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-1-10

بررسی سرمایش خورشیدی توسط کلکتور سهموی در یک پاسگاه مرزی در شهر جاسک

محمود زنده دل دیزجی، کارشناس ارشد مهندسی انرژی های تجدیدپذیر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات؛ zendehdelmahmoud@gmail.com
علی سادات بکائی، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سیستم های انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب؛ ali_s_bokaie@yahoo.com

چکیده

امروزه استفاده از سیستم های تبرید جذبی خورشیدی به دلیل مصرف انرژی کم ارزش و سازگاری با محیط زیست و همچنین کاهش مصرف انرژی فسیلی و در نتیجه آن کاهش تولید CO_2 ،مورد توجه خاصی قرار گرفته است. در این پژوهش یک پاسگاه مرزی در شهر جاسک با فرض عدم دسترسی به منابعی نظیر گاز و برق و با زیر بنای ۱۶۰ متر مربع با ظرفیت سرمایشی ۱۷/۶ کیلووات به عنوان فضای نمونه انتخاب شده است که تمام انرژی های مود نیاز آن توسط انرژی خورشیدی تامین می شود. چیلر مورد استفاده تک اثره و ساخت شرکت یازاکی بوده که انرژی مورد نیاز ژنراتور آن توسط کلکتورهای سهموی خطی خورشیدی تامین می گردد. در این راستا بار برودتی پاسگاه توسط نرم افزار Carrier محاسبه گردید و با استفاده از نرم افزار Matlab توان مورد نیاز کلکتورهای سهموی برای تامین گرمای مورد نیاز ژنراتور چیلر(۲۵/۱ kw) کدنویسی شد، که در نتیجه ۷۲ متر مربع سطح جاذب برای تامین این مقدار گرما مورد نیاز می باشد. لازم به ذکر است که این سیستم طوری طراحی گردیده که در فصل زمستان نیز می توان از گرمای تولیدی کلکتورها جهت استفاده در سیستم گرمایش فضا استفاده نمود. در ادامه با استفاده از نرم افزار PVSYS ، مقدار پنل خورشیدی مورد نیاز برای تامین ۳۶۸۰ وات برق مصرفی کل پاسگاه اعم از روشنایی، چیلر، پمپ ها و .. طراحی و محاسبه گردید که بر اساس آن، ۸۷/۴ مترمربع پنل خورشیدی مورد نیاز است.

کلمات کلیدی: چیلز جذبی، کلکتور سهموی خطی، پنل خورشیدی

مقدمه

در سی سال اخیر و به ویژه در دهه گذشته، افزایش علاقه به محیط زیست و تلاش های مربوط به تحقیق و توسعه در این حوزه، بازار جدیدی را برای سیستم های خورشیدی عامل (فعال) پدید آورده است. طی این سال ها، پیشرفت ها و اصلاحات قابل توجهی صورت گرفته است که تاسیسات بزرگ خورشیدی نمونه ای از آنهاست. با وجود آهنگ نفوذ بازار قابل توجه و در حال رشد، مانع اصلی بر سر راه استفاده گسترده از کلکتورهای خورشیدی در غیر از مصارف تولید آب گرم خانگی، عدم انطباق فصلی میان نیاز گرمایشی و بهره های انرژی خورشیدی است و استفاده از سیستم های ذخیره سازی بلند مدت برای رفع این مشکل ضرورت دارند.

اگر انرژی حرارتی خورشید را بتوان برای تهویه مطبوع ساختمان ها در تابستان استفاده کرد، دیگر نیازی به ذخیره سازی فصلی آن نیست؛ مثلا، بتوان از آن در سرمایش محسوس و رطوبت زدایی هوا استفاده نمود. مزیت اصلی این نوع استفاده، آن است که بارهای سرمایش فصلی با دسترسی پذیری بالای اشعه خورشید انطباق دارند. هدف اصلی از به کارگیری انرژی خورشید برای تهویه مطبوع، کاهش مصرف انرژی و سازگارتر نمودن تهویه مطبوع ساختمان با محیط زیست است. استفاده از انرژی خورشیدی در طول سال برای سرمایش و گرمایش، کارایی تاسیسات حرارت خورشیدی و صرفه اقتصادی آن ها را بهتر می کند.

اولین بار، سیستم سرمایش جذبی خورشیدی، در نمایشگاه بین المللی پاریس در سال ۱۸۷۸، توسط اگوستین موچات ارائه شد که این سیستم بر اساس تکنیک ارائه شده توسط ادموند کاره ساخته شده بود. بعد از تحقیق گسترده در این حوزه، در آمریکا و ژاپن، در دهه ۱۹۸۰، یک دوره رکود در دهه ۱۹۹۰ فرا رسید؛ اما اخیرا این موضوع دوباره در کشورهای مختلف مورد توجه واقع شده است. دلایل این امر بسیار متعددند. از یک طرف، نوعی هوشیاری جمعی در رابطه با مشکلات محیط زیست محیطی در سراسر جهان پدید آمده است که مشکلات این چنینی را حاصل از سوخت های فسیلی برای تولید برق می دانند.

به علاوه، استفاده از سیال های عامل رایج (مبردها) و اثر آنها در تخریب لایه ازن و گرم شدن زمین، تبدیل به یک مشکل زیست محیطی جدی شده است؛ همچنین اثر تهویه مطبوع در افزایش تقاضای انرژی پیک و نقش آن در کمبود برق، سبب مشکلات جدی در اکثر کشورها شده است. این موارد بیانگر نیاز به استفاده از مفاهیم جدید و پیشرفته در تهویه مطبوع ساختمان است؛ از طرف دیگر، شرایط فعلی برای استفاده از انرژی خورشیدی، بسیار مناسب تر از دهه های گذشته است. تولید صنعتی اجزای مورد نیاز برای استفاده از انرژی خورشید، مانند کلکتورهای خورشیدی و آرایه های فتوولتائیک در اکثر کشورها به راحتی انجام می شود[۱].

در ایران نیز همچون سایر کشورها تحقیقات بسیاری در زمینه تلفیق چیلرهای جذبی و کلکتورهای خورشیدی انجام شده است. خلجی اسدی و همکارانش[۲] آنالیز فنی- اقتصادی چیلر/هیتر جذبی دو اثره بخار مجهز به سیستم هیت پایپ خورشیدی را در شهر تهران بررسی کرده اند. امیر فلاحتکار[۳]، بررسی انرژتیک و اگزرژتیک و ارزیابی فنی بکارگیری متمرکز کننده های سهمی خورشیدی در سیستم های تجمیع شده سرمایشی تراکمی بخار و سیکل رانکین ارگانیک با هدف بهره برداری سرمایش و گرمایش را مورد بررسی قرار داده است. مظلومی و همکارانش [۴] یک چیلر جذبی خورشیدی تک اثره مجهز به متمرکز کننده های سهموی در شهر اهواز را توسط شبیه سازی کامپیوتری مدل کرده است. اما چیزی که باعث تمایز این پژوهش با دیگر پژوهش های انجام گرفته می باشد، رویکرد استفاده از انرژی خورشیدی جهت راه اندازی سیستم سرمایش و گرمایش در مقیاس کوچک و همچنین تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز در مکان های دور افتاده مانند پاسگاه های مرزی است.

www.Hvacconf.ir
www.SID.ir

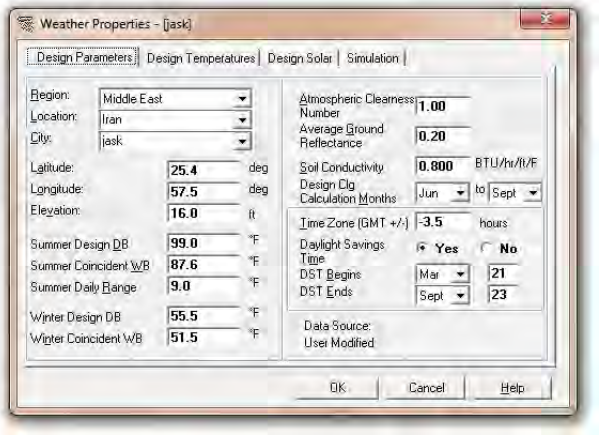
Archive of SID

در این پژوهش یک پاسگاه مرزی در شهر جاسک به عنوان فضای مورد مطالعه انتخاب شده است. زیربنای مفید تهویه شده این پاسگاه ۱۶۰ متر مربع می باشد که از دستگاه فن کویل برای تامین سرمایش و گرمایش فضا استفاده شده است. آب سرد مورد نیاز فن کویل توسط چیلر جذبی تک اثره یازاکی ژاپن فراهم می شود که جهت تامین انرژی مورد نیاز ژنراتور آن، کلکتور سهموی خطی خورشیدی استفاده شده است. لازم به ذکر است که در این سیستم از انرژی فسیلی (گازوئیل) جهت سیستم کمکی بهره مند است.

روش کار

تعیین بار سرمایشی مورد نیاز

شهر جاسک در منتهی الیه جنوب شرقی استان هرمزگان و در شرق تنگه هرمز و سواحل دریای عمان به فاصله ۳۲۵ کیلومتر از مرکز استان (بندرعباس) واقع شده است و از شمال به کوههای بشاگرد و شهرستان میناب و از جنوب و باختر به دریای عمان و از خاور به شهرستانهای کنارک و چاه بهار محدود می گردد. جاسک درموقعیت جغرافیائی ۵۷ درجه و ۴۶ دقیقه طول شرقی و ۲۵ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. وسعت این شهر بندری ۶ کیلومتر مربع و ارتفاع تقریبی آن از سطح دریا ۵ متر است. با توجه به اطلاعات موجود بار سرمایشی پاسگاه توسط نرم افزار کریر محاسبه می شود (شکل ۱).



شکل۱: نرم افزار کریر

در نتیجه ۱۷/۶ کیلو وات ظرفیت سرمایشی پاسگاه بدست می آید که با توجه به آن چیلر جذبی متناسب با این ظرفیت انتخاب می گردد. چیلر جذبی انتخابی تک اثره بوده و محصول شرکت یازاکی ژاپن مدل WFC-SC5 می باشد که مشخصات آن در جدول (۱) آمده است.

همانطور که در جدول (۱) نشان داده شده است، حرارت مورد نیاز ژنراتور چیلر جذبی ۲۵/۱ کیلووات بوده و دمای ورودی و خروجی به آن به ترتیب ۸۸ و ۸۳ درجه سانتیگراد می باشد. در ادامه با این اطلاعات به محاسبه توان و تعداد کلکتور سهموی مورد نیاز می پردازیم.

کلکتور سهموی خطی

در این پژوهش مطالعات بر روی چهار ماه گرم سال یعنی جون، جولای، آگوست و سپتامبر صورت می گیرد. برای تعیین تابش مستقیم روی متمرکزکننده های خورشیدی در شهر جاسک باید پارامتر I_b را محاسبه نمود. برای این منظور ابتدا باید تابش ساعتی خارج از جو، I_0، را از رابطه زیر یافت:

(۱)

$$I_o = \frac{12 \times 3600 \times G_{sc}}{\pi}(1 + 0.033 \cos \frac{360\, n}{365}) \times$$
$$(\cos \phi \cos \delta (\sin \omega_2 - \sin \omega_1) + \frac{\pi(\omega_2 - \omega_1)}{180} \sin \phi \sin \delta)$$

جدول ۱: مشحصات چیلر جذبی[۵]

WFC-SC5	مورد			
17.6	KW	ظرفیت خنک کننده		
12.5	°C	ورودی	درجه حرارت	آب سرد
7.0	°C	خروجی		
52.6	KPa	فشار از دست رفته اواپراتور		
588	KPa	حداکثر فشار عملکرد		
0.77	l/s	میزان جریان		
2.77	m^3/h			
8	l	حجم نگهداری آب		
42.7	KW	حرارت خروجی		آب خنک کننده
31.0	°C	ورودی	درجه حرارت	
35.0	°C	خروجی		
38.3	KPa	تلفات فشار کندانسور جذبی		
588	KPa	حداکثر فشار عملکرد		
2.55	l/s	میزان جریان		
9.18	m^3/h			
37	l	حجم نگهداری آب		
25.1	KW	حرارت ورودی		آب گردشی ژنراتور
88	°C	ورودی	درجه حرارت	
83	°C	خروجی		
70-95	°C	محدوده ورودی		
77.0	KPa	تلفات فشار مولد		
588	KPa	حداکثر فشار عملکرد		
1.2	l/s	میزان جریان		
4.32	m^3/h			
10	l	حجم نگهداری آب		
AC100-240	V	ولتاژ	منبع تغذیه	برق
50/60	Hz	فرکانس		
1	ph	فاز		
48	W	مصرف		
On-Off	کنترل			
594	mm	عرض		ابعاد
744	mm	عمق		
1,736	mm	ارتفاع		
365	kg	خشک		وزن
420	kg	عملکرد		

r_t نیز که به صورت نسبت تابش کل ساعتی به تابش کل روزانه تعریف می شود از رابطه ذیل حاصل می گردد:

www.SID.ir

Archive of SID

(۲)

$$r_t = \frac{\pi}{24}(a + b\cos\omega)\frac{\cos\omega - \cos\omega_s}{\sin\omega_s - \frac{\pi\omega_s}{180}\cos\omega_s}$$

که a و b از رابطه ذیل بدست می آید.

$$a = 0.409 + 0.5016\sin(\omega_s - 60) \quad (۳)$$

$$b = 0.6609 - 0.4767\sin(\omega_s - 60) \quad (۴)$$

در ادامه تابش کل ساعتی، I، از رابطه ذیل محاسبه می گردد:

$$I = r_t \times H \quad (۵)$$

H تابش کل روزانه می باشد که مقدار آن برای ماه جون، جولای، آگوست، سپتامبر به ترتیب ۲۴،۲۴، ۲۲ و ۱۸ مگاژول بر متر مربع می باشد[۶]. ضریب صافی ساعتی، K_T، نیز از تقسیم تابش ساعتی کل به تابش ساعتی خارج از جو حاصل می گردد.

I_d نیز از فرمول زیر حاصل می شود:

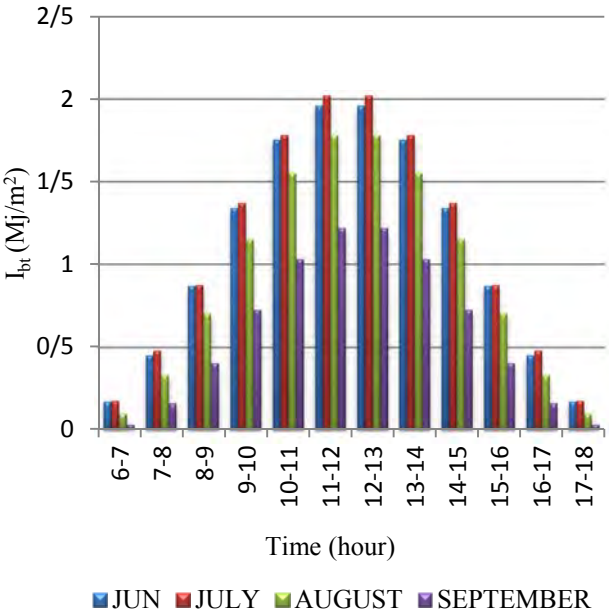
(۶)

$$\frac{I_d}{I} = \begin{cases} 1 - 0.09\,k_t & (k_t \le 0.22) \\ 0.9511 - 0.1604\,k_t + 4.388\,k_t^2 & \\ -16.638\,k_t^3 + 12.336\,k_t^4 & (0.22 < k_t \le 0.8) \\ 0.165 & (k_t > 0.8) \end{cases}$$

و در نتیجه I_b از رابطه زیر حاصل می گردد[۷].

$$I_b = I - I_d \quad (۷)$$

در نمودار (۱)، I_b برای ساعت های مختلف در ماه های مختلف برای جهت شمالی- جنوبی نشان داده شده است. همانطور که می بینید بیشترین مقدار تابش بین ساعت ۱۱ تا ۱۳ در ماه جولای اتفاق می افتد.

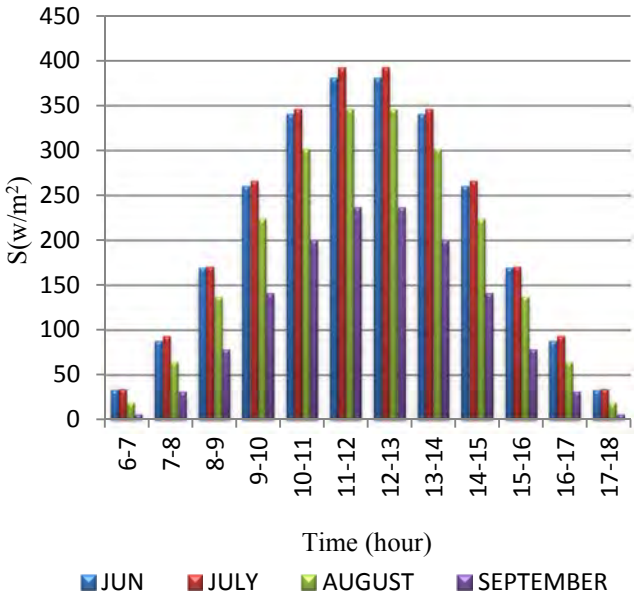


نمودار ۱: تابش مستقیم ساعتی برای جهت شمالی- جنوبی

با معلوم بودن I_b ،تابش جذب شده در واحد سطح، S، بدون سایه دهانه از معادله زیر تعیین می گردد.

$$S = I_b\rho(\gamma\tau\alpha)_n K_{\gamma\tau\alpha} \quad (۸)$$

ضریب تصحیح زاویه برخورد $K_{\gamma\tau\alpha}$ را برای احتساب انحراف از عمود زاویه برخورد تابش بر متمرکزکننده می‌توان استفاده نمود. نمودار (۲) S را با فرض $\rho(\gamma\tau\alpha)_n K_{\gamma\tau\alpha} = 0.7$ برای حالت شمالی-جنوبی برای ماه های مختلف نشان می دهد.



نمودار۲: تابش جذب شده برای جهت شمالی-جنوبی

جهت محاسبه توان خروجی متمرکزکننده های سهموی از روند محاسباتی زیر استفاده می کنیم. اتلاف حرارت در متمرکزکننده های سهموی، Q_{loss} توسط معادله زیر بدست می آید.

(۹)

$$Q_{loss\,1} = \pi D_{co} L h_w (T_{co} - T_a) + \varepsilon\pi D_{co} L\sigma(T_{co}^{\,4} - T_{sky}^{\,4})$$

h_w نیز ضریب جابجایی خارجی می باشد که از رابطه زیر حاصل می شود:

$$h_w = \frac{Nu \times K}{D_{co}} \quad (۱۰)$$

دمای داخلی پوشش ، T_{ci}، نیز از رابطه زیر بدست می آید:

$$T_{ci} = T_{co} + \frac{Q_{loss\,1} \times \ln(\frac{D_{co}}{D_{ci}})}{2\pi L K_c} \quad (۱۱)$$

$Q_{loss\,1}$ بدست آمده با Q_{loss2} که در ذیل تعریف شده است، مقایسه می گردد.

$$Q_{loss\,2} = \frac{\pi D_r L\sigma(T_r^{\,4} - T_{ci}^{\,4})}{\frac{1}{\varepsilon_r} + \frac{1-\varepsilon_c}{\varepsilon_c}(\frac{D_r}{D_{ci}})} \quad (۱۲)$$

در ادامه ضریب تلفات، U_L، براساس سطح دریافت کننده، A_r، از معادله زیر بدست می‌آید:

$$U_L = \frac{Q_{loss\,2}}{A_r(T_r - T_a)} \quad (۱۳)$$

با داشتن U_L، فاکتور بازدهی کلکتور از رابطه زیر بدست می آید.

www.SID.ir

Archive of SID

$$F' = \frac{1/U_L}{\frac{1}{U_L} + \frac{D_o}{h_{fi}D_i} + \left(\frac{D_o}{2k}\ln\frac{D_o}{D_i}\right)} \quad (۱۴)$$

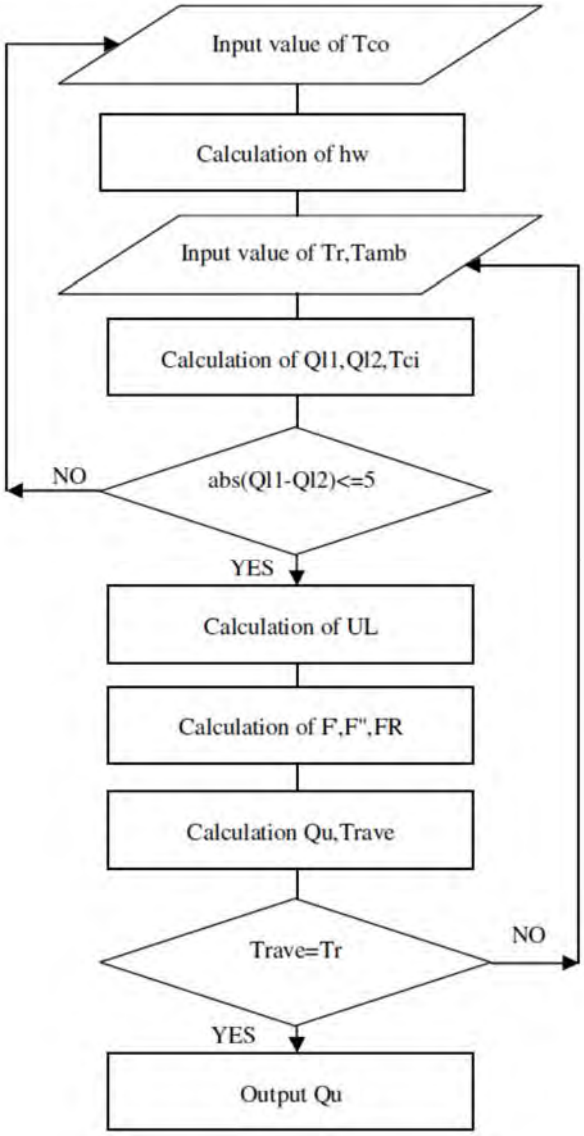
فاکتور جریان کلکتور نیز از رابطه زیر بدست می آید:

$$F'' = \frac{F_R}{F'} = \frac{\dot{m}C_P}{A_r U_L F'}\left[1 - \exp\left(-\frac{A_r U_L F'}{\dot{m}C_P}\right)\right] \quad (۱۵)$$

در رابطه فوق، $\frac{\dot{m}C_P}{A_r U_L F'}$ آهنگ ظرفیت بدون بعد کلکتور می باشد. و در آخر انرژی دریافتی مفید، Q_u، از رابطه زیر بدست می آید[۷].

$$Q_u = F_R A_a\left[S - \frac{A_r}{A_a}U_L\left(T_i - T_a\right)\right] \quad (۱۶)$$

جهت انجام محاسبات مربوط به توان خروجی کلکتور سهموی از نرم افزار مطلب استفاده می کنیم. فلوچارت این محاسبات در شکل (۲) نشان داده شده است.

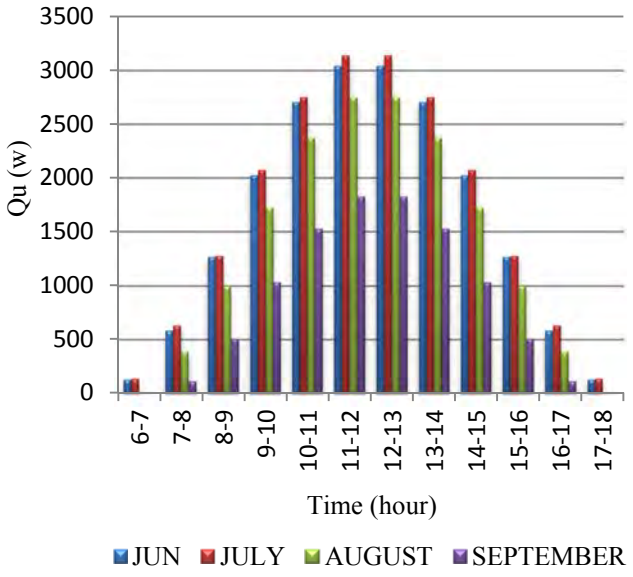


شکل۲: فلوچارت محاسبات توان خروجی

اما برای حل این محاسبات نیازمند اطلاعاتی نظیر طول، پهنا، ضرایب گسیل و ... می باشیم که به کلکتور انتخابی وابسته است. از این رو کلکتور سهموی مدل PTC1800 ساخت شرکت SOLITEM آلمان انتخاب می شود. حال با توجه به اطلاعات زیر می توان محاسبات را انجام داد.

- قطر جذب کننده $D_r = 60\ mm$
- قطر خارجی پوشش شفاف $D_{CO} = 90\ mm$
- ضخامت پوشش $t = 4\ mm$
- ضریب هدایت حرارتی پوشش $K_C = 1.4\ w/m^{\circ}c$
- ضریب گسیل سطح جذب کننده $\varepsilon_r = 0.31$
- ضریب گسیل پوشش $\varepsilon_c = 0.88$
- سرعت باد $V = 5\ m/s$
- دمای هوا $T_a = 28^{\circ}c$
- دمای آسمان $T_{sky} = 2^{\circ}c$
- پهنای کلکتور $W = 1.8\ m$
- طول کلکتور $L = 5.02\ m$
- دمای سیال ورودی به جذب کننده $T_i = 93\ ^{\circ}c$
- دبی سیال $\dot{m} = 0.0537\ kg/s$
- گرمای ویژه سیال $C_P = 3.26\ kj/kg^{\circ}c$
- ضریب انتقال حرارت داخل لوله $h_{fi} = 300\ w/m^2c$
- ضریب هدایت حرارتی جذب کننده $k = 16\ w/m^{\circ}c$
- ضخامت دیواره جذب کننده $t = 5mm$
- فضای بین جذب کننده و پوشش خلا می باشد.

در نتیجه توان خروجی بدست می آید. همانطور که در نمودار (۳) نشان داده شده است بیشترین انرژی دریافتی مفید برای جهت شمالی-جنوبی بین ساعت۱۱ تا ۱۳ در ماه جولای اتفاق می افتد که برابر ۳۱۴۲ وات می باشد.



نمودار ۳: انرژی دریافتی مفید برای جهت شمالی-جنوبی پنل خورشیدی

www.SID.ir

Archive of SID

جهت تامین برق مصرفی تجهیزات اعم از پمپ ها، مشعل، چیلر جذبی، فن کویل ها، روشنایی و ... از سیستم فتوولتائیک (PV) استفاده شده است که توسط نرم افزار PVSYS به صورت Off Grid طراحی شده است. در این طراحی مقدار ۲۰۰۰ وات برای استفاده ۸ ساعت در روز برای روشنایی و ۱۶۸۰ وات برای ۲۴ ساعت جهت تامین پمپ ها اعم از پمپ خنک کننده کندانسور، پمپ سیرکوله و پمپ روغن و پمپ محلول جمعا ۱۳۰۰وات، فن کویل ها جمعاً ۲۵۰وات، مشعل ۹۰ وات و چیلر ۴۸ وات (طبق جدول ۱) در نظر گرفته شده است. در جدول ۲ مشخصات پنل خورشیدی طراحی شده توسط نرم افزار PVSYS نشان داده شده است.

جدول ۲: مشخصات پنل خورشیدی

PVSYST V5.06 — Page 1/4

Stand Alone System: Simulation parameters

Project : Stand Alone Project at Jask

Geographical Site	Jask		Country	Iran	
Situation		Latitude	25.8°N	Longitude	57.5°E
Time defined as	Legal Time	Time zone UT+3		Altitude	12 m
	Albedo	0.20			

Meteo data : Jask from NASA-SSE, Synthetic Hourly data

Simulation variant : No shading effects

Simulation parameters

Collector Plane Orientation Tilt 25° Azimuth 0°

PV Array Characteristics

PV module	Si-poly	Model	**SP100W**		
		Manufacturer	Solar Power		
Number of PV modules		In series	4 modules	In parallel	28 strings
Total number of PV modules		Nb. modules	112	Unit Nom. Power	100 Wp
Array global power		Nominal (STC)	**11 kWp**	At operating cond.	10 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)		U mpp	63 V	I mpp	160 A
Total area		Module area	**87.4 m²**	Cell area	40.3 m²
System Parameter		System type	**Stand Alone System**		
Battery		Model	**Dryfit A600 / 10 OPzV1000**		
		Manufacturer	Sonnenschein		
Battery Pack Characteristics		Voltage	48 V	Nominal Capacity	3000 Ah
		Nb. of units	24 in series x 3 in parallel		
		Temperature	Fixed (20°C)		
Regulator		Model	General Purpose Default		
		Technology	Undefined	Temp coeff.	-5.0 mV/°C/elem.
Battery Management Thresholds		Charging	54.0/52.3 V	Discharging	47.0/50.4 V
	Back-Up Genset Command		47.3/51.6 V		

User's needs : Daily household consumers — Constant over the year, average 56 kWh/Day

Annual values

	Number	Power	Use	Energy
Other uses	1	2000 W tot	8 h/day	16000 Wh/day
Stand-by consumers		1680 W tot	24 h/day	40320 Wh/day
Total daily energy				56320 Wh/day

همانطور که نشان داده شده است، پنل استفاده شده سیلیکن پلی کریستال مدل SP100W است که به فضای ۸۷/۴ متر مربع جهت آرایش پنل ها نیازمند می باشد.

نتیجه گیری

همانطور که اشاره شد، بیشترین انرژی دریافتی مفید ما مربوط به ماه جولای برای ساعت ۱۱-۱۳ بود که مقدارآن ۳۱۴۲ وات می باشد که توسط کلکتور انتخابی شرکت SOLITEM آلمان مدل PTC 1800 قابل حصول می باشد. با توجه به انرژی مورد نیاز ژنراتور چیلر جذبی تک اثره که معادل ۲۵/۱ کیلووات (طبق جدول ۱) می باشد، نتیجه می گیریم تعداد ۸ کلکتور مورد نیاز می باشد که با توجه به ابعاد کلکتور انتخابی(۹ مترمربع)، ۷۲ متر مربع کلکتور جهت تامین این مقدار گرما مورد نیاز است.

این مقدار سطح کلکتور به این معناست که به ازای هر کیلو وات ظرفیت سرمایشی ۴ متر مربع مورد نیاز است، که این عدد به دلیل استفاده از چیلر جذبی تک اثره به دست آمده است. با توجه به اینکه ضریب عملکرد در چیلر تک اثره کمتر از ۱ (حدود ۰/۷) می باشد، عدد به دست آمده قابل قبول می باشد. این در حالی است که اگر از چیلر جذبی دو اثره استفاده می کردیم، به دلیل دارا بودن ضریب عملکرد بالاتر از یک، قطعا سطح کلکتور کمتری مورد استفاده قرار می گرفت[۸].

همچنین ذکر این نکته ضروری است که معمولا جهت طراحی بار سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز، بار سرمایشی را به عنوان بار مبنا قرار داده و محاسبات انجام می گیرد. این به این معناست که این تعداد کلکتور می تواند در زمستان بار گرمایشی مورد نیاز را نیز تامین کند.

با توجه به محاسبات انجام شده در خصوص تامین برق مصرفی نیز ملاحظه گردید که مقدار ۸۷/۴ متر مربع پنل خورشیدی سیلیکن پلی کریستال مدل SP100W مورد نیاز است.

فهرست علائم

I_b	تابش مستقیم	Mj/m^2
I_0	تابش ساعتی خارج از جو	Mj/m^2
I	تابش کل ساعتی	Mj/m^2
I_d	تابش غیر مستقیم	Mj/m^2
H	تابش کل روزانه	Mj/m^2
G_{SC}	ثابت خورشیدی	w/m^2
n	تعداد روز از سال	
K_T	ضریب صافی ساعتی	
S	تابش جذب شده در واحد سطح	w/m^2
$K_{\gamma\tau\alpha}$	ضریب تصحیح زاویه برخورد	
Q_{loss}	اتلاف حرارت در متمرکزکننده های سهموی	w
D	قطر	mm
L	طول کلکتور	mm
T	دما	$^\circ C$
h_w	ضریب جابجایی خارجی	w/m^2c
k	ضریب هدایت حرارتی	$w/m^\circ c$
U_L	ضریب تلفات	w/m^2c
A	سطح	m^2
F'	فاکتور بازدهی کلکتور	
F''	فاکتور جریان کلکتور	
h_{fi}	ضریب انتقال حرارت داخل لوله	w/m^2c
Q_u	انرژی دریافتی مفید	w
F_R	فاکتور برداشت کلکتور	

علائم یونانی

ϕ	عرض جغرافیایی

www.SID.ir

Archive of SID

زاویه میل	δ
زاویه ساعت	ω
زاویه ساعت حین غروب آفتاب	ω_s
ضریب بازتاب آینه‌ای متمرکزکننده	ρ
توابعی از زاویه برخورد تابش بر دهانه	α و τ ،γ
ضریب گسیل	ε
ضریب استفان بولتزمن	σ

زیرنویس‌ها

مستقیم	b
خارج از جو	o
آسمان	sky
محیط و دهانه	a
سطح خارجی پوشش	co
سطح داخلی پوشش	ci
دریافت کننده	r

مراجع

[۱] مارتین هنینگ هانس، تهویه مطبوع خورشیدی، ترجمه حسن محمدی، تهران، انتشارات یزدا، ۱۳۹۱، ص‌ص ۱۳-۱۴.

[2] Khalaji Assadi Morteza , Akhavan Hamidreza, Zendeh Del Mahmoud, "Technical-Economic Analysis of Steam Double Effect Absorption Chiller-Heaters Equipped with Solar Heat Pipe System", *Applied Mechanics and Materials*, Vols. 465-466 ,(2014) ,pp. 327-334

[۳] فلاحتکار امیر ، *بررسی انرژتیک و اگزرژتیک و ارزیابی فنی بکارگیری متمرکز کننده های سهمی خورشیدی در سیستم های تجمیع شده سرمایشی تراکمی بخار و سیکل رانکین ارگانیک با هدف بهره برداری سرمایش و گرمایش*، کارشناسی ارشد، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، ۱۳۸۹

[4] Mazloumi M., Naghashzadegan M., Javaherdeh K., " Simulation of solar lithium bromide–water absorption cooling system with parabolic trough collector", *Energy Conversion and Management*, 49,(2008) ,pp. 2820–2832

[5] http://www.nia-ir.com/fa/product/view/170/parent/1167

[۶] صفایی بتول، خلجی اسدی مرتضی، تقی زاده حبیب، جیلاوی افسانه، طالقانی گیتی، دانش ماندانا،"برآورد تابش خورشیدی در ایران و تهیه اطلس تابشی آن"، *نوزدهمین کنفرانس بین‌المللی برق*، تهران، ۱۳۸۳.

[7] Duffie John A.,Beckman William A., *Solar engineering. oF thermal processes*,third Ed.,New Jersey,Wiley, 2006

[8] GROSSMAN GERSHON," SOLAR-POWERED SYSTEMS FOR COOLING, DEHUMIDIFICATION AND AIR-CONDITIONING", *Solar Energy*, Vol. 72, No. 1,2002, pp. 53–62

www.SID.ir