیم شیب جمع‌کننده در سال توانست در قیاس با جمع‌کننده ثابت ۶/۸۵ درصد تابش‌های بیشتری را دریافت کند (Moncos 1994). عبدالعزیز (۱۹۹۴) گزارش کرد که تنظیم فصلی شیب جمع‌کننده باعث افزایش ۱۰٪ در مقدار تابش‌های دریافتی نسبت به حالت افقی خواهد شد (Abdulaziz 1994). اولادیران (۱۹۹۵) مطالعه‌ای بر روی متوسط تابش دریافتی در سه منطقه نیجریه انجام داد و گزارش کرد که در زاویه ۱۰ درجه کمتر از عرض جغرافیایی، بیشترین تابش جذب شده است (Oladiran 1995). نیجگورودف و همکاران (۱۹۹۷) بدین نتیجه رسید برای بدست آوردن بیشترین تابش‌ها، تنظیم سالانه صفحات مناسب نیست و بایستی این تنظیمات به صورت ماهانه انجام شود. او در تحقیق خود دوازده معادله برای تنظیم شیب صفحات در ماه‌های مختلف ارائه کرد. با توجه به این که زاویه بهینه شیب جمع‌کننده خورشیدی به شرایط اقلیمی، عرض جغرافیایی و طول دوره استفاده از سامانه ارتباط دارد، دقت معادلات او در برخی از اقلیم‌ها کافی نبود (Nijegorodov et al. 1997). از می و همکاران (۲۰۰۱) زاویه تمایل بهینه جمع‌کننده را در ماه‌های مختلف برای برونی دارالسلام ۱۰ تا ۱۵ درجه بیشتر از عرض جغرافیایی گزارش کردند. نتایج بدست آمده توسط آن‌ها با نتایج نیجگورودف متفاوت بود. آن‌ها دلیل این اختلاف را متفاوت بودن شرایط اقلیمی دانستند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد در آن کشور تنظیم ماهانه (و یا سالانه) زاویه تمایل جمع‌کننده در مقایسه با جمع‌کننده‌های ثابت، باعث افزایش ۳/۹ (و یا ۴/۵) درصدی در جذب انرژی تابشی سالانه گردید (Azmi et al. 2001). تانگ و تونگ (۲۰۰۴) زاویه تمایل بهینه برای جمع‌کننده‌های خورشیدی در کشور چین را در زمستان ۱۸ درجه بیشتر از عرض جغرافیایی و در تابستان ۲۵ درجه کمتر از عرض جغرافیایی گزارش کردند. آن‌ها بدین نتیجه رسیدند که قرار دادن جمع‌کننده در شیبی برابر با عرض جغرافیایی منطقه باعث افزایش ۴۰٪ بازده دستگاه نسبت به جمع‌کننده‌های تک محوره افقی می‌گردد (Tang and Tong 2004). شیکر (۲۰۰۹) تحقیقی در مورد زاویه تمایل بهینه برای جمع‌کننده‌های خورشیدی در سوریه انجام داد. او بدین نتیجه رسید که در حالتی که سامانه رو به جنوب قرار گیرد مقدار انرژی تابشی به دست آمده در حالت تنظیم ماهانه نسبت به وقتی که جمع‌کننده در



شرایط افقی قرار می‌گیرد ۲۸٪ بیشتر خواهد بود (Sheiker 2009). مقایسه دو آبگرمکن مشابه در کشور چین که زاویه شیب ۲۲ و ۴۶ درجه داشتند نشان داد که هر دو آبگرمکن دارای راندمان حرارتی بالایی بوده اما انرژی دریافتی روزانه هر کدام با دیگری متفاوت است. آبگرمکن دارای زاویه تمایل ۲۲ درجه برای بعدازظهر و آبگرمکن دارای زاویه تمایل ۴۶ درجه برای صبح دارای بهترین شرایط جذب نور خورشید بودند (Tang et al. 2011). بن‌غانم (۲۰۱۱) زاویه تمایل بهینه ثابت برای جمع‌کننده‌های خورشیدی را برای شهر مدینه در کشور عربستان از نظر عددی برابر عرض جغرافیایی محلی پیشنهاد کرده است. لیکن زاویه تمایل بهینه در تابستان برای این شهر ۱۲ درجه و در زمستان ۳۷ درجه گزارش شده است. بنابر این پژوهش، اختلاف در مقدار انرژی دریافتی در حالت زاویه تمایل بهینه ماهانه در مقایسه با زاویه تمایل بهینه سالانه حدود ۸ درصد بوده است (Benghanem 2011). طالبی‌زاده و همکاران (۲۰۱۱) مطالعه‌ای برای تعیین زاویه مناسب شیب صفحات جمع‌کننده به صورت روزانه، ماهانه و فصلی برای عرض‌های جغرافیایی ۴۰-۲۰ درجه شمالی ارائه کرده‌اند. آن‌ها با استفاده از اطلاعات بلند مدت هواشناسی ایران این اطلاعات را برای ۳۰ نقطه ایران استخراج کرده‌اند. محاسبات تئوری آن‌ها بهترین زاویه سمت قرارگیری را صفر درجه و بهترین زاویه شیب صفحه برای منطقه کرج در ماه‌های مختلف حساب کرد (Talebizadeh et al. 2011). شعبان و همکاران (۲۰۱۲) اثرات زاویه شیب صفحه را در یک جمع‌کننده خورشیدی صفحه تخت در منطقه بیسکرا الجزایر با مشخصات جغرافیایی ۵۰° ۳۴' شمالی و ۴۴' ۵° شرقی آزمایش کردند. آن‌ها در این تحقیق تابش خورشیدی، سرعت باد، دمای محیط، دمای ورودی و خروجی هوا در سامانه را در ماه می اندازه‌گیری کردند. آسمان در روز آزمایش کاملاً صاف و آفتابی و دستگاه با زاویه سمت قرارگیری صفر (کاملاً رو به جنوب) قرار داده شده بود. بیشترین سرعت باد در طول آزمایش متغیر بود و متوسط ماهانه سرعت باد ۰/۹ متر بر ثانیه ثبت شد. برای کاهش اثرات سرعت باد بر عملکرد دستگاه، اجزاء داخلی آن درون یک قاب شیشه‌ای عایق بندی شده با عایق پلی‌استیرن با ضریب هدایت حرارتی $0.037 \text{ W/m}^2\text{K}$ قرار داده شد. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که دمای هوای محیط نیز بر عملکرد سامانه رابطه مستقیم دارد. به طوری که بالا رفتن دمای محیط باعث بالا رفتن دمای هوای خروجی از سامانه شده است. آن‌ها با قرار دادن جمع‌کننده در زاویه‌ای برابر با عرض جغرافیایی منطقه توانستند هوا با دمای ۴۶ درجه سلسیوس را به ۷۴ درجه سلسیوس برسانند. سرعت هوای خروجی از سامانه در این وضعیت ۰/۳ متر بر ثانیه ثبت شد (Chabane et al. 2012). باکیچی (۲۰۱۲) برای تعیین مناسب‌ترین زاویه شیب جمع‌کننده‌های خورشیدی محاسباتی را در هشت استان ترکیه انجام داد. او در تحقیق خود مقدار تابش جذب شده روی جمع‌کننده‌ها را در زوایای ۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۹۰ درجه محاسبه کرد و بدین نتیجه رسید که بیشترین جذب تابش‌های خورشیدی در این استان‌ها در زوایای ۰ تا ۶۵ درجه صورت می‌گیرد. کمترین زاویه، ۰ درجه، برای ماه‌های ژوئن و ژولای و بیشترین زاویه، ۶۵ درجه، در ماه دسامبر خواهد بود (Bakirci 2012).

با توجه به این که از یک طرف شرایط اقلیمی، عرض جغرافیایی و طول دوره استفاده از سامانه‌های خورشیدی بر زاویه بهینه آن اثرگذار است و از طرف دیگر زوایای محاسبه شده در مطالعات گذشته با استفاده از اطلاعات بلند مدت هواشناسی محاسبه شده است در این پژوهش به صورت عملی اثرات زاویه شیب و سمت قرارگیری بر عملکرد یک سامانه گرمایش خورشیدی جدید که در ساخت آن از عدسی فرسئل خطی استفاده شده بود، بررسی شد.



مواد و روش‌ها

بررسی وضعیت عرض جغرافیایی ایران نشان می‌دهد ایران در محدوده 25° تا 40° شمالی قرار دارد. به همین دلیل پایه‌های دستگاه به گونه‌ای طراحی و ساخته شدند تا به سادگی قابلیت تنظیم برای هر عرض جغرافیایی در ایران را داشته باشد. همچنین بازوهای نگهدارنده لوله جاذب نیز به صورتی ساخته شد تا قابلیت تنظیم کلی و تنظیم دقیق را داشته باشد تا در هر منطقه جغرافیایی بهترین تمرکز بر روی لوله جاذب بدست آید (شکل ۱). در آزمایش اول عملکرد سامانه در پنج زاویه سمت قرارگیری ارزیابی شد. برای این کار پس از تراز کردن سامانه و تنظیم زاویه شیب عدسی معادل عرض جغرافیایی محل آزمایش و بستن کلیه اتصالات، سامانه در پنج وضعیت کاملاً رو به جنوب، 10° و 20° درجه انحراف به شرق و غرب قرار داده شد و عملکرد آن در مهر ماه ۱۳۹۳ ارزیابی گردید. در آزمایش دوم عملکرد سامانه در پنج زاویه شیب عدسی فرسnel ارزیابی شد. بدین منظور پس از تراز کردن سامانه و تنظیم زاویه سمت قرارگیری آن در وضعیت کاملاً جنوبی، که بهترین وضعیت در آزمایش اول بود، شیب عدسی فرسnel در پنج زاویه 25° ، 35° ، 45° ، 55° و 65° درجه تنظیم و عملکرد آن در آبان ماه ۱۳۹۳ ارزیابی شد. در هر دو آزمایش دبی پمپ با استفاده از شیرهای تنظیم تعبیه شده بر روی سامانه روی 200 میلی‌لیتر بر دقیقه ثابت نگه داشته شد.

نتایج و بحث

بررسی اثرات زاویه سمت قرارگیری (جدول ۱) و زاویه شیب عدسی فرسnel (جدول ۲) بر عملکرد سامانه نشان داد که با این که تفاوت معنی‌داری بین دمای سیال ورودی به لوله جاذب در تیمارهای مختلف وجود نداشته، ولی دمای سیال خروجی از لوله جاذب در تیمارهای مختلف معنی‌دار بوده است.

بررسی نتایج بدست آمده نشان داد هر چه سامانه از وضعیت کاملاً جنوبی انحراف بیشتری داشته است عملکرد آن در گرم کردن آب ضعیف‌تر است (شکل ۲). به عبارت دیگر تفاوت در زاویه سمت قرارگیری سامانه باعث شده تا مقدار تمرکز تابش‌های خورشیدی بر روی لوله جاذب نیز تغییر کند که منجر به اختلاف معنی‌دار در گرم شدن لوله جاذب و در نتیجه آب گرم خروجی از سامانه شد، به طوری که دمای لوله جاذب و دمای آب گرم خروجی در حالت کاملاً رو به جنوب بالاترین بود و انحراف از این وضعیت به شرق و غرب باعث شد لوله جاذب و آب خروجی از سامانه کمتر گرم گردد. این نکته با نتایج مطالعات سایر محققان مطابقت داشته است (Sheiker 2009 and Chabane et al. 2012).

نتایج آزمایش دوم نیز نشان داد تنظیم زاویه شیب عدسی بیست درجه بیشتر از عرض جغرافیایی، باعث افزایش دمای آب خروجی از سامانه شده است. تنظیم شیب عدسی در زوایایی کمتر از عرض جغرافیایی باعث کم شدن دمای آب خروجی از سامانه شد (شکل ۳). تطابق این نتیجه با یافته‌های تحقیقاتی که در آن بر تنظیمات ماهانه زاویه شیب سامانه تاکید شده (Chinnery 1981 and Qiu and Riffat 2003, Azmi et al. 2001, Talebizadeh et al 2011) و عدم تطابق با نتیجه تحقیق تعدادی دیگر از محققان که در آن زاویه شیب به صورت یکبار در سال و یا چهار بار در سال تنظیم می‌شد (Heywood 1971, Lunde 1980, Abdulaziz 1994, Oladiran 1995) حاکی از آن است که زاویه شیب



عدسی در هر ماه و هر منطقه نیاز به تنظیم دارد (Moncos 1994, Nijegorodov et al. 1997, Tang and Tong 2004, Bakirci 2012, Benghanem 2011, Tang et al. 2011).

بررسی ضرایب همبستگی بین پارامترها در زوایای مختلف سمت و شیب قرارگیری عدسی نیز نشان داد افزایش تابش خورشیدی در طول روز باعث افزایش دمای محیط، کاهش رطوبت نسبی، افزایش دمای سیال ورودی و خروجی به سامانه و افزایش دمای لوله جاذب شده است. به طوری که در زوایای سمت قرارگیری مختلف به ترتیب بیشترین اثر افزایش تابش‌های خورشیدی روی افزایش دمای محیط و افزایش دمای سیال خروجی و در زوایای شیب مختلف به ترتیب بیشترین اثر افزایش تابش‌های خورشیدی روی افزایش دمای محیط، افزایش دمای سیال خروجی و افزایش دمای سیال ورودی اتفاق افتاد. آزمایش دوم نیز نشان داد بیشترین اثرگذاری بر روی دمای سیال خروجی از سامانه ناشی از رطوبت محیط و دمای لوله جاذب بود. بررسی اثرات افزایش سرعت باد در زاویه‌های مختلف سمت و شیب قرارگیری سامانه نیز نشان داد که اثر معنی‌داری بر تغییر دمای سیال خروجی از سامانه نداشت که با توجه به محصور کردن لوله جاذب داخل قاب عایق‌دار صحیح بنظر می‌رسد. بررسی اثر دمای سیال ورودی به سامانه بر دمای سیال خروجی از سامانه نیز نشان داد که در سطح آماری ۵٪ اثرگذار است؛ به عبارت دیگر با افزایش دمای آب ورودی، افزایش دمای آب خروجی معنی‌دار بود که کاملاً بدیهی است.

منابع

- ۱- مؤمنی، د.، بناکار، ا.، قبادیان، ب. مینایی، س. و منتظری، م. ۱۳۹۲. طراحی و ساخت سامانه متمرکزکننده خورشیدی مجهز به لنز فرسnel خطی برای گرمایش گلخانه. مجموعه مقالات هشتمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. مشهد. ایران.
- ۲- مؤمنی، د.، بناکار، ا.، قبادیان، ب. و مینایی، س. و منتظری، م. ۱۳۹۳. طراحی و ساخت ردیاب خورشیدی برای سامانه گرمایش خورشیدی مجهز به لنز فرسnel خطی. سومین کنگره هیدروپونیک و تولیدات گلخانه‌ای. کرج، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی ۱۸ تا ۲۰ شهریور ۱۳۹۳.
- 3- Abdulaziz, M. 1994. Optimum tilt angle for solar collection systems. *International Journal of Solar Energy*, vol. 14:191-202.
- 4- Ali, H. 1987. Solar Energy Availability at Tehran: Performance of Different Types of Solar Collectors. *Energy Conversion and Management*, 27: 39-44.
- 5- Azmi, M. Yakup, M. & Malik, A.Q. 2001. Optimum tilt angle and orientation for solar collector in Brunei Darussalam. *Renewable Energy*. vol. 24, pp: 223-234.
- 6- Bakirci, K. 2012. General models for optimum tilt angles of solar panels: Renewable and sustainable energy reviews. Vol: 16, pp.6149-6159.
- 7- Benghanem, M. 2011. Optimization of Tilt Angle for Solar Panel: Case Study for Madinah, Saudi Arabia. *Applied Energy*, 88: 1427-1433.
- 8- Chabane, F. Moumami, N. & Benramache, S. 2012. Effect of the Tilt Angle of Natural Convection in A Solar Collector with Internal Longitudinal Fins. *International Journal of Science and Engineering Investigations* vol. 1, issue 7, August 2012 ISSN: 2251-8843.



- 9- Chemisana, D. Lamnatou, C. & Tripanagnostopoulos, Y. 2011. The effect of Fresnel lens –solar absorber systems in greenhouse. The proceeding of international symposium on advanced technologies and management towards sustainable greenhouse ecosystems. Greece.
- 10- Chemisana, D. Lamnatou, D. & Tripanagnostopoulos, Y. 2012. Fresnel Solar Concentrators for Agriculture Applications. International conference of agricultural engineering, CIGR, AgEng. July 8-12, 2012. Valencia conference center, Valencia, Spain.
- 11- Chinnery, D. 1981. Solar heating in South Africa. CSIR-Research Report NO: 248, Pretoria.
- 12- Dostucok, I., Selbas, R. & Sahin, V. 2014. Experimental investigation of a linear Fresnel collector system. Journal of thermal science and technology 34(1): 77-83. ISSN 1300-3615.
- 13- Duffie, J. & W., Beckman. 2013. Solar Engineering of Thermal Processes, 4th Edition, ISBN: 978-0-470-87366-3, 936 pages.
- 14- Heywood, h. 1971. Operating experience with solar water heating. IHVE, 39: 63-99.
- 15- Lunde, P. 1980. Solar thermal engineering. John Wiley and Sons Inc, New York.
- 16- Madhugiri, G. A. & Karale, S. R. 2012. High solar energy concentration with a Fresnel lens: a review. International Journal of modern engineering research. Vol 2 (3): 1381-1385.
- 17- Moncos, V. 1994. Optimum tilt angle and orientation for solar collectors in Assiut/Egypt. Renewable Energy, vol 4 (3): 291-298.
- 18- Nijegorodov, N., Devan, K. & Jain, P. 1997. Atmospheric transmittance models and an analytical method to predict the optimum slope on an absorber plate. Renewable Energy, vol. 4: 525-530.
- 19- Oladiran, M. 1995. Mean global radiation captured by inclined collectors at various surface azimuth angles in Nigeria. Applied Energy, vol. 52(4): 317-330.
- 20- Qiu, G. & Riffat, S.B. 2003. Optimum tilt angle of solar collectors and its impact on performance. International Journal of Ambient Energy, vol. 24, pp. 13-20.
- 21- Skeiker, K. 2009. Optimum tilt angle and orientation for solar collectors in Syria. Energy Conversion and Management, vol. 50, pp. 2439-2448.
- 22- Talebizadeh, P., Abdolzadeh, M. & Mehrabian, M.A. 2011. Determination of optimum slope angles of solar collectors based on new correlations. Energy Sources, Part A, vol. 33:1567-1580.
- 23- Tang, R. & Tong, W. 2004. Optimal Tilt-Angles for Solar Collectors Used in China. Applied Energy, 79: 239-248.
- 24- Tang R., Y. Yang & W. Gao. 2011. Comparative Studies on Thermal Performance of Water-in-glass Evacuated Tube Solar Water Heaters with Different Collector Tilt-angles. Solar Energy, 85:



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



Investigation on the effects of tilt and alignment angles on performance of a solar heating system with linear Fresnel lens

Abstract

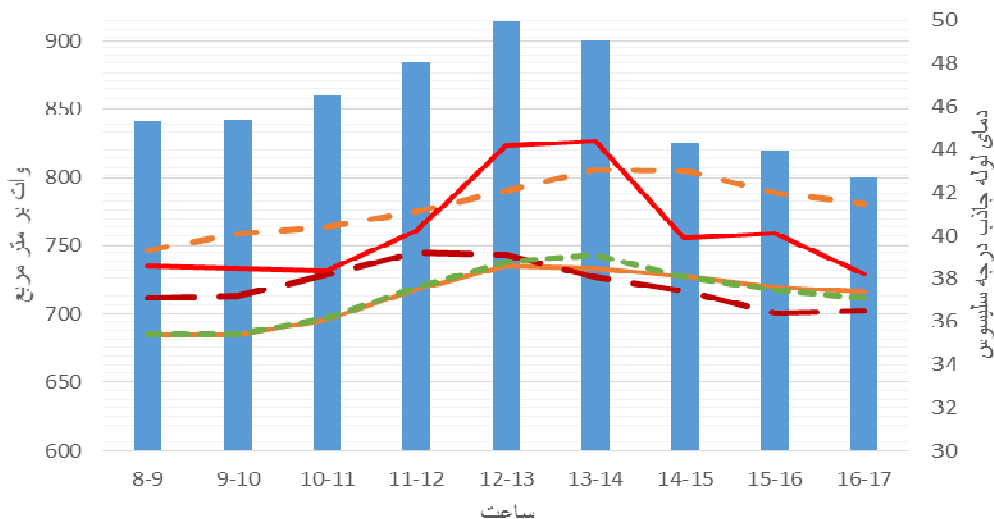
In this research, performance of a novel solar heating system with linear Fresnel lens were evaluated in two separate experiment. In the first experiment, performance of the system was evaluated in October 2014 in 5 alignment angles that were -20 (20 degree deviation from the south to the east), -10 (10 degree deviation from the south to the east), 0 (quite to the south), 10 (10 degree deviation from the south to the west) and 20 (20 degree deviation from the south to the west). In this experiment, slope angle of the lens was adjusted equal to local latitude. In the second experiment, performance of the system was evaluated in November 2014 in 5 slope angles that were 25, 35, 45, 55 and 65 degree. Flow rate of pump was adjusted in 200 ml.min^{-1} in both experiments. In these experiments besides solar irradiation, wind velocity, temperature of input/output fluid in/out collector, pipe temperature, ambient RH and ambient temperature were registered within 9:00 to 14:00. The results of first and second experiments showed that the best position and slope for this kind of solar system were 0 (quite to the south) and 55 degree, respectively.

Keyword: Alignment angle, Fresnel lens, Slope angle, Solar heating system.

ضمائم



شکل ۱: محل تنظیم زاویه شیب عدسی فرسنل در سامانه.



شکل ۲: عملکرد سامانه در زاویه های مختلف سمت قرارگیری مهر ۱۳۹۳.



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

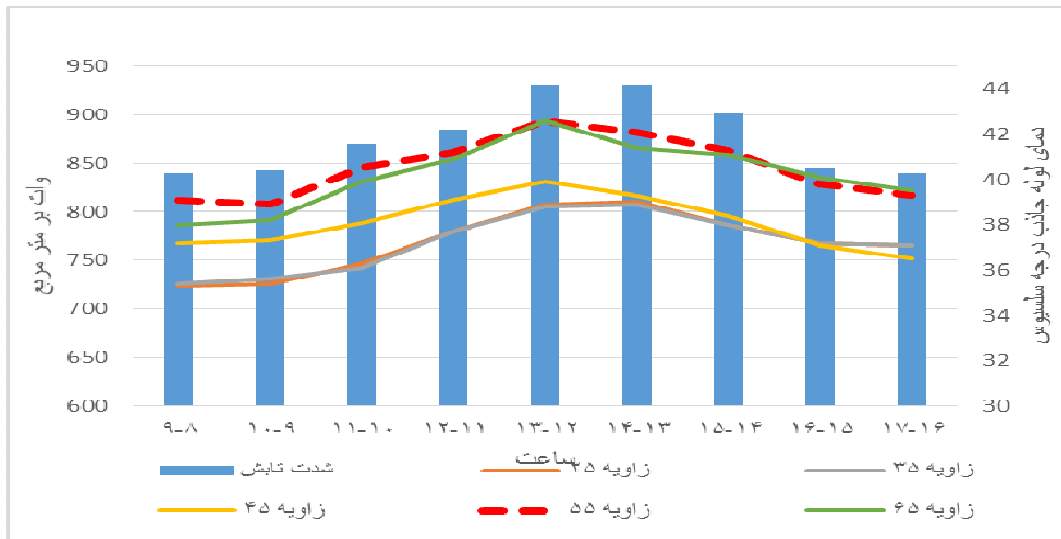
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



جدول ۱: تجزیه واریانس اثر زاویه سمت قرارگیری بر عملکرد سامانه.

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					تابش خورشید	سرعت باد	دمای محیط	رطوبت نسبی محیط	دمای سیال ورودی به لوله جاذب	دمای سیال خروجی از لوله جاذب	دمای سطح لوله جاذب
		تابش خورشید	سرعت باد	دمای محیط	رطوبت نسبی محیط	دمای سیال ورودی به لوله جاذب							
تکرار	۱۰	۶۰۳۷/۸**	۰/۰۱۲ ^{ns}	۳۵/۶۲**	۵۰/۱۸**	۰/۸۱**	۴۷/۲۲**	۴/۲۶**					
تیمار	۴	۳۴۴/۴ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۳۹ ^{ns}	۱۹۷/۵**	۰/۷۱ ^{ns}	۱۵۶/۳۰**	۳۳/۰۱**					
میانگین داده		۸۶۵/۹۵	۱/۵۳	۱۶/۷۲	۲۵/۹۸	۲۰/۶۶	۳۵/۰۲	۳۸/۳۳					
CV%		۲/۳۳	۵/۱۹	۲/۱۱	۴/۶	۱/۵۵	۳/۳۵	۳/۴۵					
R ²		۰/۷۹	۰/۳۵	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۷۳	۰/۹۵	۰/۷۱					

*** و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار.



شکل ۳: عملکرد سامانه در زاویه‌های مختلف شیب عدسی فرسنگل آبان ۱۳۹۳.



جدول ۲: تجزیه واریانس اثر زاویه شیب عدسی بر عملکرد سامانه.

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		تابش خورشید	سرعت باد	دمای محیط	رطوبت نسبی محیط	دمای سیال ورودی به لوله جاذب	دمای سیال خروجی از لوله جاذب
تکرار	۱۰	۵۹۹۳/۱**	۰/۰۲۸ ^{ns}	۳۷/۱**	۴۱/۸**	۰/۹۵**	۴۸/۱**
تیمار	۴	۴۴۳۰/۵ ^{ns}	۰/۰۹۷ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۱۰۷/۹۸*	۰/۱۰ ^{ns}	۱۵۵/۶۴**
میانگین داده		۸۷۰/۲	۱/۲	۱۶/۷	۲۶/۲	۲۰/۷۵	۳۵/۱۴
CV%		۲/۸	۱۳/۵	۱/۸	۳/۹	۱/۵۶	۳/۷
R ²		۰/۷۲	۰/۴	۰/۹۹	۰/۹۵	۰/۷۶	۰/۹۴

**، * و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار.