

شبیه‌سازی سرمایش جذبی دو اثره آب - آمونیاک دو اثره خورشیدی و بررسی عملکرد آن در شرایط مختلف آب و هوایی ایران

قاسم حیدری نژاد^۱؛ احسان لیوانی^۲

چکیده

در این مقاله، چرخه سرمایش جذبی دو اثره آب - آمونیاک خورشیدی شبیه‌سازی شده که منبع گرمایی آن خورشید است. چرخه دو اثره، ترکیبی از دو چرخه جذبی ساده بوده که کندانسور و اوپراتور مشترک داشته و کارایی آن بیشتر است. پس از صحت سنجی نتایج شبیه‌سازی، شهرهایی به نمایندگی از مناطق مختلف آب و هوایی ایران انتخاب شدند. با در نظر گرفتن شرایط محیطی و جغرافیایی مانند شدت تابش، دمای خشک و تر و تنظیم شرایط کارکرد چرخه با آنها، عملکرد چرخه پیشنهادی برای این شهرها مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج، چرخه دو اثره آب - آمونیاک خورشیدی در شهرهای جنوبی کشور که شدت تابش بالایی دارند، کارایی قابل قبولی داشته و می‌تواند جایگزین مناسبی برای چرخه متداول مکانیکی باشد.

کلمات کلیدی: سرمایش خورشیدی، سرمایش جذبی دو اثره آب-آمونیاک، ضریب عملکرد، شدت تابش.

Simulation of Solar Double Effect Ammonia - water Cooling Systems and its Performance for Different Climates of Iran

Ghassem Heidarinejad, Ehsan Livani

ABSTRACT

In this paper, solar double-effect Ammonia-Water cooling cycle is simulated. Then, the effects of parameters on the cycle efficiency including temperature of generator and condenser, and pressure of evaporators have been analyzed. Also cooling load and COP of the cycle has been expressed as a function of the aforesaid parameters. Then cities of Iran has selected as a representative of different climates, and the performance of cycle for these cities has been analyzed using the environmental and geographical conditions such as solar radiation intensity, wet and dry bulb temperature for each city. The acceptable efficiency of the cycle for the southern cities of Iran which have the high radiant intensity is a result of this work.

KEYWORDS: Solar cooling, Ammonia-Water absorption cooling, COP, Radiant intensity.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۱۰/۱۵

تاریخ اصلاحات مقاله: ۱۳۸۹/۱۰/۲۷

^۱ نویسنده مسئول و استاد، بخش مهندسی مکانیک، دانشگاه تربیت مدرس، صندوق پستی ۱۴۳-۱۴۱۱۵ تهران gheidari@modares.ac.ir

^۲ فوق لیسانس مهندسی مکانیک eslivani@gmail.com

شدن انرژی مورد نیاز از راه خورشید وجود دارد. بیشترین ورودی این سیستم‌ها انرژی گرمایی است که برای جداسازی سیال مبرد از سیال حلال به ژنراتور، وارد می‌شود. نیاز به الکتریسیته در این نوع سیستم‌ها فقط برای پمپ‌های موجود در سیستم است که برای ایجاد گردش سیال از آنها استفاده می‌شود و به کار مکانیکی بسیار کمی احتیاج دارند. الکتریسیته لازم، در مقایسه با سیستم‌های تراکمی که نیاز به کمپرسور با کار مکانیکی بسیار بالایی داشته و فقط با ورودی الکتریسیته کار می‌کنند، مقدار بسیار کمی است.

ایده تولید سرما با سیستم های جذبی در طی سالهای ۱۸۶۰-۱۸۵۹ شکل گرفت. اولین دستگاه جذبی را یک مخترع فرانسوی به نام فردیناند کاره^۱ با استفاده از میل ترکیبی آب و آمونیاک اختراع نمود. دستگاه کاره به‌وسیله چندین دانشمند دیگر تکمیل گردید تا اینکه در سال ۱۹۳۹ اولین چیلر جذبی ساخته شد. تولید آن بصورت صنعتی در سال ۱۹۶۸ به‌وسیله شرکت آرکلا^۲ آغاز شد و بعدها گروه روبر^۳ آنرا ادامه دادند. هم‌اکنون چیلر جذبی را شرکت های مختلف داخلی و خارجی تولید می‌نمایند. سرمایه‌ش و گرمایش خورشیدی از سال ۱۹۷۷ در دستور کار آژانس بین المللی انرژی^۴ قرار گرفت. اولین بحران انرژی که باعث تأسیس آژانس شد، انگیزه لازم برای پیش بردن تحقیقات نظام‌مند درباره سیستم‌های سرمایه‌ش و گرمایشی خورشیدی را فراهم نمود [۱]. در حال حاضر از چیلرهای جذبی خورشیدی در کشورهای آسیایی مانند ژاپن، چین، هند و کشورهای اروپایی و آمریکا استفاده می‌شود. از نمونه‌های آن در ژاپن، می‌توان از بیمارستان تویاما در شمال این کشور نام برد که ظرفیت برودتی چیلر آن ۵۰ تن تبرید با سطح شبکه خورشیدی ۴۱۰ متر مربع است. نمونه دیگر، یک ساختمان تجاری در ساکرومنتو کالیفرنیا با سیستم تهویه مطبوع با ظرفیت تبرید ۲۰ تن برودتی مجهز به جمع‌کننده سهموی^۵ است [۶].

از تحقیقاتی که در زمینه سرمایه‌ش جذبی آب - آمونیاک انجام گرفت می‌توان به درویش و همکاران [۶] اشاره نمود. در این تحقیق، چرخه سرمایه‌ش جذبی - بازیاب آب و آمونیاک با استفاده از نرم‌افزار شبیه سازی اسپن^۶ طراحی شد. مشخصه‌های کارکرد چرخه مانند ضریب عملکرد^۷ آن، سرمایه‌ش ایجاد شده به‌وسیله اوپراتور، گرمای مورد نیاز در ژنراتور، نسبت جرمی آب - آمونیاک در محلول و غیره بررسی شد. کولونا و گابریلی [۱۴] شبیه‌سازی چرخه آب - آمونیاک را برای چرخه ۱ اثره با استفاده از انرژی‌های بازیافتی در ژنراتور به عنوان انرژی ورودی، به کمک نرم افزار سایکل تمپو^۸ انجام دادند. کیم و مایکلسون

انرژی خورشید، به عنوان تنها منبع بی‌پایان انرژی برای کره زمین، همواره بخش قابل توجهی از تحقیقات علمی و پژوهشی را به خود اختصاص داده است. در حال حاضر حدود ۸۰٪ از انرژی مصرفی، از سوخت‌های فسیلی و در نتیجه منابع تجدیدناپذیر تامین می‌شود [۳]. با توجه به محدود بودن منابع سوختی تجدیدناپذیر، جایگزینی آنها با منابع تجدیدپذیر ضرورتی است که مورد مطالعه بسیار قرار گرفته است. هم چنین استفاده از تجهیزات تهویه مطبوع در سال‌های اخیر به سرعت در سراسر جهان افزایش یافته است. در کشورهای پیشرفته، مصرف انرژی در ساختمان‌ها حدود ۴۰٪ از کل انرژی مورد استفاده را به خود اختصاص داده است [۴ و ۵]. اگرچه با اجرای قوانین سخت‌گیرانه در مصرف انرژی در بخش گرمایش، رشد مصرف انرژی در این بخش تا حدودی مهار شده است، اما کل مصرف انرژی سرمایه‌ش تا حد زیادی افزایش داشته که متأسفانه این روند در حال ادامه است.

فناوری که بیشتر برای سرمایه‌ش در تابستان به‌کار می‌رود، استفاده از الکتریسیته و تبدیل آن به کار مکانیکی برای متراکم نمودن بخار مبرد است که انرژی زیادی را مصرف می‌نماید. مهم‌ترین ایده‌ای که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته، استفاده از انرژی خورشید در سرمایه‌ش به روش‌های مختلف است. معمول‌ترین آن، استفاده از فناوری گرمایی خورشیدی است که هنوز در مرحله ابتدایی توسعه قرار دارد. در این روش‌ها، سرمایه‌ش از راه تبدیل انرژی گرمایی خورشید ایجاد می‌شود که نسبت به روش‌های معمول سرمایه‌ش تراکمی، صرفه‌جویی زیادی در مصرف انرژی دارد. خوشبختانه، بیشترین نیاز به سرمایه‌ش در زمان و مکانی احساس می‌شود که بیشترین میزان تابش خورشید نیز وجود دارد و این از نکات مثبت روش‌های سرمایه‌ش خورشیدی است. در این روش، از انرژی گرمایی خورشید برای راه‌اندازی یک چرخه ترمودینامیکی استفاده می‌شود که بوسیله‌ی آن می‌توان سرمایه‌ش مورد نیاز را در دمای دلخواه برای کاربردهای صنعتی و یا مسکونی تامین نمود. با استفاده از این روش، صرفه‌جویی در مصرف الکتریسیته تا حدود ۹۵٪ نیز گزارش شده است [۳].

سیستم‌های سرمایه‌ش جذبی، اولین نوع از سیستم‌های تهویه مطبوع هستند که برای تعدیل هوای محیط‌های خانگی استفاده شده‌اند. چون در سیستم‌های جذبی، بیشترین انرژی مورد نیاز در مقایسه با الکتریسیته گرما است، امکان جایگزین

۳- معادلات حاکم

معادلات به کار رفته شامل معادلات بقای جرم کل، بقای جرم برای آمونیاک و بقای انرژی هستند که برای اجزای مختلف چرخه نوشته می‌شوند.

$$\sum \dot{m}_e = \sum \dot{m}_i \quad (۱)$$

$$\sum \dot{m}_e x_e = \sum \dot{m}_i x_i \quad (۲)$$

$$q = \sum \dot{m}_e h_e - \sum \dot{m}_i h_i \quad (۳)$$

در این روابط \dot{m} و x و h به ترتیب گذر جرمی، نسبت جرمی آب به آمونیاک و آنتالپی محلول هستند که پایین‌نویس‌های i و e نمایانگر ورودی و خروجی هستند.

کارایی چرخه بر اساس نسبت انرژی مورد نیاز به انرژی هزینه شده به صورت رابطه (۴) تعریف می‌شود:

$$COP = \frac{Q_{eva}}{Q_{gen}} \quad (۴)$$

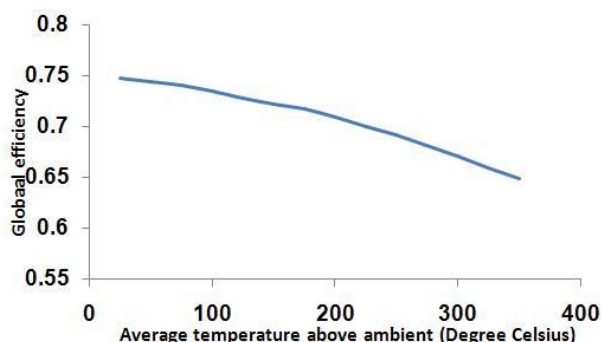
که در آن Q_{eva} و Q_{gen} به ترتیب بار سرمایشی اوپراتور و گرمای ورودی ژنراتور هستند.

۴- روند شبیه‌سازی

در طراحی یک چرخه جذبی، بعضی از عوامل مانند دمای کندانسور، فشار بالای چرخه و دمای اوپراتور در اثر جبر شرایط محیط و شرایط طراحی تحمیل می‌شوند و برخی دیگر نیز مانند دمای ژنراتور، گذر حجمی پمپ و فشار اوپراتور (فشار پایین) قابل تغییر هستند. آنچه در این مقاله دنبال می‌شود شبیه‌سازی یک چرخه سرمایش جذبی دواثره خورشیدی برای شرایط آب و هوایی ایران است. بنابراین دمای کندانسور تابع دمای خشک شهر مورد نظر و همچنین دمای اوپراتور وابسته به دمای شرایط آسایشی طراحی شده برای اتاق هستند که با در نظر گرفتن کارایی برای کندانسور و اوپراتور به دست می‌آیند. فشار بالا نیز از روی دمای کندانسور و با معلوم بودن کیفیت و نسبت جرمی بخار میرد از روی خواص محلول دوگانه آب- آمونیاک قابل محاسبه هستند. با توجه به بالا بودن دمای لازم برای ژنراتور (حدود ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد) این دما به وسیله جمع‌کننده سهموی قابل دسترسی است، بنا بر این با معلوم بودن شدت تابش و در نتیجه انرژی دریافتی در شهر موردنظر و با اعمال ضریب کارایی برای جمع‌کننده، میزان گرمای ورودی به چرخه محاسبه می‌شود. چون با تنظیم گذر حجمی پمپ نصب شده بر روی جذب کننده می‌توان دمای سیال خروجی را تنظیم نمود، در این کار دمای سیال خارج شده از ژنراتور معلوم و مقدار آن قابل

کنترل فرض شده است. با معلوم بودن این دما و فرض مایع اشباع، مقدار فشار بالا در کندانسور معلوم بوده (از افت فشار در قسمت پر فشار چشم‌پوشی شده است) و بنابراین می‌توان سایر خواص محلول خارج شده از کندانسور (محلول ضعیف) را به دست آورد. برای به دست آوردن خواص محلول قوی نیز با فرض مایع اشباع برای محلول خروجی از جذب‌کننده و برابر گرفتن دمای جذب‌کننده با کندانسور و با توجه به اینکه فشار پایین نیز قابل تنظیم است، خواص محلول به دست می‌آید.

برای به دست آوردن خواص ترمودینامیکی محلول دوگانه آب - آمونیاک، با دانستن شرایط هر نقطه به کمک نرم افزار EES این خواص به دست آمده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با دانستن تفاوت دمای میان سیال خروجی جمع‌کننده و دمای محیط می‌توان با استفاده از شکل (۲) بازده جذب جمع‌کننده را محاسبه نمود [۱۳].



شکل (۲): بازده جمع‌کننده سهموی بر حسب اختلاف دمای سیال خروجی با محیط

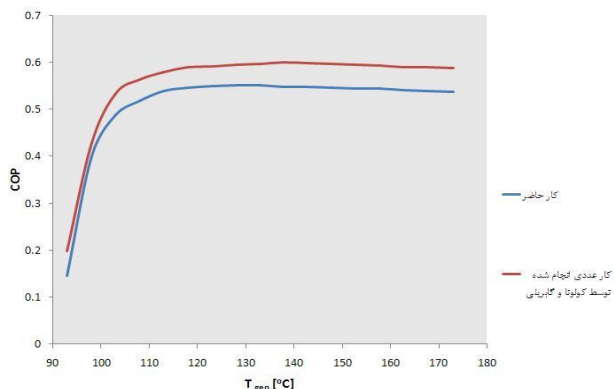
انرژی جذب شده به وسیله جمع‌کننده به‌طورکامل به ژنراتور منتقل می‌گردد، بنابراین برای محاسبه انرژی ژنراتور از رابطه (۵) استفاده می‌شود:

$$Q_{gen} = \varepsilon_c W'' \quad (۵)$$

در آن ε_c بازده جمع‌کننده و W'' شدت تابش بر واحد سطح هستند.

در اینجا طراحی بر مبنای متوسط تابش خورشیدی و دما در یکی از روزهای ماه مرداد انجام شده است. دلیل این امر آن است که کارایی سیستم در یکی از گرمترین و بحرانی‌ترین شرایط مورد ارزیابی قرار گیرد. بدیهی است که طراحی و تحلیل این چرخه برای ساعاتی آفتابی روز و همچنین برای ماه‌های مختلف سال با توجه به شبیه‌سازی انجام گرفته قابل دستیابی است اما با توجه به هدفی که در این تحقیق پیگیری شده است، متوسط دما برای یکی از ساعات‌های گرم سال در

نظر گرفته شده است.



شکل (۴): صحت‌سنجی بر شبیه‌سازی انجام شده برای چرخه یک اثره

در شکل (۴) ضریب عملکرد سیستم به صورت تابعی از دمای خروجی ژنراتور رسم شده است. شرایطی که برای چرخه در نظر گرفته شده است در جدول (۱) دیده می‌شود.

جدول (۱): شرایط کارکرد چرخه یک اثره برای صحت‌سنجی

$P_{max}(bar)$	$P_{min}(bar)$	$T_{evap}(^{\circ}C)$	$T_{con}(^{\circ}C)$	$T_{sup}(^{\circ}C)$	x_{ref}
۱۷/۲۸	۲/۸۳	-۱۰	۴۱	۴۰	۰/۹۹۶۹

با توجه به صحت‌سنجی انجام شده، دیده می‌شود که جواب‌ها همخوانی قابل قبولی با جواب به دست آمده توسط کولونا و گابریلی دارند. بیش‌ترین ضریب عملکرد در دمای حدود ۱۳۵ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد و بیش‌ترین درصد خطای به دست آمده در جواب حدود ۶/۷ است و درستی جواب‌های به دست آمده با این روش در محدوده قابل قبولی قرار می‌گیرد.

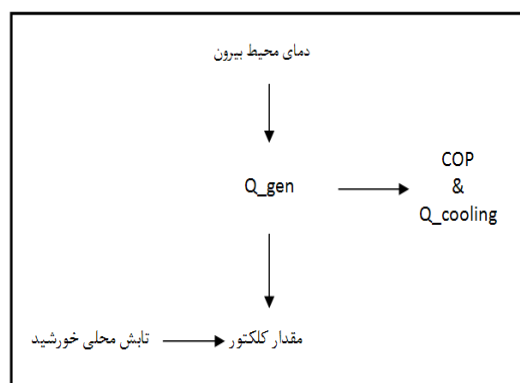
شبیه‌سازی چرخه بر اساس مناطق آب و هوایی ایران برای شهرهای تبریز، رامسر، تهران، یزد، اهواز و بندرعباس به نمایندگی از شرایط مختلف صورت گرفته است. طبق شکل (۵)، تبریز به نمایندگی از آب و هوای کوهستانی، رامسر به نمایندگی از آب و هوای معتدل و مرطوب، تهران به عنوان پایتخت ایران، یزد به نمایندگی از آب و هوای گرم و خشک و اهواز و بندرعباس به نمایندگی از آب و هوای گرم و مرطوب انتخاب شده‌اند.



شکل (۵): شهرهای انتخاب شده روی نقشه ایران

با معلوم بودن شرایط آب و هوایی هر شهر مانند شدت تابش، دمای محیط و رطوبت، عملکرد چرخه در این شهر مورد ارزیابی قرار گرفته و سطح جمع‌کننده مورد نیاز برای سرمایشی، معادل با یک تن تبرید محاسبه شده است. شدت تابش، تابع عرض جغرافیایی و شرایط محیطی از جمله میزان صافی هوا است. اطلاعات مربوط به شدت تابش برای متوسط تابش خورشیدی در یک ساعت در یکی از روزهای ماه مرداد از سازمان هواشناسی و دمای خشک و مرطوب هر شهر از دستورالعمل انتخاب شرایط محیط بیرون برای استفاده در طراحی سیستم‌های حرارتی و تهویه مطبوع برای شهرهای ایران چاپ شده به وسیله مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن [۲] استخراج شده‌اند.

در حقیقت آنچه که در این تحقیق از راه شبیه‌سازی به دست آمد میزان سطح جذب‌کننده و کارایی چرخه برای شرایط مشخص آب و هوایی شهرهای ایران است. شکل (۳) شماتیکی از الگوریتم استفاده شده در شبیه‌سازی، ورودی‌ها و خروجی‌های نهایی است.



شکل (۳): الگوریتم حل

۵- نتیجه

برای بررسی درستی شبیه‌سازی انجام گرفته، مقایسه‌ای بین نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی با نتایج مقاله‌های معتبری که در شرایط یکسان به دست آمده‌اند، صورت گرفته است. با توجه به اینکه از چرخه دو اثره آب - آمونیاک نتایج مرتبگی در دست نبود، ابتدا شبیه‌سازی برای چرخه یک اثره صورت گرفت. سپس نتایج با نتایج به دست آمده به وسیله کولونا و گابریلی [۱۲] مقایسه شده و در شکل (۴) آمده است.

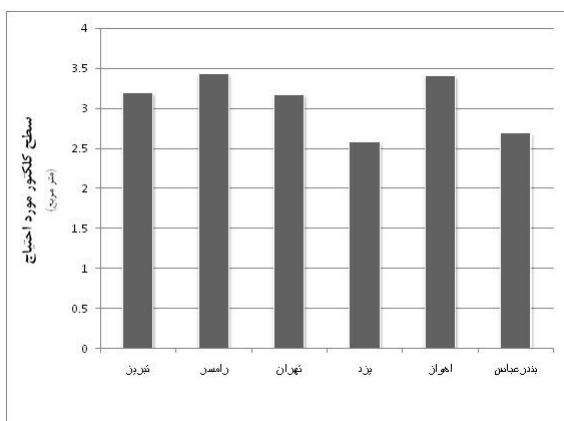
برای یک تن تبرید سرمایش، مقدار سطح جمع‌کننده مورد نیاز برای هر یک از شهرها به دست آمده است. نتایج در جدول (۲) آمده است.

جدول (۲): مقایسه کارکرد چرخه سرمایش جذبی خورشیدی دواثره برای شهرهای ایران

شهر	عرض جغرافیایی		میزان تابش (کیلو وات بر متر مربع)	دمای خشک (درجه سانتیگراد)	دمای مرطوب (درجه سانتیگراد)	رطوبت نسبی (درصد)	COP	سطح کلکتور (متر مربع)	گرمای دفع شده از کندانسور (کیلو وات)	دبی جرمی هوا در کندانسور (کیلوگرم بر ثانیه)
	درجه	دقیقه								
تبریز	۳۸	۵	۲/۰۵۹	۳۶	۲۰/۳	۲۲/۸۶	۰/۷۵۷	۳/۱۹۲	۳/۵۴۲	۰/۰۶۵۳
رامسر	۳۶	۵۴	۱/۶۳۳	۳۰/۲	۲۶/۴	۷۴/۴۲	۰/۸۷۵	۳/۴۳۳	۳/۵۱۷	۰/۰۲۱۵
تهران	۳۵	۴۲	۲/۲۳۴	۳۸/۵	۲۲/۵	۲۴/۷۳	۰/۷۱۷	۳/۱۳۷	۳/۵۴۱	۰/۰۶۲۸
یزد	۳۱	۵۴	۲/۸۷۲	۴۱/۳	۲۱/۹	۱۷/۲۶	۰/۶۶۹	۲/۵۸۴	۳/۵۵۳	۰/۰۷۲۱
اهواز	۳۱	۲۰	۲/۶۶۰	۴۷/۹	۲۹/۷	۳۶/۹۵	۰/۵۴۴	۳/۴۰۳	۳/۴۹۹	۰/۰۴۴۵
بندر عباس	۲۷	۱۳	۲/۸۱۸	۴۱/۸	۳۱/۶	۴۹/۱۷	۰/۶۶۰	۲/۶۶۸	۳/۵۴۹	۰/۰۳۰۱

۵-۲- میزان جمع‌کننده مورد نیاز برای هر یک از شهرها

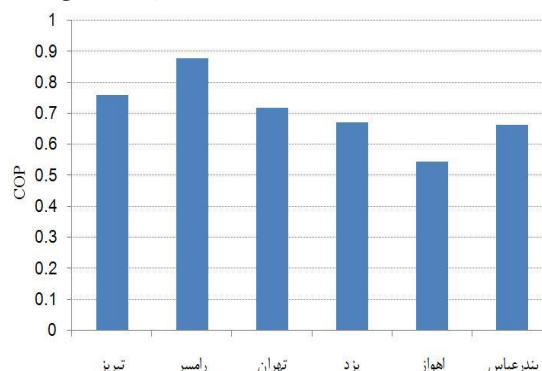
شکل (۷) میزان سطح مورد نیاز جمع‌کننده برای هر یک از شهرها را نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود کمترین سطح جمع‌کننده مربوط به شهر یزد است که بیش‌ترین تابش خورشید را دارد. شهری مانند بندرعباس که تابش بالایی دارد، در مقایسه با سایر شهرها به سطح جمع‌کننده کمتری نیاز دارد. با توجه به نمودار، شهر اهواز با اینکه نسبت به تبریز از تابش خورشیدی بالاتری برخوردار است، اما به دلیل ضریب عملکرد پایین‌تر به سطح جمع‌کننده بالاتری نیاز دارد. با توجه به پایین بودن ساعات آفتابی و شدت تابش خورشید در شمال ایران، در مقایسه با سایر شهرها، سطح جمع‌کننده زیادی برای شهرهای شمالی مورد نیاز است.



شکل (۷): سطح جمع‌کننده مورد نیاز برای یک تن تبرید شهرهای ایران

۵-۱- ضریب عملکرد چرخه برای هر یک از شهرها

یکی از عوامل مهم برای ارزیابی عملکرد یک چرخه ضریب عملکرد آن است. در شکل (۶) نمودار ستونی ضریب عملکرد به دست آمده از شبیه‌سازی برای شهرهای منتخب دیده می‌شود.



شکل (۶): نمودار ضریب عملکرد برای شهرهای مختلف ایران

همان‌طور که مشاهده می‌شود ضریب عملکرد با توجه به ثابت فرض شدن دمای ژنراتور، که فرض موجهی است و با تنظیم پمپ نصب شده در جمع‌کننده به دست می‌آید که فقط تابع دمای کندانسور است؛ بنابراین بیش‌ترین ضریب عملکرد مربوط به رامسر است که پایین‌ترین دمای خشک را دارد. به همین نسبت پایین‌ترین ضریب عملکرد مربوط به شهر اهواز است که بالاترین دمای خشک را دارد. اما باید توجه داشت که اگرچه در شهرهای جنوبی و مرکزی به واسطه دمای خشک بالاتر ضریب عملکرد چرخه پیشنهادی پایین‌تر است، اما به دلیل مجانی بودن انرژی خورشید و بالا بودن میزان تابش، به همان نسبت انرژی ورودی و سرمایش بیش‌تری تولید خواهد شد.

۶- جمع‌بندی

بالا بودن دمای کندانسور کارایی پایین است اما به دلیل تابش بالای خورشید، سطح جمع‌کننده کمتری لازم است. بنابراین با توجه به رایگان بودن انرژی ورودی خورشید، اگرچه مقدار ضریب عملکرد برای این شهرها پایین است اما به دلیل کم بودن سطح جمع‌کننده، هزینه اولیه کمتر و میزان بالای تابش این چرخه انتخاب مناسبی است. همچنین برای شهرهای شمالی ایران به دلیل کم بودن میزان تابش و ساعات آفتابی، بر خلاف ضریب عملکرد قابل قبول، این چرخه توصیه نمی‌شود.

در این پژوهش یک چرخه سرمایش جذبی آب - آمونیاک دواثره خورشیدی شبیه سازی شده و برای کارکرد آن طبق شرایط آب و هوایی ایران مورد استفاده قرار گرفت. دیده شد که این چرخه برای شهرهای ایران با کارایی بین ۰/۶ تا ۰/۸۵ قابل استفاده است. با توجه به اینکه برای چرخه آب - آمونیاک بیش‌تر ضریب عملکرد در محدوده ۰/۷ است، ضریب عملکرد به- دست آمده در فعالیت حاضر برای یک چرخه جذبی، کارایی بالاتری را نشان می‌دهد. برای شهرهای جنوبی، اگرچه به دلیل

۷- مراجع

- [۱] شهریار بزرگمهری و حمیدرضا لاری، بررسی سیستم‌های تهویه مطبوع خورشیدی و ارزیابی فنی و اقتصادی چیلرهای جذبی خورشیدی، سومین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، ۱۳۸۲.
- [۲] قاسم حیدری نژاد، شهرام دلفانی، "دستورالعمل انتخاب شرایط محیط بیرون جهت استفاده در طراحی سیستم‌های حرارتی و تهویه مطبوع برای شهرهای ایران"، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۶.
- [۳] Umberto Desideri, Stefania Proietti and Paolo Sdringola, "Solar-powered cooling systems: Technical and economic analysis on industrial refrigeration and air-conditioning applications", Applied Energy, 2009.
- [۴] Dong Seon Kim, Carlos Infant Ferreira, Gianloca Tanda and Pepijn Pronk, Optimization of solar ammonia-water absorption cooling system, DTU, 2002.
- [۵] Abdeen Mustafa Omer, "Energy, environment and sustainable development", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2007.
- [۶] N.A. Darwish, S.H. Al-Hashimi and A.S. Al-Mansoori, "Performance analysis and evaluation of a commercial absorption-refrigeration water-ammonia (ARWA) system", International Journal of Refrigeration, 2008.
- [۷] D.S. Kim and C.H.M. Machielsen, "Evaluation of air cooled solar absorption cooling systems", ISHPC '02, Proc. Of the Int. Sorption Heat Shanghai, China, 2002.
- [۸] V Mittal, KS Kasana and NS Thakur, "The study of solar absorption air-conditioning systems", Journal of Energy in Southern Africa, 2005.
- [۹] N. Ben Ezzine, M. Barhoumi, Kh. Mejri, S. Chemkhi and A. Bellagi, "Solar cooling with the absorption principle: First and Second Law analysis of an ammonia-water double-generator absorption chiller", Desalination, 2004.
- [۱۰] M.M. Ardehali, M. Shahrestani and Charles C. Adams, "Energy simulation of solar assisted absorption system and examination of clearness index effects on auxiliary heating", Energy Conversion and Management, 2007.
- [۱۱] Mehrdad Mazloumi, Mohammad Naghashzadegan and Kouros Javaherdeh, "Simulation of solar Lithium Bromide-Water absorption system with parabolic through collector" Energy Conversion and Management, Journal 24th, March 2008.
- [۱۲] Piero Colonna and Sandro Gabrielli, "Industrial trigeneration using ammonia-water absorption refrigeration systems (AAR)", Applied Thermal Engineering, 2002.
- [۱۳] Michael Geyer and Eckhard Lüpfer, "EUROTROUGH - Parabolic Trough Collector Developed for Cost Efficient Solar Power Generation", 11th Int'l. Symposium on Concentrating Solar Power and Chemical Energy Technologies, 2002.

۸- زیر نویس‌ها

- ^۱ Ferdinand Carre
^۲ ARKLA
^۳ Rubour
^۴ IEA
^۵ Integrated compound parabolic collectors
^۶ Aspen
^۷ Coefficient Of Performance
^۸ Cycle tempo
^۹ Rectifier
^{۱۰} Condensate pre-cooler

