JMRA
مجله پژوهش و کاربرد در مکانیک
ISSN: 2251-7383, eISSN: 2251-7391

تحلیل کارایی سیستم خنک کاری سیکل بسته پنل های خورشیدی

علی مکی الخزرجی[۱]، مهدی شایان‌مهر[۲*]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی ، دانشگاه آزاد اسلامی-واحد تهران جنوب، تهران

۲-استادیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی-واحد تهران شمال، تهران

*پست الکترونیکی:shmtnb@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱-۱۱-۱۲ **تاریخ دریافت:** ۱۴۰۱-۶-۵

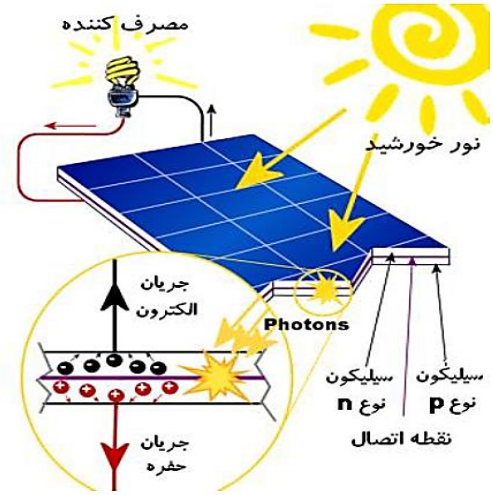
چکیده: دمای سلول‌های خورشیدی تولید جریان الکتریسیته(سلول‌های فتوولتائیک) به عنوان عاملی تاثیرگذار بر توان خروجی از پنل‌ها محسوب می‌شود. افزایش دمای یک پنل خورشیدی باعث افزایش جزئی شدت جریان و کاهش شدید ولتاژ می‌شود. اما به طور کلی افزایش دمای پنل باعث افت توان خروجی از آن می‌گردد که برای بررسی این اثر، خنک کاری پنل به منظور بهبود عملکرد سیستم پیشنهاد می‌شود. با توجه به اینکه پنل فتوولتاییک از مهمترین اجزای سیکل‌های مرتبط با نیروگاه‌های خورشیدی محسوب می‌شوند، در این تحقیق تاثیر استفاده از یک مکانیزم خنک کاری با سیکل بسته، با متغییر های هندسی مختلف بر بازدهی حرارتی این المان با خنک‌کاری سیال مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت. پس از یک پالایش اولیه، از تحلیل عددی یک کلکلتور خورشیدی حرارتی با آرایش لوله‌های تک مسیر و دومسیره در چهار حالت مختلف انجام پذیرفته است و اثرات پارامترهای هندسی مانند قطر، ضخامت و آرایش لوله‌ها و همچنین گذشت زمان و سرعت سیال بر دمای سیال خروجی، گرمای منتقل شده و عدد ناسلت مورد بررسی قرار می‌گیرد که اثر بخشی هر کدام از موارد چهارگانه را با توجه به مقتضیات بهره برداران دراختیار آنان قرار می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: خنک کاری-سیکل بسته- سلول‌های فتوولتائیک- کاهش ولتاژ- تحلیل عددی

۱- مقدمه

ماده‌ی ا صلی در ساخت پنل‌های خور شیدی فتوولتاییک سیلیسیوم ا ست. سیلیسیوم خالص به عنوان یک نیمه‌هادی، دارای هدایت الکتریکی ضعیفی می‌باشد. در صورتیکه در هنگام خالص‌سازی، به آن فسفر اضافه نمایند بار منفی یا به عبارت دیگر یک الکترون اضافی پیدا می‌کند و به سیلیسیوم نوع N تبدیل می‌شود. همچنین در صورتی‌که در هنگام خالص‌سازی به آن بور اضافه نمایند، دارای بار مثبت یا حفره می شود و آن را سیلیسیوم نوع P می‌نامند. سیلیسیوم دارای ۴ الکترون در مدار خارجی خود می‌باشد. هنگامی که تعدادی اتم فسفر به داخل کریستال سیلیسیوم وارد شود، با توجه به اینکه فسفر دارای ۵ الکترون در مدار خارجی خود است، ۴ الکترون مدار خارجی فسفر با ۴ الکترون مدار خارجی سیلیسیوم تشکیل یک مدار داده و به این ترتیب یک

الکترون بصورت آزاد باقی می‌ماند. یعنی سیلیسیوم با بار منفی باردار شده و نیمه‌هادی نوع N بوجود می‌آید. از طرفی اگر بجای فسفر از اتم بور که دارای ۳ الکترون در مدار خارجی است استفاده شود، حفره‌هایی که مثل الکترون قابلیت حرکت دارند ایجاد شده و سیلیسیوم بطور مثبت باردار می‌شود، یعنی نیمه‌هادی نوع P بوجود می‌آید. حال اگر یک طرف یک سیستم نوع P را از نوع N باردار کنیم، یک اتصال P-N بوجود می‌آید. در طرف نوع N الکترون‌های آزاد و در طرف نوع P حفره‌های آزاد وجود دارند. حال اگر یک فوتون با اتصال P-N برخورد کند، الکترون را از اتم سیلیسیوم جدا کرده و در نتیجه حفره بوجود می‌آورد. حفره تحت تاثیر میدان موجود به سمت ناحیه P و الکترون بسوی ناحیه N حرکت کرده و این دو حرکت مخالف با بارهای مختلف، یک جریان الکتریکی بوجود می‌آورند. شکل ۱-۲، چگونگی این عمل را نشان می‌دهد.



شکل ۱: مکانیزم بوجود آمدن جریان الکتریکی در یک پنل فتوولتائیک

از آنجایی که، یک سیستم خورشیدی بطور قابل ملاحظه‌ای از تغییرات شرایط آب و هوایی تاثیر می‌پذیرد، لذا بدون تحلیل‌های اولیه ساخت و بهره‌برداری از چنین سیستم‌هایی عامل زیان اقتصادی فراوان خواهد بود. بنابراین برای شروع طراحی و ساخت، نیازمند کنترل عملکرد و بهینه‌سازی، تحلیل نقش سیال عامل، تحلیل اقتصادی و اگزرژی است.

کلکتورهای خورشیدی متداول از نظر شکل هندسی به سه دسته‌ی لوله خلاء(ETC)[1]، صفحه تخت(FPC)[2] و جفت سهموی(CPC)[3] تقسیم می‌گردد[۱]. بزرگ‌ترین پایلوت ساخته شده در زمینه کلکتورهای خورشیدی ایران(شکل ۱-۱) مربوط به نیروگاه خورشیدی ۲۱۰ کیلو واتی مهرنیرو در شیراز می‌باشد. این نیروگاه شامل کلکتورهای سهموی می‌باشند و در حال حاضر دارای دو سیکل روغن و بخار می باشد[۲]. دیگر پایلوت‌ها و کاربردهای گرمایش خورشیدی مربوط به آبگرمکن‌های خورشیدی است که به صورت پراکنده در نقاط مختلف کشور نصب گردیده‌اند. در مطالعه‌ای که توسط عباسی و همکاران[۳] انجام گرفته به

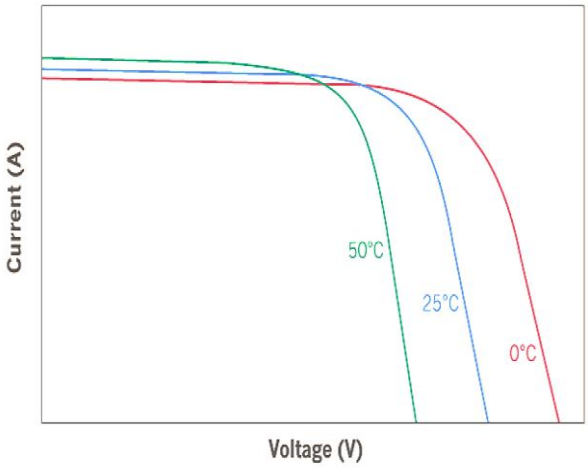
[1] Evacuated Tube Collector

[2] Flat Plate Collector

[3] Compound Parabolic Collector

تحلیل فنی و اقتصادی آب گرمکن‌های خورشیدی با سطح جاذب لوله شیشه‌ای لوله خلأ و مقایسه آن باکلکتورهای مسطح پرداخته شده است.

پنل‌های خورشیدی در دماهای پایین نسبت به دماهای بالا عملکرد بهتری دارند. توان تولیدی توسط پنل خورشیدی در دماهای پایین به مراتب بیشتر از دمای بالا است. هنگامی که یک پنل در مقابل نور خورشید قرار می‌گیرد، گرم می‌شود. قسمت عمده‌ای از این گرما ناشی از جذب اشعه‌ی مادون قرمز است که موجب افزایش دمای قابل ملاحظه پنل می‌شود. تجربه نشان داده است که دمای سطحی پنل در مناطق گرمسیری تا حدود ۸۰ الی ۹۰ درجه سانتیگراد هم می‌رسد. اکثر سازندگان پنل خورشیدی، اطلاعاتی در اختیار کاربران قرار می‌دهند تا اثر تغییرات دما بر عملکرد پنل را مشخص کنند. این اثر به ضریب دمایی توان نامی موسوم است که با درصدی از کاهش توان به ازای هر درجه سانتیگراد افزایش دما مشخص می‌شود. در شکل ۲ تاثیر افزایش دمای محیط بر منحنی جریان-ولتاژ یک پنل نشان داده شده است[۴]. همانطور که پیداست، با افزایش دما، شدت جریان به میزان کمی افزایش می‌یابد، هر چند که تغییرات آن به قدری کم است که می‌توان آن را در ثابت فرض کرد، ولی ولتاژ خروجی به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد[۵-۷]. توان خروجی پنل نیز که از حاصلضرب جریان و ولتاژ پنل بدست می‌آید به طور کلی با افزایش دمای پنل، کاهش می‌یابد در میان انواع متداول سیستم‌های انرژی خورشیدی متمرکز (CSP)، کلکتورهای سهموی (PTC) امیدوارکننده‌ترین، با پتانسیل بالا، مقرون‌به‌صرفه‌ترین و بالغ‌ترین نوع سیستم‌های CSP صنعتی هستند[۸].



شکل ۲: تاثیر افزایش دما بر عملکرد پنل خورشیدی فتوولتاییک.

شکل ۳: سوزاندن تخته به دلیل درجه حرارت بالا.

۲- مدلسازی سیستم خنک کاری پنل خورشیدی

به منظور تسهیل شبیه سازی و تحلیل ترمودینامیکی در انجام عملیات ریاضی و طراحی برخی از فرضیات در این پروژه در نظر گرفته شده است که عبارتند از:

- تحلیل اجزا در شرایط پایدار صورت گرفته است.
- پنل فتوولتاییک در نظر گرفته شده در این تحقیق از نوع صفحه تخت می‌باشد.
- در روش‌های خنک‌کاری فعال، آب نسبت به هوا در افزایش راندمان و توان خروجی پنل مؤثرتر است.

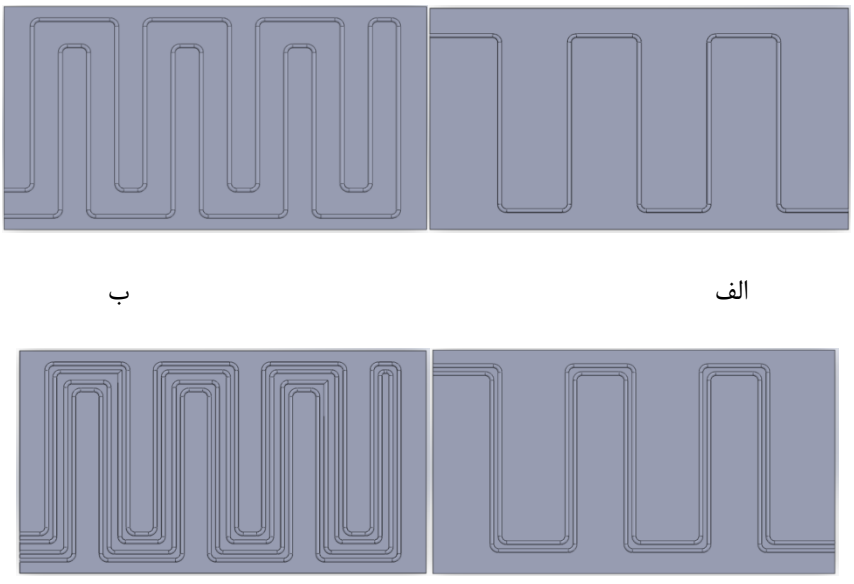
- توان تولیدی پنل فتوولتائیکی که با استفاده از سیستم خنک‌کاری فعال، خنک‌کاری می‌شود، می‌تواند نیاز برق مصرفی سیستم خنک‌کاری خود را برطرف کند.

- در این تحقیق پس از مدلسازی انتقال حرارت، به منظور تعیین دمای سطح پنل می‌توان از دماهای میانگین و حداکثری استفاده کرده و نتایج حاصل را با یکدیگر مقایسه نمود.

- در این تحقیق از بهینه سازی روش‌های مختلف خنک‌کاری فعال، صرف‌نظر شده و تنها مقایسه‌ای میان روش‌ها در شرایط برابر جهت تعیین بهترین روش انجام می‌گیرد.

- مدل سازی پنل فتوولتائیک در شرایط آب و هوایی شهر کرج انجام می شود و می‌توان حالت تأثیرات رطوبت هوا بر دمای سطح پنل را بررسی نمود.

با در گرفتن موارد فوق، برای حالت پایا، معادلات تعادل جرم، تعادل انرژی(قانون اول ترمودینامیک) و تعادل اگزرژی برای تعیین ضریب عملکرد و نرخ بازگشت‌ناپذیری سیستم اعمال شده‌اند. سیستم خنک کاری طراحی شده در این پژوهش به دو صورت تک لوله و دولوله به صورت رفت و رفت و برگشتی در نرم‌افزار المان محدود طراحی شده است. کلکتورهای طراحی شده تک لوله و دولوله در شکل ۴ نمایش داده شده‌اند. طراحی کلکتور دولوله‌ای بدین صورت است که قطر خارجی لوله‌ها ۱۵ میلیمتر و ضخامت آن‌ها یک میلیمتر می‌باشد و لوله دوم با همان الگوی لوله اول و با فاصله ۳۰ میلیمتر از آن در داخل محدوده محصور به مسیر لوله اول جایگذاری می‌شود. طول و عرض صفحه جاذب نیز ۱ تا ۱/۵ متر می‌باشد.



الف ب

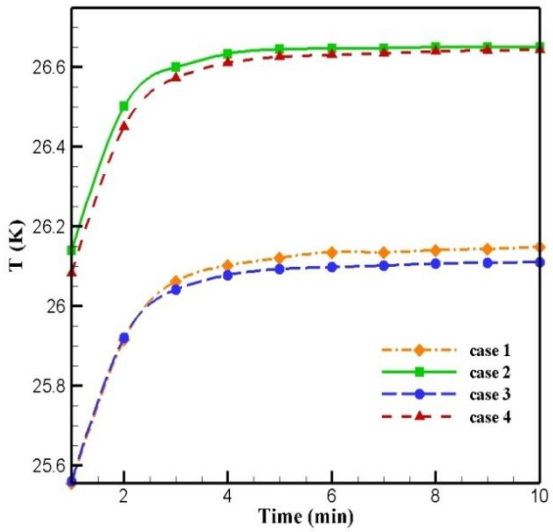
ج د

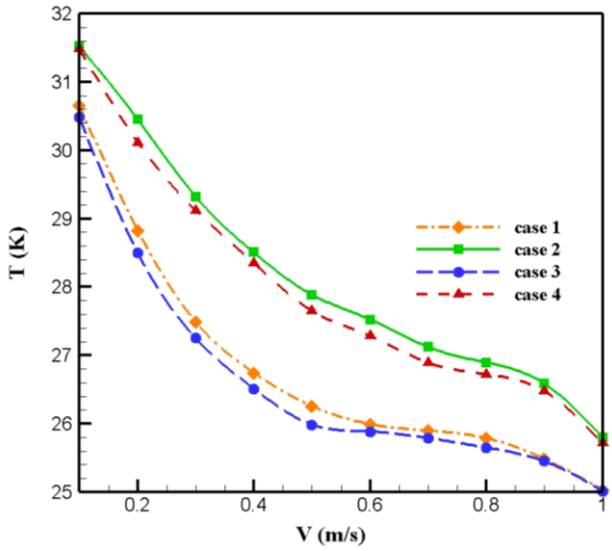
شکل ۴- سیستم خنک کاری

الف) تک لوله‌ای رفت، ب) تک لوله‌ای رفت و برگشت، ج) دو لوله‌ای رفت، د) دولوله‌ای رفت و برگشتی.

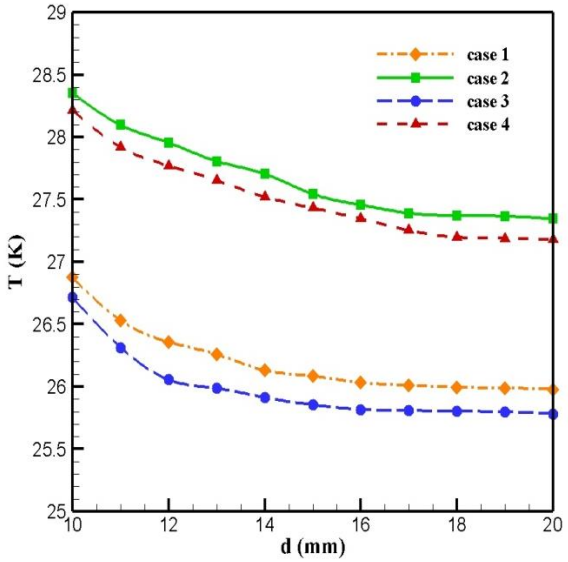
۳- نتایج تحلیل سیستم خنک کاری پنل خورشیدی

در این بخش از پژوهش حاضر، به بررسی نتایج مربوط به شبیه سازی عددی پرداخته می‌شود . در ابتئدا موارد مربوط به استخراج نتایج ارایه می‌گردد و پس از بحث و بررسی و اعتبار سنجی نتایج نهایی ارایه می‌گردد. در شکل ۵ تا شکل ۱۰، نتایج تحلیل مورد نظر بر اساس پارامترهای مختلف مورد نظر ارایه شده است.

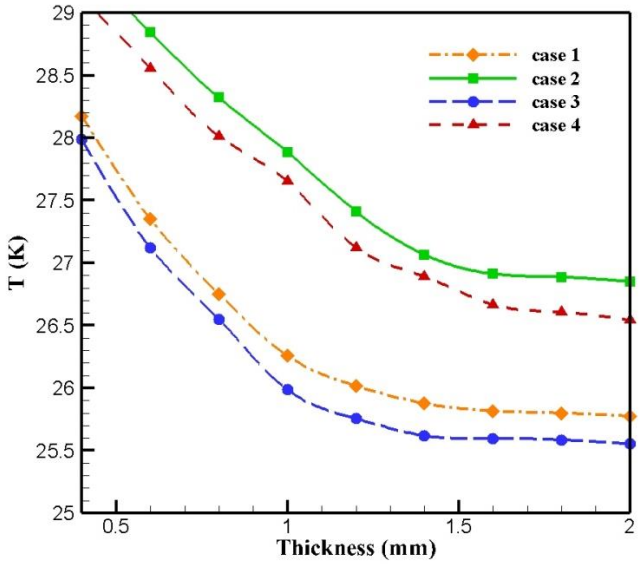




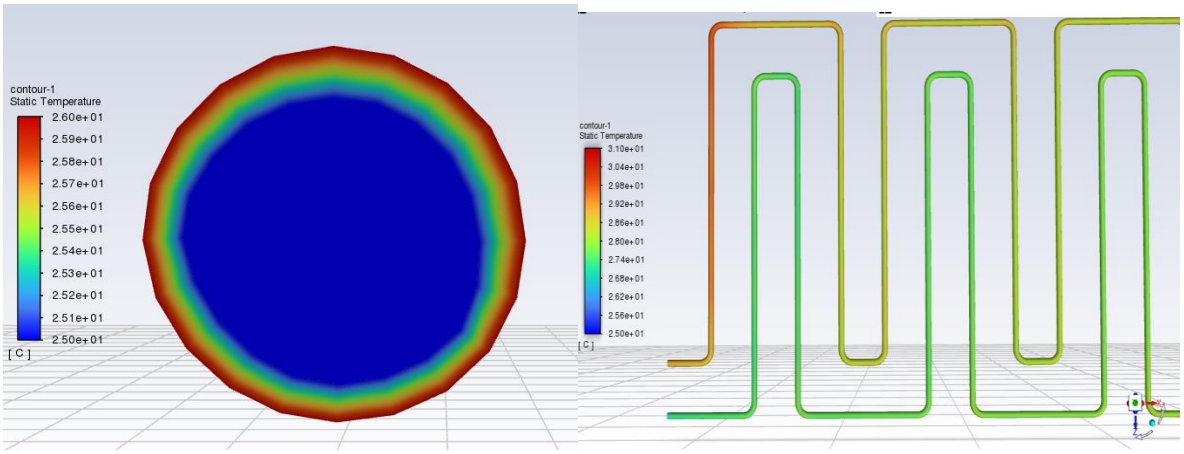
شکل ۵: تغییرات دمای خروجی سیال نسبت سرعت شکل ۶: تغییرات دمای خروجی سیال نسبت به گذشت زمان



شکل ۷:تغییرات دمای سیال بر اساس تغییرات قطر لوله



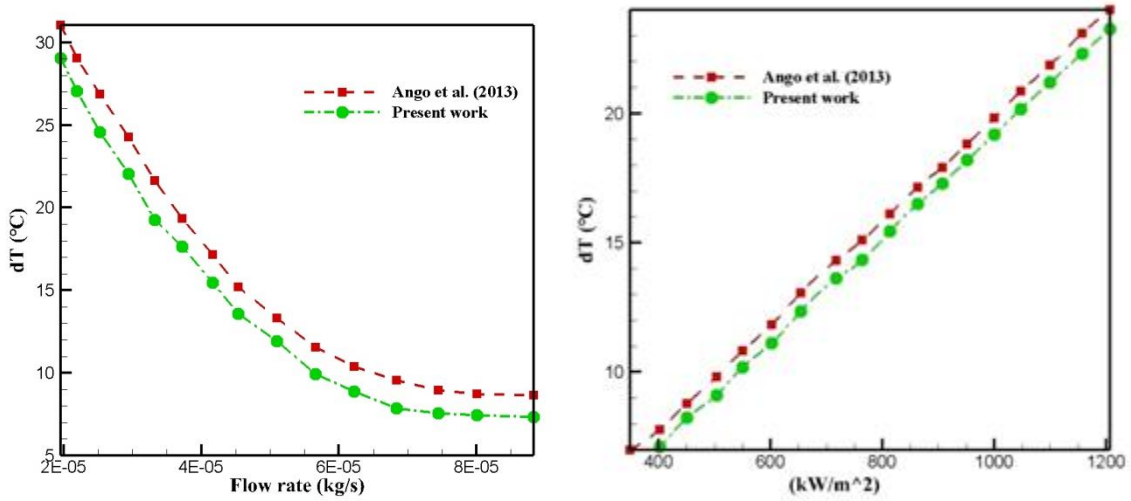
شکل ۸: تغییرات دمای سیال خروجی بر حسب ضخامت لوله



شکل ۹: کانتور توزیع دما در لوله

شکل ۱۰: کانتور توزیع دما در دهانه خروجی لوله کلکتور

اعتبار سنجی مدل طراحی شده و تحلیل‌های انجام شده در این تحقیق با تحقیقات پیشین نمایش داده شده است. برای انجام اعتبارسنجی، مدل حاضر با استفاده از شرایط مرزی و شرایط اولیه ارائه شده در پژوهش آنگو و همکاران مورد تحلیل قرار گرفته و نتایج به دست آمده مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. همانگونه که در شکل ۱۱ و شکل ۱۲ مشاهده می شود پاسخ‌های به دست آمده از مدل حاضر با نتایج به دست آمده از تحقیق آنگو و همکاران، تطابق بسیار مناسبی نشان می‌دهند که این امر بیانگر اعتبار نتایج به دست آمده در این تحقیق هستند. لذا می‌توان به صحت و دقت نتایج به دست آمده در این تحقیق پی برد.



شکل ۱۱: مقایسه اختلاف دمای به دست آمده در مدل پژوهش آنگو و همکاران نسبت به انرژی تابشی [۹]

شکل ۱۲: مقایسه اختلاف دمای به دست آمده در مدل حاضر و حقیق حاضر و تحقیق آنگو و همکاران نسبت به نرخ جرم عبوری از لوله [۹]

۴- جمع بندی و نتیجه گیری

در این بخش به بررسی نتایج مربوط به شبیه سازی در چهار حالت مختلف جهت سیستم خنک کاری پرداخته خواهد شد.

این نتایج نشان داد که برای هر چهار حالت آرایش لوله‌ها، سرعت تغییرات دمای سیال خروجی از کلکتور پس از گذشت حدود پنج دقیقه کاهش می‌یابد به طوری که شیب نمودار تقریباً برابر با صفر می‌گردد. همچنین مشاهده می‌شود که استفاده از مسیر رفت و برگشت برای آرایش لوله‌های کلکتور، موجب می‌گردد تا دمای متوسط سیال خروجی از لوله، به صورت قابل توجهی افزایش یابد و استفاده از آرایش دولوله‌ای موجب کاهش ناچیز در دمای سیال خروجی می‌گردد. در خصوص سرعت جریان باید اشاره کرد که افزایش سرعت سیال عبوری از لوله‌های کلکتور موجب کاهش دمای متوسط سیال خروجی از آن می‌گردد و این کاهش دما به صورت پیوست ادامه می‌یابد تا جایی که دمای سیال ورودی و خروجی برابر شوند. در خصوص قطر نیز با افزایش قطر لوله دمای متوسط سیال خروجی از لوله کلکتور کاهش می‌یابد. اما این کاهش دما در موارد ۱ و سه، یعنی در حالتی که از یک و دولوله به صورت رفت استفاده می شود، به صورت مداوم رخ نمی‌دهد و با افزایش قطر لوله از حدود ۱۵ میلیمتر سرعت این کاهش دما کاهش می‌یابد. با افزایش قطر لوله، گرمای منتقل شده به سیال درون لوله نیز کاهش می‌یابد. همچنین تغییرات این پارامتر دارای شیب چندان بالایی نیست و این نشان دهنده اثرات کم تغییر ضخامت لوله بر گرمای انتقال داده شده بله سیال درون لوله‌های کلکتور می‌باشد. افزایش ضخامت جداره لوله موجب کاهش دمای سیال خروجی از کلکتور می‌شود. با افزایش ضخامت لوله از ۱/۳ میلیمتر، تغییرات دمای سیال خروجی از کلکتور کاهش پیدا می‌کند.

در انتها باید اشاره کرد که با افزایش شدت تابش انرژی به صفحه جاذب، دمای سیال خروجی از لوله‌های کلکتور، تقریباً به صورت خطی افزایش پیدا می‌کند. با گذشت زمان تا حدود ۴ دقیقه، گرمای منتقل شده به سیال درون لوله‌های کلکتور به صورت پیوسته افزایش می‌یابد اما با گذشت زمان از این محدوده، گرمای منتقل شده به سیال تقریباً ثابت می‌ماند.

مراجع

[۱].نظری، فتاح، نظری، مرزبان و رضایی، سجاد،۱۳۹۲. "انواع کلکتورهای خورشیدی" ،اولین همایش ملی انرژی های نو و پاک،تهران.

[۲].عابدی، سپیده، عابدی،سارا و کساییان، علی بخش،۱۳۹۲ "بررسی تاثیر زاویه حمله در عملکرد نهایی کلکتورهای مسطح خورشیدی در ایران" ،اولین همایش ملی انرژی های نو و پاک،تهران.

[۳] عباسی، حسین، خلجی اسدی، مرتضی، جعفرکاظمی، فرزاد، "تحلیل فنی و اقتصادی آب گرمکن های خورشیدی با سطح جاذب لوله شیشه ای (لوله خلأ)و مقایسه آن با کلکتورهای مسطح".

[4] S.K. Chaturvedi, Y.F. Chiang, A.S. Roberts, Analysis of two phase flow collectors with applications to heat pumps, Solar Energy Engineering 104 (1982) 358.

[5] Chandrasekar, M., et al., Passive cooling of standalone flat PV module with cotton wick structures, Energy Conversion and Management 71, 2013.

[6] Gang, P., Huide, F., Huijuan, Z., Jie, J.; Performance Study and Parametric Analysis of a Novel Heat Pipe PV/T System, Energy 37, 2012.

[7] Anderson, W. G., et al., Heat Pipe Cooling of Concentrating Photovoltaic (CPV) Systems, Conference Record of the IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 2008.

[8] Sansaniwal, Sunil Kumar, Vashimant Sharma, and Jyotirmay Mathur. "Energy and exergy analyses of various typical solar energy applications: A comprehensive review." Renewable and Sustainable Energy Reviews 82 (2018): 1576-1601.

[9] A. C. Mintsa Do Ango, Marc Médale, Chérifa Abid. Optimization of the design of a polymer flat plate solar collector. Solar Energy, 2013, 87, pp.64-75. ff10.1016/j.solener.2012.10.0.06ff. ffhal-01459491