Archive of SID

مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین المللی تهویه مطبوع و تاسیسات حرارتی و برودتی
۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران
HVACconf-IRSHRAE-1-004

شبیه‌سازی دینامیکی سیستم هواگرمکن خورشیدی و تاثیر معماری زاویه نصب صفحه در ساختمان برای یک شرایط اقلیم خاص

یلدا محمدی خمک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور، yalda.mohamadikhamk@gmail.com
اشکان حجازی ضمیر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور، ashkanhejazi1@gmail.com
علی اصغرزاده، استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور، ali_asgharzadeh4@yahoo.com
*__عبدالکریم فخاری__، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، farnamfakhari@yahoo.com
صبا طوبایی بابازاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور، sabatoubaei@gmail.com

چکیده

طراحی و بهینه‌سازی سیستم‌های HVAC خورشیدی نقش بسزایی در هزینه سرمایه‌گذاری و همچنین هزینه‌های ناشی از مصرف انرژی در سیستم دارد. بنابراین استفاده از سیستمی که بتواند بیشترین میزان انرژی خورشیدی را گرفته و وارد سیستم کند می‌تواند نقش موثری در جهت کاهش مصرف سوخت و متعاقب آن کاهش هزینه ناشی از سوخت و آلایندگی داشته باشد. سیستم‌های تهویه مطبوع خورشیدی وابستگی شدیدی به میزان تابش خورشید دارند، این وابستگی اهمیت شبیه‌سازی سیستم به صورت Transient را دو چندان می‌کند. از این روی شبیه‌سازی Transient برای بهینه‌سازی سیستم خورشیدی در جهت دستیابی به جواب‌های دقیق و واقعی مناسب می‌باشد. در این پژوهش به ارزیابی استفاده از معماری زاویه نصب کلکتورهای هواگرم‌کن خورشیدی به منظور تامین بار حرارتی یک ساختمان مسکونی ویلایی در حالت گذرا، شهرستان نور استان مازندران پرداخته شده است. کلکتور مورد نظر از نوع صفحه تخت دو پوششه بوده و فرض شده است که این کلکتور در زمان ساخت ساختمان با توجه به زاویه نصب و معماری ساختمان تحت زاویه خاصی تعبیه شده است. برای ارزیابی عملکرد این سیستم، کلکتور خورشیدی به صورت یک بعدی مدلسازی شده و سپس ضمن استخراج معادلات حاکم و با توجه به شرایط محیطی و فیزیکی کلکتور و جهت قرارگیری ساختمان تحت محیط برنامه‌نویسی مطلب شبیه‌سازی گشته و نتایج حاصل از این سیستم برای یک دوره زمانی یکساله محاسبه شده است. در ادامه زاویه‌ی نصب کلکتور به صورتی بهینه شده با توجه به اقلیم مورد نظر که می‌تواند بیشترین انرژی خورشیدی را جذب کرده و وارد سیستم کند مورد بررسی قرار می‌گیرد، این پارامتر (زاویه نصب کلکتور) بر روی هزینه اولیه تاثیری ندارد ولی نقش مهم و قابل توجهی در میزان صرفه‌جویی دارد. بر اساس نتایج حاصل در صورتی که سیستم گرمایش معمولی ساختمان بخاری گازی باشد، طی یک سال به طور میانگین در حالت معماری بهینه زوایه هواگرمکن حدود ۶۷٪ در مصرف گاز صرفه‌جویی می‌گردد.

کلمات کلیدی: انرژی خورشید، کلکتور هواگرم‌گن، شبیه‌سازی دینامیکی، معماری زاویه نصب کلکتور، گرمایش ساختمان

مقدمه

گرایش به انرژی‌های نو و تجدید پذیر در زمانی که تقاضا برای انرژی هر روز در حال افزایش بوده و قیمت آن نیز در حال بالا رفتن است، امری تخلف‌ناپذیر است. در این بین برای بخش ساختمان که حدود یک‌سوم انرژی مصرفی جهان را به خود اختصاص داده است، این گرایش ضروری‌تر به نظر می‌رسد. از میان انواع مختلف انرژی‌های نو انرژی خورشیدی تنها انرژی است که در بخش ساختمان بصورت فراگیر قابل استفاده است. از این انرژی می‌توان برای کاربردهای مختلف مانند گرمایش، سرمایش و تهیه آبگرم مصرفی در بخش ساختمان بهره برد. بکارگیری از این انرژی در هریک از این بخش‌ها نیازمند بکارگیری تجهیزات وتکنولوژی های مختص خود می‌باشد و همچنین در اکثر طرح‌های رایج فعلی سعی بر آن است که با کوپل کردن سیستم خورشیدی با یک سیستم کمکی اضطراری که معمولاً با سوخت فسیلی کار می‌کند، سیستم تهویه مطبوعی که جوابگوی تمامی شرایط مختلف باشد، طراحی گردد. با توجه با اینکه هزینه اولیه راه اندازی چنین سیستمهایی در حال حاضر بسیار بالا می‌باشد، طراحی سیستم تهویه مطبوع خورشیدی که بتواند با حداقل هزینه، بیشترین بازدهی و بیشترین صرفه جویی در مصرف سوخت را به همراه داشته باشد در گسترش استفاده از این سیستم بسیار تاثیر گذار خواهد بود. از اینروز کاهش هزینه اولیه (خرید، نصب، راه اندازی و ...) همواره به عنوان یکی از مهم‌ترین دغدغه‌ها در پژوهش‌های جدید به شمار می‌آیند. در بین انواع مختلف کلکتورهای خورشیدی، کلکتورهای خورشیدی تخت هواگرمکن یکی از ساده‌ترین و ارزانترین نوع کلکتور به شمار می‌آیند. که در صورت افزایش بازدهی این نوع کلکتورها، استفاده از این نوع کلکتورها هم از لحاظ انرژی و هم اقتصادی به صرفه خواهد بود. تاکنون پژوهش‌های متعددی بر روی ارزیابی عملکرد این نوع کلکتورها انجام شده است. آقای ژآو و همکارانش [۱] با مدلسازی و شبیه‌سازی کامپیوتری و با استفاده از روابط و قوانین بنیادی موجود برای مبدل‌های حرارتی و بررسی انتقال حرارت بین سطوح مختلف عملکرد یک کلکتور هواگرم تخت را بصورت کاملاً گذرا شبیه‌سازی کرده‌اند. در تحقیق دیگری چودهاری و همکارانش[۲] به بررسی دقیق عملکرد یک کلکتور خورشیدی هواگرم تک راهه (تک مسیره) پرداخته‌اند. که در نتیجه‌ی این تحقیق آنها تونسته‌اند بدون افزایش هزینه ساخت کلکتور و با بهینه‌سازی پارامترهایی مانند سرعت و دبی هوا عملکرد یک کلکتور هواگرمکن خورشیدی را بهبود بخشیده و به یک حالت بهینه دست یابند. گوپتا و همکارانش [۳] نیز از یک کلکتور هواگرم برای گرمایش یک ساختمان استفاده کرده و طی آن تاثیر انتقال حرارت جابجایی آزاد هوا در داخل کلکتور بر دمای هوای خروجی از کلکتور را مورد ارزیابی قرار داده اند. همچنین جان نوت [۴] نیز به مقایسه استفاده از کلکتورهواگرم در دیوار ساختمان در دو حالت جریان طبیعی و اجباری پرداخته و نشان داده است که تنها زمانی می‌توان از یک کلکتور جریان طبیعی استفاده کرد که بار

www.SID.ir

Archive of SID

حرارتی مورد نیاز کم باشد یا تعداد کلکتورهای تعبیه شده در طول دیوار زیاد باشد. با توجه به مطالب فوق در این پژوهش سعی شده است چگونگی استفاده کلکتورهای هواگرم خورشیدی برای گرمایش یک ساختمان مسکونی در شهرستان نور بررسی گردد. از ایده‌های نو بررسی شده در این پژوهش این بوده است که فرض شده است این کلکتورها در زمان ساخت ساختمان در دیوارهای با توجه به معماری خاصی ساختمان نصب شده است. در ادامه فرایند مدلسازی و شبیه سازی عملکرد کلکتور هواگرم خورشیدی به همراه بررسی عملکرد استفاده از این نوع کلکتورها برای تامین بارگرمایی ساختمان بررسی شده است.

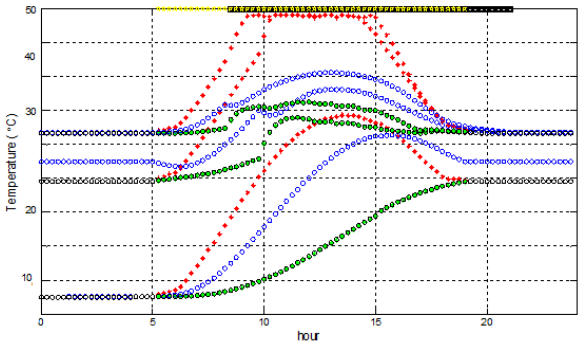
تشریح سیستم

شکل(۱) یک طرح شماتیک از سیستم طراحی شده را نشان می‌دهد. مطابق شکل کلکتور هواگرم در داخل ضلع جنوبی ساختمان نصب شده و جریان هوا داخل ساختمان از پایین وارد کلکتور شده و ضمن گرم شدن از بالا وارد اتاق می‌گردد. با توجه به اینکه مساحت ساختمان مورد نظر زیاد است لذا جریان هوا در داخل کلکتور اجباری بوده و یک فن مکنده در قسمت فوقانی کلکتور برای ایجاد جریان اجباری در داخل کلکتور تعبیه شده است. همچنین جهت کاهش اتلافات انرژی از ذاخل کلکتور به محیط بیرون از دو پوشش شفاف برای کلکتور استفاده شده است. همچنین به دلیل شکنندگی شیشه جنس پوشش‌ها به جای شیشه از ورق پلی کربنات ۴میلی متر می‌باشد.

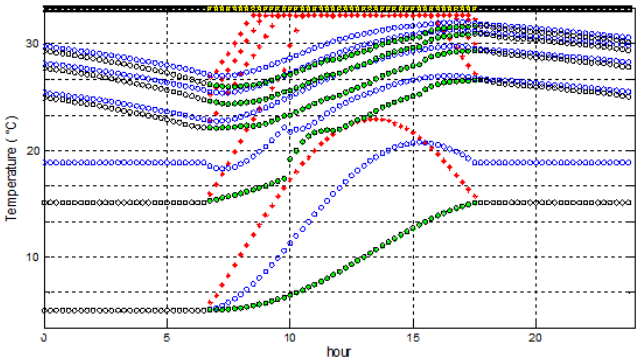
مدلسازی کلکتور

بعد از مدلسازی بر اساس مرجع شماره۱ برای بررسی عملکرد سیستم در شرایط کارکرد عادی، با توجه به ماهیت سیستم، که دارای ماهیت متغیر با زمان می‌باشد، می‌بایست سیستم از یک شرایط اولیه که در یک زمان معین دماهای قسمتهای مختلف مشخص می‌باشد، راه‌اندازی شود تا اینکه تمامی تغییرات سیستم در طول یک بازه زمانی معین (برای مثال یک شبانه‌روز) به حالت پایدار برسد. با توجه به اینکه در این برنامه عمکرد سیستم برای هر ماه، با در نظر گرفتن ورودی‌ها در حالت میانگین ماهانه، در یک روز از آن ماه بررسی گشته و به بقیه روزها تعمیم داده می‌شود. لذا رسیدن به یک حالت پایدار جهت بررسی عملکرد سیستم در یک روز و تعمیم آن به بقیه روزها الزامی می‌باشد. شکل‌های (۲) و (۳) راه‌اندازی سیستم در دو ماه از سال را تا رسیدن به حالت پایدار، با شرایط اولیه سیستم در حالت خاموش را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل‌ها هم دیده می‌شود زمان و آهنگ رسیدن سیستم به حالت پایدار در ماههای مختلف متفاوت می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌شود در شکل که مربوط به بهمن ماه می‌باشد سیستم در روز سوم به حالت پایدار رسیده است ولی با توجه به شکل سیستم بعد از پنج روز در ماه آبان تقریباً پایدار می‌گردد.

در شکل‌های نشان داده شده نمودار هر یک مربوط به درصدی از انرژی مورد نیاز است که توسط خورشید تامین می‌شود و نمودار دوم مقدار کل بار(مربع‌های سبز) و همچنین میزان باری که توسط خورشید(ستاره‌های آبی) و توسط منبع کمکی (دایره‌های قرمز) فراهم می‌شود را در طول یک روز نشان می‌دهد.



شکل۲) چگونگی پایدار شدن سیستم در ماه بهمن



شکل۳) چگونگی پایدار شدن سیستم برای حالت راه اندازی در ماه آبان

علاوه بر شرایط فوق لازم است ورودی‌های برنامه نیز مشخص گردد که این ورودی‌ها عبارتند از:

جدول۱) مشخصات کلکتور هواگرم

طول کلکتور	۱/۲ متر
عرض کلکتور	۰/۶ متر
ضخامت مجاری هوا	۸سانتی متر
ضخامت عایق	یک سانتی متر
جنس صفحه پوشش	ورق آهن گالوانیزه با ضخامت یک میلیمتر
رنگ صفحه پوشش	مشکی
تعداد پوشش شیشه‌ای	دو پوشه
جنس جعبه کلکتور	ورق آهن گالوانیزه
ابعاد کلی کلکتور	۰/۱۴×۰/۶×۱/۲ متر مکعب
فاصله صفحه جاذب و پوشش	۶ سانتی متر
زاویه نصب کلکتور	متغیر
جنس پوشش	پلی کربنات شفاف

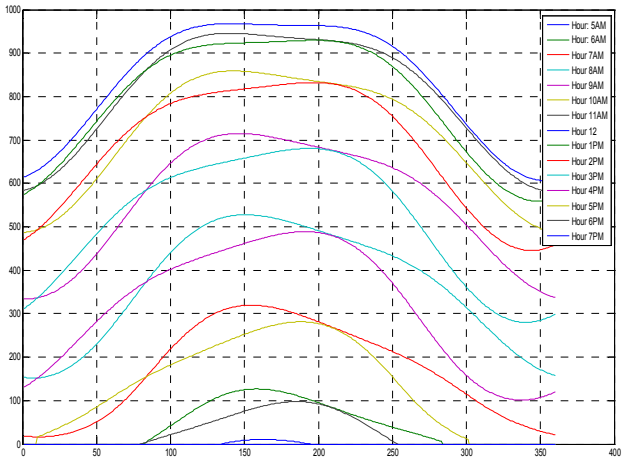
www.SID.ir

Archive of SID

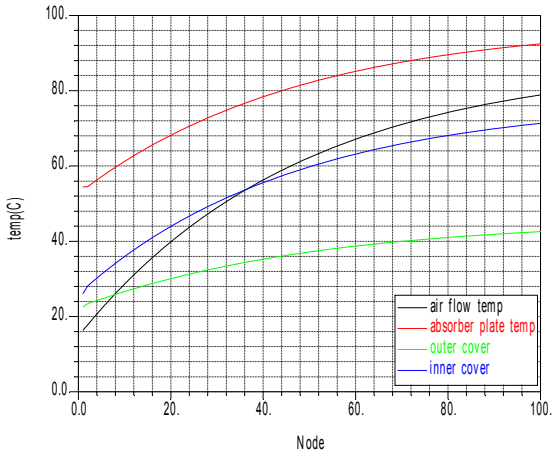
۱- مشخصات کلکتور هواگرم خورشیدی: برای پژوهش پیش رو کلکتور مدنظر از نوع ساده تخت و با دو پوشش شیشه‌ای می‌باشد که مشخصات آن مطابق جدول(۱) است:

۲- مشخصات ساختمان: ساختمان مورد نظر برای ارزیابی عملکرد کلکتور هواگرم مدنظر از نوع مسکونی ویلایی بوده که مساحت زیربنای آن برابر ۲۲۰مترمربع می‌باشد. تعداد افراد ساکن در ساختمان برابر پنج نفر و الگوی کاربری ساختمان نیز از نوع اگوی متعارف در نظر گرفته شده است. ساختمان مورد بررسی دارای یک اتاق خواب و یک آشپزخانه و هال می‌باشد و بار حرارتی آن با استفاده از نرم افزار کریر محاسبه شده است.

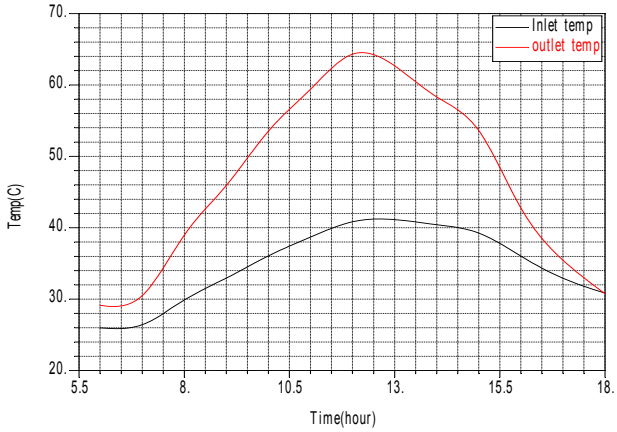
۳- مشخصات آب و هوایی: محل مورد بررسی برای تحلیل این کلکتور شهرستان نور در استان مازندران می باشد که دارای آب و هوای معتدل خزری می‌باشد. برای حل مدل بدست آمده باید شرایط محیطی مساله مشخص گردد که از این میان مقدار دمای هوا از سایت سازمان هواشناسی استخراج شده است[۶]. همچنین مطابق اطلاعات موجود در سایت این سازمان مقدار ضریب ابر و اقلیم نیز استخراج شده است. همچنین برای محاسبه مقدار تابش خورشید نیز از روابط ارائه شده توسط آقایان دافی و بکمن[۵]استفاده شده است. که شکل(۳) تغییرات تابش خورشید در شهر نور را در طی یک دوره یکساله نشان می‌دهد. اطلاعات مربوط به میزان تابش خورشیدی[1] برای شهر نور با عرض جغرافیایی[2] ۳۶° ۴۲′ و طول جغرافیایی[3] ۵۱° ۲۰′ از سایت اتحادیه اروپا[۸] بدست آمده است. تابش لحظه‌ای خورشید در نور برای هر ۱۵ دقیقه برای ماه‌های مختلف نیز در اداره هواشناسی استان مازندران تهیه شده است.



شکل۴) تغییرات شدت خورشید در شهر نور برای تمامی ساعات در طول سال



شکل۵) استخراج پروفیل دمایی اجزای مختلف کلکتور در امتداد طول آن برای ساعت ۱۲ روز ۱۲ اسفندماه



شکل۶) بررسی میزان افزایش دمای هوا از ورودی تا خروجی کلکتور برای روز ۱ فروردین

با استفاده از ورودی‌های فوق و معادلات حاکم بدست آمده و با شبیه سازی عملکرد کلکتور در محیط برنامه نویسی فرترن دمای هوای خروجی از کلکتور را محاسبه شده است(شکل۴) سپس با تغییر مقدار تابش محاسبه شده برای ساعات مختلف و شرایط محیطی بیرون و درون ساختمان میزان افزایش دمای هوا(شکل۵) و یا همان میزان انرژی مفید بدست آمده در طول روز محاسبه شده است. حال با انجام این محاسبات برای یک دوره زمانی یک ساله و با فرض اینکه سیستم گرمایش پشتیبان در ساختمان بخاری گازی باشد با محاسبه میزان انرژی مفید حاصل از بکارگیری این کلکتور و مقایسه این میزان انرژی با مقدار انرژی مورد نیاز ساختمان در طول سال، میزان صرفه جویی در مصرف انرژی را محاسبه شده است.(شکل۶)

بررسی اثر شیب کلکتور:

با توجه به تغییرات زاویه تابش خورشید در طول سال و همچنین در طول یک روز، بهترین حالت این است که همواره سطح کلکتور بر راستای تابش خورشید عمود باشد تا بتواند بیشترین انرژی خورشیدی را دریافت کند، ولی رسیدن به چنین هدفی نیازمند بکارگیری از سیستم های پیچیده و پرهزینه کنترلی می‌باشد تا بتواند در هر لحظه خورشید را تعقیب کند و زاویه کلکتور را متناسب با آن تغییر دهد. بنابراین برای سیستم‌های رایج معمولاً از کلکتور تخت با زاویه ثابت استفاده می‌شود. همانطور که در قسمت شیب کلکتور توضیح داده شد، معقول‌ترین شیب نسبت به سطح افق شیبی معادل

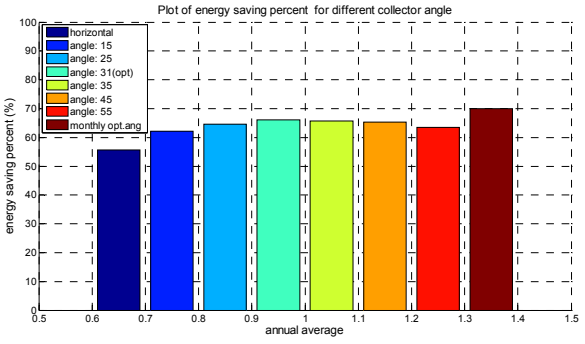
[1] Solar Irradiance
[2] Latitude
[3] Longitude

www.SID.ir

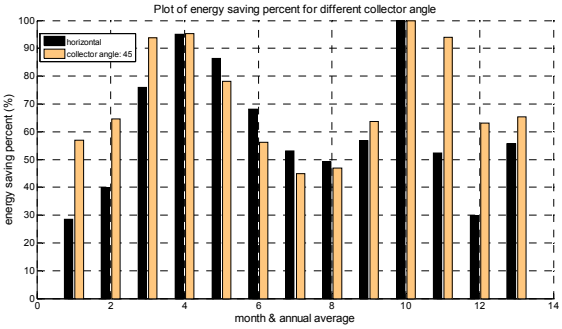
Archive of SID

زاویه عرض جغرافیایی منطقه است و همچنین اگر نصب کلکتور با هدف گرمایش باشد، نصب با زاویه شیب بیشتر از عرض جغرافیایی مناسب است و بالعکس اگر هدف اصلی برای سیستم سرمایش باشد، در آنصورت شیب می‌بایست کمتر از عرض جغرافیایی باشد تا با توجه به فصول گرمایشی و سرمایشی، بتوان انرژی بیشتری را از خورشید دریافت کرد[۱۳]. برای مقایسه زوایای مختلف برای شیب کلکتور اطلاعات تشعشع را برای حالت افقی و زوایای ۱۵، ۲۵، ۳۱(بهینه‌سالیانه)، ۳۵، ۴۵، ۵۵ و همچنین زاویه بهینه برای هر ماه بررسی کردیم که اطلاعات آن در شکل(۷) آمده است.

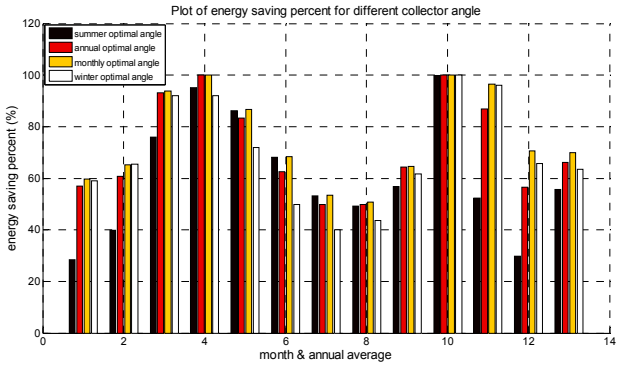
با توجه به نمودار بیشترین صرفه‌جویی مربوط به حالتی است که زاویه کلکتور در ماههای مختلف برابر بهینه هر ماه باشد، این حالت صرفه‌جویی به میزان ۸۰ درصد دارد ولی نیازمند مکانیزمی است تا بتواند زاویه کلکتور را در هر ماه تغییر دهد. در بین زوایای ثابت بیشترین سود در حالت ۳۱ درجه به میزان ۶۶ درصد می‌باشد. که در بین سایر زوایا نزدیکترین حالت به حالت بهینه زاویه ۳۶ درجه یا همان زاویه عرض جغرافیایی منطقه می‌باشد، که درصد صرفه جویی معادل ۶۵,۷ دارد. برای مقایسه درصد صرفه‌جویی در شرایط زوایای کمتر از حالت بهینه و بیشتر از آن می‌توان دو حالت افقی و کلکتور با زاویه ۴۵ درجه را بررسی نمود.



شکل۷) درصد صرفه جویی در هزینه برای زوایای کلکتور مختلف

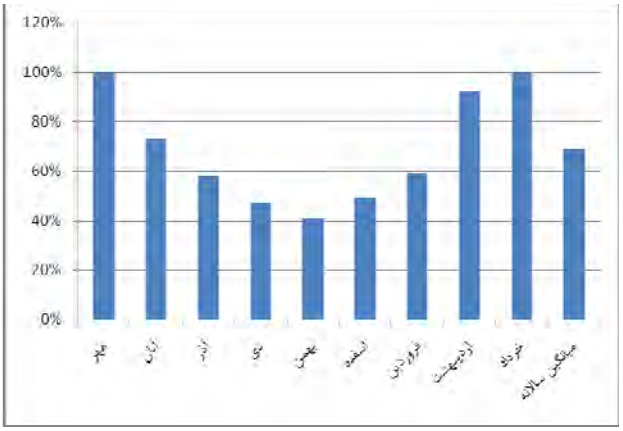


شکل۸) درصد صرفه جویی در ماههای مختلف و میانگین سالیانه(ستون آخر) برای کلکتور افقی و با زاویه ۴۵ درجه



شکل۹) درصد صرفه جویی در ماههای مختلف و میانگین سالیانه(ستون آخر) در حالت زوایای کلکتور بهینه برای زمستان، تابستان و بهینه سالیانه و ماهانه

با توجه به نمودار مشخص است که در فصول گرمایشی کلکتور با زاویه بیشتر از عرض جغرافیایی و در فصول سرمایشی کلکتور با زاویه کمتر مناسب‌تر می‌باشد، بنابراین با توجه به نوع هدف که گرمایش است یا سرمایش باید زاویه مناسب را برای کلکتور با توجه به مقعیت جغرافیایی محل اجرا انتخاب نمود.



شکل۱۰) محاسبه درصد صرفه جویی در مصرف انرژی در ماههای مختلف سال در زاویه بهینه(ماه‌های سرمایی)

با توجه به نمودار می‌توان نتیجه گرفت که بهترین حالت همواره بهینه برای هر ماه می‌باشد، ولی بنا بر دلایل گفته شده استفاده از این سیستم صرفه اقتصادی ندارد، و بهتر است از حالت بهینه سالیانه استفاده گردد. در فصول گرمایشی حالت بهینه زمستان صرفه اقتصادی بیشتری نسبت به حالت بهینه سالیانه دارد و همچنین در فصول سرمایشی حالت بهینه تابستان مناسبتر می‌باشد، ولی با این وجود اگر میزان صرفه‌جویی کل سال مد نظر باشد حالت بهینه سالیانه بیشترین سود را خواهد داشت.

نتیجه‌گیری

خروجی‌های برنامه گویای این است که استفاده از کلکتور بیشتر، تاثیر بسزایی در افزایش میزان صرفه جویی دارد، ولی این خود مستلزم پرداخت هزینه سرمایه‌گذاری بیشتر می‌باشد. به‌عبارت دیگر استفاده هرچه بیشتر از کلکتور خورشیدی توجیه اقتصادی چندانی ندارد ولی از نقطه نظر انرژی به صرفه می‌باشد، همچنین در این مقاله برای سیستم با تجهیزات مشابه، زاویه نصب کلکتور به صورتی بهینه شد که می‌تواند بیشترین انرژی خورشیدی را جذب کرده و وارد سیستم کند، این پارامتر (زاویه نصب کلکتور) بر روی هزینه اول تاثیری ندارد ولی همانطور که نشان داده شد نقش مهم و قابل

www.SID.ir

Archive of SID

توجهی در میزان صرفه‌جویی داراست. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان می‌دهد با بکارگیری سیستم گرمایش خورشیدی پیشنهادی برای یک ساختمان مسکونی می‌توان در طول سال تا حدود ۶۷ درصد در مصرف انرژی مورد نیاز برای گرمایش صرفه جویی نمود. همچنین سیستم گرمایش خورشیدی پیشنهادی در این مقاله به دلیل سادگی دارای هزینه اولیه بسیار پایینی بوده و به سادگی در معماری ساختمان قابل اجرا می‌باشد. در مورد نتایج حاصل از شبیه‌سازی نیز هم از لحاظ آنالیز ترمودینامیکی(میزان و تغییرات دمایی) جواب‌ها بسیار دقیق بوده است، هم میزان صرفه جویی در مصرف سوخت برای سیستم نسبت به سیستم‌های سنتی مشابه بسیار خوب بوده است. از نظر اقتصادی نیز شاید بکارگیری چنین سیستمی در حال حاضر برای ایران به علت تقریباً ارزان بودن گاز طبیعی مقرون به صرفه نباشد ولی مطمئناً بعد از حذف کامل یارانه انرژی (البته بخشی از یارانه انرژی از گاز طبیعی برداشته شده است) و نیاز به انرژی ارزان، ضرورت گرایش به این سیستم‌ها برای ایران نیز مانند کشورها اروپایی که این سیستم در حال حاضر در آنجا بازدهی اقتصادی بسیار خوبی همراه است، ایجاد خواهد شد.

مراجع

[1] Zhao Q., Salder G.W., Leonardo J.J., *Transient simulation of flat-plate solar collectors,* Solar Energy, Vol.40, pp.167-174, 1988.

[2] Choudhury C., Anderson S.L., Rekstad J., *A solar air heater for low temperature applications,* Solar Energy, Vol. 40, pp. 335-344, 1988.

[3] Gupta D., Solanki S.C., Saini J.S., *Thermo-hydraulic performance of solar air heaters with roughened absorber plates,* Solar Energy, Vol. 61, pp.33-42, 1997.

[4] Jannot Y., Coulibaaly Y., *Radiative heat transfer in a solar air heater covered with a plastic film,* Solar Energy, Vol. 60, pp. 35-40, 1997.

[5] Duffie JA, Beckmann WA., *Solar engineering of thermal processes. New York: Wiley; 1980.*

[6] Strauckmann F., *analysis of a Flat-plate solar collector,* Dept. of Energy Sciences, Faculty of Engineering, Lund University, Sweden 2008.

[7] Ashare Handbook, "Fundamentals",*American Society of heating, refrigerating and air_conditioning Engineers,* Inc., Atlanta, Georgia, 1981.

[8] www.weather.ir, The official website of the European union, Solar irradiation data utility, http://europa.eu

[۹] ولی کلانتر، مژگان زارع‌زاده، مرجان زارع‌زاده " بررسی تاثیر پارامترهای مختلف بر عملکرد هواگرمکن خورشیدی" نشریه انرژی دوره ۱۶ شماره ۳ پاییز ۹۲

شکل۱) محل نصب کلکتور در دیوار جنوبی ساختمان با شیب بهینه نزدیک به عرض جغرافیایی

www.SID.ir