

DEMO



DEMO



بررسی عملکرد مبدل حرارتی لوله‌ای پره‌دار در سیستم گرمایش خورشیدی در یک ساختمان

یاور خالدیان^۱، روناک دقیق^۲

دانشگاه کردستان، دانشکده فنی مهندسی، گروه مکانیک، صندوق پستی ۴۱۶

mechanic.yavar@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق، یک سیستم گرمایش خورشیدی با استفاده از مبدل حرارتی لوله‌ای پره‌دار مورد ارزیابی قرار گرفته است. به منظور تأمین بار گرمایشی ساختمان در این سیستم مبدل حرارتی و ساختمان مورد نظر جداگانه به صورت ریاضی مدل‌سازی شده‌اند. در ادامه تأثیر پارامترهای مختلف از جمله: مقدار نرخ انرژی حرارتی مورد نیاز برای گرمایش ساختمان، جریان جرمی هوای مورد نیاز برای مبدل حرارتی و راندمان مبدل حرارتی در افزایش دمای ساختمان از $35-40^{\circ}\text{C}$ مورد ارزیابی قرار گرفته است. مقدار زمان لازم برای تغییر دمای ساختمان ۵ دقیقه فرض شده است. دبی جرمی بهینه برای آب گرم خروجی از مخزن ذخیره آبگرم و ورودی به مبدل حرارتی برابر 0.4 kg/s به دست آمده است.

واژه‌های کلیدی: انرژی خورشیدی، سیستم گرمایشی، مبدل حرارتی لوله‌ای پره‌دار، دبی جرمی مبدل حرارتی

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک تبدیل انرژی، دانشگاه کردستان

^۲ استادیار گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه کردستان

۱- مقدمه

استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به لحاظ کاهش منابع سوخت‌های فسیلی و آثار مخرب استفاده از این سوخت‌ها بر محیط زیست اخیراً بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. در چند دهه اخیر به دلیل توسعه صنایع و ماشین‌آلات، آلودگی ناشی از سوخت‌های فسیلی و منابع تجدیدناپذیر یک نگرانی جهانی شده است. امروزه تلاش‌های فراوانی جهت کاهش وابستگی انسان به این نوع سوخت‌ها انجام گرفته است که هدف جایگزینی انرژی تجدیدپذیر با سوخت‌های فسیلی و همچنین بهینه‌سازی مصرف سوخت با افزایش کارایی آنها می‌باشد [۱]. انرژی خورشیدی یک جایگزین مناسب جهت برطرف کردن این نگرانی می‌باشد. تجهیزات زیادی جهت جمع‌آوری این انرژی و ذخیره آن به صورت‌های مختلف وجود دارد. از جمله مهمترین این تجهیزات می‌توان به کلکتورهای خورشیدی صفحه تخت، لوله‌های حرارتی و... اشاره کرد که کاربردهای فراوانی از جمله: تولید برق، تأمین آب گرم مصرفی و گرمایش فضاهای مختلف را دارند. از آنجا که ساختمان‌ها بخش قابل توجهی از کل مصرف انرژی و کربن منتشر شده را دارند، پرداختن به کاهش مصرف انرژی آن‌ها بسیار ضروری و فوری است. به حداقل رساندن نیاز به استفاده از انرژی در ساختمان از طریق اقدامات کارآمد انرژی، به کار گرفتن انرژی تجدیدپذیر و تجهیزات با کارایی مناسب یک استراتژی اساسی است. تبادل گرما در همه سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی یک فرآیند خیلی مهم است. تبادل گرما بین دو سیال مختلف با دماهای متفاوت که توسط دیواره جامدی از هم جدا شده‌اند در بسیاری از کاربردهای مهندسی مورد استفاده می‌باشد وسیله‌ای که این تبادل حرارت را انجام می‌دهد مبدل حرارتی می‌باشد. مبدل‌های حرارتی در محدوده وسیعی از کاربردها استفاده می‌شوند. این کاربردهای شامل نیروگاه‌ها، پالایشگاه‌ها، صنایع پتروشیمی، صنایع ساخت و تولید، صنایع فرآیندی، صنایع غذایی و دارویی، صنایع ذوب فلز، گرمایش، تهویه مطبوع، سیستم‌های تبرید و کاربردهای فضایی می‌باشند. مبدل‌های حرارتی در دستگاه‌های مختلف نظیر دیگ بخار، مولد بخار، کندانسور، اواپراتور، تبخیرکننده‌ها، برج خنک‌کن، پیش‌گرم‌کن فن‌کوئل، خنک‌کن و گرم‌کن روغن، رادیاتورها، کوره‌ها و... کاربرد فراوان دارند. از پرکاربردترین انواع مبدل‌های حرارتی در این سیستم‌ها، مبدل‌های حرارتی هوا-خنک می‌باشند. در این نوع مبدل‌های حرارتی سیال سرد و گرم به طور مستقیم تماس حاصل نموده و تبادل انرژی و یا حرارت انجام می‌گیرد. در مبدل‌های تماس مستقیم، جریان‌ها، دو مایع غیر قابل اختلاط و یا یک گاز و یک مایع هستند. این مبدل‌ها معمولاً راندمان حرارتی بالایی دارند. امروزه تلاش‌های بسیاری برای افزایش نرخ انتقال حرارت در سیستم‌های حرارتی مانند مبدل‌های حرارتی انجام شده است که می‌توان به بهبود انتقال حرارت با اصلاح خواص فیزیکی سیال، بهبود شکل مبدل حرارتی، افزایش زبری سطح، اضافه نمودن سطوح گسترش‌یافته به مبدل حرارتی و یا بهبود هندسه مبدل برای ایجاد اغتشاش در جریان اشاره نمود.

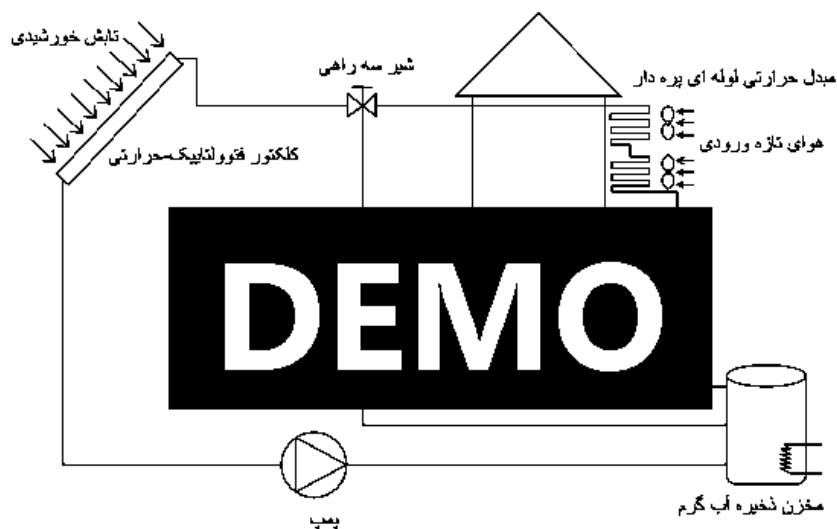
در زمینه سیستم‌های گرمایش خورشیدی فتوولتائیک-حرارتی و مبدل‌های حرارتی کارهای زیادی انجام گرفته است. در سال ۱۹۹۱، بارگوا نتایجی بر اساس نرخ دبی جرمی هوا، عمق کانال هوا، طول و کسری از صفحه جمع‌کننده که توسط پنل فتوولتائیک پوشیده می‌شود، ارائه نمود [۲]. بوساناک و همکاران در سال ۲۰۰۳ تحلیل اکسرژی یک سیستم PV-T را انجام دادند [۳]. پارکاش در سال ۱۹۹۴ با تحقیق روی گردآورنده‌های فتوولتائیک-حرارتی با سیال عامل هوا و آب بدین نتیجه



رسید که راندمان این سیستم‌ها با سیال عامل آب بالاتر از سیال عامل هواست زیرا خواص حرارتی و فیزیکی آب از هوا بالاتر است [۴]. دویی و تیواریدر سال ۲۰۰۸ یک گردآورنده فتوولتاییک حرارتی با سیال آب را برای آب و هوای شهر دهلی نو آزمایش و نتایج مفیدی را ارائه کردند [۵]. واز و کال به صورت آزمایشگاهی و عددی رفتار گرمایی مبدل حرارتی هوایی را در شرایط آب و هوایی در شهر ویامو در جنوب برزیل مورد ارزیابی قرار دادند [۷و۶]. بروم و همکاران برای پیشبینی عملکرد مبدل حرارتی هوایی یک مدل کاهش را مورد ارزیابی قرار دادند که این مدل برای مطالعه بالقوه حرارتی استفاده می‌شود [۸]. چندین آزمایش و مطالعات عددی در مبدل‌های حرارتی هوایی و عملکرد خنک‌سازی در شرایط آب‌وهوایی گرم مانند ماراکه در سراسر جهان اجرا شد [۹-۱۶].

هولمر و لاکال جنبه‌های گوناگون از مبدل حرارتی هوایی برای گرماسازی و خنک‌سازی ساختمان را تجزیه و تحلیل کردند [۱۷].

در این پژوهش یک سیستم خورشیدی جهت تأمین بار گرمایشی یک ساختمان در شهر سنندج مورد ارزیابی قرار گرفته است. جهت گرمایش ساختمان در نظر گرفته شده از مبدل حرارتی لوله‌ای پره دار استفاده شده است. در این تحقیق تأثیر مبدل حرارتی در گرمایش ساختمان مورد بررسی قرار گرفته است. تأثیر پارامترهایی از جمله: میزان دبی جرمی هوای ورودی به مبدل با توجه به میزان هوای گرم مورد نیاز ساختمان، نرخ گرمای ورودی به ساختمان که توسط مبدل تأمین می‌گردد، طرز کار کلی سیستم به این صورت است که ابتدا آب ورودی به کلکتور فتوولتاییک پس از پیش گرم شدن از طریق یک پمپ وارد مخزن ذخیره آب گرم می‌شود. آب گرم موجود در مخزن بسته به بار گرمایشی ساختمان و دمای مورد نیاز ساختمان توسط سیستم گرمکن الکتریکی کمکی، دمای آن افزایش یافته و وارد مبدل حرارتی لوله‌ای پره‌دار می‌شود. با عبور دادن هوا از روی مبدل حرارتی، دمای هوا افزایش یافته و در نتیجه بار گرمایشی ساختمان تأمین می‌گردد (شکل ۱).



شکل ۱ شماتیک سیستم گرمایشی خورشیدی و اجزای آن

۲- متدولوژی و ساختار سیستم

در این پژوهش یک سیستم خورشیدی جهت تأمین بار گرمایشی یک ساختمان طراحی گردیده است. سیستم شامل شش بخش اصلی: کلکتور فتوولتائیک-حرارتی، پمپ، مخزن ذخیره آب گرم، گرمکن کمکی، شیر سه راهی و مبدل حرارتی می‌باشد شکل ۱. کارکرد اصلی سیستم به این صورت بوده که آب پس از عبور از کلکتور فتوولتائیک - حرارتی آن افزایش می‌یابد و از طریق پمپ وارد مخزن ذخیره آب گرم می‌شود. آب پیش گرم شده در مخزن با توجه به دمای هوای مورد نیاز ساختمان و بار گرمایشی ساختمان توسط گرم‌کن الکتریکی کمکی تعبیه شده در مخزن دمای آن افزایش می‌یابد و جهت گرمایش ساختمان وارد مبدل حرارتی صفحه‌ای پرده‌دار می‌شود. در این مبدل آب داغ وارد لوله ورودی آن می‌شود و با عبور هوا از روی مبدل و تبادل حرارت بین هوا و آب گرم داخل لوله، هوا گرم شده و وارد ساختمان می‌گردد. آب خروجی از مبدل در صورت داشتن دمای زیاد از طریق شیر سه راهی به مخزن ذخیره آب گرم برگشت داده می‌شود و در صورت داشتن دمای پایین وارد کلکتور فتوولتائیک - حرارتی می‌گردد و دمای آن افزایش می‌یابد و این سیکل ادامه پیدا می‌کند. مشخصات سیال و خصوصیات ساختمان جهت بررسی و طراحی مبدل حرارتی مورد استفاده در سیستم در جدول ۱ ذکر گردیده است.

جدول ۱ مشخصات طراحی برای سیستم مبدل حرارتی فن کویل استفاده شده

پارامتر	مقدار
$C_{v,air}$ ظرفیت گرمایی ویژه هوا	۰/۷۲ (kJ/kg)



Time مدت زمان تغییر دمای اتاق از دمای اولیه به ثانویه	۳۰۰ (s)
$m_{water,in}$ دبی جرمی سیال ورودی به فن کویل	۰/۰۴ (kg/s)
T_{house} دمای اولیه هوای داخل ساختمان	۲۰ (°C)
$T_{air,in}$ دمای هوای ورودی به فن کویل	۲۵ (°C)
$P_{air,in}$ فشار هوای ورودی به فن کویل	۱۰۰ (kpa)
P_w فشار آب	۳۰۰ (kpa)
m_{house} جرم کلی هوای داخل ساختمان	۵۰ (kg)

۳- مدل سازی و آنالیز سیستم مبدل حرارتی و ساختمان

در سیستم‌های گرمایشی بسته به نیاز سیستم از مبدل‌های متفاوتی استفاده می‌شود. در اکثر ساختمان‌های مسکونی و تجاری به دلیل نیاز به گرمای نسبتاً پایین مبدل‌های صفحه‌ای پره‌دار که به صورت سیستم‌های رایج فن‌کویل به کار می‌روند، استفاده می‌گردد.

جهت مدل سازی مبدل حرارتی و ساختمان مورد نظر فرضیات زیر در نظر گرفته شده است:

- نرخ تغییرات انرژی در مبدل حرارتی ناچیز است.
- تغییرات انرژی پتانسیل و جنبشی مبدل حرارتی و ساختمان برابر صفر است.
- نرخ تغییرات انرژی خروجی از ساختمان صفر فرض شده است.

برای به دست آوردن مقدار انرژی خروجی از مبدل حرارتی، معادله پایستگی انرژی به صورت زیر می‌باشد:

$$E_{in,HX} - E_{out,HX} = \Delta E_{CV} \quad (1)$$

در این معادله $E_{in,HX}$ نرخ مقدار انرژی ورودی به مبدل حرارتی، $E_{out,HX}$ نرخ انرژی خروجی از مبدل حرارتی و ΔE_{CV} نرخ تغییرات انرژی داخلی سیستم می‌باشد. مقدار هر یک از این پارامترها به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$E_{in,HX} = m_w \cdot h_{w,in} + m_{air} \cdot h_{air,in} \quad (2)$$

$$E_{out,HX} = m_w \cdot h_{w,out} + m_{air} \cdot h_{air,out} \quad (3)$$

در این معادله m_w دبی جرمی آب ورودی به مبدل حرارتی، $h_{w,in}$ ، $h_{w,out}$ به ترتیب آنتالپی آب ورودی و خروجی از مبدل حرارتی، m_{air} دبی جرمی هوای ورودی به فن کویل و $h_{air,in}$ ، $h_{air,out}$ به ترتیب آنتالپی هوای ورودی و خروجی از مبدل حرارتی می‌باشند.

راندمان مبدل حرارتی نیز به صورت رابطه زیر محاسبه می‌گردد:



$$Eff_{HX} = \frac{T_{w,in} - T_{w,out}}{T_{w,in} - T_{air,in}} \quad (4)$$

که Eff_{HX} بازده موثر مبدل حرارتی و T_w ، T_{air} به ترتیب دماهای آب و هوای ورودی و خروجی از مبدل حرارتی می‌باشند. با نوشتن پایستگی انرژی برای ساختمان جهت به دست آوردن مقدار انرژی ورودی برای ساختمان جهت تأمین بار گرمایشی ساختمان داریم:

$$E_{in,house} - E_{out,house} = \Delta E \quad (5)$$

که در این معادله $E_{in,house}$ و $E_{out,house}$ به ترتیب نرخ انرژی ورودی و خروجی از ساختمان و ΔE نرخ تغییرات انرژی در ساختمان می‌باشد:

$$E_{in,house} = \dot{m}_{air,in} \times C_{v,air} \times (T_{air,out} - T_{air,in}) \quad (6)$$

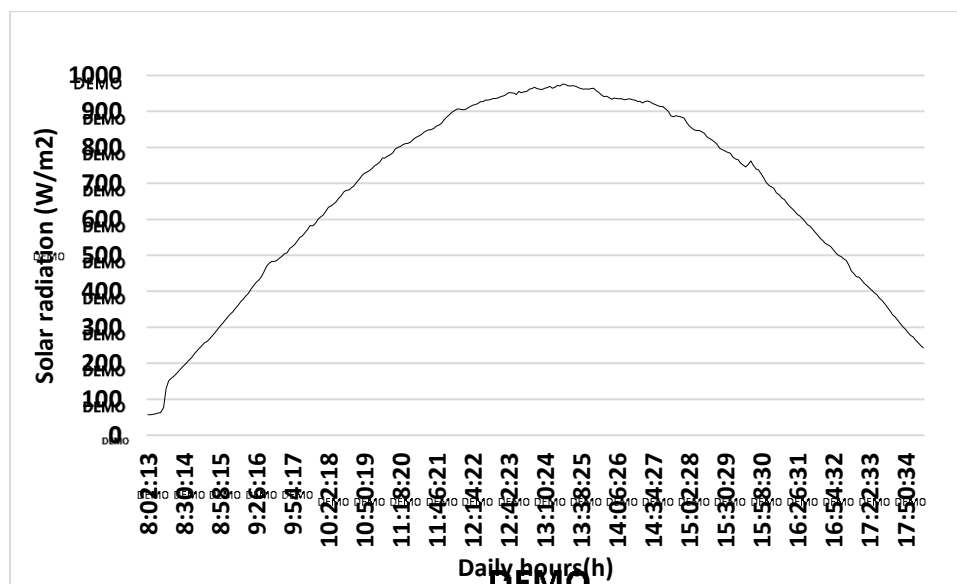
$$\Delta E = \dot{m}_{house} \times \frac{\Delta U_{house}}{Time} \quad (7)$$

$$\Delta U_{house} = C_{v,air} \times (T_{house2} - T_{house1}) \quad (8)$$

در این معادلات جریان جرمی هوای ورودی به ساختمان، $C_{v,air}$ ظرفیت گرمایی ویژه هوای ورودی، $T_{air,out}$ دمای هوای خروجی از مبدل حرارتی (فن کویل)، m_{house} جرم هوای کلی موجود در ساختمان، ΔU_{house} انرژی درونی ساختمان، $Time$ مدت زمان لازم جهت تغییر دمای هوای داخل ساختمان از مقدار اولیه تا مقدار ثانویه مورد نیاز، T_{house1} ، T_{house2} به ترتیب دمای هوای اولیه و ثانویه داخل ساختمان می‌باشند.

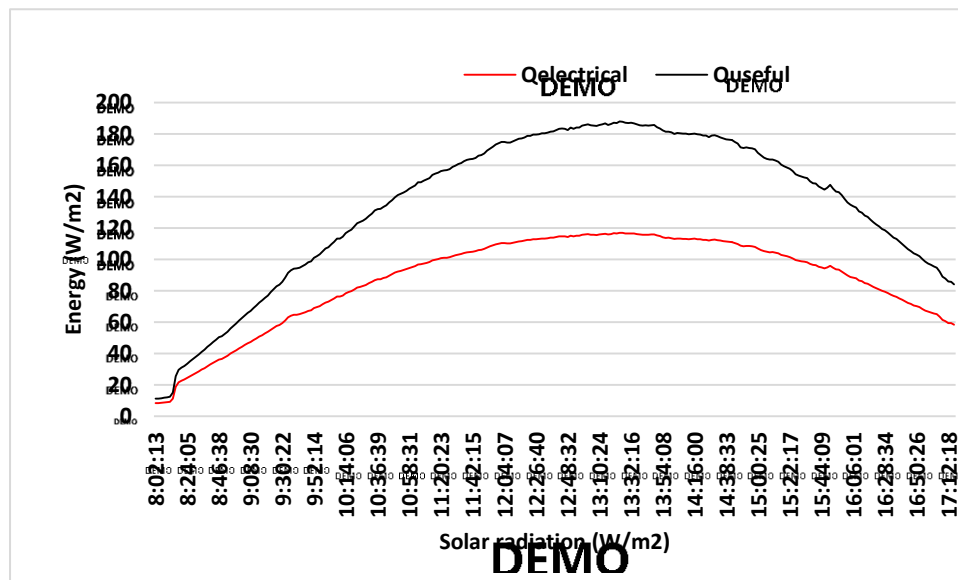
۴- نتایج

شکل ۲ نمودار نمودار تابش خورشیدی در روز ۱۸ مرداد در شهر سنج را نشان می‌دهد. همان‌طور که از این نمودار مشخص است. با گذشت زمان از صبح تا ظهر میزان تابش خورشیدی افزایش می‌یابد و سپس کاهش می‌یابد.



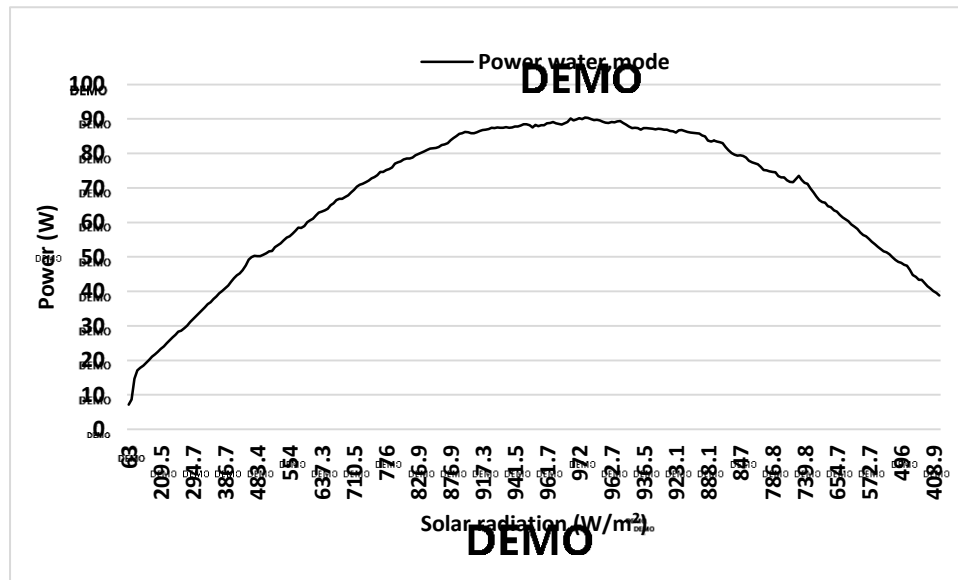
شکل ۲ نمودار تابش خورشیدی در یکی از روزهای فصل تابستان بر طول ساعت روز

نمودار شکل ۳ مقدار کل انرژی دریافتی از خورشید را توسط کلکتور فتوولتاییک - حرارتی را در طول ساعات روز نشان می‌دهد. همانطور که از نمودار مشخص است کسری از کل انرژی تابشی بر روی کلکتور فتوولتاییک - حرارتی به انرژی مفید حرارتی جهت پیش گرم کردن آب ورودی به کلکتور و کسری از آن به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود، که بیشترین مقدار این انرژی‌ها مربوط به ساعات ظهر می‌باشد.



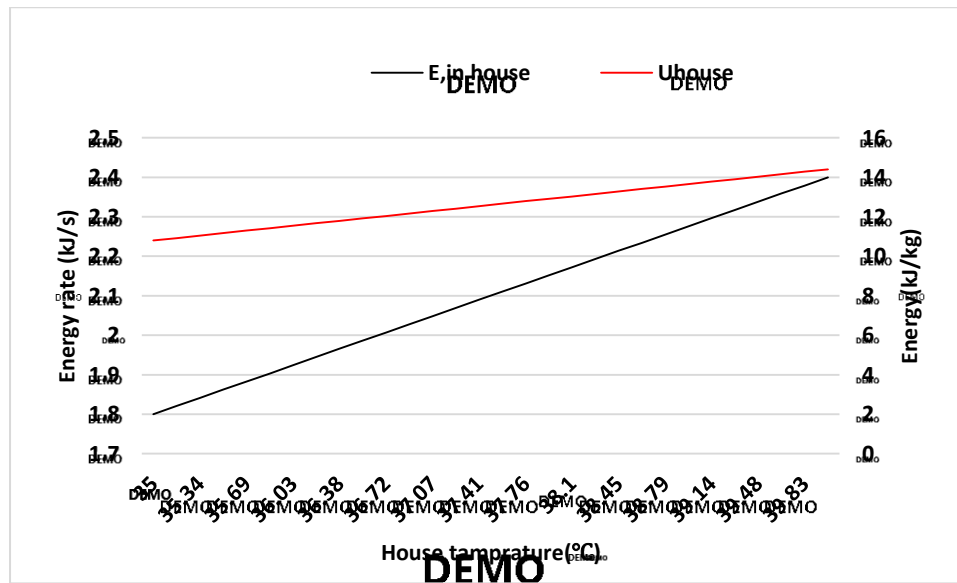
شکل ۳ نمودار تغییرات انرژی‌های ورودی به کلکتور فتوولتاییک - حرارتی

شکل ۴ نمودار میزان توان تولیدی توسط کلکتور فتوولتاییک - حرارتی بر حسب میزان تابش خورشیدی را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار میزان توان تولیدی توسط کلکتور فتوولتاییک - حرارتی با افزایش میزان تابش خورشیدی افزایش می‌یابد و با کاهش میزان تابش خورشیدی این مقدار کاهش پیدا می‌کند. بیشترین میزان توان تولیدی توسط کلکتور فتوولتاییک مربوط به ساعات ظهر می‌باشد.



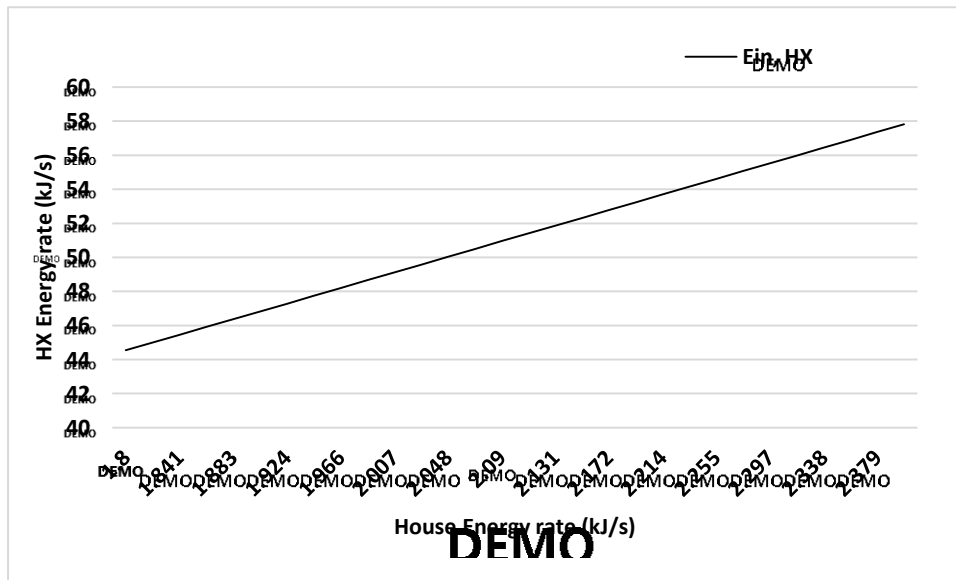
شکل ۴ نمودار تغییرات میزان توان تولیدی توسط کلکتور کلکتور فتوولتاییک-حرارتی بر حسب تابش خورشیدی

شکل ۵ نمودار تغییرات مقدار نرخ انرژی حرارتی مورد نیاز به ساختمان و همچنین میزان انرژی درونی ساختمان جهت تغییر مقدار دمای هوای داخل ساختمان از دمای ۳۵ درجه تا دمای ۴۵ درجه را نشان می‌دهد. با توجه به منحنی نمودار مشخص است که با افزایش دمای ساختمان مقدار انرژی درونی ساختمان افزایش و همچنین ساختمان نیاز به نرخ انرژی ورودی بیشتر می‌باشد.



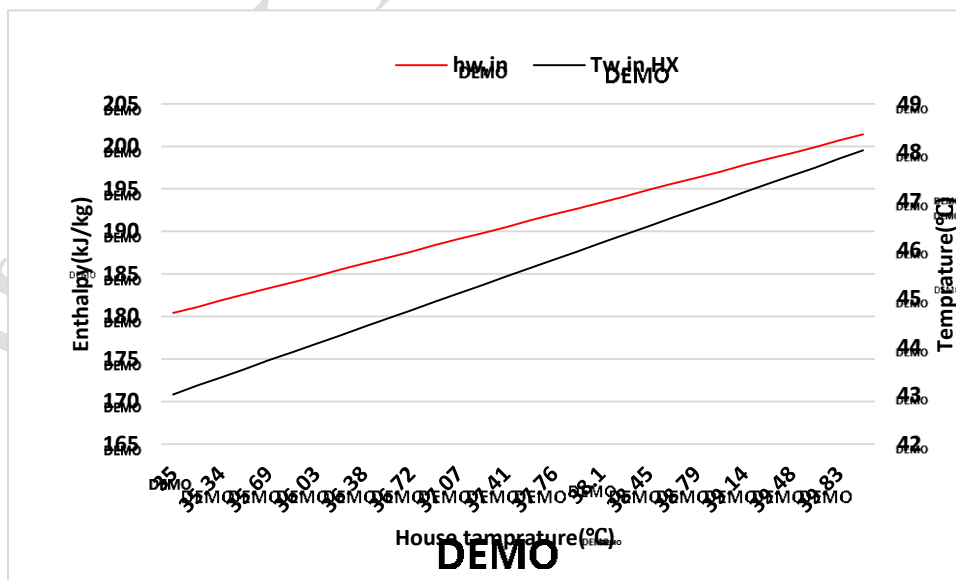
شکل ۵ تغییرات مقدار انرژی درونی ساختمان و نرخ انرژی مورد نیاز به ساختمان بر حسب مقدار افزایش دمای ساختمان

نمودار شکل ۶ تغییرات نرخ انرژی ورودی به مبدل حرارتی را نسبت به مقدار نرخ انرژی داخل ساختمان جهت گرم کردن آن را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار با افزایش مقدار انرژی مورد نیاز جهت گرم کردن ساختمان مقدار انرژی لازم مبدل حرارتی افزایش می‌یابد. این بدین معناست که مبدل حرارتی باید انرژی بیشتری را انتقال دهد.



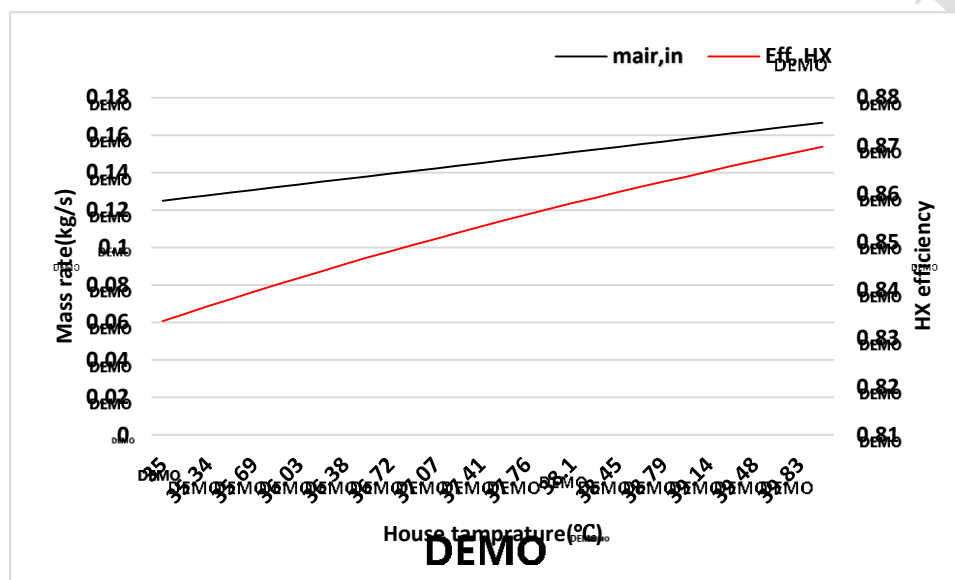
شکل ۶ تغییرات مقدار انرژی ورودی به سیستم مبدل حرارتی نسبت به مقدار انرژی مورد نیاز ساختمان

نمودار شکل ۷ تغییرات آنتالپی و دمای آب ورودی به مبدل حرارتی را نسبت به میزان افزایش دمای هوای داخل ساختمان را در طول ۳۰۰ ثانیه را نشان می‌دهد. همانطور که از نمودار مشخص است این مقادیر با افزایش دمای ساختمان افزایش می‌یابند.



شکل ۷ تغییرات آنتالپی و دمای آب ورودی به مبدل حرارتی نسبت به افزایش دمای ساختمان

شکل ۸ نمودار تغییرات نرخ جریان جرمی هوا و راندمان مبدل حرارتی را نسبت به افزایش دمای داخل ساختمان را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار جهت گرم کردن ساختمان و افزایش بیشتر دمای داخل آن به جریان هوای بیشتری نیازمند است، در نتیجه راندمان مبدل حرارتی بیشتر شده و به مبدل با راندمان بیشتری نیازمند است.



شکل ۸ نمودار تغییرات راندمان و جریان جرمی هوای ورودی به ساختمان نسبت به تغییرات دمای داخل ساختمان

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در سیستم‌های گرمایشی خورشیدی میزان گرم شدن سیال استفاده شده در سیستم و نحوه تبادل حرارت آن با محیط مورد نظر بسیار مهم می‌باشد. یکی از مهمترین ویژگی‌ها و مزایای سیستم خشک کن خورشیدی، استفاده از منبع انرژی تجدیدپذیر خورشیدی به عنوان محرکه اولیه این سیستم، هزینه ساخت مناسب و قابل قبول، سازگاری مناسب با شرایط آب و هوایی، بدون آلودگی محیط زیست و یک پروسه خشک کردن سالم می‌باشد. استفاده از یک سیستم مبدل حرارتی در سیستم‌های گرمایشی بسیار مهم و ضروری می‌باشد. در اکثر کاربردها کاهش جرم و حجم مبدل از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. از اهداف مهم این تحقیق استفاده از مبدل صفحه‌ای پره دار به دلیل بازده بالای آن و دست یافتن به کاهش جرم و حجم مناسب آن می‌باشد. که حرارت لازم را به درستی به ساختمان انتقال می‌دهد.



مرجع

- [1] Wolf, M. (1976). Performance analyses of combined heating and photovoltaic power systems for residences. *Energy Conversion*, 16(1), 79-90.
- [2] Bhargava, A. K., Garg, H. P., & Agarwal, R. K. (1991). Study of a hybrid solar system—solar air heater combined with solar cells. *Energy Conversion and Management*, 31(5), 471-479.
- [3] Bosanac, M., Sorensen, B., Ivan, K., Sorensen, H., Bruno, N., & Jamal, B. (2003). Photovoltaic/thermal solar collectors and their potential in Denmark. Final Report, EFP Project, www.solenergi.dk/rapporter/pvtpotentialindenmark.pdf.
- [4] Prakash, J. (1994). Transient analysis of a photovoltaic-thermal solar collector for co-generation of electricity and hot air/water. *Energy Conversion and Management*, 35(11), 967-972.
- [5] Dubey, S., & Tiwari, G. N. (2008). Thermal modeling of a combined system of photovoltaic thermal (PV/T) solar water heater. *Solar Energy*, 82(7), 602-612.
- [6] Vaz, J., Sattler, M. A., Brum, R. D. S., dos Santos, E. D., & Isoldi, L. A. (2014). An experimental study on the use of Earth-Air Heat Exchangers (EAHE). *Energy and Buildings*, 72, 122-131.
- [7] Vaz, J., Sattler, M. A., dos Santos, E. D., & Isoldi, L. A. (2011). Experimental and numerical analysis of an earth-air heat exchanger. *Energy and Buildings*, 43(9), 2476-2482.
- [8] da Silva Brum, R., Vaz, J., Rocha, L. A. O., dos Santos, E. D., & Isoldi, L. A. (2013). A new computational modeling to predict the behavior of earth-air heat exchangers. *Energy and Buildings*, 64, 395-402.
- [9] Bansal, V., Misra, R., Agarwal, G. D., & Mathur, J. (2013). 'Derating Factor' new concept for evaluating thermal performance of earth air tunnel heat exchanger: A transient CFD analysis. *Applied Energy*, 102, 418-426.
- [10] Bansal, V., Misra, R., Agarwal, G. D., & Mathur, J. (2013). 'Derating Factor' new concept for evaluating thermal performance of earth air tunnel heat exchanger: A transient CFD analysis. *Applied Energy*, 102, 418-426.
- [11] Kumar, R., Ramesh, S., & Kaushik, S. C. (2003). Performance evaluation and energy conservation potential of earth-air-tunnel system coupled with non-air-conditioned building. *Building and Environment*, 38(6), 807-813.
- [12] Bansal, V., Misra, R., Agrawal, G. D., & Mathur, J. (2010). Performance analysis of earth-pipe-air heat exchanger for summer cooling. *Energy and Buildings*, 42(5), 645-648.
- [13] Misra, R., Bansal, V., Agrawal, G. D., Mathur, J., & Aseri, T. (2013). Transient analysis based determination of derating factor for earth air tunnel heat exchanger in summer. *Energy and Buildings*, 58, 103-110.
- [14] Mihalakakou, G., Santamouris, M., & Asimakopoulos, D. (1994). Use of the ground for heat dissipation. *Energy*, 19(1), 17-25.
- [15] Ramírez-Dávila, L., Xamán, J., Arce, J., Álvarez, G., & Hernández-Pérez, I. (2014). Numerical study of earth-to-air heat exchanger for three different climates. *Energy and Buildings*, 76, 238-248.
- [16] Givoni, B. (2007). Cooled soil as a cooling source for buildings. *Solar Energy*, 81(3), 316-328.
- [17] Hollmuller, P., & Lachal, B. (2014). Air-soil heat exchangers for heating and cooling of buildings: Design guidelines, potentials and constraints, system integration and global energy balance. *Applied Energy*, 119, 476-487.

مجموعه مقالات هشتمین همایش ملی مبدل گرمایی

دوم دی ماه ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما

۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶

مجربان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم اندیشان انرژی کیمیا

ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC

www.Mobadel.ir



www.Mobadel.ir