

کاربرد سیستم ذخیره انرژی جهت تامین گرمایش ساختمان به کمک انرژی خورشیدی

عبدالله خالصی دوست

عضو هیات علمی - دانشگاه آزاد اسلامی

واحد سمنان

a.khalesi@semnaniau.ac.ir

بهنام بیگانه طلب

دانشجوی رشته مهندسی مکانیک حرارت و

سیالات - دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنان

behnambiganehTalab@yahoo.com

* دریافت: آبان ماه ۹۰، اصلاح: اسفند ماه ۹۰، * تایید: تیر ماه ۹۱

صفحه های: ۴۵ تا ۳۷
چکیده

با توجه به محدود بودن منابع سوختی و لزوم صرفه جویی در مصرف انرژی، استفاده از انرژی خورشیدی به عنوان یک راهکار استراتژیک از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. لذا در این مقاله به کمک استفاده از سیستم ذخیره خورشیدی برای گرمایش ساختمان آزمایشگاهی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنان سعی در استفاده از انرژی خورشیدی بصورت بهینه شده است در این سیستم ابتدا انرژی مورد نیاز ساختمان مذکور با استفاده از نرم افزار «Carrier» در طول روز محاسبه شده و سپس انرژی موجود (انرژی خورشیدی) با استفاده از روابط ریاضی محاسبه گردیده است و برنامه‌ای با زبان برنامه نویسی «MATLAB» برای بهینه سازی مصرف انرژی خورشیدی تهیه شده که میزان بار حرارتی سیستم ذخیره و میزان بار حرارتی سیستم کمکی (بویلر) را در طول روز محاسبه می نماید نتایج حاصل از برنامه بصورت منحنی هایی که سطح مقطع کلکتور مورد نیاز رادرحالات مختلف برحسب بار حرارتی مورد نیاز نمایش می دهد ارائه گردیده است.

واژه‌های کلیدی: برنامه «MATLAB» - نرم افزار «Carrier» - بهینه سازی انرژی - سیستم ذخیره انرژی - انرژی خورشیدی

۱- مقدمه:

محدودیت منابع فسیلی، غیرقابل تجدید پذیر بودن این منابع و پیش‌بینی افزایش قیمت‌ها موجب گردیده است تا سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان انرژی با انجام مطالعات ساختاری، استفاده از انرژی خورشیدی را در رؤس برنامه‌های کاری خود قرار دهند که تحقیقات جامع ومقالات متعددی در زمینه کاربرد سیستم خورشیدی در ساختمان انجام گرفته در یک نمونه از تحقیقات انجام شده در این زمینه بارحرارتی یک خانه مسکونی در شهرتهران در شرایط عایقکاری شده وبدون عایق با استفاده از روابط تئوری محاسبه شده ودر مرحله بعدی مطابق با انرژی مورد نیاز ساختمان، تعداد گرد آورنده های تخت خورشیدی محاسبه شده البته در سیستم طراحی شده هیچ گونه منبع ذخیره برای ساعات غیرآفتابی ودرطول شب در نظر گرفته نشده است [۱]. دریکی دیگر از تحقیقات انجام شده یک سیستم مرکب

جهت گرمایش وسرمایش وتهیه آبگرم مصرفی ساختمان مسکونی به کمک انرژی خورشیدی درنظر گرفته البته از معایب طرح فوق میتوان به این اشاره کرد که روابط وپارامترهای مورد استفاده کاملاً تئوری وهیچ گونه نرم افزار خاصی برای طراحی لحاظ نشده است [۲].

در زمینه نرم افزارهای بهینه سازی مصرف انرژی درساختمان نرم افزارهای متعددی طراحی شده یک نمونه از آنها نرم افزاری به زبان ویژوال بیسیک است که به بهینه سازی مصرف عایق در ساختمان پرداخته البته درمقاله مذکور فقط بحث عایقکاری ساختمان درنظرگرفته شده وبحت گرمایش ساختمان به کمک سیستم خورشیدی لحاظ نشده است [۳]. با این تفاسیر آیا می‌توان از انرژی خورشیدی در تمام فصول بهره برداری لازم را نمود؟ پس سیستم خورشیدی نیز دارای معایبی است که یکی از مشکلات عمده سیستم خورشیدی این است که شدت تابش مقدار لحظه‌ای است و با زمان تغییر می‌کند و لذا نمی‌توان از انرژی خورشیدی در تمام ساعات روز و یا در موقعیت‌های مکانی و جغرافیایی دلخواه حداکثر استفاده لازم را برد پس با توجه به مشکلات ذکر شده استفاده از انرژی خورشیدی به پارامترهایی از قبیل زمان، شرایط آب و هوایی، موقعیت جغرافیایی منطقه و میزان ساعات آفتابی در طول روز بستگی دارد. پس یک طراح سیستم خورشیدی باید تسلط کافی بر پارامترهای ذکر شده داشته باشد تا بتواند از سیستم خورشیدی برای گرمایش مکان مورد نظر حداکثر استفاده لازم را ببرد. لذا در این مقاله با توجه به مطالب ذکر شده به طراحی برنامه کامپیوتری به زبان برنامه نویسی «MATLAB» پرداخته شده قابل ذکر است که برنامه مذکور بسیار انعطاف پذیر و دارای کاربری آسان و قابلیت‌های بالایی بوده ازویژگیهای بارزان این است که با توجه به طول وعرض جغرافیایی وشرایط آب وهوایی هر منطقه میتوان ظرفیت سیستم ذخیره انرژی روزانه را بدست آورد واز معایب برنامه مذکور این است که طراحی براساس شش ماهه دوم سال صورت گرفته است.

۲- روش محاسبه انرژی مورد نیاز:

در این سیستم انرژی مورد نیاز ساختمان آزمایشگاهی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنان با استفاده از نرم افزار «Carrier» محاسبه شده البته برای بهینه سازی بار گرمایشی ساختمان مذکور در نرم افزار «Carrier» از پنجره‌های دو جداره و عایق کردن دیوارهای خارجی استفاده شده واز قابلیت‌های بارز این نرم افزار نسبت به دیگر نرم افزارهای تاسیساتی، آنالیز

$$\delta = \sin^{-1} [0/39795 \cos [0/98563(N - 173)]]$$

با ارتفاع از سطح دریا رابطه مستقیم دارند که این ضرایب از رابطه زیر محاسبه شده. که A_3 ارتفاع محل مورد نظر بر حسب km است. و ماهانه بار حرارتی و برودتی ساختمان بوده. در این نرم افزار ابتدا داده های اقلیمی شهر سمنان و سپس ا

$$a_0 = 0.4237 - 0.00821(6 - A_3)^2$$

$$a_1 = 0.5055 + 0.00595(6/5 - A_3)^2$$

$$k = 0.2711 + 0/01858(2/5 - A_3)^2$$

۴- معرفی الگوریتم برنامه بهینه سازی مصرف انرژی:

همانطور که در پیوست نشان داده شده است در الگوریتم این برنامه یک سری اطلاعات به عنوان ورودی وارد شده که عبارتند از شهر مورد نظر، اطلاعات مربوط به کلکتور خورشیدی و همچنین اطلاعات مربوط به آبگرم مصرفی و انرژی مورد نیاز ساختمان مورد نظر می باشد. در مرحله بعدی الگوریتم به ۲ بخش تقسیم می شود. بخش اول الگوریتم مربوط به زمانی است که سیستم گرمایش خورشیدی فعال بوده و انرژی مورد نیاز از طریق سیستم خورشیدی تامین می گردد و بخش دوم الگوریتم مربوط به زمانی است که هوا آبروی و سیستم خورشیدی غیر فعال بوده و انرژی مورد نیاز از طریق سیستم ذخیره انرژی یا سیستم گرمایش کمکی تامین می گردد.

۴-۱- مراحل RUN کردن برنامه:

در قسمت اول برنامه کاربر می تواند شهر مورد نظر خود را انتخاب کرده و آنرا به عنوان ورودی در برنامه وارد کند.
 - Enter the name of city:
 بعد از وارد کردن نام شهر مورد نظر، برنامه این امکان را دارد که بتواند عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا را برای شهر مورد نظر به کاربر نشان دهد. در قسمت دوم این برنامه نوع کلکتور خورشیدی از کاربر سوال شده که کاربر می تواند از بین دو گزینه تخت ۲۷ و یا سهموی ۲۸ یکی را انتخاب کند و چون روابط و فرمولها برای کلکتورهای تخت طراحی شده پس کاربر باید گزینه «Flat» تخت را انتخاب کند در غیر این صورت برنامه پیغام خطا میدهد.

-Enter the type of collector (Quadratic or Flat):
 از سطوح ۱ تا ۲ متر مربع هیچگونه بار حرارتی در منبع ذخیره نشده و حداقل سطح مورد نیاز در این ماه سطح ۳ متر مربع بوده و همچنین شکل (۱-ج) نشان میدهد که در آذر ماه حداقل سطح مورد نیاز سطح ۴ متر مربع است و با استفاده از سطح ۱ تا ۳ متر مربع هیچگونه بار حرارتی در سیستم ذخیره نشده و با توجه به شکل (۲-الف) در دیماه حداقل سطح مورد نیاز ۵ متر مربع بوده و با استفاده از سطوح ۱ تا ۴ متر مربع هیچگونه بار حرارتی در منبع ذخیره نشده و حتما با استفاده از این سطوح نیاز به سیستم کمکی در این ماه

اطلاعات مربوط به فضای ساختمان مورد نظر از قبیل جنس در و پنجره و دیوارها و در ادامه اطلاعات مربوط به نوع سیستم انتخابی برای ساختمان مذکور وارد شده است. [۴] و [۵]

۳- محاسبات بار حرارتی خورشیدی (انرژی موجود):

اساسی ترین قسمت یک سیستم مکانیکی خورشیدی، کلکتور خورشیدی است پس یک طراح سیستم خورشیدی باید آشنایی کامل با انواع کلکتور و روابط آنها داشته باشد. در این بخش روابطی را که برای محاسبه بار حرارتی کلکتور های تخت در این سیستم از آن استفاده شده، ارائه گردیده است. [۶] و [۷]

رابطه (۱-۲) بار حرارتی کلکتور خورشیدی :

$$q_{collector} = ([F_R \tau \alpha I_{t,a} - F_R U_L (T_{in} - T_a)]) A * 60$$

رابطه (۲-۲) شدت تابش به دهانه ورودی کلکتور:

$$I_{t,a} = I_{bn} \cos \theta_z + \left[I_{dh} \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + \rho I_{th} \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \right]$$

رابطه (۳-۲) شدت تابش مستقیم:

$$I_{bn} = I_0 \left[a_0 + a_1 e^{\frac{-k}{\cos \theta_z}} \right]$$

رابطه (۴-۲) شدت تابش پراکنده:

$$= I_0 + \cos \theta_z \left[0/2710 - 0/2959 \left(a_0 + a_1 e^{\frac{-k}{\cos \theta_z}} \right) \right]$$

رابطه (۵-۲) شدت تابش در افق:

$$I_{th} = I_{bn} + \cos \theta_z + I_{dh}$$

رابطه (۶-۲) زاویه فراز خورشید:

رابطه (۷-۲) زاویه انحراف:

$$\alpha = \sin^{-1} [\sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos w \cos \phi]$$

رابطه (۸-۲) زاویه سمت خورشید (A):

$$A' = \sin^{-1} \left[\frac{-\cos \delta \sin w}{\cos \alpha} \right]$$

که در روابط ۳ و ۴ ضرایب k , a_0 , a_1 به موقعیت شهر مورد نظر بستگی دارد و در قسمت سوم برنامه تعداد کلکتور از کاربر سوال شده که در اینجا کاربر می تواند تعداد کلکتور را در برنامه وارد کند.

احساس شده است شکل (۲-ب) نشان میدهد که در بهمن ماه حداقل سطح مورد نیاز سطح ۴ مترمربع است و با توجه به شکل (۲-ج) در اسفند ماه به دلیل اینکه درجه حرارت هوا روبه افزایش است و همچنین تعداد ساعات آفتابی نسبت به ماههای سرد (آذر و دیماه و بهمن ماه) زیادتر شده حداقل سطح مورد نیاز سطح ۳ مترمربع میباشد البته در این نمودار مناسب ترین سطح را میتوان سطحی در نظر گرفت که بیشترین بار حرارتی در منبع ذخیره شود ولی باید هزینه های اقتصادی سیستم خورشیدی را در نظر گرفت و مناسبترین سطح را انتخاب نمود شکل (۳-الف) نشان میدهد که در مهرماه با سطوح مختلف کلکتور نیاز به سیستم کمکی برای گرمایش ساختمان مذکور نداشته و میتوان از بار حرارتی سیستم ذخیره روز قبل برای گرمایش در ساعات غیر آفتابی و در طول شب استفاده نمود شکل (۳-ب) نشان میدهد که در آبان ماه با افزایش سطح میزان بار حرارتی سیستم کمکی کاهش می یابد ولی در این ماه با استفاده از سطوح ۱ تا ۲ مترمربع نیاز به سیستم کمکی با بار حرارتی ۱۰ تا ۳۰ مگاژول داشته ولی با استفاده از سطوح ۳ و ۴ مترمربع این مقدار کاهش یافته است. شکل (۳-ج) نشان میدهد که در آذر ماه نیز مانند آبان ماه با استفاده از سطح ۵ متر مربع نیاز به سیستم کمکی نداشته و از سیستم ذخیره روز قبل برای گرمایش استفاده نمود و با توجه به شکل های (۴-الف) و (۴-ب) در دیماه و بهمن ماه با استفاده از سطح ۶ مترمربع نیاز به سیستم کمکی برای گرمایش مورد نظر نداشته. شکل (۴-ج) نشان میدهد که در اسفندماه با استفاده از سطوح ۴ تا ۶ مترمربع میتوان از سیستم ذخیره روز قبل جهت گرمایش ساختمان استفاده نمود. با توجه به منحنیهای شکل ۵ و ۶ محل تلاقی دو منحنی به عنوان سطح بهینه در نظر گرفته شده و در شکل (۵-ج) برای ماه آذر سطح ۴ متر مربع به عنوان سطح بهینه در نظر گرفته شده و در شکل های (۶-الف) و (۶-ب) برای ماههای سرد زمستان به علت پایین بودن درجه حرارت هوا و کم بودن ساعات آفتابی مقدار شدت تابش رسیده از طرف خورشید به دهانه ورودی کلکتور کاهش می یابد و نیاز به سطوح بزرگتر برای کلکتور بوده پس سطح ۵ مترمربع برای ماه بهمن و دی مناسب است و با توجه به شکل (۶-ج) سطح ۳ مترمربع در اسفندماه بعنوان سطح ایده ال در نظر گرفته شده است.

..... -Enter Number of collector:

در قسمت چهارم برنامه از کاربر سوال شده که سطح هر کلکتور چقدر است در اینجا کاربر می تواند به دلخواه خود سطح هر کلکتور را در برنامه وارد کند.

..... -Enter the Area each of collector (m^2):

در قسمت پنجم برنامه، مقدار ضریب انعکاس از کاربر سوال شده که در این مرحله اگر کاربر مقداری غیر از این مقدار یعنی ($0 < \rho < 1$) وارد کند و برنامه پیغام خطا میدهد.

..... -Enter Reflection coefficient ($0 < \rho < 1$):

در قسمت ششم برنامه، نوع سیال عامل جذب کننده حرارت در کلکتور تخت از کاربر سوال شده.

..... - Enter Absorber Fluid of Collector (water or Air):

در قسمت هفتم برنامه، تعداد پوشش کلکتور خورشیدی از کاربر سوال شده.

..... -Enter Number of covers of collectors (0-1-2):

در قسمت هشتم این برنامه مربوط به وارد کردن اطلاعات اندود سطح جذب کننده کلکتور تخت است. که کاربر باید یکی از موارد زیر را انتخاب کند.

- Enter coating of Absorb of collector: (Black color-Black chromium- Vacuum pipe)

کاربر میتواند در این مرحله یکی از موارد بالا را انتخاب کند و در نهایت با اجرای مرحله به مرحله برنامه مقدار پارامترهای $F_R \eta_{opt}$, $F_R U_L$ را برای محاسبه بار حرارتی کلکتور خورشیدی به عنوان خروجی برنامه مشاهده کند در قسمت نهم اجرای برنامه تعداد نفرات در منزل مسکونی یا اماکن اداری از کاربر سوال شده و کاربر می تواند تعداد نفرات را در این بخش وارد کند.

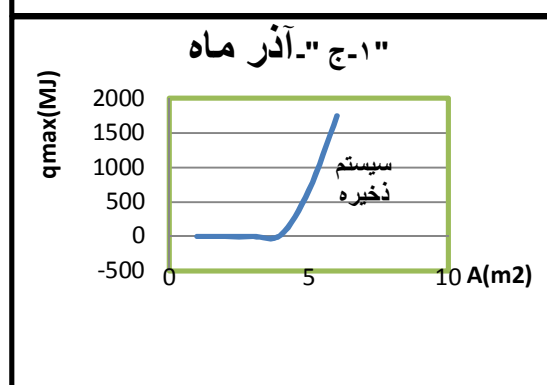
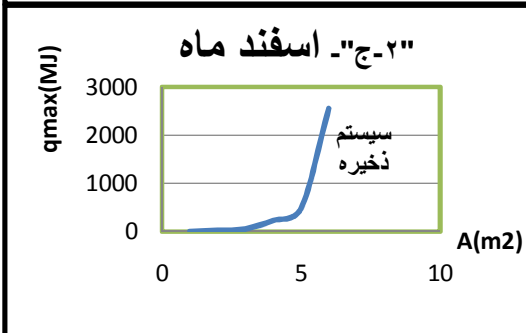
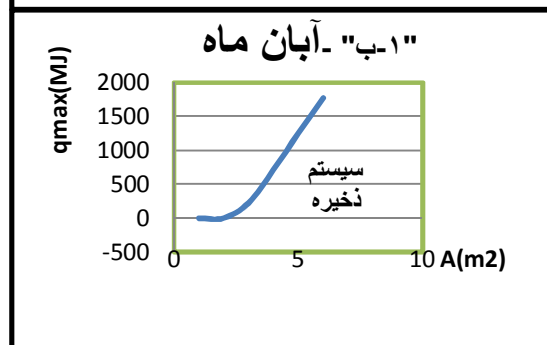
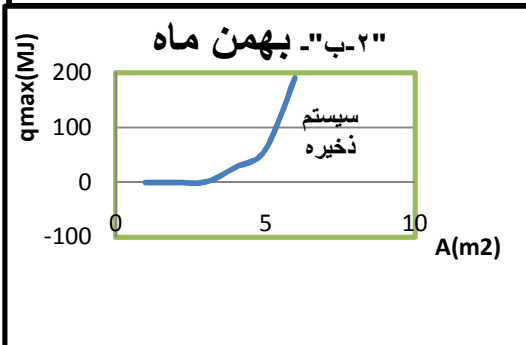
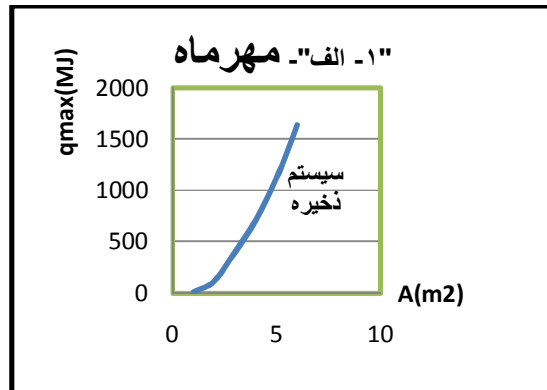
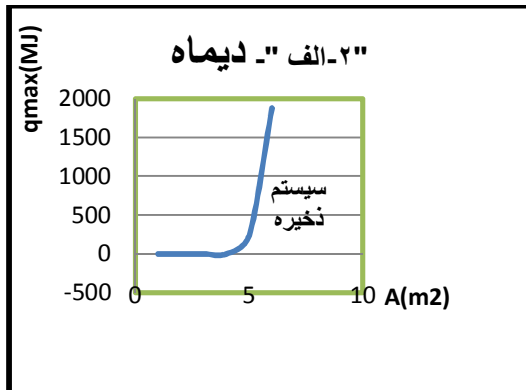
..... -Enter Number of persons:

پس از اجرای این قسمت، برنامه این توانایی را دارد که بتواند بار حرارتی ناشی از آبگرم مصرفی ساختمان مورد نظر را محاسبه کند و مقدار آن را به عنوان خروجی به کاربر نشان دهد. در قسمت انتهایی این برنامه، کاربر می تواند یکی از حالت های پایه یا بهینه که قبلاً توسط نرم افزار «Carrier» محاسبه شده انتخاب کند و در خروجی مقدار انرژی مورد نیاز را برای هر روز را مشاهده کند. [۸] و [۹]

..... - Enter the Number of $Q_{building}$ (0-1-2-3-4):

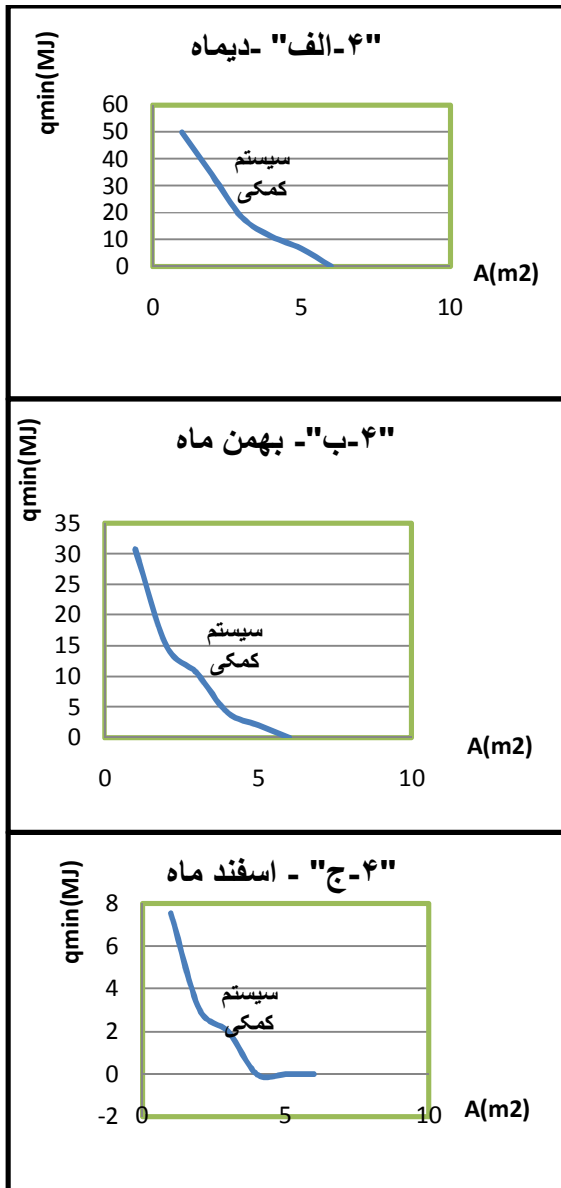
۵-نمودارها و تحلیل داده ها:

باتوجه به داده های ورودی برنامه، مقادیر بار حرارتی برحسب سطح مقطع مورد نیاز کلکتور در ماههای نیمه دوم سال برای شهرسمنان بررسی و محاسبه شده و سپس شکل های ۱ تا ۹ ترسیم گردیده است با توجه به شکل (۱-الف) در مهر ماه با استفاده از کمترین سطوح کلکتور میتوان بار حرارتی در سیستم ذخیره نمود و شکل (۱-ب) نشان میدهد که در ماه آبان به دلیل اینکه درجه حرارت هوا پایین آمده و تعداد ساعات آفتابی نسبت به ماه مهر کاهش یافته پس با استفاده

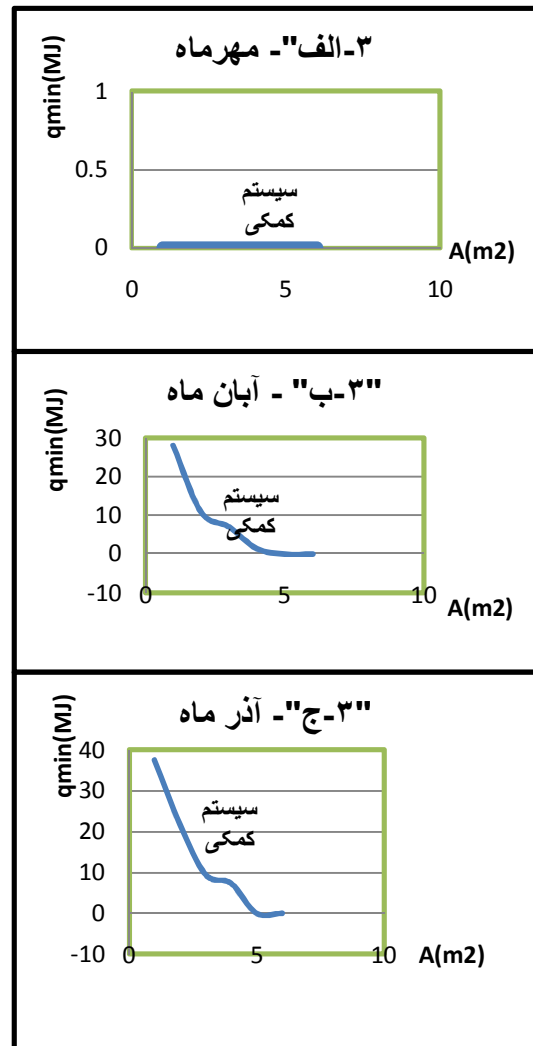


« شکل ۲- منحنی سطح مقطع کلکتور با استفاده از سیستم ذخیره انرژی در فصل زمستان برای شهرسمنان »

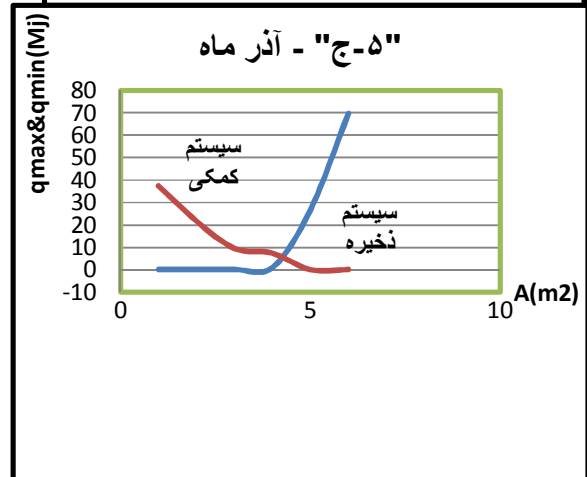
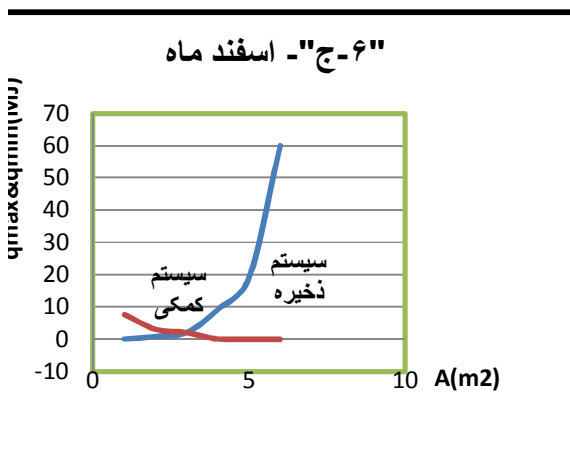
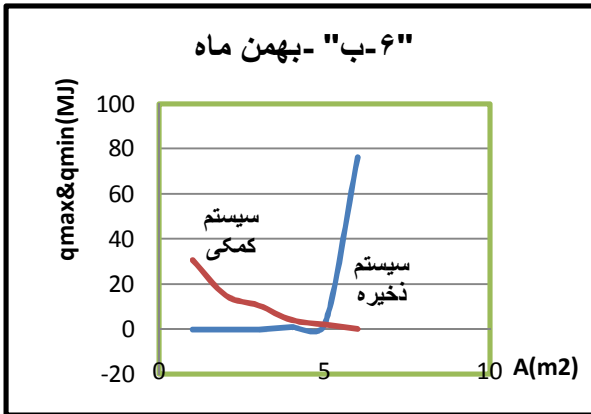
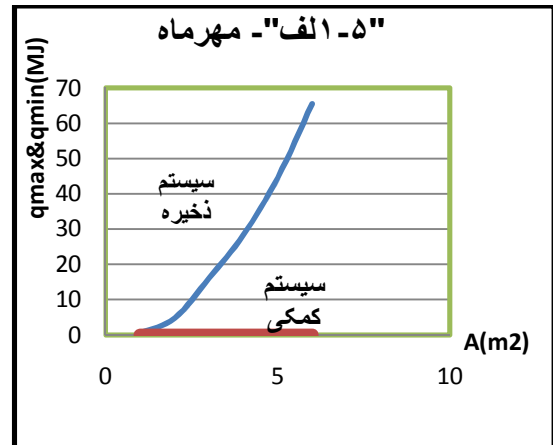
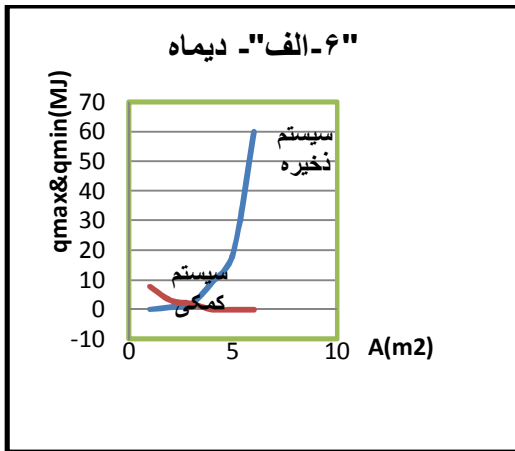
« شکل ۱- منحنی سطح مقطع کلکتور با استفاده از سیستم ذخیره انرژی در فصل پاییز برای شهرسمنان »



« شکل ۴- منحنی های سطح مقطع مورد نیاز کلکتور با استفاده از سیستم کمکی در فصل زمستان برای شهرسمنان»

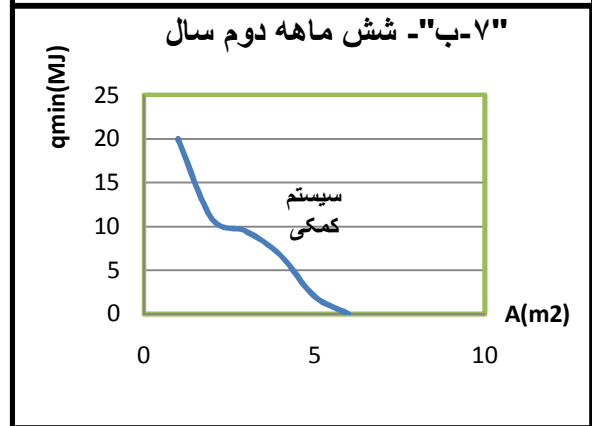
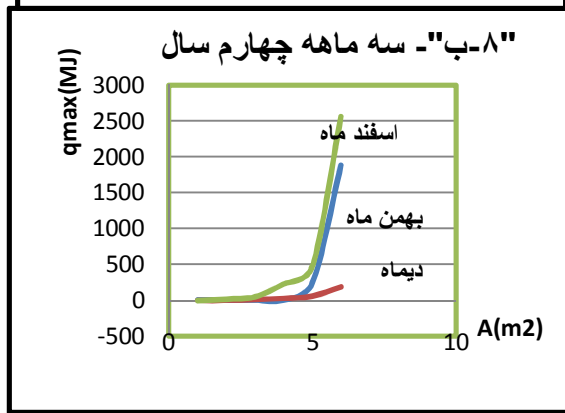
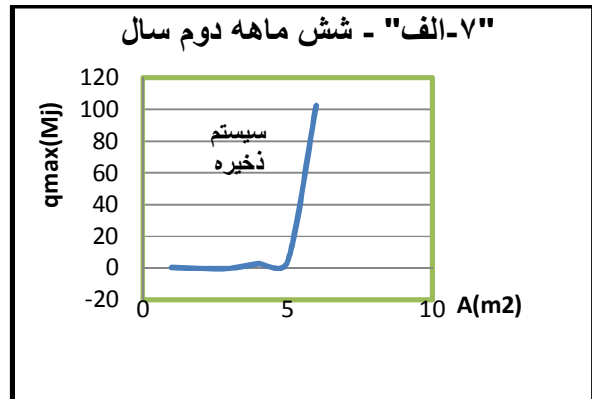
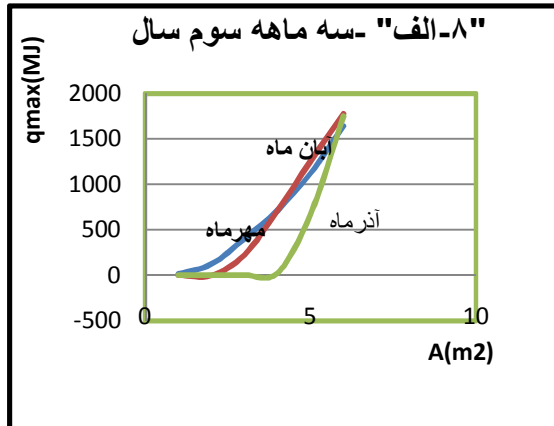


« شکل ۳- منحنی های سطح مقطع مورد نیاز کلکتور با استفاده از سیستم کمکی در فصل پاییز برای شهرسمنان»

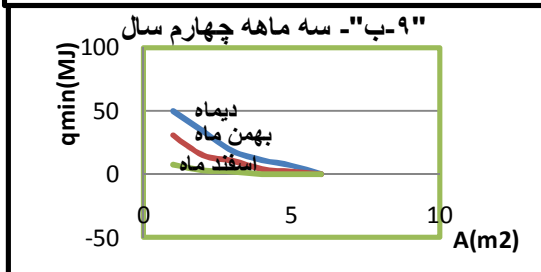
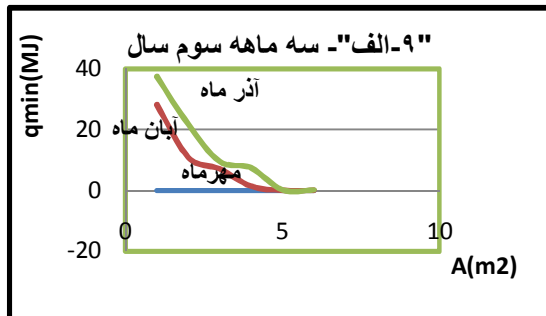
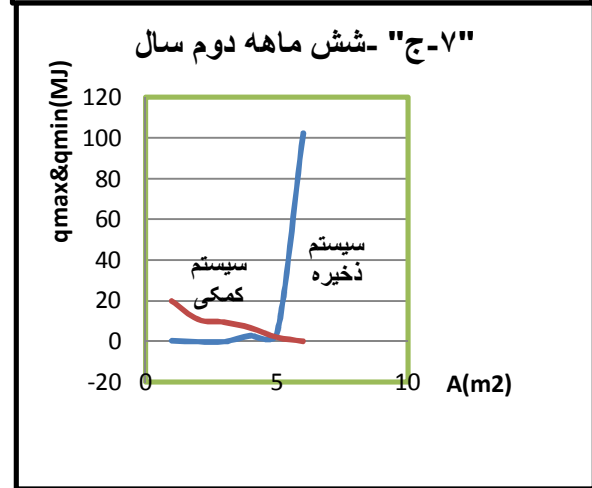


« شکل ۵- منحنی های سطح مقطع بهینه کلکتور در فصل پاییز برای شهرستان »

« شکل ۶- منحنی های سطح مقطع بهینه کلکتور در فصل زمستان برای شهرستان »



شکل ۸- منحنی های سطح مقطع مورد نیاز کلکتورها با استفاده از سیستم ذخیره انرژی در فصل پاییز وزمستان برای شهرسمنان»



« شکل ۷- منحنی های سطح مقطع مورد نیاز کلکتور در شش ماهه دوم سال برای شهرسمنان»

شکل ۹- منحنی های سطح مقطع مورد نیاز کلکتورها با استفاده از سیستم کمکی در فصل پاییز و زمستان برای شهر سمنان»

« جدول ۱- طراحی سطح مقطع بهینه کلکتور در ماههای مختلف برای شهر سمنان »

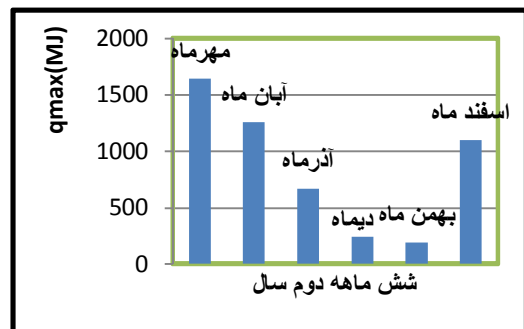
انواع طراحی کلکتور	سطح مقطع بهینه کلکتور
طراحی براساس مهرماه	1m ²
طراحی براساس آبان ماه	
طراحی براساس آذر ماه	
طراحی براساس دیماه	4.5m ²
طراحی بر اساس بهمن ماه	5m ²
طراحی بر اساس اسفند ماه	3m ²
طراحی براساس سه ماهه سوم سال (مهر- آبان - آذر)	
طراحی براساس سه ماهه چهارم سال (دی- بهمن - اسفند)	
طراحی براساس شش ماهه دوم سال	

فهرست علائم :

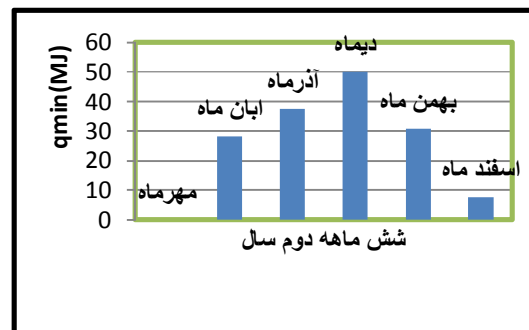
A	مساحت کلکتور ، m ²
F _R	ضریب دفع حرارت
I _a	شدت تابش به دهانه ورودی کلکتور ، $\frac{W}{m^2}$
I _{bh}	شدت تابش مستقیم ، $\frac{W}{m^2}$
I _{dh}	شدت تابش در افق ، $\frac{W}{m^2}$
I _{th}	شدت تابش پراکنده ، $\frac{W}{m^2}$
T _{in}	درجه حرارت سیال ورودی به کلکتور ، °C
T _a	درجه حرارت محیط بیرون ، °C
U _L	ضریب کلی انتقال حرارت

نتیجه گیری:

هدف اصلی طراحی سیستم ذخیره خورشیدی برای گرمایش ساختمان مذکور کاهش مصرف انرژی بوده. با توجه به نمودارها میتوان نتیجه گرفت در شهر سمنان در شش ماه دوم سال چون در ماه مهر درجه حرارت هوا نسبت به ماههای آبان، آذر، دی، بهمن بیشتر است و همچنین تعداد ساعات آفتابی در این ماه طولانی تر از ماههای دیگر است. پس بار حرارتی که در سیستم ذخیره حاصل شده خیلی بیشتر از ماههای دیگر است. همانطور که در نمودارهای قسمت نتیجه گیری مشاهده شد هر چقدر سطح مقطع کلکتور افزایش یابد میزان بار حرارتی سیستم ذخیره افزایش یافته این نتیجه برای تمام ماهها ثابت بوده ولی در ماه آبان به دلیل اینکه درجه حرارت هوا رو به کاهش بوده و همچنین مدت ساعت آفتابی کاهش یافته نیاز به کلکتور با سطح بزرگتر بوده که بتواند این کمبود را جبران کند و همچنین در ماههای آذر، دی و بهمن نیاز به کلکتور با سطح مقطع بزرگتر بوده و در اسفند ماه چون درجه حرارت هوا دوباره رو به افزایش بوده پس بار حرارتی از کلکتور خورشیدی حاصل شده افزایش می یابد و باعث میشود بار حرارتی سیستم ذخیره با کمترین سطوح کلکتور حاصل شده و با عنایت به بررسی شکلهای ۹ تا ۱۱ که در متن مقاله ذکر شده است نتایج زیر قابل ارائه می باشد البته قابل ذکر است که نتایج بدست آمده با تغییرات اعمال شده در طول و عرض جغرافیایی و شرایط آب و هوایی منطقه میتواند برای هرمنطقه ای بدست آید.



شکل ۱۰- نمودار حداکثر بار حرارتی سیستم ذخیره در ماههای مختلف سال برای شهر سمنان



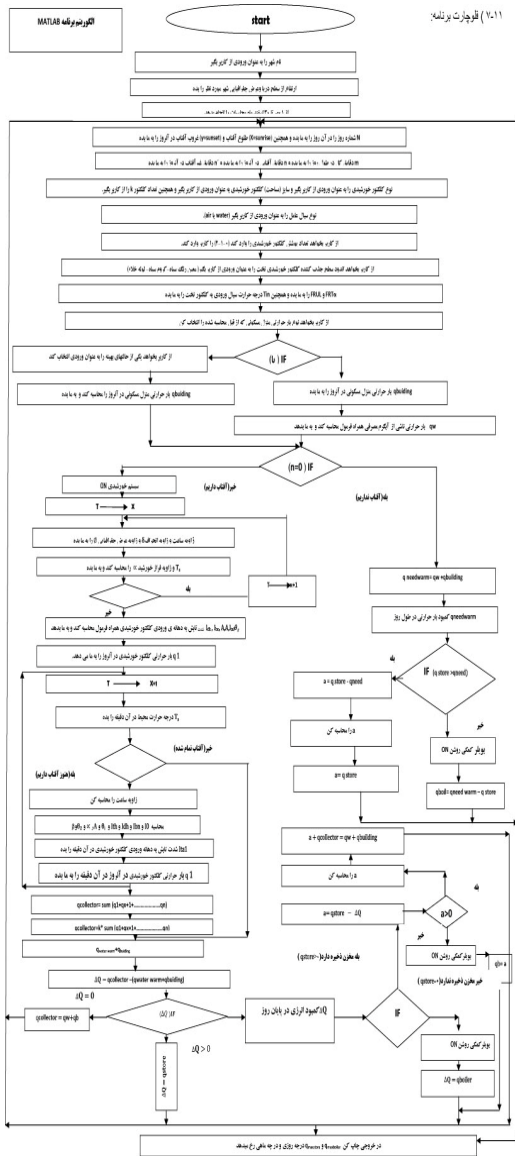
شکل ۱۱- نمودار حداقل بار حرارتی سیستم کمکی در ماههای مختلف سال برای شهر سمنان

پیوست:

علائم یونانی	
α	ضریب جذب
β	زاویه شیب کنکتور ، [deg]
θ_z	زاویه قطبی ، [deg]
τ	ضریب عبورپذیری
ρ	ضریب انعکاس

منابع:

- [۱] - محمد ساتکین - یوسف آرمودلی - عیدالرزاق کعبی نژاد، " بررسی اثرات عایقکاری ساختمان بر روی بار حرارتی و مطالعه سیستم گرمایش خورشیدی برای یک خانه مسکونی نمونه در تهران "، سازمان انرژی های نو ایران، سال ۱۳۸۵.
 - [۲] - رحیم حسن زاده - " طراحی یک سیستم مرکب جهت گرمایش، سرمایش و تهیه آبگرم مصرفی به کمک انرژی خورشیدی"، گروه مکانیک- دانشکده فنی دانشگاه ارومیه، سال ۱۳۸۶.
 - [۳] - مجید سلطانی و مهرا فریامنش، طراحی نرم افزار بهینه سازی مصرف انرژی، کنفرانس بهینه سازی مصرف انرژی، سال ۱۳۸۵.
 - [۴] - وکیل الرعایا، طراحی سیستم های تهویه مطبوع با نرم افزار Carrier 2007، سال 1387.
 - [5]- ASHRAE Handbook of fundamentals, 1997.
 - [۶] - رؤفی راد، مجید: "طراحی سیستم های خورشیدی ساختمان در ایران"، شرکت بهینه سازی مصرف سوخت، اسفند ۸۵.
 - [۷] - اصغر حاج سقطی، اصول و کاربرد انرژی خورشیدی، سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور و دانشگاه علم و صنعت، سال ۱۳۸۰.
 - [۸] - نیما بهشتیان، برنامه نویسی با نرم افزار MATLAB، ناقوس، 1386.
- [۹] - www.semnan meththology.com



الگوریتم برنامه بهینه سازی مصرف انرژی ساختمان آزمایشگاه دانشگاه آزاد سمنان یکمک سیستم ذخیره انرژی خورشیدی