مقاله

اجرای سیستم گرمایش خورشیدی سایت انرژی‌های نو دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

مصطفی زمانی محی‌آبادی *
عضو هیئت علمی گروه پژوهشی پیل سوختی حرارت‌بالا
دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان
m.zamani@vru.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۲۵

چکیده

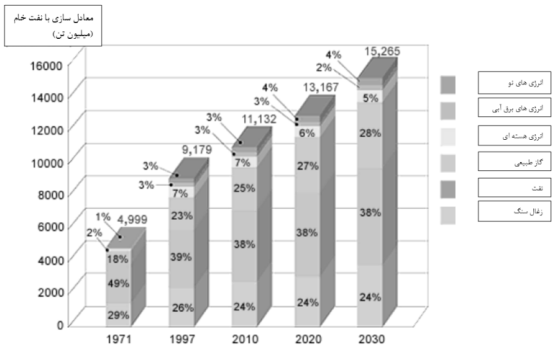
امروزه با توجه به دو بحران انرژی و محیط زیست، استفاده از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. خورشید نیز با توجه به پایان‌ناپذیری و ظرفیت بالا در ایران، به‌عنوان یکی از انرژی‌های نو مورد توجه می‌باشد. گرمایش خورشیدی به‌معنای استفاده از انرژی خورشید در جهت تأمین نیازهای گرمایشی می‌باشد، در حالی‌که بیشترین مصرف انرژی‌های فسیلی در جهت تولید گرماست. در این مقاله براساس دیاگرام P&ID [۱] طراحی‌شده، قطعات مورد نظر سیکل گرمایش خورشیدی سایت انرژهای نو دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان اجرا شده است. این مجموعه نه‌تنها جهت انجام تحقیقات در زمینهٔ کلکتورهای تخت خورشیدی فراهم شده، که محیطی آموزشی برای دانشجویان و فرهنگ‌سازی در این زمینه و نیز گرمایش مجموعه را انجام می‌دهد. نتایج سه روز از روزهای زمستان که تابش خورشید وجود داشته، ذکر شده که نمایانگر کارکرد مناسب سیکل مورد نظر در شهر رفسنجان می‌باشد. نتایج حاصل از این مجموعه را می‌توان تعمیم داد و در دیگر ساختمان‌های دانشگاه استفاده نمود.

واژگان کلیدی: طراحی سیستم، گرمایش خورشیدی، سایت انرژی‌های نو دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان

۱. مقدمه

امروزه بشر با دو بحران بزرگ روبروست؛ بحران‌هایی که به‌شکل گسترده‌ای با یکدیگر در ارتباطند [۱-۲]. از یک طرف، جوامع صنعتی و شهرهای بزرگ با مشکل آلودگی محیط زیست مواجه‌اند و از طرف دیگر مشاهده می‌شود که مواد اولیه و سوخت مورد نیاز با شتاب روزافزون در حال اتمام است. خورشید به‌عنوان منبع بی‌پایان انرژی می‌تواند راه‌حلی مناسب برای مشکلات موجود در ارتباط با انرژی و محیط زیست باشد [۳-۴]. سازمان منابع و انرژی ژاپن[۲] براساس گزارشی که در سال ۲۰۰۸ م منتشر کرد، نشان داد که در بیست سال آینده انرژی‌های تجدیدپذیر با رشدی

نزدیک به ۳۰ درصد، نیاز کشورها را تأمین می‌کند، در این گزارش (شکل ۱) روند افزایش انرژی طی بیست سال آینده در سطح جهان قابل مشاهده است.



شکل ۱. روند افزایش تقاضای انرژی

و درصد نقش منابع مختلف در تامین آن [۱]

کلکتورهای صفحه‌ای تخت پراستفاده‌ترین نوع کلکتورهای خورشیدی برای تولید آب گرم در خانه‌ها و سیستم گرمایش محیط می‌باشند. معمولاً یک کلکتور صفحه‌ای تخت شامل یک جاذب واقع در یک جعبهٔ عایق همراه با صفحه‌های شفاف پوششی می‌باشد. جاذب معمولاً از یک صفحهٔ آهنی با هدایت حرارتی بالا مثل آلومینیوم یا مس ساخته و سطح آن نیز با ماده‌ای مخصوص با جذب حداکثر تابش و انتشار حداقل تابش ساخته شده است. جعبهٔ عایق اتلاف حرارتی را از پشت و اطراف کلکتور کاهش می‌دهد. این کلکتور به‌منظور حرارت‌دادن به مایع یا هوا تا رسیدن آنها به حرارت کمتر از ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد مورد استفاده قرار می‌گیرد [۵]. عملکرد و روش کار کلکتور خورشیدی صفحه‌تخت از قوانین بنیادین ترمودینامیک، انتقال حرارت و مکانیک سیالات پیروی می‌کند [۶-۷]. در این مقاله شرایط طبیعی مساعد برای به‌کارگیری انرژی خورشیدی در ایران و شهر رفسنجان، اهداف اجرای طرح، اجزای استفاده‌شده در طرح گرمایش خورشیدی سایت انرژی‌های نو دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، اجزای استفاده‌شده در طرح گرمایش خورشیدی سایت انرژی‌های نو دانشگاه و نهایتاً نتایج کار ارائه شده است.

۲. شرایط طبیعی مساعد برای به‌کارگیری انرژی خورشیدی در ایران و شهر رفسنجان

ایران سرشار از منابع بسیار غنی انرژی‌های تجدیدپذیر، به‌خصوص انرژی خورشیدی است. این کشور به‌دلیل تابش‌های منظم و طولانی و کم‌بودن ابر و گردوغبار محلی، در بسیاری از مناطق، از پتانسیل دریافت انرژی خورشیدی بالایی برخوردار است. شهرستان رفسنجان با ۱۴۶۹ متر ارتفاع از سطح دریا، در گروه مناطق گرم و خشک قرار دارد. میانگین ساعات آفتابی سالانهٔ رفسنجان بیش از ۳۳۶۰ ساعت در سال است. در شکل ۲ ساعات آفتابی رفسنجان از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۱ نمایش داده شده است. بدیهی است که استفاده بیشتر و خصوصاً بهینه‌تر از این منبع نقش بسیار بسزایی در توسعهٔ اقتصادی، کاهش گازهای گلخانه‌ای، اشتغال و جز این‌ها دارد.

در شکل ۳ تابش کل اندازه‌گیری‌شده توسط وسائل اندازه‌گیری ایستگاه سینوپتیک رفسنجان برای یک روز از هر ماه نمایش داده شده است. همان‌طور که از شکل‌های مربوطه مشخص می‌باشد، رفسنجان دارای ظرفیت بالای انرژی خورشیدی است.

شرایط مطلوب رفسنجان برای استفاده از انرژی خورشیدی را می‌توان به‌صورت زیر تقسیم‌بندی کرد:

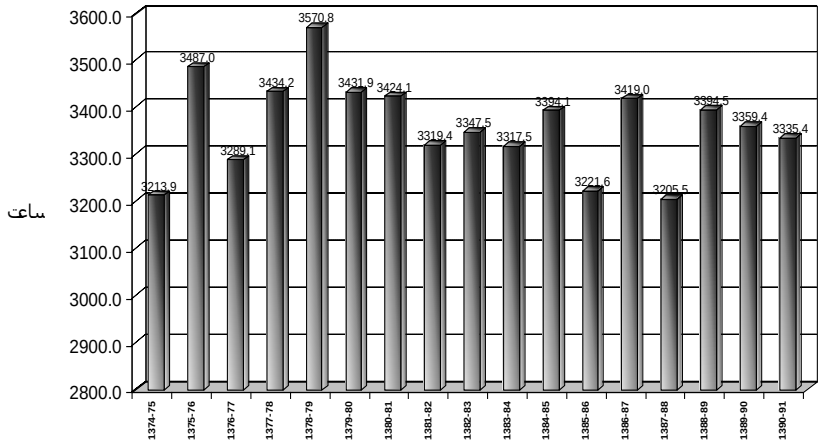
۱. قرارداشتن روی کمربند خورشیدی جهان با میانگین ساعات آفتابی سالانه و میزان تابش خورشیدی بالا
۲. شرایط مناسب منطقه جهت احداث نیروگاه خورشیدی (عدم رطوبت بالا و گردوغبار در جو، ارتفاع مناسب از سطح دریا، منطقهٔ مناسب: استپ‌ها، بوته‌زارها و صحراهای نیمه خشک)

برخی از اهداف اجرای این طرح در کانکس خورشیدی دانشگاه را می‌توان به‌صورت زیر بیان نمود:

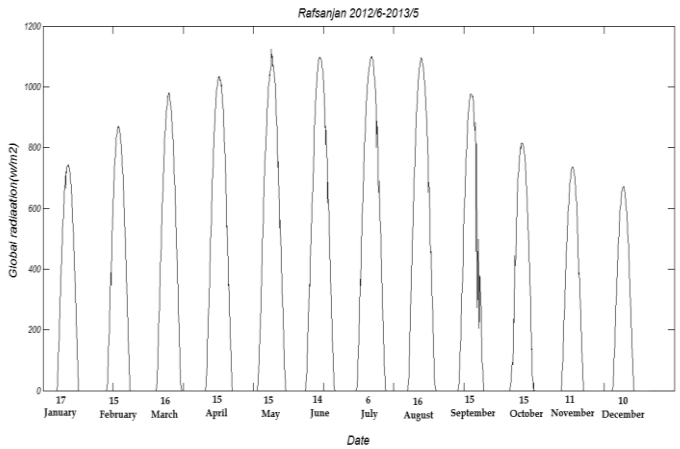
۱. تولید گرمایش مورد نیاز کانکس خورشیدی
۲. ایجاد محیط آموزشی و فرهنگ‌سازی در زمینهٔ گرمایش خورشیدی

۳. انجام تحقیقات در زمینهٔ افزایش راندمان سیستم گرمایش خورشیدی

۴. تعمیم نتایج حاصل جهت استفاده از گرمایش خورشیدی در دیگر ساختمان‌های دانشگاه



شکل ۲. تغییرات رژیم ساعات آفتابی ایستگاه سینوپتیک رفسنجان از سال ۱۳۷٤ تا ۱۳۹۱ [۸]



شکل ۳. تابش کل اندازه‌گیری‌شده توسط پیرانومتر ایستگاه سینوپتیک شهر رفسنجان برای یک روز از هر ماه [۸]

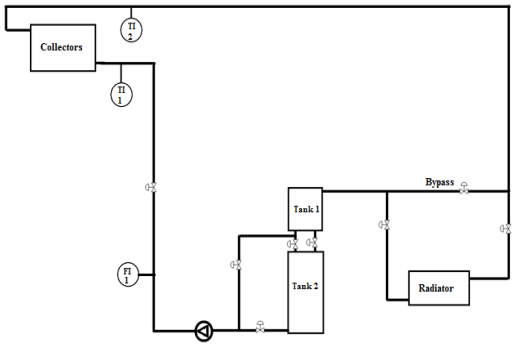
در شکل ۴ دیاگرام P&ID نمایش داده شده است. همان‌طور که در این شکل هم مشخص است، در ابتدا مخازن مربوطه شارژ شده، سپس توسط پمپ مربوطه، سیال به‌سمت کلکتورها روانه می‌شود و بعد از کلکتورها به‌سمت مسیر بای‌پس و یا رادیاتور داخل کانکس می‌رود و در نهایت مجدداً وارد مخزن می‌گردد.

٤. اجزای استفاده‌شده در طرح

٤-۱. کلکتور

کلکتورهای خورشیدی از جمله اجزای اصلی و اساسی سیستم‌های گرمایش خورشیدی هستند و وظیفهٔ آنها جذب تابش خورشید و تبدیل آنها به گرما می‌باشد. کلکتورها گرما و حرارت تولیدشده را در اختیار سیال واسطی که درون لوله‌های آنها جریان دارد قرار می‌دهند و برای جذب تابش خورشید از صفحات فلزی تیره‌ای، که به‌عنوان جاذب عمل می‌کنند، استفاده می‌نمایند. برای اینکه حرارت جذب‌شده توسط کلکتور به بیشترین مقدار خود برسد، از یک پوشش شیشه‌ای روی صفحات جاذب استفاده می‌کنند تا هم بتوان از اثر گلخانه‌ای بهره گرفت و هم از اتلاف حرارت به محیط جلوگیری به‌عمل آید. به‌طور کلی، کلکتورهای خورشیدی را می‌توان به سه گروه کلکتورهای صفحه‌ای

تخت، کلکتورهای لوله‌ای تحت خلأ و نهایتاً کلکتورهای سهموی تقسیم‌بندی نمود. در ادامه، دربارهٔ هر یک از موارد سه‌گانهٔ فوق توضیحاتی مطرح می‌شود.



شکل ٤. دیاگرام P&ID سیستم گرمایش خورشیدی سایت انرژی‌های نو دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

٤-١-١. کلکتور صفحه‌ای تخت

این کلکتور ساده‌ترین و پراستفاده‌ترین نوع کلکتور به‌شمار می‌رود. ساختار آن به شکل یک جعبهٔ مستطیل‌شکل بوده و داخل آن یک صفحهٔ جاذب فلزی از جنس مس یا آلومینیوم با پوششی به رنگ‌های خاص است. این صفحه، جاذب انرژی حرارتی خورشید است. زیر صفحه لوله‌های کوچکی قرار گرفته و آب یا سیال انتقال حرارت در آنها جریان دارد. اطراف کلکتور به‌منظور کاهش اتلاف حرارتی، عایق‌بندی شده است. روی سطح جعبه از پلاستیک شفاف یا شیشه پوشیده شده است.

٤-١-٢. کلکتور لوله‌ای تحت خلأ

این کلکتور از تعدادی لولهٔ دوجدارهٔ شفاف موازی تشکیل شده است و داخل آن یک تیوب با پوششی از مادهٔ جاذب قرار دارد. هوا از فضای بین دو جداره خارج شده و خلأ ایجاد شده که از اتلاف حرارت جلوگیری می‌کند. راندمان این کلکتور نسبت به کلکتور صفحه‌ای بیشتر است.

٤-١-٣. کلکتور سهموی خطی

در یک کلکتور سهموی خطی تابش خورشید روی لولهٔ گیرنده منعکس و متمرکز می‌شود و انرژی تابشی توسط فلز لولهٔ گیرنده جذب شده و به سیال انتقال حرارت در لوله منتقل می‌شود [٣]. به‌طور کلی، دو نوع کلکتور سهموی خطی وجود دارد:

الف) کلکتور سهموی مرکب [٣]: این کلکتور نیازی به سیستم ردیاب ندارد و به‌طور ثابت نصب می‌شود.

ب) کلکتور سهموی[٤]: این نوع کلکتور حتماً باید با سیستم ردیاب خورشید نصب شود.

٤-١-٤. کلکتور سهموی بشقابی

در این کلکتور، که مانند یک دیش می‌باشد، تمامی پرتوهای خورشید در یک نقطه متمرکز می‌شوند و معمولاً در این نقطه از یک موتور استرلینگ استفاده می‌شود. در جدول ١ انواع کلکتورهای خورشیدی مقایسه شده‌اند. در این سیستم از دو کلکتور تخت ساخت شرکت سولارکار استفاده شده است. مشخصات کلکتور استفاده شده در جدول ٢ نشان داده شده است. این کلکتورها به‌صورت ثابت (بدون ترکر) روی سقف کانکس و با زاویهٔ ٣٠ درجه نسبت به افق (زاویهٔ انتخاب‌شده برای سقف کانکس) نصب شده‌اند (شکل ٥).

شکل ٥. کلکتورهای نصب‌شده روی سقف کانکس

٤-٢. لوله‌های رابط

جهت ارتباط قسمت‌های مختلف، از لوله‌های فلزی استفاده شده است. دلیل انتخاب لوله‌های فلزی نیز این بوده است که توانایی تست هر سیال و با هر دمایی وجود داشته باشد. لوله‌های انتخاب‌شده از نوع ٢ اینچ می‌باشند که با پشم شیشه با پوشش آلومینیومی و در نهایت روکش متقال عایق حرارتی شده‌اند. طول لوله‌کشی قسمت ورودی کلکتورها (از

جدول ۱. مشخصات انواع کلکتورهای خورشیدی [۹]

نوع حرکت	کلکتور	جذب‌کننده	محدودهٔ دمای گزارش‌شده
ثابت	صفحه‌تخت	تخت	۳۰ تا ۸۰
	لوله‌های خلأ	تخت	۵۰ تا ۲۰۰
	سهموی مرکب	لوله‌ای	۶۰ تا ۲۴۰
حرکت حول یک محور	منعکس‌کنندهٔ خطی	لوله‌ای	۶۰ تا ۲۵۰
	سهموی با کانون خطی	لوله‌ای	۶۰ تا ۳۰۰
	استوانه‌ای با کانون خطی	لوله‌ای	۶۰ تا ۳۰۰
حرکت حول دو محور	بشقابی سهموی	نقطه‌ای	۱۰۰ تا ۵۰۰
	چرخ آینه‌ای دورانی	نقطه‌ای	۱۵۰ تا ۲۰۰۰

جدول ۲. مشخصات کلکتور استفاده‌شده

ابعاد	۷۰×۱۰۲۱×۲۱۱۵
مساحت کلکتور	۲/۱۵
مساخت خالص سطح جاذب	۲
وزن	۵۰
جنس قاب	ورق آلومینیوم
جنس شیشه	Solar Glass-Low Iron
مدل جاذب	Mirotherm-Germany
جنس جاذب	آلومینیوم
جنس لوله‌های رایزر	مس
فناوری جوش	لیزر
پوشش جاذب	Sputtering - Ti o2
ضخامت جاذب	۰/۵
ضریب جذب	۹۴ درصد
ضریب انتشار	۵ درصد
سایز بوشن اتصالات	۳/۴ اینچ
عایق	پشم معدنی، ۴۰ میلی‌متر
قطر لوله های رایزر	۱۰
قطر لوله های هدر	۲۲
ماکزیمم دما	۲۱۱ درجهٔ سانتی‌گراد
سیال کاری	آب / مخلوط آب و گلایکول

مخزن - پمپ تا ورودی کلکتور) حدود ۵/۵ متر بوده و طول قسمت خروجی کلکتورها (مسیر بای‌پس - رادیاتور و مخزن) حدود ۶/۵ متر می‌باشد.

٤-۳. مخازن

در این طرح از دو مخزن متصل به‌هم استفاده شده است، یکی با ابعاد کوچکتر و حجم تقریبی ۷۰ لیتر و دیگری به حجم حدود ۱۲۰ لیتر. در زمستان، به‌دلیل شدت تابش کم خورشید، مخزن کوچکتر شارژ شده و در سیستم قرار می‌گیرد و در تابستان که شدت تابش زیاد است، می‌توان هر دو مخزن را شارژ کرد و تحقیقات مربوطه را انجام داد. مخازن مربوطه با پشم شیشه و روکش آلومینیوم و متقال عایق‌کاری شده‌اند. در شکل ۶ نحوهٔ قرارگیری و اتصال این دو مخزن نسبت به یکدیگر نمایش داده شده است.

شکل ٦. مخزن‌های سیستم گرمایش خورشیدی

٤-٤. پمپ

در اینجا جهت سیرکوله‌کردن سیال در سیستم از یک پمپ (شکل ۷) با دبی ثابت استفاده شده است. توان این پمپ ۱۲۰ وات و ظرفیت آن ۴۵ لیتر بردقیقه است که سیال مربوطه را در سیکل به جریان می‌اندازد. در این سیستم یک مسیر بای‌پس تعبیه شده است و بدین صورت عمل

می‌شود که سیال پس از خروج از کلکتور توسط این مسیر وارد مخزن شده و از هیچ مصرف‌کننده‌ای (رادیاتور) عبور داده نمی‌شود تا دمای سیال به اندازهٔ مطلوب برسد و پس از رسیدن به این هدف سیال از مسیر رادیاتور عبور داده می‌شود. در شکل ۸ این مسیر نمایش داده شده است.

شکل ۷. پمپ سیستم گرمایش سایت خورشیدی و نحوهٔ اتصال

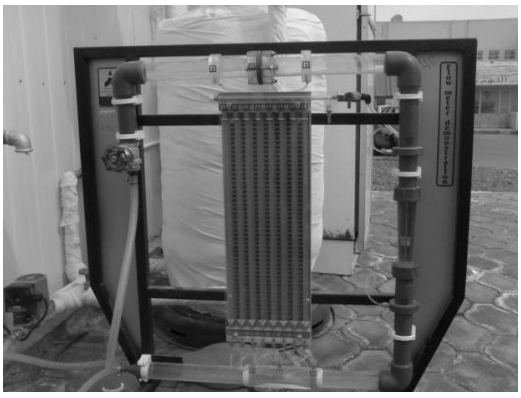
شکل ۸ مسیر بای‌پس

٤-٥. شیر کشویی

از شیرها جهت کنترل دبی سیال موردنظر و یا قطع و وصل کردن مسیر عبور سیال استفاده می‌شود. در اینجا از شیر کشویی که به‌صورت دستی عمل می‌کند جهت انجام این امور استفاده شده است.

٤-٦. ترموکوپل و دبی‌سنج

جهت بررسی شرایط و بازده کلکتورهای خورشیدی نیازمند داشتن دمای سیال ورودی و خروجی کلکتورهای مذکور هستیم. جهت بررسی از دو ترموکوپل برای اندازه‌گیری دما به‌صورت لحظه‌ای استفاده می‌شود. یکی از آنها دمای سیال ورودی به کلکتور را اندازه‌گیری می‌کند و دیگری دمای سیال خروجی از آن را. در داخل کانکس خورشیدی سیستم مانیتورینگ این دو ترموکوپل نصب شده که به‌صورت لحظه‌ای دمای این دو نقطه را نشان می‌دهد. جهت اندازه‌گیری دبی سیستم در شرایط تست از فلومترهای (دبی‌سنج) نایش داده شده در شکل ۹ استفاده شده است.



شکل ۹. دبی‌سنج‌های مورد استفاده

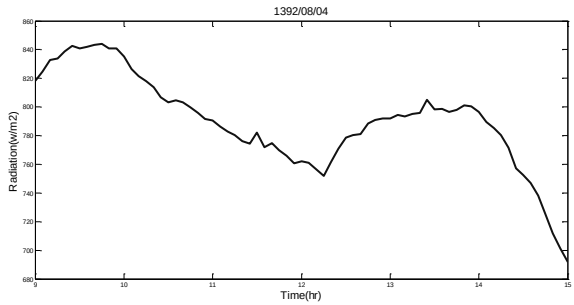
در این طرح جهت گرم‌کردن کانکس موجود از ۱۵ پره رادیاتور (شکل ۱۰) استفاده شده است. سیال با دمای موردنظر وارد رادیاتور شده و با انتقال حرارت به محیط، مجموعه را گرم می‌کند.

شکل ۱۰. رادیاتور استفاده‌شده در کانکس سایت خورشیدی

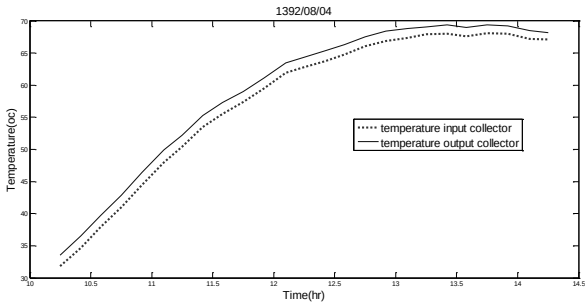
٥. نتایج

در ادامه جهت بررسی سیستم اجراشده، نتایج سه روز از روزهای زمستان، که تابش خورشید کافی بوده، نشان داده

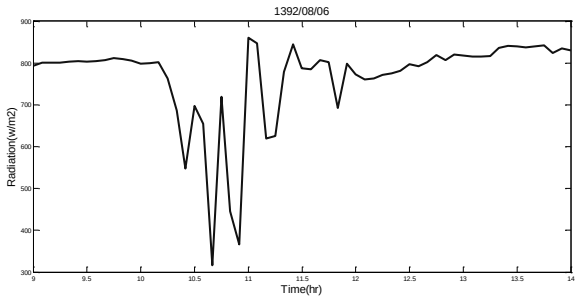
شده است. با توجه به اینکه شدت تابش در روزهای زمستان کم است، فقط مخزن ۱ شارژ شده و سیال در سیستم توسط پمپ مورد نظر به‌حرکت درآمده است. در شکل ۱۱ تابش خورشید در روز ۴ آبان ۱۳۹۲ بین ساعات ۹ تا ۱۵ نشان داده شده است. همانطور که مشخص است تابش در این ساعات بالاتر از ۷۰۰ وات بر متر مربع می‌باشد. در شکل ۱۲ دمای سیال ورودی و خروجی از کلکتورها در روز ۴ آبان ۱۳۹۲ نمایش داده شده، همان‌طور که مشخص است، در روز موردنظر دمای سیال بعد از حدود نیم ساعت به محدودهٔ ۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد رسید. این دما جهت گرمایش کافی است. سپس سیال موردنظر را به‌سمت رادیاتور داخل کانکس فرستاده که موجب گرم‌شدن کانکس گردید. در این روز دمای خروجی از کلکتورها نزدیک به ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد هم رسید. در شکل‌های ۱۳ و ۱۴ تابش خورشید برای روزهای۶ آبان و ۲۷ بهمن ۱۳۹۲ در شهر رفسنجان نمایش داده شده است و در شکل‌های ۱۵ و ۱۶ دمای سیال ورودی به کلکتورها و خروجی از کلکتورها در این روزها مشخص می‌باشد. همان‌طور که از نتایج مشخص است سیستم موردنظر به‌خوبی توانسته است گرمایش کانکس سایت خورشیدی را تأمین نماید. نتایج به‌دست آمده در این مقاله را می‌توان تعمیم داد و گرمایش خورشیدی دیگر ساختمان‌های دانشگاه را نیز اجرا نمود.



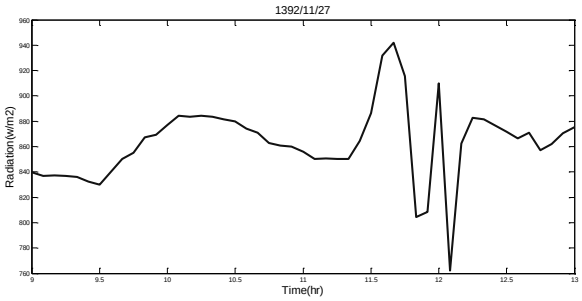
شکل ۱۱. تابش خورشید؛ ٤ آبان ۱۳۹۲



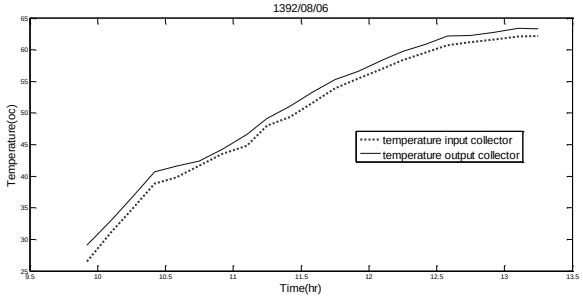
شکل ۱۲. دمای سیال ورودی و خروجی از کلکتورها؛ ٤ آبان ۱۳۹۲



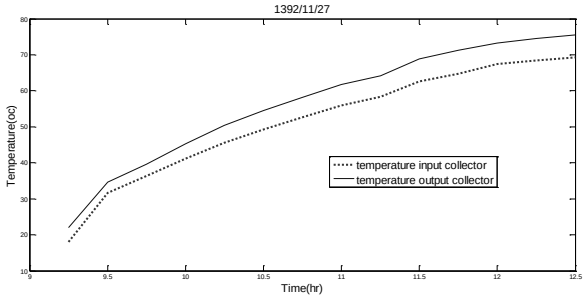
شکل ۱۳. تابش خورشید در روز ٦ آبان ۱۳۹۲



شکل ١٤. تابش خورشید در روز ۲۷ بهمن ۱۳۹۲



شکل ۱۵. دمای سیال ورودی و خروجی از کلکتورها؛ ٦ آبان ۱۳۹۲



شکل ١٦. دمای سیال ورودی و خروجی از کلکتورها؛ ۲۷ بهمن ۱۳۹۲

٦. نتیجه‌گیری

خورشید با توجه به پایان‌ناپذیری و ظرفیت بالا در ایران، به‌عنوان یکی از منابع انرژی نو مورد توجه است. گرمایش خورشیدی به‌معنای استفاده از انرژی خورشید در جهت تأمین نیازهای گرمایشی است. در این مقاتله براساس دیاگرام P&ID طراحی‌شده، قطعات موردنظر سیکل گرمایش خورشیدی سایت انرژهای نو دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان اجرا شد. اهداف اجرای این طرح تولید گرمایش مورد نیاز کانکس خورشیدی، ایجاد محیط آموزشی و فرهنگ‌سازی در زمینهٔ گرمایش خورشیدی، انجام تحقیقات در زمینهٔ افزایش بازده سیستم گرمایش خورشیدی و تعمیم نتایج حاصل جهت استفاده از گرمایش خورشیدی در دیگر ساختمان‌های دانشگاه می‌باشد. نتایج سه روز از روزهای زمستان نمایانگر کارکرد مناسب سیکل موردنظر در شهر رفسنجان است.

٧. مآخذ

[١] زمانی محی‌آبادی، مصطفی. مدلسازی مدولار و کنترل سیکل هیبرید ۲۵۰ کیلووات نیروگاه خورشیدی شیراز با نرم‌افزار متلب و مقایسه با نتایج تجربی. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز، شهریور ۱۳۹۱.

[٢] زمانی محی‌آبادی، مصطفی، سید علی‌اکبر صفوی. "طراحی کنترل‌کنندهٔ فازی برای دمای روغن خروجی از مزرعهٔ کلکتور نیروگاه ۲۵۰ کیلووات خورشیدی شیراز. بیست و هشتمین کنفرانس بین المللی برق. تهران، ۱۳۹۲.

[٣] زمانی محی‌آبادی، مصطفی، سید علی‌اکبر صفوی، سید وحید نقوی، و سید محمدحسام محمدی. "طراحی و توسعهٔ یک محیط شبیه‌ساز جهت نیروگاه ۲۵۰ کیلووات خورشیدی شیراز بر پایهٔ مدل‌سازی ترکیبی." *نشریهٔ انرژی ایران*، ۳ (۱۳۹۱).

[٤] زمانی محی‌آبادی، مصطفی، سید علی‌اکبر صفوی. "بهینه‌سازی ضرایب کنترل‌کنندهٔ PID نیروگاه ۲۵۰ کیلووات خورشیدی شیراز توسط الگوریتم ژنتیک." بیست و هشتمین کنفرانس بین المللی برق، تهران، ۱۳۹۲.

[5] Srtckmann, F" .MVK160 Heat and Mass Transport ".Lund, Sweden, 2008.

[6] Hilmer, F. "Numerical solution and validation of a dynamic model of solar collectors working with varying fluid flow rate." *Solar Energy*, 1999, 305-321.

[7] Zima, W., A. Dziewa. "Modelling of liquid flat plate solar collector operation in transient states." Proc. IMechE Part A, *Journal of Power and Energy*, 2011, 53-62.

[٨] زمانی محی‌آبادی، مصطفی. "پیش‌بینی لحظه‌ای تابش کل خورشید در شهر رفسنجان توسط شبکهٔ عصبی." *انرژی ایران*، دورهٔ ۱۶، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۲.

[٩] فلاحتکار، امیر، و حمیدرضا اخوان ارمکی. "طراحی یک سیستم چیلر جذبی خورشیدی در شهر تهران و بررسی عملکرد این سیستم در مقایسه با چیلرهای جذبی رایج." *انرژی ایران* ۱، ۱۳۹۰.

پی‌نوشت

1. Process & Instrumentation Diagram
2. The Agency for Natural Resources and Energy
3. Compound Parabolic Concentrating
4. Parabolic-Trough Concentrating