



سرمایش خورشیدی

با استفاده از تکنولوژی چیلرهای جذبی امروزه در کشورهای صنعتی، سیستم‌های تهویه مطبوع جذبی که از انرژی حرارتی به منظور تأمین برودت استفاده می‌کنند به صورت گسترده‌ای به کار گرفته می‌شوند. مهم‌ترین دلایل آن عبارت‌اند از:

- ۱- حذف انرژی الکتریکی جهت ایجاد برودت، چرا که نیاز روزافزون

به استفاده از انرژی الکتریکی در مصارف متعدد مانند ماشین‌های اداری، کامپیوترهای آسانسورها، روشنایی ساختمان‌ها و مانند آن‌ها سهم بخش تأسیسات را روزبه‌روز کاهش می‌دهد، ضمن اینکه حرارت بیشتر از انرژی الکتریکی در دسترس بوده و در ایران ارزان‌تر نیز می‌باشد.

- ۲- حذف گازهای مخرب لایه ازن CRC و HCFC که در چیلرهای

که خارج از شبکه سراسری نیرو قرار دارند. همچنین انجام پروژه گازرسانی در اغلب شهرهای ایران، چیلرهای جذبی را به عنوان تنها راه فنی و اقتصادی تأمین برودت کشورمان معین می‌نماید.

آنچه که اهمیت این سیستم را در صنعت تهویه مطبوع در حد بسیار بالایی نگه داشته است و دستیابی به آن را مشکل می‌کند، تکنولوژی بسیار بالای علمی و فنی کنترل ترمودینامیکی سیکل می‌باشد نه تکنولوژی ساخت قطعات و اجزای تشکیل‌دهنده دستگاه.

از نقطه نظر ارزیابی نیز سیستم جذبی به علت عدم نیاز به کمپرسور نسبت به انواع دیگر سیستم‌های سردکننده به ارز بسیار کمتری نیاز دارد که این امر می‌تواند کاهش بسیار زیادی بر روی ارز تخصیصی فعلی دستگاه‌های برودتی بگذارد.

کمپرسوری استفاده می‌شوند و در نتیجه حفظ محیط زیست؛

۳- هزینه راهبری، بهره‌برداری، نگهداری بسیار کم تأسیسات جذبی محاسن دیگری که برای سیستم‌های جذبی می‌توان برشمرد عبارت‌اند از:

- عدم لرزش و صدا نسبت به چیلرهای کمپرسوری

- عمر طولانی‌تر به دلیل حذف قطعات متحرک فراوان

- فضای نصب کمتر

- عدم نیاز به متعلقات جنبی برق جهت بهره‌وری (کلیدهای با ظرفیت بالا و لوازم کنترل)

- ارزش افزوده بسیار بالای چیلری جذبی مخصوصاً در ظرفیت‌های پایین علاوه بر این، مساعد بودن ایران برای پروژه‌های خورشیدی در ایران مناطق فراوانی با بیش از ۳۰۰ روز آفتابی در سال وجود دارند) و خصوصاً وجود مناطق آفتاب خیز

* چیلرهای جذبی

چیلر جذبی دستگاهی است که بر اساس یکی از سیکل‌های ترمودینامیکی سرمایش جذبی ساخته می‌شود. مؤلفه‌های عمده چنین سیکل‌هایی عبارت‌اند از: ژنراتور، کندانسور (تقطیرکننده)، اواپراتور (تبخیرکننده)، ابزوربر (جذب‌کننده)، پمپ محلول و مبدل‌های حرارتی دیگر.



دو نوع چیلر جذبی که به صورت تجارتي در دسترس می‌باشند واحدهای آمونیاک - آب و واحدهای آب - لیتیوم بروماید هستند.

در چیلرهای آمونیاک - آب، گرمای حاصل به صورت گاز داغ مورد استفاده قرار می‌گیرد. دمای ورودی لازم برای ژنراتور متجاوز از است. مؤلفه‌های کندانسور ابزوربر، با هوا خنک می‌شوند و مقدار ضریب عملکرد لازم (COP) حدود - است. در چیلرهای آب لیتیوم بروماید گرمای مورد استفاده به صورت گاز داغ یا بخار داغ و دمای لازم ورودی ژنراتور حدود است.

به دلیل مشکل کریستالیزاسیون لیتیوم بروماید، مؤلفه‌های کندانسور/ ابزوربر با آب خنک می‌شوند.

* سرمایش با انرژی خورشیدی

برای تطبیق این واحدهای رایج برودتی با بهره‌برداری‌های خورشیدی حتی‌المقدور باید دمای ژنراتور کاهش یابد. این کاهش دما در حد دماهای قابل حصول توسط کلکتورهای خورشیدی است. اصلاح

استفاده مستقیم واحدهای صنعتی بزرگ آب لیتیوم بروماید از انرژی خورشیدی، با تغییرات اندک در سطوح انتقال حرارت ژنراتور و در مواردی بدون هیچ‌گونه اصلاحی امکان‌پذیر است که البته با کاهش ظرفیت واحد همراه است.

این کاهش ظرفیت تقریباً خطی است. برای مثال اگر واحد سردکننده ظرفیت سردکنندگی ۱۰۰ درصد در دمای ورودی ژنراتور داشته باشد، حدود ۵۰ درصد از ظرفیت با کاهش دمای ورودی ژنراتور به اندازه، کاهش می‌یابد؛ اما طبق گزارشات ارائه‌شده ضریب عملکرد به مقدار خیلی جزئی کاهش می‌یابد.

* عملکرد چیلر

بالاترین کارایی قابل حصول توسط یک واحد جذبی تک‌مرحله‌ای برای کاربردهای عملی در بهره‌برداری‌های خورشید قابل بررسی است.

سیستم جذبی به انجام تغییراتی در مبدل‌های حرارتی ژنراتور، غلظت مبرد-جاذب، سطح مبدل‌های حرارتی در کندانسور، ابزوربر، اوپراتور) و ظرفیت پمپ محلول نیاز دارد. در دمای ژنراتور در محدوده چیلرهای آمونیاکی بایستی خنک‌کننده‌های آبی داشته باشند. استفاده از خنک‌کننده‌های هوایی در دماهای ژنراتور امکان‌پذیر است. ضریب عملکردی حدود - قابل حصول بوده و واضح است که کلکتورهای خورشیدی باید از نوع متمرکز کننده باشند.

برای واحدهای از نوع آب لیتیوم بروماید، دمای لازم برای ژنراتور بین ۱۸۰ تا (۸۲ تا) می‌باشد و نیاز به خنک‌کننده‌های آبی است. مقدار ضریب عملکرد قابل حصول الی است و کلکتورهای خورشیدی نوع تخت و برج‌های خنک‌کن به کار گرفته می‌شوند.

صنایع (Arkla) و برج خنک کن با قیمت ۴۰۰-۵۰۰ دلار آمریکایی عرضه شده است.

همچنین این صنایع در همان سال واحدهای ۲۵ تنی را برای کاربردهای تجارتي عرضه کرده‌اند. ضریب عملکرد مربوطه در شرایط مذکور و قیمت این واحد در آن تاریخ ۱۵۲۰۰ دلار با ۳۱۰۰ دلار اضافه قیمت برج خنک کن بود.

* عملکرد سیستم

عملکرد واقعی یک چیلر جذبی زمانی که در یک سیستم سرمایش خورشیدی نصب می‌شود به طور عمده با کارایی حالت پایدارش تفاوت می‌کند. مطالعه تجربی بر روی یک خانه خورشیدی در آمریکا که با حمایت مالی دپارتمان انرژی آن کشور انجام شد آشکار کرد که کارایی سیستم‌های سرمایش خورشیدی به طور عمده با کم

در یک سیکل ایدئال (یا سیکل کارنو) مقدار ضریب عملکرد در محدوده تا ۳ است، اما برای سیکل‌های غیر ایدئال واقعی که سیال کار آمونیاک - آب یا آب - لیتیوم بروماید است، بیشترین ضریب عملکرد یک واحد جذبی تک مرحله‌ای بین ۱ و ۲ است.

* کاربردهای تجارتي

چیلرهای جذبی که برای بهره‌برداری خورشیدی بهینه شده‌اند در حال حاضر به صورت تجاری در ظرفیت‌های محدود در دسترس می‌باشند.

این واحدها شامل سیستم‌های آب - لیتیوم بروماید هستند که با آب خنک می‌شوند. برای واحدهای مسکونی کوچک سیستم با ظرفیت ۳ تن و ضریب عملکرد با دمای ورودی ژنراتور و دمای کندانسور در دسترس می‌باشد که در سال ۱۹۷۸ این واحد با قیمت ۲۸۸۸ دلار (توسط

سرمایشی مورد نیاز باشد؛ اما ظرفیت سرمایشی پایدار روزانه باید حداقل به بزرگی لازم برای رسیدن به کل بار سرمایشی روزانه باشد.

* ذخیره داخلی انرژی

سیستم‌های ذخیره انرژی در سردکننده‌های خورشیدی معمولاً به صورت یک مؤلفه خارجی برای چیلر محسوب شده‌اند. نظریه انبار انرژی خورشیدی در داخل سیکل جذبی که عبارت است از: انبار مبرد مایع، انبار محلول غلیظ و انبار محلول رقیق، دارای محاسن و معایبی است. در این نظریه زمانی که عمل سرما سازی در اواپراتور انجام می‌گیرد، بخار مبرد از اواپراتور در محلول رقیق انبارشده، جذب می‌شود و انباری از محلول غلیظ ایجاد می‌گردد که در هنگام عمل جداسازی (تابش خورشید) به ژنراتور فرستاده می‌شود. بخار مبرد پیش از انبار شدن در کندانسور تقطیر

کردن اتلافات حرارتی از سیستم ذخیره و دیگر تجهیزات خورشیدی، بهبود می‌یابد.

زمانی که بار سرمایشی مورد نیاز کم باشد، کارایی سیستم پایین می‌آید. اتلاف انرژی از ژنراتور در مدت شروع مجدد سیکل ضریب عملکرد سیستم را به مقدار زیادی کم می‌کند. استفاده از سیستم ذخیره سرما به طور عمده تعداد سیکل‌ها را کاهش می‌دهد و بنابراین کم شدن عملکرد سیستم در اثر شروع مجدد سیکل به حداقل می‌رسد. بدین ترتیب که سرمای ایجادشده توسط سیستم پیوسته قابل ذخیره و استفاده مجدد است. علاوه بر این استفاده از سیستم‌های ذخیره سرما کمک می‌کند که ظرفیت سرمایش واحد بدون اینکه عملکرد سیستم کاهش یابد، کوچک باشد. بدین ترتیب نیازی به این نیست که واحد سردکننده به اندازه حداکثر بار

می شود.

از عمده ترین محاسن ذخیره داخلی انرژی عبارت اند از:

۱- این نوع واحد سردکننده برای استفاده از انرژی خورشیدی سازگارتر است. کاهش کارایی سیستم که ناشی از تلفات شروع مجدد سیکل می باشد به طور عمده کم شده و یا حذف می شود.

۲- اندازه تجهیزات در ابعاد کوچکتر قابل ساخت است، چرا که هر مؤلفه نیازی به طراحی برای حداکثر ظرفیت خود را ندارد.

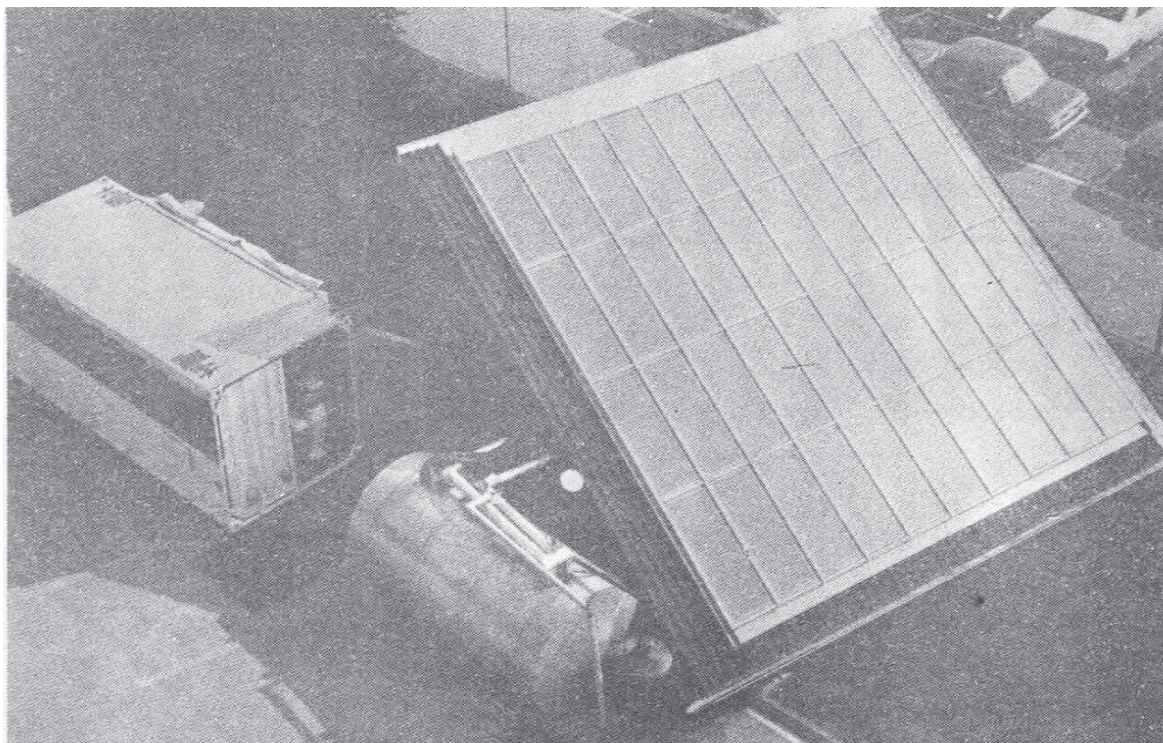
علاوه بر این حجم ذخیره کوچکتر است، چرا که انرژی انباشته از نوع نهان است.

۳- تلفات حرارتی کوچک هستند، چرا که سیستم های ذخیره در نزدیکی دمای محیط نگه داشته می شوند. ضرورت به کارگیری یک سیستم حرارتی کمکی گران قیمت را

می توان به حداقل رساند. از معایب این سیستم می توان نیاز به حجم بزرگ تر سیال های کار و نیز تجهیزات اضافی (عمدتاً مخازن ذخیره عایق بندی شده) و بنابراین افزایش قابل ملاحظه قیمت، خصوصاً برای ظرفیت های پایین و نیز نیاز به سیستم های کنترل پیچیده که سازگار با انرژی خورشیدی، شرایط محیطی و یا لوازم بار ساختمان و امثالهم می باشند را نام برد.

* محدودیت های سرد کردن با آب

همان طور که قبلاً ذکر شد اشکال عمده چیلرهای آب لیتیوم بروماید نیاز به خنک کردن با آب است. علاوه بر اینکه استفاده از برج های خنک کن قیمت اولیه سیستم را افزایش می دهد، مشکلات تعمیرات و نگهداری را بخصوص برای واحدهای مسکونی ایجاد می کند. با استفاده کردن از مخلوط لیتیوم تیوسیانات



یک سیستم آزمایشی سرمایش خورشیدی که حداکثر ۱۰kwh قدرت سردکنندگی دارد. این سیستم دارای یک چیلر جذبی آب-لیتیوم بروماید است.

نیاز به دماهای ژنراتور حدود دارد که تا حدی از دماهای قابل حصول توسط کلکتورهای تخت بزرگ‌تر است. مشکل احتمالی دیگر تجزیه و ترکیب سه‌تایی جدید ناشی از عمل کاتالیزتی در اثر وجود ناخالصی‌های فلز در سیستم می‌باشد. واحد آمونیاکی معمولاً وقتی که از

و لیتیوم بروماید (Libr / Lisent) به عنوان جاذب، امکان استفاده از چیلر جذبی هوایی فراهم می‌شود و اضافه کردن مؤلفه سوم (Liscn) به سیال کار از مشکل کریستالیزاسیون در دماهای متداول سردکننده‌های هوایی جلوگیری می‌نماید؛ اما اشکال این است که این واحد

که دمای بخار داغ یا آب داغ ورودی باید در حدود باشد. ضریب عملکرد یک نمونه چیلر آب لیتیوم بروماید دومرحله‌ای که با آب خنک می‌شود از مقدار در چیلر تک‌مرحله‌ای تا افزایش می‌یابد و برای استفاده از انرژی خورشیدی به عدد ۱ با کوچک‌تر محدود نمی‌باشد. همچنین برای استفاده از انرژی خورشید می‌توان دمای ژنراتور را تا کاهش داد که استفاده از کلکتورهای خورشیدی از نوع متمرکز کننده را نیاز دارد.

ظرفیت چیلرهای جذبی دومرحله‌ای صنعتی معمولاً در محدوده ۴۰۰ تا ۱۱۰۰ تن می‌باشد، لازم به توضیح است که در سیستم‌های دومرحله‌ای، درجه حرارت و فشار بالاتر در ژنراتور اصلی استفاده می‌شود و کندانسور اولین مرحله به عنوان ژنراتور برای دومین مرحله در فشار پایین‌تر است.

گرمای حاصله از آب گرم کلکتورهای تحت خورشیدی استفاده می‌کند نیاز به سرد کردن آبی دارد که اصلاحات زیر در این حالت قابل بررسی می‌باشند:

۱- نظریه‌های اصلاحی برای بالا بودن دمای تبخیر: افزایش سطوح انتقال حرارت و نیز افزایش توان پمپ آب سرد

۲- نظریه‌های اصلاحی برای کوچک بودن اختلاف دمای کندانسور: دو برابر کردن سطح انتقال حرارت مؤلفه‌های کندانسور ابزوربر و نیز دو برابر کردن فشار هوای سردکننده برای این مؤلفه‌ها

* محدودیت ضریب عملکرد

عموماً ضریب عملکرد یک واحد جذبی تک اثره محدود بوده و همیشه از عدد یک کمتر است. یکی از روش‌های افزایش ضریب عملکرد استفاده از چیلرهای دومرحله‌ای است

کندانسور و ابزوربر در حالتی که هوای خارج از محیط حرارت لازم برای تبخیر را ایجاد می‌کند) قابل استفاده است. امائد سرمایش، حرارتی که در کندانسور - ابزوربر ایجاد می‌شود به هوای بیرون داده شده و هوای داخل با ایجاد حرارت لازم برای تبخیر در اوپراتور خنک می‌شود.

بنابراین با نصب مبدل‌های حرارتی کندانسور ابزوربر اوپراتور در قسمت‌های مختلف ساختمان، می‌توان گرمایش و سرمایش را به طور هم‌زمان ایجاد کرد. پمپ حرارتی خورشیدی می‌تواند در حد گرمایش بدون حذف منابع دیگر باشد، بدین ترتیب که ضریب عملکرد با افزایش دمای منبع حرارت با استفاده از انرژی خورشیدی بهبود یابد. ضریب عملکرد گرمایشی سیکل حرارتی جذبی کارنو، از ضریب مربوط به عملکرد سرمایشی ۱ عدد بیشتر

این چیلرها از دو سیستم جذبی ساده تشکیل شده و دارای دو کندانسور و دو اوپراتور و دو جذب‌کننده می‌باشند برج خنک‌کن در خارج ساختمان نصب شده و برای خنک کردن کندانسور دومی و دو جذب‌کننده اولیه و ثانویه، آب سرد تهیه می‌کند.

* پمپ حرارتی جذبی

از آنجا که بخش عمده قیمت یک سردکننده خورشیدی، قیمت کلکتورهای خورشیدی است، استفاده از پمپ حرارتی جذبی که برای سرمایش در تابستان و گرمایش در زمستان به کار گرفته می‌شود کلید موفقیت اقتصادی سیستم‌های تهویه مطبوع خورشیدی است. پمپ حرارتی می‌تواند سرما و گرما و یا حتی ترکیب هر دو را به صورت هم‌زمان ایجاد نماید. به این ترتیب که شد گرمایش ایجاد شده در مؤلفه‌های

نیاز دارد. کار تحقیقاتی در آمریکا بر روی بهینه‌سازی سیستم‌های جذبی خورشیدی برای مقیاس‌های خانگی از سال ۱۹۷۶ به صورت جدی آغاز شده است. به این ترتیب که کار بر روی تجزیه و تحلیل طراحی‌های پیشرفته چیلرهای جذبی در مصارف خانگی به عهده انستیتوی تحقیقاتی جنوبی و JGT و پیشبرد چیلرهای جذبی خانگی برای استفاده در سیستم سرمایش و گرمایش خورشیدی به شرکت CARRIER محول شده است.

* اهداف تحقیقات بر روی

سردکننده های خورشیدی

فعالیت‌های تحقیقاتی بر روی چیلرهای جذبی برای سازگاری بهتر در استفاده از انرژی خورشیدی با هدف‌های بهبود ضریب عملکرد (COP)، کاهش قیمت اولیه و افزایش

است که این برای سیکل‌های غیر ایدئال آمونیاکی با آب لیتیوم بروماید صادق است. برای مثال برای یک مورد واحد جذبی آمونیاکی با ظرفیت برودتی ۳ تن و ضریب عملکرد سرمایشی ۰/۷، ضریب عملکرد گرمایشی حدود ۱/۷ ظرفیت حرارتی پمپ حرارتی جذبی حدود ۱۰۰۰۰۰ Btu/h قابل انتظار است. برای سیال‌های کار در پمپ‌های حرارتی جذبی شرایط ویژه‌ای لازم است، مانند عدم مشکل یخ‌زدگی که ترکیب آمونیاک - آب از این نظر مناسب است. ولی این مشکل در ترکیب آب لیتیوم بروماید وجود دارد و یا طبیعت سمی آمونیاک که اجازه تبادل حرارت مستقیم بین میرد و هوای داخل محیط را نمی‌دهد، بنابراین به حلقه تبادل حرارت اضافی در ابزوربر، کندانسور و اواپراتور هر یک به صورت جداگانه

حال کار R & D بر روی تکنولوژی سیستم با کار روی شکل سیستم، عملیات زیر سیستمها، سیستمهای کنترل، تجهیزات مصرف کننده قدرت، با شبیه سازی کامپیوتری همراه بوده است. در هر صورت اعتقاد بر این است که تکنولوژی جذبی بهترین شیوه برای استفاده از انرژی حرارت خورشیدی در سرمایش است.

اطمینان سیستم بوده است. کاربر روی ظرفیت های کوچک خانگی با هدف توسعه واحدهایی که با سیستم هوایی خنک می شوند و یافتن جفت های بهتر مبرد-جاذب بوده و کار بر روی واحدهای جذبی بزرگ تر برای مصارف خانگی بزرگ (واحدهای مسکونی بیشتر از یک خانوار)، مصارف تجاری، کشاورزی و صنعتی نیز با کار روی ظرفیت های ۲۵-۱۶۰۰ تن آغاز شده است. به هر

