

چیلر های جذبی

محمد صفاریان، مجتبی صداقت

۱. مقدمه

تهویه مطبوع یعنی به مجموعه عملیاتی روی هوا اطلاق می گردد تا بتوان شرایط هوای محل مورد نظر را برای زیستن، کار کردن و یا عملیات صنعتی معین، راحت و بهداشتی کرد و به حد مطلوب برسانیم. تهویه مطبوع باعث می شود شرایط هوا طبق روش خاصی بصورت اتوماتیک ثابت بماند و یا تغییر کند. تهویه مطبوع یا هوارسانی دلیپذیر یا هوایش دلیپذیر شاخه ای از مهندسی مکانیک است. وظیفه آن تأمین شرایطی است که موجب رفاه انسان شود و برای نگهداری محصول یا فرایند خاصی مورد نیاز باشد. برای انجام چنین عملی دستگاهی با ظرفیت مناسب بایستی نصب و در طی سال کنترل گردد. ظرفیت دستگاه با حداکثر بار لحظه ای واقعی تعیین می گردد و نوع کنترل نیز با توجه به شرایطی که باید در طی مدت اعمال پیک بار و بار جزئی تأمین شود، مشخص می شود. یکی از سیستم های رایج جهت تهویه مطبوع، سیستم چیلر جذبی است. این سیستم به وسیله سیال عامل آب دما و رطوبت محیط را به دمای مطلوب می رساند.

کلمات کلیدی: تهویه مطبوع-چیلر جذبی

۱-تهویه مطبوع

تهویه مطبوع به سیستمی گفته می شود که بتواند سه فاکتور، رطوبت، دما و سرعت جریان هوا را کنترل کند. به صورت کلی تمام سیستم های تهویه مطبوع بر یک سیال استوارند که گرما و سرما را به محل مورد نظر منتقل می کنند. بر اساس نوع سیال می توان سیستم های تهویه مطبوع را به سه دسته تقسیم کرد.

- سیستم تهویه مطبوع تمام آب
- سیستم های تمام هوا
- سیستم تهویه مطبوع آب و هوا – آب

۱-۱-سیستم های تهویه مطبوع تمام آب

این سیستم ها نمی توانند میزان رطوبت هوا را تغییر دهند اما به لحاظ حجم کم تأسیسات و همچنین هزینه کم راه اندازی و نگهداری بر سایر سیستمها مزیت دارد.

در این سیستم سیال ناقل حرارت و برودت آب می باشد. آب در موتورخانه در دستگاه های حرارتی مانند دیگ بخار یا دیگ آبگرم، گرم می شوند و برای گرمایش ساختمان در فصول سرد مورد استفاده قرار می گیرد. برای فصول گرم مثل تابستان در موتورخانه از چیلر یا آبسرد کن برای تهیه آب سرد استفاده می شود و برای سرمایش ساختمان از این آب سرد استفاده می گردد. آبگرم و آبسرد تهیه شده به داخل کویل های مبدل حرارتی اتاق ها (مثل فن کویل) ارسال می شود. بادبزن یا فن متعلق به این دستگاه هوا را از روی کویل عبور داده و باعث گرمایش یا سرمایش اتاق های داخلی ساختمان می گردد.

۲-۱- سیستم های تهویه مطبوع تمام هوا

تنها سیستمی که می تواند یک سیستم تهویه مطبوع کامل را فراهم کند. مهمترین ایراد این سیستم ها حجم زیاد تجهیزات و کانال های انتقال هوا می باشد.

در این سیستم نیز در موتورخانه دستگاه های تهیه آبسرد (چیلر) و آبگرم (دیگ آبگرم) با تجهیزات مربوطه فعالیت می کنند و برای تهیه و ارسال هوای گرم یا سرد از دستگاه هایی بنام هواساز مرکزی (A.H.U) استفاده می شود. دستگاه هواساز دور از موتورخانه و در محلی نزدیکتر به فضای تهویه شونده در اتاقکی نصب می شود. سیال ناقل حرارت و برودت به داخل کویل دستگاه هواساز پمپ می شود و هوایی که توسط فن با سرعت از روی این کویل عبور می کند سرد یا گرم شده و بوسیله کانال های هوای سقفی بدخل فضاهای تهویه شونده توزیع می شود. توضیح اینکه هوای عبوری از روی کویل تصفیه فیزیکی شده و رطوبت زنی یا رطوبت گیری می شود و بعد به داخل فضاها ارسال می شود.

۳-۱- سیستم تهویه مطبوع هوا-آب

این سیستمها مزیتها و معایب هر دو سیستم قبل را خواهند داشت و معمولاً در این سیستمها گرمایش بوسیله آب و سرمایش بوسیله هوا صورت می گیرد. لازم است ذکر شود که گرمایش با آب معمولاً به دو صورت امکان پذیر است. گرمایش با آب گرم که با دمای ۷۰ تا ۹۰ درجه کار می کند و گرمایش با آب داغ که در این سیستم با تحت فشار قرار دادن کل سیستم، دمای آب را تا حدود ۱۸۰ درجه یا بالاتر افزایش می دهند. گرمایش با آب داغ معمولاً در ساختمانهای عظیم یا جاهایی که در اثر افزایش مسیر لوله کشی در آب افت حرارت ایجاد می شود، مورد استفاده قرار می گیرد.

۴-۱- سیستم هواشوی

نحوه عملکرد دستگاه ابروآشردین صورت است که آب شهری توسط یک پمپ به سیستم لوله کشی و توزیع آب دستگاه ابروآشردین منتقل می کنند و سپس توسط نازل های تعبیه شده در ابروآشردین آب با فشار بالا و بصورت پودر بر روی تشک انتهایی دستگاه پاشیده می شود. این عمل به افزایش انتقال حرارت بین آب و هوا کمک کرده و باعث می شود به کمک فن سانتریفوژی که در جلوی ابروآشردین قرار دارد هوای خنک و مرطوب به وسیله ابروآشردین ایجاد شود.

۵-۱- آسایش حرارتی

یکی از مهم ترین موارد در طراحی خوب ساختمان، تأمین آسایش حرارتی است. آسایش حرارتی حالتی است که فرد برای تغییر شرایط حرارتی محیط هیچ اقدام رفتاری را انجام ندهد.

در تعریف استاندارد اشری (استاندارد ۵۵): آسایش حرارتی شرایطی ذهنی است که احساس رضایت از شرایط حرارتی محیط را بیان می‌کند.

حفظ این استاندارد آسایش حرارتی برای ساکنان ساختمان، یکی از اهداف مهم مهندسان طرح HVAC (تکنولوژی‌های مربوط به گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع) می‌باشد.

خنثی بودن حرارتی هنگامی حفظ می‌شود که گرمای تولید شده توسط متابولیسم انسانی اجازهٔ پراکنده شدن داشته باشند تا به این صورت تعادل حرارتی محیط اطراف حفظ شود. فاکتورهای اصلی که بر آسایش حرارتی تأثیر می‌گذارند آنهایی هستند که اتلاف و کسب گرما را تعیین می‌کنند، از جمله سرعت متابولیک، عایق کردن لباس‌ها، دمای هوا، دمای تابشی میانگین، سرعت هوا و رطوبت نسبی. پارامترهای روانشناسی از قبیل توقعات فردی نیز بر آسایش حرارتی تأثیر می‌گذارند.

۲- چیلر جذبی

۲-۱- مقدمه

تهویه مطبوع با استفاده از چیلر جذبی یکی از بهترین و در عین حال مطمئن و با دوام ترین نوع در بین دستگاههای تهویه مطبوع کلاسیک است .

این سیستم با وجود امتیازات زیاد بعلت گرانی قیمت اولیه با وجود مخارج راهبری ارزان آن پس از نصب سالها برای ساختمانهای بزرگ و لوکس از جمله ساختمانهای دولتی و هتلها و سینماها مورد استفاده قرار می گرفت . گرانی قیمت اولیه دستگاههای تهویه جذبی قدیمی بیشتر به خاطر احتیاج به مولد بخار بود که بتواند انرژی مورد نیاز برای تولید برودت را تامین کند و این گرانی برای دستگاههای بزرگ با ظرفیت کم مقرون به صرفه نبود تا اینکه در چند سال اخیر ابتدا در امریکا، سپس در ژاپن ، نتیجه تحقیقات متخصصان منجر به استفاده مستقیم از سوخت برای تولید برودت و حذف کامل مولد بخار شد . توجه به این امر که در ایران مشتقات نفتی ارزاتر از انرژی برق است و با علم به اینکه پروژه گازرسانی در تمام شهرهای ایران انجام می گیرد، با استفاده از سوخت ارزان (گاز یا گازوئیل) ، سیستم چیلر جذبی مقرون به صرفه خواهد بود. چیلرهای جذبی امروزه در مدلهای مختلف با ظرفیت کم و زیاد و راه بری اتوماتیک و نیمه اتوماتیک ساخته می شود.

۲-۲- اصول کار چیلر جذبی

در چیلرهای جذبی مایع مبرد آب است برای آب گرمای نهان تبخیر در ۱۰۰ درجه سانتیگراد برابر ۵۲۵ کیلوکالری بر کیلوگرم است . دمای جوش آب را می توان پایین آورد اگر فشار در سطح آب را پایین بیاوریم ، مثلا اگر فشار مطلق آب ۰٫۵ اتمسفر صنعتی باشد ، دمای جوش ۸۱ درجه سانتیگراد و در یکصدم اتمسفر، آب در ۴٫۵ درجه سانتیگراد می جوشد . به عکس هر چه فشار بیشتر شود ، درجه حرارت جوش نیز زیادتیر می شود، مثلا اگر فشار به ۳٫۵ اتمسفر برسد، آب در ۱۴۷ درجه سانتیگراد می جوشد . در چیلرهای جذبی مایع دیگری نیز به عنوان ابزور بر (جذب کننده) برای جذب بخارهای آب وجود دارد که بیشتر از محل لیتیم برماید برای این منظور استفاده می شود. زیرا این محلول دارای قدرت جذب بخار آب زیاد است و سمی و قابل انفجار نیست و همچنین ایجاد ترکیبات مضر نمی کند .

برای درک بهتر کار این نوع چیلرها مراحل مختلف تشریح می شود :

اگر دو ظرف داشته باشیم که در یکی آب و در دیگری محلول لیتیم برماید باشد و فرض کنیم که هوا بوسیله پمپ خلاء هوا از این ظروف تخلیه شده باشد ، ظرفی که آب در آن است تبخیر کننده (اوپراتور) و ظرفی که در آن لیتیم برماید است ابزوربر می رود و به وسیله محلول لیتیم برماید جذب می شود.

از طرفی در نتیجه ی تبخیر قسمتی از آب در اواپراتور ، درجه حرارت آب باقی مانده کاهش می یابد برای اینکه از سرمای حاصله در اواپراتور استفاده شود ، یک کویل که در آن جریان دارد. آب وارد کویل می شود و پس از طرف دیگر خارج می شود . آب سرد شده برای خنک کردن ساختمان موردنظر به کار می رود .

حال برای بهتر کردن کیفیت کار وراندمان سیستم ، دو پمپ به شرح زیر اضافه می کنیم :
پمپ مایع مبرد : این پمپ آب را روی کویل می ریزد و شدت تبخیر آب را زیاد می کند .
پمپ ابزوربر : این پمپ محلول لیتیم بروماید را به صورت اسپری در ابزوربر می پاشد و در نتیجه قدرت جذب آنرا بالا می برد .

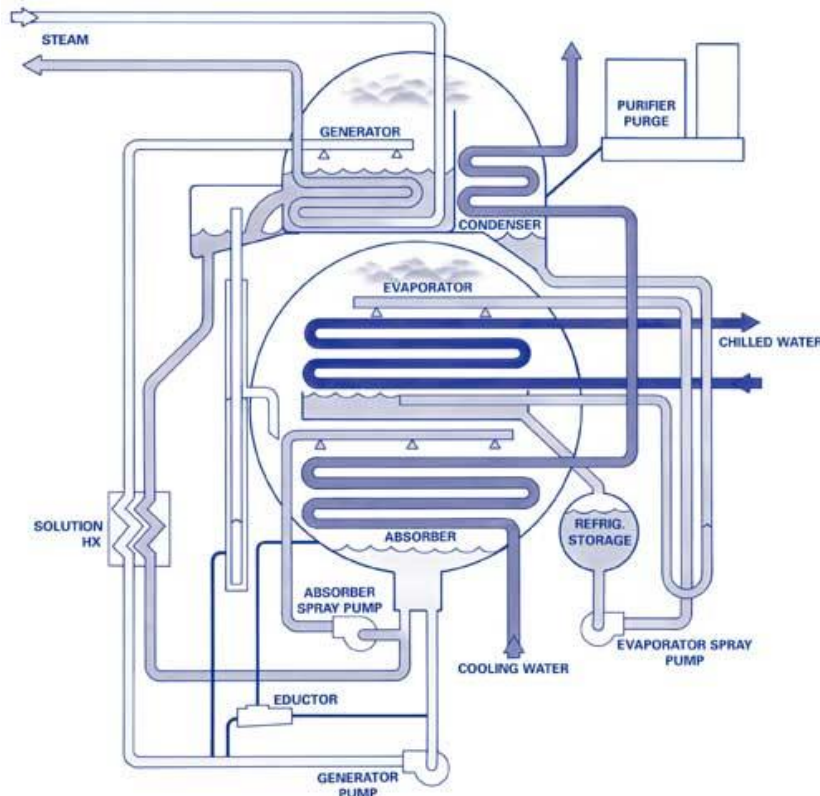
اضافه کردن این دو پمپ ، راندمان سیستم را بالا می برد، اما دو اشکال اساسی باقی می ماند :
یکی این که محلول لیتیم بروماید مرتبا بخار آب را جذب می کند و رقیق می شود در نتیجه قدرت جذب کنندگی خود را از دست میدهد . برای رفع این مشکل، به سیستم یک ژنراتور و یک پمپ اضافه می کنیم و محلول لیتیم بروماید به وسیله این پمپ به ژنراتور می رود و به وسیله بخار حرارت داده می شود و در اثر حرارت، آبی را که جذب کرده است ، به صورت بخار خارج می شود و محلول مجددا غلیظ میشود و به ابزوربر بر می گردد .

برای رفع مشکل دوم ، به سیستم اخیر یک کندانسور (تقطیر کننده) اضافه می کنیم تا بخار آبی که از ژنراتور خارج می شود به کندانسور برود و به مایع تبدیل شود و دوباره به اواپراتور بر گردد و در نتیجه یک مدار بسته تشکیل می شود. حال برای تکمیل سیستم و بالا بردن راندمان کار ، یک مبدل حرارتی بین ژنراتور و ابزوربر قرار می دهیم تا از یکطرف محلول رقیقی را که از ابزوربر به ژنراتور می رود، گرم کند و از طرف دیگر محلول غلیظی را که از ژنراتور به ابزوربر بر می گردد ، خنک کند .

با توجه به این که هر چه درجه حرارت محلول لیتیم بروماید پایین تر باشد، می تواند آب بیشتری جذب کند، بنابراین برای خارج کردن گرمای حال از انحلال در ابزوربر و بالا بردن قدرت جذب لیتیم بروماید ، یک کویل در ابزوربر قرار می دهیم که داخل آن آب سرد (از برج خنک کننده) جریان یابد .

در بعضی از مدل ها پمپ ابزوربر را حذف می کنند و جریان محلول در اثر اختلاف فشار انجام می گیرد.
نکته قابل ذکر این است که محلول حاصل در ژنراتور، تحت نیروی جاذبه و اختلاف فشار، از مبدل حرارتی عبور می کند (به وسیله محلول رقیق سرد می شود) و به وسیله یک ادوکتور (که نوعی مخلوط کن است) با محلول رقیق مخلوط می شود محلول مخلوط را تشکیل میدهد و این مخلوط به افشانک های ابزوربر می رود.

فشار مطلق کندانسور و ژنراتور تقریبا مساوی و برابر یک دهم اتمسفر است که معمولا در یک پوسته قرار می گیرند و فشار اواپراتور و ابزوربر حدود یک صدم اتمسفر است و در یک پوسته قرار داده می شود با توجه به فشار موجود در اواپراتور ، آب در ۴,۵ درجه سانتیگراد می جوشد و در نتیجه درجه حرارت آب سرد تا حدود ۷ درجه سانتیگراد می رسد .



شکل شماره ۱- شمای کلی سیکل چیلر

۲-۳ شرح اجزای اصلی و فرعی چیلر جذبی

در سیستم جذبی چهار سطح تبادل حرارتی وجود دارد که عبارتند از :

- ۱- اواپراتور یا تبخیر کننده .
- ۲- ایزوربر یا جذب کننده .
- ۳- کندانسور یا تقطیر کننده .
- ۴- ژنراتور یا تولید کننده

در اواپراتور آب سرد کننده ساختمان در داخل لوله ها جریان می یابد و مایع مبرد (آبی که تحت فشار کم قرار دارد) به وسیله افشانکها روی این لوله ها پاشیده می شود و مایع مبرد پس از تبخیر شدن آب داخل لوله را سردتر می کند . در ایزوربر (جذب کننده) محلول لیتیم برماید بوسیله افشانکها پاشیده می شود و بخار مایع مبرد که از اواپراتور بیرون می آید، بوسیله محلول جذب و محلول رقیق در کف آن جمع می شود . برای کمک به عمل جذب، آب رچ خنک کننده از بین لوله هایی که در قسمت ایزوربر قرار گرفته است ، عبور می کند تا حرارت حاصل از انحلال را بگیرد . اواپراتور و جذب کننده در یک پوسته (استوانه) که فشار مطلق داخلی آن حدود یکصدم اتمسفر (۶ میلی متر ستون جیوه) است قرار دارند . همین طور ژنراتور و کندانسور در یک پوسته که دارای فشار مطلق حدود هفتاد میلی متر ستون جیوه (۰٫۱) اتمسفر است ، قرار می گیرند . محلول رقیق که از ایزوربر می آید ، در ژنراتور روی لوله ها، محلول می جوشد و بخار می شود . به عبارت دیگر در اثر جوشیدن ، بخار مایع مبرد آزاد می شود و محلول لیتیم برماید غلیظ بدست می آید که به ایزوربر بر می گردد و بخار آب (سیال مبرد) به کندانسور می رود و تقطیر می شود و مایع مبرد حاصل در تشتک کندانسور جمع می شود و تحت نیروی جاذبه و اختلاف فشار به اواپراتور بر می گردد و بدین ترتیب سیکل تکمیل می شود.

۲-۳-۱ مبدل حرارتی

مبدل حرارتی عبارت است از یک کویل که زیر استوانه زیرین واقع شده است تا راندمان سیستم را به وسیله انتقال حرارت از محلول غلیظ گرم به محلول رقیق به نسبت سرد افزایش دهد. این مبدل، هم به ژنراتور در گرم کردن محلول رقیق و هم به ابزوربر در سرد کردن محلول غلیظ کمک می کند.

۲-۳-۲ پمپ محلول

دستگاه جذبی، یک یا دو پمپ محلول با توجه به ظرفیت دستگاه دارد که در زیر استوانه قرار می گیرد، در مدل هایی که در دو پمپ دارند، یکی از آنها ژنراتور نامیده می شود و کار آن ارسال محلول رقیق به ژنراتور است و دومی پمپ ابزوربر نامیده می شود که محلول مخلوط (رقیق و غلیظ) را به افشانک های ابزوربر می فرستد.

۳-۳-۳ پمپ مایع مبرد

این پمپ زیر استوانه زیرین قرار گرفته است و کار آن انتقال مایع مبرد به افشانک های اوپراتور است. قسمتی از مایع مبرد بطور مرتب به وسیله پمپ مایع مبرد در سیستم به چرخش در می آید، ظرفیت سیستم به وسیله کنترل بخار یا آب داغ کنترل می شود و مقدار بخار یا آب داغ را مناسب با ظرفیت لازم به ژنراتور می فرستد دو عاملی که در کنترل سیستم باید در نظر گرفت عبارتند از:

الف - کنترل بخار یا آب داغ که عامل اصلی کنترل ظرفیت است.

ب - درجه حرارت آب برج خنک کن

یک سنسور دمای آب سرد خروجی را اندازه گیری می کند و به کنترلر آب سرد CWC گزارش می دهد کنترلر با توجه به گزارشی (سیگنالی) که از سنسور CWS گرفته است، فشار هوای روی شیر بخار و در نتیجه مقدار باز بودن آن را تغییر می دهد. بدین ترتیب که اگر درجه حرارت آب سرد خروجی کم باشد، هوا با فشار کمتری روی شیر بخار (یا آب داغ) فرستاده می شود و آن را بیشتر می بندد. بخار یا آب داغ هر چه بیشتر عبور کند سبب می شود مایع بیشتری از محلول جدا شود و محلول غلیظ تر شود و در نتیجه ظرفیت سیستم افزایش یابد و به عکس.

اگر درجه حرارت آب برج پایین باشد، از یک طرف بخار بیشتری را تبدیل به مایع می کند و در نتیجه اجازه می دهد ژنراتور خیلی آسانتر عمل کند و از طرف دیگر قدرت جذب را افزایش می دهد و در هر دو حال سبب افزایش ظرفیت دستگاه می شود.

باید توجه داشت که کاهش حرارت آب کندانسور سبب افزایش فعالیت ژنراتور می شود، بنابراین وقتی حرارت کندانسور کم است نباید از دستگاه به صورت تمام بار استفاده کرد. جدول زیر برای بعضی از مدلها محدودیت ظرفیت را نشان می دهد:

در اثر تغییرات بار، حرارت مرطوب هوای خروجی به اندازه برج خنک کن، ممکن است بار دستگاه از مقادیر فوق تجاوز کند، در این حالت ترموستات بادبزنج برج خنک کن باید در وضعیتی قرار گیرد که ظرفیت برج را آنچنانکه خواسته شده است، میزان کند.

برای ماکزیمم استفاده از نظر اقتصادی باید ترموستات بادرسان برج ترتیبی میزان شود که بهترین درجه حرارت آب ممکن را بدهد، بدون اینکه از این حدود پایینتر رود.

۲-۳-۴ کنترل کننده آب سرد CWC

این یک کنترل کننده هوایی است همراه با یک کندانسور درجه حرارت آب سرد CWC بکار می رود. سنسور CWC روی لوله آب سرد خروجی از ابزوربشن نصب گردیده و درجه حرارت آن را اندازه گرفته و یک سیگنال به کنترل کننده CWC می فرستند.

فشار هوای ورودی به کنترل کننده CWC بین ۲ تا ۲۲ پوند می باشد و فشار هوای خروجی از آن بستگی به سیگنالی دارد که از سنسور CWC دریافت بکند و بین ۳ تا ۱۳ پوند تغییر می کند. این هوای خروجی از یک طرف روی شیر بخار یا آب داغ می رود تا مقدار بخار یا آب داغ ورودی به ژنراتور را کنترل کند و از طرف دیگر به رله معکوس کنترل معکوس (SCRR) می رود .

۲-۳-۵ رله معکوس کننده محلول SCRR

این کنترل هوایی است و بعضی وقت ها بکار می رود (اختیاری است) فشار هوای ورودی به آن بین ۲۰ تا ۲۲ پوند می باشد . فشار خروجی از آن بستگی به سیگنالی دارد که از کنترل کننده CWC دریافت می کند . کار این دستگاه معکوس کردن سیگنال است بدین ترتیب که فشار هوای خروجی از کنترل کننده CWC هوای خروجی از این کنترل کننده برابر است با ۱۵ پوند منهای فشار هوای خروجی از کنترل کننده CWC هوای خروجی از این کنترل کننده به شیرهای بای پاس محلول SCVM می رود و مقدار محلول رقیق ورودی به ژنراتور را کنترل می کند و یا به عبارتی وقتی بار زیاد باشد محلول رقیق بیشتری به ژنراتور می رود.

۲-۳-۶ سرریز مایع مبرد

سرریز مایع مبرد نزدیک صفحه لوله ها به ترتیبی قرار گرفته است که از شیشه آب نمای اواپراتور دیده می شود . وقتی بار صد در صد باشد ، مایع مبرد شروع به سرریز می کند . بنابراین برای شارژ سیستم با مایع مبرد وسیله ای خوب به شمار می رود بدین ترتیب که وقتی صد در صد است، به سیستم مایع مبرد اضافه کنید تا لگن او سرریز پر شود.

۲-۳-۷ سطح محلول

یک شیشه آب نمای بزرگ نزدیک ته استوانه ایزوربر برای دیدن سطح مایع رقیق شده در ایزوربر نصب شده است . هنگامی که سیستم با حداکثر بار کار می کند ، سطح محلول در پایین ترین قسمت است، چون ماکزیمم مقدار مایع مبرد در مدار مایع مبرد است ، در این شرایط سطح محلول درست در پایین ترین نقطه آب نما دیده می شود . همینطور که بار کاهش می یابد مایع مبرد کم تری از محلول خارج می شود و سطح محلول در ایزوربر افزایش می یابد تا اینکه در بار خیلی کم سطح محلول در ایزوربر به ماکزیمم مقدارش می رسد (نزدیک بالاترین نقطه آب نما)

۲-۳-۸ کلید الکتریکی هوایی 1 PE , 2 PE

این دو کلید کنتاکتهای خود را با تغییر فشار می بندد یا باز می کنند شاخه هوایی این دو کلید که از کنترل CWC به شیر کنترل می رود تغذیه می شود.

این کنتاکتهای کلی 1PE روی افت فشار هوا تا ۳ پوند باز می شود و دستگاه را خاموش می کند و در افزایش فشار تا ۸ پوند واحد را دوباره راه می اندازد . این کلید برای این است که وقتی بار خیلی کم است یا بار نداریم دستگاه را خاموش کند .

کنتاکتهای 2PE در افزایش فشار ۱۴ پوند باز می شود و شیر سلونوئید 4SOL را قطع می کند و در افت فشار تا ۱۲ پوند بست می شود و شیر سلونوئید 4SOL را باز می کند تا مقداری محلول به مدار مایع خنک کننده برود که در این صورت چراغ 4L روشن می شود .

۲-۳-۹ شیر فشار شکن 2PRV , 3PRV

این دو شیر در مسیر هوای کنترل و بین کنترل CWC و شیر کنترل بخار یا آب داغ قرار دارند . گردش دستگیره آنها در جهت عقربه های ساعت شیر را باز می کند و گردش در خلاف جهت عقربه های ساعت شیر بسته می شود هوا با فشار کمتری به شیر کنترل بخار یا آب داغ برود و مقدار باز شدن آنرا محدود کند این شیر همراه با سلونوئید 6SOL بکار می رود .

این سلونوئید بوسیله ترموستات 8TH تحریک می شود اگر درجه حرارت برج از ۷۷ درجه فارنهایت بیشتر شود مسیر هوا را از 2PRV و اگر از ۷۵ درجه فارنهایت کمتر شود مسیر آن را از 3PRV ممکن می سازد .

فرق این دو شیر این است که شیر 3PRV فشار را بیشتر کاهش می دهد و در نتیجه وقتی درجه حرارت آب برج خنک کن از ۷۵ درجه فارنهایت کمتر باشد هوا با فشار کمتری روی شیر بخار می فرستد و آنرا کمتر باز می کند .

۲-۳-۱۰ استارت تر اتوماتیک ECD

این استارت برای روشن کردن اتوماتیک دستگاه بکار می رود (کنتاکتهای ECD2 , ECE1) اگر این کنتاکتها بکار نرفته باشند ترمینالهای ۲۱ و ۲۰ متصل شده اند .

۲-۳-۱۱ شیر کنترل بخار SVM:

این شیر به وسیله هوا عمل می کند بدین ترتیب که وقتی فشار پشت آنها ۳ پوند باشد کاملاً بسته است و با افزایش فشار هوا بتدریج باز می شود و وقتی فشار به ۱۳ پوند برسد کاملاً باز می شود.

دو نوع شیر وجود دارد : ۱- نوع پروانه ای ۲- نوع cage

۲-۳-۱۲ شیر کنترل آب گرم HWVM

این یک شیر هوایی سه راهی است ابزوربشن هایی که با آب داغ کار می کنند بکار می رود . دو نوع از این شیرها وجود دارد . لوله کشی هر کدام متفاوت است ولی در هر دو نوع وقتی فشار هوا ۳ پوند باشد مسیرهای میانی راه باز کرده و مسیری را که به دستگاه می رود می بندد و وقتی فشار هوا افزایش یابد بتدریج مسیر بای پس را بسته و مسیری را که به دستگاه می رود باز می کند تا اینکه در فشار ۱۳ پوند مسیر بای پس را کاملاً بسته و تمام آب گرم را به ابزوربشن هدایت می کند.

استارترهای پمپ 4M , 5M , 7M

این استارترها ۳۰ آمپر ۶۰۰ ولت و با اورلودهای حرارتی

(ترمیکهای) سریع چهار قطب ۱۰۰ ولت ۵۰ سیکل 40LILVHI , 50L , 70L همراه است .

۲-۳-۱۳ کنترل حد بالا HCL

این کنترل در محل و فقط روی دستگاههایی که با آب خیلی داغ کار می کنند نصب می شوند . کارش این است که هوای خروجی از CWC به شیر کنترل آب داغ را چنان محدود می کند که درجه حرارت داغ به ژنراتور هنگامی که شیر کاملاً باز است از ۲۷۰ درجه فارنهایت تجاوز نکند .

۲-۳-۱۴ ترموستات معمولی آب سرد 9TH

یک کنترل کننده هوایی است و با دستگاههای جفت به کار می رود و ظرفیت را با توجه به درجه حرارت آب سرد برگشتی کنترل می کند . در هر دو دستگاه کنترل CWC در هر دستگاه می تواند به عنوان ترموستات پایین عمل کند . می توان هر دو را مثل هم میزان کرد یا هر کدام را برای درجه حرارتهای مختلف تنظیم کرد .

۲-۳-۱۵ ترموستات آب برگشتی RWT

این ترموستات در محل و وقتی دو دستگاه جذبی داریم بکار میرود و برای تعیین ترتیب شروع به کار یکی از واحدها قبل از واحد دیگر می باشد .

۲-۳-۱۶ تایمر دستگاه مایر 4TR

کار این تایمر این است که برای مدتی به واحد مایر (وقتی دو دستگاه جذبی داریم) اجازه کار نمی دهد تا واحد مقدم کارش مرتب شود.

۲-۳-۱۷ رله ری ست RP

این یک ری ست اتوماتیک هوایی است و مقدار ری ست آن قابل تنظیم است این رله باید طوری تنظیم شود که وقتی پیچ ری ست تماماً در جهت عقربه های ساعت پیمانه شده است با فشار ورودی برابر ۱ پوند فشار خروجی برابر ۱۳ پوند بدهد سپس پیچ فوق را در وضعیت ۰٫۶ پیمایش جهت عقربه های ساعت قرار داده شود .

۲-۴ کریستالیزاسیون

یخ بستن و متبلور شدن آن را کریستالیزاسیون گویند و گرچه این عمل به دستگاه صدمه نمی زند، اما جریان محلول را مسدود می کند .

دلایل ایجاد کریستالیزاسیون

۱. تخلیه نادرست ، هوا و روغن که تقطیر (کندانسه) نمی شوند یا ضعیف بودن پمپ تخلیه در خلاء کردن آنها .
 ۲. نوسانات زیاد درجه آب سرد .
 ۳. شیر محلول اتوماتیک به طور ناصحیح میزان شده باشد .
 ۴. رقیق شدن نادرست محلول لیتیم بروماید.
- کریستاله شدن سیستم به طریق زیر مشخص می شود:
- ۱- درجه حرارت آب سرد خروجی شروع به افزایش می کند.
 - ۲- سطح محلول در شیشه آب نما در ابزوربر کاهش می یابد .

۳- ورودی پمپ محلول خالی می ماند و ایجاد سر و صدا می کند .

برای برطرف کردن کریستال ها به شرح زیر عمل کنید:

توجه داشته باشید که هرگز پمپ خلاء را راه نیندازید .

۱- سنسور کنترل کننده آب سرد و کنترل کننده درجه حرارت پایین (کم) مایع مبرد را از غلاف خارج کنید (برای جلوگیری از صدمه دیدن)

۲- تمام ترمومترها و ترموستات ها که درجه بندی آنها کمتر از ۲۱۰ درجه فارنهایت است ، خارج کنید.

۳- پمپ آب کندانسور و بادبزین برج را خاموش کنید .

۴- پمپ آب سرد و پمپ محلول مایع مبرد در حال کار باشند .

۵- شیر مایع را از طریق کلید 4S باز کنید .

این شیر به مایع مبرد اجازه میدهد محلول را رقیق کند . وقتی مکش پمپ مایع مبرد خالی شد، کلید را در وضعیت

اتوماتیک قرار دهید و اگر حالت کریستاله شدید بود مرحله فوق تکرار شود.

در حالت های شدید یخ بستن، باید مبدل حرارتی یا محلول غلیظ یا هر دو گرم شوند. حرارت خارجی که در این حالت داده

می شود، ممکن است از یک منبع بخار خارجی و یا یک مشعل تامین شود. در مواقعی که حرارت دادن بوسیله شعله انجام

می گیرد، باید دقت شود که هیچ قسمتی بیش از حد داغ نشود. آنچه مسلم این است که قسمت هایی از خط مبرد

کریستاله می شود (خط محلول از ژنراتور به مبدل و خط محلول از مبدل به اداکتور)

در چنین مواقعی کنترلر شیر بخار (2PRV) را در نظر بگیرید و کلید سرویس (1S) را در وضعیت سرویس بگذارید تا شیر

بخار را باز کند و پمپ محلول را به کار بیندازد . مقدار بخار را دستی تغییر دهید (شیر کنترل 2PRV) تا به تدریج

حرارت به ۲۱۰ درجه فارنهایت برسد .

محلول داغ بین ابزوربر و ژنراتور بین مبدل جریان می یابد و از ژنراتور به ابزوربر ، از لوله های ضد کریستالیزاسیون بر می

گردد، برای تسریع از بین بردن کریستال ها بهتر است پمپ محلول به طریق زیر بکار گرفته شود :

۱- وقتی محلول داغ از ژنراتور به ابزوربر بر می گردد ، پمپ محلول را نگهدارید تا این محلول داغ بتواند در شکستن

کریستال ها کمک کند.

۲- بعد از اینکه محلول به داخل مبدل حرارتی رفت ، پمپ محلول را بکار اندازید .

۳- اعمال فوق را چندین بار تکرار کنید .

هنگامی که حرارت محلول به ۱۵۰ درجه فارنهایت رسید ، پمپ و بادرسان های برج را دوباره راه بیندازید . با توجه به

اینکه کلید شیر مایع مبرد 4S در وضعیت (AUTO) قرار دارد، شیرهای (PRV) بخار را به وضعیت اصلی تنظیم کنید .

سنسور کنترل و تمام ترموستات ها و ترمومترها را در جای خود قرار دهید و تصحیح های لازم را انجام دهید تا از

کریستاله شدن مجدد جلوگیری شود.

۲-۵- دما و فشار نقاط مختلف سیکل تبرید جذبی

در سیستم تبرید جذبی اواپراتور و ابزوربر در سمت فشار پایین و کندانسور و ژنراتور در سمت فشار بالا قرار گرفته اند

مطابق کلیه سیکل های تبرید در سیستم جذبی نیز در خروج از کندانسور مایع مبرد با عبور از شیر انبساطی .

از فشار بالا به فشار پایین آمده و در خروج از آن مخلوطی از مایع و بخار خواهیم داشت که به سمت اواپراتور هدایت می

شود دمای مبرد به طور ناگهانی کاهش می یابد و برای کاهش این دما قسمتی از سیال تبخیر شده و گرمای لازم از سیال

گرفته می شود با توجه به سرعت و ناگهانی بودن انجان این کار فرآیند به صورت آدیاباتیک صورت می گیرد .

دقیقا مشابه آن چیزی که در سیکل تبرید تراکمی در هنگام خروج از کندانسور و ورود به اواپراتور برای فریون پیش می

آید .

در نهایت در سیکل تبرید جذبی مبرد خروجی از اواپراتور نیز مشابه سیکل تراکمی بصورت بخار اشباع می باشد و این بخار اشباع توسط لیتیم بروماید که ماده جاذب است جذب می شود . گفتنی است که ابزوربر دقیقا مشابه سمت مکش کمپرسور در سیکل تبرید جذبی مشاهده می شود .

آب در سیکل تبرید جذبی به عنوان مبرد بکار گرفته میشود با آنکه برای آب معایب فراوانی جهت استفاده از آن به عنوان مبرد عنوان می کنند ولی گرمای نهان تبخیر آن در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد برابر ۱۰۷۰ در نتیجه در اثر تبخیر یک پوند آب در اواپراتور گرمای بسیار زیادی جذب خواهد شد . فشار و دمای نقاط مختلف سیکل تبرید جذبی به شرح زیر است:

نام قسمت	فشار مطلق psia	دما
اواپراتور	0.125	40 F
ابزوربر	0.125	95F
ژنراتور	1.28	195 F
کندانسور	1.28	110 F

جدول شماره ۱- فشار و دمای نقاط مختلف سیکل

تجهیزات سیستم جذبی لیتیم بروماید همگی در یک درجه خلاء بالا کار می کنند . حتی در ژنراتور و کندانسور که به عنوان فشار بالا محسوب می شود نسبت به اتمسفر در فشار بسیار پایینی قرار دارد .

در نتیجه هوا بندی تجهیزات در کارخانه با عنایت به فشار پایین در کلیه قسمتها از اهمیت بسیاری برخوردار است . ضریب عملکرد در سیستم جذبی لیتیم بروماید بین ۰,۰۶۵ است بر اساس تعریف ضریب عملکرد عبارت است از اثر تبرید (تناژ واقعی چیلر بر حسب بی تی یو بر ساعت) تقسیم بر گرمای وردی بر حسب بی تی یو بر ساعت ، ضریب عملکرد برای سیکل تبرید تراکمی به مراتب بالاتر است برای مثال ضریب عملکرد دستگاهی که در آن از فریون استفاده شده و دمای اواپراتور ۲ درجه سانتیگراد و دمای کندانسور ۴۵ درجه سانتیگراد و به میزان ۱۰ درجه سانتیگراد فریون سوپر هیت می شود برابر ۴,۴۸ است .

۳-۶- کنترل ظرفیت برودتی در چیلر جذبی

ظرفیت برودتی در چیلر جذبی با تغییر دبی بخار یا آب داغ ورودی به قسمت ژنراتور تنظیم می گردد . عملیات کنترل ظرفیت توسط یک شیر کنترل که از دمای آب سرد خروجی از چیلر فرمان می گیرد انجام شده و با تعدیل جریان بخار یا آب داغ ظرفیت برودتی چیلر کنترل می شود .



شکل شماره ۲- تصویر یک چیلر جذبی در مرحله نصب

۷-۲- سیستم گاز زدایی در چیلر جذبی

همان طور که اشاره شد تمامی قسمت های چیلر جذبی در خلاء کار می کنند در طی فعالیت چیلر جذبی مقادیر ناچیزی گازهای تراکم ناپذیر تولید می شود که این گازها می توانند در عملکرد چیلر اختلال ایجاد نمایند حتی باعث خوردگی سطح داخلی و یا کریستالیزاسیون لیتیم بروماید شوند پس بایستی این گازها را از سیکل خارج نموده و چیلر را در مقابل این خطرات محافظت کرد . معمولاً چیلرها دارای سیستم خودکار و بدون موتور گاززدائی هستند که وظیفه آنها خروج گازهای تراکم ناپذیر تولید شده می باشد . شایان ذکر است که در بعضی مواقع جهت خروج این گازها از پمپ خلاء استفاده می شود که این پمپ بر روی دستگاه چیلر نصب می گردد .

۸-۲- انواع چیلرهای جذبی

در قسمت ها قبل اصول کارکرد چیلرهای جذبی و اجزاء اصلی آنها مورد بررسی قرار گرفت به طور کلی چیلرهای جذبی به صورت چیلرهای یک اثره single effect و دو اثره Double Effect و شعله مستقیم Direct Fired تقسیم بندی می شوند . در این قسمت مقایسه ای از لحاظ ضریب عملکرد ، میزان مصرف انرژی حرارتی و دبی لازم برای آب برج خنک کن بین آنها بعمل خواهد آمد .

۸-۲-۱ چیلرهای جذبی تک اثر (Single Effect)

چیلرهای جذبی جهت تولید برودت ، بجای انرژی برق از انرژی بخار استفاده می کنند . لذا مصرف برق آنها نسبت به چیلرهای پیستونی (رفت و آمدی) و یا سانتریفوژ بسیار ناچیز و در حد چند کیلو وات می باشد . به طور مثال مصرف برق چیلر جذبی ۴۰۰ تن برودتی (تقریباً برای ساختمانی با ۱۲ هزار متر مربع زیر بنا) فقط ۱۰ کیلووات است در حالیکه چیلرهای پیستونی برای تولید همان مقدار برودت ، حدود ۳۵۰ کیلو وات برق نیاز دارند یعنی ۳۵ برابر !!

جهت استفاده از چیلرهای جذبی نیازی به اضافه نمودن انشعاب گاز نمی باشد چون معمولاً همان بویلری که در زمستانها بخار لازم را برای گرمایش ساختمان تامین می کند در تابستان بخار مورد نیاز را جهت چیلرهای جذبی تولید می نماید . مزایای دیگر چیلرهای جذبی نسبت به چیلرهای پیستونی (رفت و آمدی) و سانتریفوژ بشرح زیر است :

- صدای بسیار کم
- نگهداری و تعمیرات سالیانه بسیار آسان و ناچیز بعلاوه عدم استفاده از قطعات مکانیکی سنگین و پیچیده
- عدم استفاده از گاز فریون بعنوان مبرد (که تولید آنها در عرض چند سال آینده در جهان متوقف خواهد گردید)

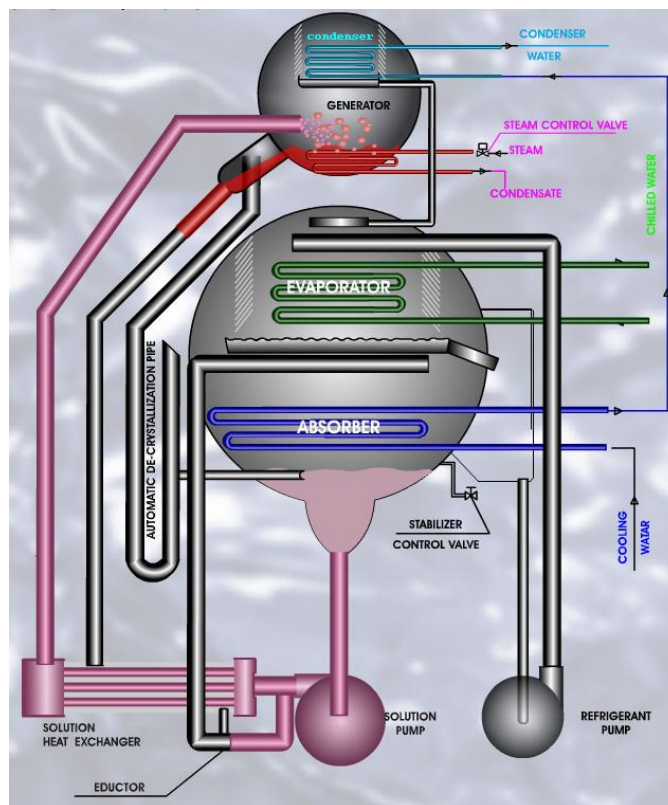
طرز کار :

فلودیاگرام دستگاه بشرح زیر می باشد :

دستگاه از چهار قسمت اصلی اواپراتور، ایزربر ، ژنراتور و کندانسور تشکیل گردیده است . مایع مبرد (آب معمولی) در قسمت اواپراتور روی لوله های آب تهویه ساختمان پاشیده می شود و بدلیل وجود خلاء بسیار بالا، آب در درجه حرارت کم تبخیر گردیده و باعث سرد شدن لوله های تهویه ساختمان می گردد .

بخارات حاصله توسط مایع لیتیم بروماید غلیظ جذب می گردد و لیتیم بروماید با جذب آب رقیق گشته و توسط پمپ کوچکی به قسمت فوقانی دستگاه منتقل می گردد . انتقال لیتیم بروماید از طریق یک مبدل حرارتی انجام می پذیرد که در حین عبور از آن لیتیم بروماید رقیق شده گرم می شود . در قسمت فوقانی دستگاه لیتیم بروماید تحت تاثیر لوله های بخار داغ شده و آب آن تبخیر می گردد و لیتیم بروماید غلیظ شده از طریق مبدل حرارتی به قسمت ایزربر جهت جذب آب منتقل می گردد . بخارات آب تبخیر شده در ژنراتور توسط لوله های برج خنک کننده (کندانسور) تقطیر گشته و مجدداً به قسمت اواپراتور عودت داده می شوند و این سیکل مرتباً تکرار می گردد و لوله های تهویه ساختمان (CHILLED WATER) تا حدود ۶ درجه سانتیگراد سرد می گردند . تنها مصرف کننده برق این دستگاه دو پمپ بسیار کوچک برای آب و لیتیم بروماید می باشد که مجموع برق مصرفی آنها حداکثر ۳ کیلو وات

می باشد.



شکل شماره ۳- شمای کلی سیکل چیلر جذبی تک اثره

۲-۸-۲ چیلرهای جذبی با اثر مضاعف (Double Effect)

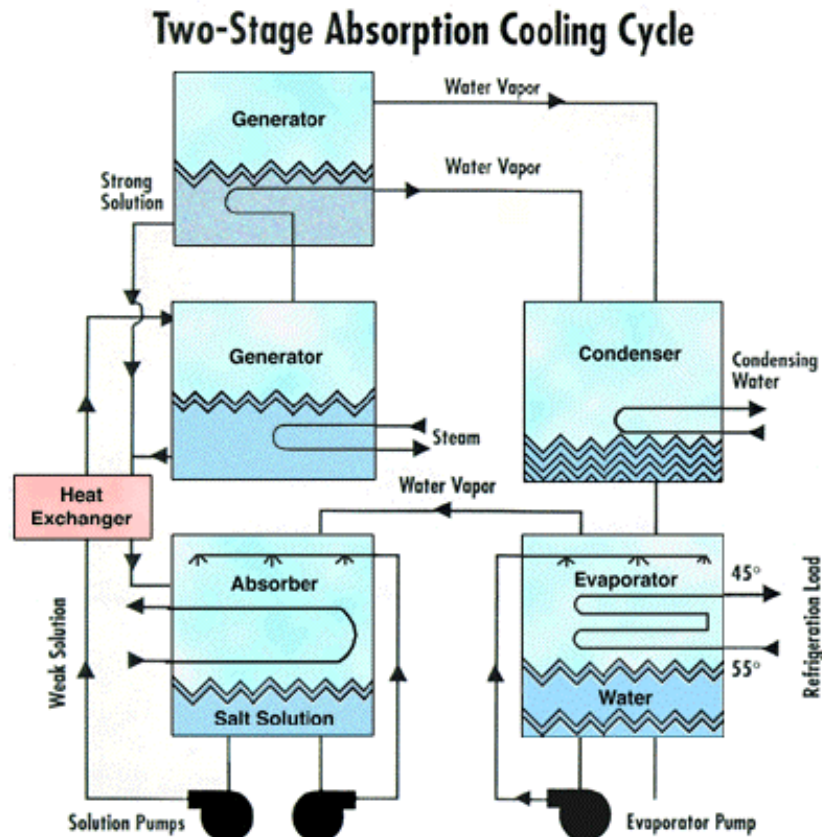
طرز کار :

یک چیلر جذبی با اثر مضاعف شامل قسمتهای زیراست :

- اواپراتور
- ابزربر
- کندانسور
- ژنراتور دما پایین
- ژنراتور دما بالا
- مبدلهای حرارتی
- پمپ ها

فلودیگرام دستگاه به شرح زیر است :

مایع مبرد (آب) در قسمت اواپراتور روی لوله های آب تهویه ساختمان پاشیده می شود و بدلیل وجود خلاء بسیار بالا ، آب در درجه حرارت کم تبخیر گردیده و باعث سرد شدن لوله های تهویه ساختمان می گردد . بخارات حاصله توسط محلول لیتیم بروماید جذب شده و سپس توسط پمپهای مربوطه به درون مبدل حرارتی ثانویه، مبدل حرارتی تخلیه و مبدل حرارتی اولیه منتقل می شود و در طی این فرآیند دمای آن افزایش داده می شود . سپس غلظت محلول لیتیم بروماید در ژنراتور دما پایین توسط بخار تا حدودی افزایش می یابد . مرحله بعد عبور از ژنراتور دما بالا است که در آنجا محلول بطور کامل تغلیظ می گردد . آنگاه محلول غلیظ از طریق مبدل حرارتی ثانویه به درون محفظه ابزربر انتقال یافته و در آنجا دمایش کاهش پیدا می کند . بخارات حاصله از ژنراتور ثانویه توسط لوله های برج خنک کن (کندانسور) تبدیل به مایع می شود و در آخر هم این مایع به درون اواپراتور رفته و سیکل فوق تکرار می گردد.



شکل شماره ۴-شمای کلی سیکل چیلر جذبی دو اثره

۲-۸-۳ چیلر هیتر جذبی حرارت مستقیم

چیلرهای جذبی حرارت مستقیم (Direct-Fired) نوع تکامل یافته چیلرهای جذبی معمولی هستند. این نوع چیلرها دارای مزایای زیادی به شرح زیر می باشند:

۱. تبدیل به هیتر در فصل سرما
۲. عدم نیاز به بویلر جداگانه
۳. راندمان بالاتر نسبت به چیلرهای جذبی معمولی
۴. مطابقت با محیط زیست
۵. حداقل تولید صدا و ارتعاش
۶. سیستم بسته تخلیه بدون موتور
۷. کنترل رایانه ای برای عملکرد بهینه
۸. جلوگیری از بروز کریستالیزاسیون
۹. استفاده از گاز طبیعی برای مشعل ها
۱۰. عدم وجود نشت بدلیل استفاده از اجزاء بسته (Hermetic)
۱۱. دارای سیستم اثر مضاعف (Double Effect)
۱۲. دارای حجم اندک
۱۳. مصرف برق بسیار ناچیز

برخورداری این نوع چیلر از مزایای فوق از قبیل کاهش حجم موتورخانه و تجهیزات مربوط به تهویه مطبوع (از جمله بویلر و لوله کشی های مربوطه) استفاده گسترده از آن را در کشورهای صنعتی توجیه می کند .
بطور کلی اجزاء تشکیل دهنده یک چیلر - هیتر جذبی حرارت مستقیم به شرح زیر می باشد :

Evaporator	۱- اواپراتور
Absorber	۲- ابزبر
Condenser	۳- کندانسور
Low Stage generator	۴- ژنراتور دما پایین
Height Stage generator	۵- ژنراتور دما بالا
Solution Pump	۶- پمپ محلول
Refrigerant Pump	۷- پمپ مبرد
Solution Heat Exchanger	۸- مبدل حرارتی محلول
Burner	۹- مشعل
Cooling water in /out	۱۰- ورودی و خروجی آب برج خنک کن
Chilled/Hot water in / out	۱۱- ورودی و خروجی آب سرد یا گرم
Over flow pipe	۱۲- لوله سرریز
Burner unit	۱۳- محفظه احتراق
Control Panel	۱۴- تابلوی کنترل
Exhaust pipe	۱۵- دود کش

در این دستگاه نیز از آب بعنوان مبرد و از محلول لیتیم بروماید به عنوان جاذب استفاده می شود.
سیکل سرمایش :

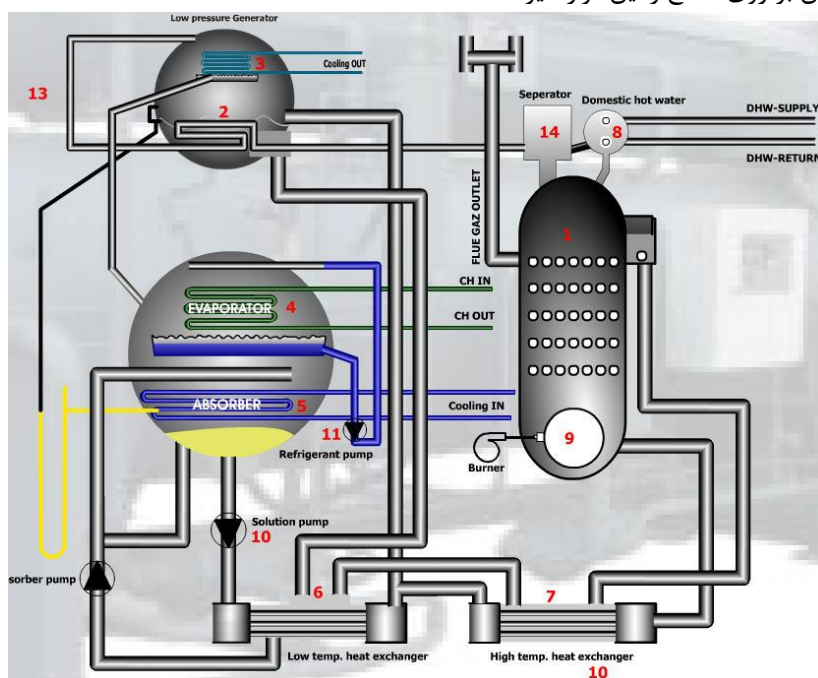
نحوه کارکرد دستگاه در سیکل سرمایش همانطور که در شکل ملاحظه می شود به صورت زیر است :
مبرد (آب) که توسط پمپ مبرد در سیستم به گردش در می آید در قسمت اواپراتور بر روی لوله های آب پاشیده می شود و با تبخیر آن بر روی سطوح این لوله ها آب سرد (chilled water) مورد نیاز را فراهم می سازد .
بخار مبرد سپس بوسیله محلول LiBr در ابزبر جذب می شود . محلول LiBr با جذب مبرد رقیق شده و پس از عبور از یک مبدل حرارتی به ژنراتور دما بالا فرستاده می شود .
محلول رقیق با گرمای حاصل از سوخت گاز طبیعی در ژنراتور دما بالا تغلیظ شده و بخار آب (مبرد) دمای بالا از آن جدا می شود . این بخار آب ، محلول را مجددا در ژنراتور دما پایین گرم می کند و باعث تغلیظ محلول رقیق و محلول نیمه غلیظ می شود . محلول گرم شده به تدریج غلیظ شده و مجددا در ابزبر پاشیده می شود و مبرد را جذب می کند تا آب سرد تولید شود .
بخار جدا شده مبرد (ژنراتور دما بالا) که به ژنراتور دما پایین می رود ، توسط آب برج خنک کن، سرد شده و چگالیده می شود . این آب چگالیده شده با مبرد به اواپراتور برگشته و با تبخیر مجدد در اواپراتور آب سرد تولید می کند .
سیکل گرمایش :

با باز کردن شیرهای نشان داده شده در شکل ، مسیر حرکت مبرد و محلول در سیستم تغییر کرده و در خروجی به جای آب سرد (Chilled water) ، آب گرم (Hot water) خواهیم داشت . نحوه عملکرد به شرح زیر است :

بخار داغ آب در ژنراتور دما بالا بوسیله حرارت ناشی از سوختن گاز تولید می شود این بخار با عبور از ژنراتور دما پایین به اواپراتور فرستاده می شود تا در آنجا لوله های آب را گرم کرده و آب گرم تولید کند. محلول غلیظ در قسمت ژنراتور دما بالا از مبدل حرارتی عبور کرده و به ابزربر می رود. در ابزربر محلول با مبرد مخلوط شده و رقیق می شود. محلول رقیق توسط پمپ محلول مجدداً به ژنراتور دمابالا باز می گردد.

نصب چیلر جذبی حرارت مستقیم :

انتقال و نصب دستگاه از اهمیت خاصی برخوردار است و لازم است نهایت دقت در این امر صورت پذیرد. اگر زنجیره های جراثقال با بخشهای ظریف دستگاه در تماس باشند، باید با تنظیم طول زنجیر و یا استفاده از مواد نرم از وارد شدن صدمه به ماشین جلوگیری کرد. توجه خاص به قسمتهایی نظیر لوله ها، سیم ها و صفحه کنترل ضروریست. همچنین هنگام بالا بردن و پایین آوردن همواره لازم است دستگاه به صورت افقی باشد و به منظور جلوگیری از وارد آمدن فشار، پایه ها همزمان بر روی سطح زمین قرار گیرند.



شکل شماره ۵- شمای کلی چیلر جذبی حرارت مستقیم

راه اندازی چیلر جذبی حرارت مستقیم :

برای جلوگیری از بروز مشکلات در زمینه راه اندازی و نگهداری لازم است اواپراتور با ساختار و عملکرد دستگاه و تجهیزات متعلقه آن آشنایی کامل پیدا کند.

توجه به نکات زیر در این مورد مهم می باشد :

۱- قبل از راه اندازی دستگاه هرگز نباید اکسیژن یا هوا به محفظه های داخلی راه یابند و به همین منظور محفظه ها را با نیتروژن پر می کنند. هنگامیکه اکسیژن با گریس و روغن مخلوط می تواند باعث ایجاد واکنش شیمیایی گردد.

۲- هیچگاه فشار داخل محفظه ها نباید بیش از 0.8 kg/cm^2 of gauge pressure شود.

۳- هنگام روشن کردن دستگاه پس از یک وقفه طولانی مدت، حتماً باید مقدار درجه خلاء از روی فشار سنج خوانده شود و از تغییر نکردن زیاد آن اطمینان حاصل کرد.

۴- باید به صورت پیاپی با بار اندک از سیستم تخلیه استفاده شود تا گازهای غیر قابل چگالش و هوا از داخل سیستم تخلیه شوند.

- ۵- در هنگام تست هیدرولیکی خطوط لوله های آب سرد و برج خنک کن باید دقت شود که مقدار فشار آزمایش از فشار مجاز فلانچ مخازن آب که روی آنها حک شده است بیشتر نشود .
 - ۶- قبل از بکار اندازی پمپها باید از وجود مایع در داخل ماشین اطمینان حاصل کرد .
 - ۷- در طول نگهداری نباید فاز برق را عوض کرد . این کار سبب تغییر جهت گردش موتور می شود.
 - ۸- قبل از عبور آب برج خنک کن از داخل ماشین، مجراهای مربوطه باید خوب تمیز شوند .
 - ۹- در خلال فصلی که دستگاه کار می کند، یک یا دوبار در ماه کیفیت آب باید مورد تحلیل قرار گیرد. (آزمایش آب شامل PH و هدایت الکتریکی می شود)
 - ۱۰- پس از مدتی که آب برج خنک کن در سیکل مربوطه به گردش در می آید، غلظت آن بالا می رود . برای جلوگیری از آن ، بهتر است ماهی یکبار آب برج خنک کن تعویض شود .
 - ۱۱- آب نباید خاصیت خوردگی داشته باشد همچنین به منظور جلوگیری از بروز رسوب در مجراها بهتر است تا حد امکان آب عاری از جرم باشد . در صورت ایجاد رسوب با استفاده از مواد شیمیایی تمیز کننده و برس های مخصوص باید سطوح را تمیز کرد .
 - ۱۲- پس از شروع به کار اولیه دستگاه سه روز کامل و پس از آن ۸ ساعت در روز لازم است کار کند.
 - ۱۳- حداقل یک بار در فصل کارکرد مربوطه ، محلول را بر اساس غلظت بازدارنده، خاصیت قلیایی و کثیفی باید مورد آزمایش قرار داد .
 - ۱۴- همیشه باید مقدار بازدارنده و خاصیت قلیایی را در شرایط استاندارد قرار داده و در صورت لزوم محلول را فیلتراسیون کرد.
 - ۱۵- در صورت وجود اختلاف فشار زیاد قبل و بعد از خاموشی دستگاه باید آزمایش نشت صورت گیرد. یکی از عوامل مهمی که باید در طراحی و ساخت یک چیلر مد نظر قرار گیرد به حداقل رساندن زمان تولید آب سرد با درجه حرارت مطلوب (حدودا 7°C) در هنگام راه اندازی دستگاه می باشد . منحنی زیر سیر نزولی درجه حرارت آب ورودی به سیستم (حدودا 17°C) را به آب سرد خروجی از دستگاه نشان می دهد . محور عمودی دمای آب سرد خروجی بر حسب درجه سانتیگراد و محور افقی زمان بر حسب دقیقه می باشد .
در چیلر جذبی حرارت مستقیم این مدت زمان حدودا ۲۰ دقیقه می باشد .
- استفاده از پمپ خلاء :
- در صورتی که خلاء لازم برای محفظه های ماشین از ابتدا توسط کارخانه تامین شده باشد دیگر نیاز به پمپ خلاء نیست . در غیر این صورت اگر محفظه ها با نیتروژن تحت فشار پر شده باشند لازم است خلاء اولیه داخل دستگاه توسط پمپ خلاء ایجاد شود .
- بدیهی است که در هنگام روشن کردن دستگاه پس از وقفه طولانی و نیز در طول مدت کارکرد ماشین نیازی به پمپ خلاء نبوده و تنظیم خلاء لازمه توسط سیستم تخلیه (Purging system) صورت می گیرد . برای استفاده از پمپ خلاء به ترتیب زیر باید عمل کرد :
- ۱- مطابق شکل باید شیر d را بسته و دریچه نشست (Leak Port) را باز کرده و سپس پمپ و کیوم روشن شود . حدودا پس از ۵ دقیقه کارکرد پمپ دما افزایش می یابد .
 - ۲- پس از بستن دریچه نشست پمپ را تا زمانی که محفظه خلاء و لوله ها کاملاً تخلیه شوند (صدای تخلیه پمپ خلا شنیده شود) روشن نگه داریم سپس شیر d را باز کرده و سیستم تخلیه اتوماتیک را به کار می اندازیم .
توجه به نکات زیر در این مورد الزامی است :
 ۱. جهت گردش پمپ را از روی گردش یک پولی که مستقیماً به موتور کوپل شده است ، قبل از وصل کردن لوله لاستیکی کنترل کنیم .

۲. در این مرحله اگر شیر d ودریچه نشست طبق موارد فوق باز و بسته نمی شود هوا وارد دستگاه شده و مشکلاتی نظیر کریستالیزاسیون و یا ورود روغن به ماشین به وجود می آید . پس از خاموش کردن پمپ و کیوم دوباره شیر d را بازدید می کنیم تا کاکملا بسته باشد .
۳. قبل از استفاده از پمپ و کیوم همیشه باید روغن آنرا بازدید کرد و در صورت وجود ناخالصی یا آب روغن باید آنرا با روغن مشابه و مطابق با استاندارد سازنده تعویض کرد .
- تست هیدرو استاتیک و تست نشست در محفظه های آب :
- ۱- تست های نشست و هیدرواستاتیک برای محفظه های آب در ایزربر ،اوپراتور ی کندانسور به صورت زیر می باشد :

- محفظه های آب ایزربر و کندانسور را به ترتیب پر از آب می کنیم تا زمانی که هوا کاملاً از آنها خارج شود . این محفظه ها باید 12kg/cm^2 توسط پمپ هیدرو لیک تحت فشار قرار گیرند تا از عدم وجود نشست اطمینان حاصل شود . پس از گذشت ۶۰ دقیقه نباید افت فشار حاصل شود .
- برای تست های نشست و هیدرواستاتیک محفظه آب ژنراتور به ترتیب فوق عمل کرده و محفظه را تا 16kg/cm^2 تحت فشار قرار می دهیم و سپس افت فشار را بررسی می کنیم (G.Guage System) از مزایای این سیستم می توان به موارد زیر اشاره کرد:
- ۱- عملکرد اتوماتیک و انتقال مداوم گازهای غیر قابل چگالش به محفظه خارج از دستگاه .
 - ۲- اطلاع از نشست احتمالی هوا به داخل سیستم از طریق مشاهده حبابهای غیر عادی توسط اپراتور .
 - ۳- اطمینان از اینکه دستگاه با تمام ظرفیت سرمایش خود مشغول کار است
 - ۴- عدم نیاز به پمپ خلاء (Vacum Pump) و دیگر تجهیزات مربوطه برای تخلیه گازهای غیر قابل چگالش و هوا .
 - ۵- عدم وجود احتمال مخلوط شدن محلول برمید لیتیم با بخارات روغن
 - ۶- عدم نیاز به سیم کشی خارجی ، مراقبت و نیز شارژ روغن مانند سیستم های موتور دار معمولی .
 - ۷- تخلیه گازها در هنگام کار کردن دستگاه و عدم نیاز به خاموش نمودن آن .
 - ۸- جلوگیری از بروز خوردگی در سطوح داخلی دستگاه با خارج نمودن گازهای غیرقابل چگالش.
 - ۹- افزایش طول عمر مفید دستگاه .
- برای انجام صحیح عمل تخلیه لازم است نکات زیر رعایت شوند :
۱. ابتدا باید از عملکرد صحیح پمپ محلول اطمینان حاصل کنیم زیرا با توجه به بسته بودن سیستم تخلیه ، فشار لازمه توسط پمپ محلول تامین می شود .
 ۲. روزانه یکبار توسط اپراتور از سیستم تخلیه استفاده شود ،بازدید روزانه و استفاده از سیستم تخلیه باعث کارکرد اقتصادی و افزایش طول عمر دستگاه و عدم استفاده از آن باعث کاهش ظرفیت دستگاه می گردد.
 ۳. در استارت اولیه ماشین لازم است مرتباً از سیستم تخلیه استفاده می شود
- سلول پالادیوم (Palladium Cell) :

در چیلرهای جذبی حرارت مستقیم جهت تخلیه دائم گازهای غیرقابل چگالش از سلول پالادیوم نیز استفاده می گردد . پالادیوم این خاصیت را دارد که در اثر حرارت ذرات آن از همدیگر فاصله می گیرد و منافذ بسیار ریزی ایجاد می نماید که فقط مولکولهای کوچکی مانند گاز هیدروژن از آن عبور می نمایند با توجه به اینکه قسمت اعظم گازهای ایجاد شده در چیلر جذبی حرارت مستقیم گاز هیدروژن (H_2) می باشد ، لذا از این عنصر جهت تخلیه گاز هیدروژن استفاده می شود .جهت تخلیه گاز H_2 ، سلولهای پالادیوم که به شکل لوله در این قسمت نصب گردیده اند تا حدود 300°C گرم می گردند و در این درجه حرارت ثابت می مانند . این عمل توسط یک ترموستات با نقطه تنظیم 290°C وصل و 300°C قطع انجام می پذیرد . بقیه گازهای غیر قابل چگالش ایجاد شده داخل چیلر جذبی مانند ازت ، NO_2 ، CO_2 و غیره که نسبت به H_2

حجم کمتری را تشکیل می دهند ، با روشهای معمولی روزی یکبار تخلیه می گردند و لذا خلاء داخلی دستگاه حفظ می گردد

۱۹-۳- محلول جاذب در سیستم های جذبی (LiBr)

لیتیم و برم به ترتیب از خانواده فلزات قلیایی و هالوژن ها هستند . ترکیب این دو عنصر، نمکی به نام برومور لیتیم برماید است که به شدت جاذب رطوبت می باشد و همچنین ماده پایدار بوده و غیر قابل تجزیه و فساد است . برومور لیتیم که آن را به صورت (LiBr) نشان می دهند به خوبی در آب قابل حل است . در دمای محیط این قابلیت انحلال تا حدود ۶۰٪ می رسد .

ویژگی های عمده محلول LiBr که از آن بعنوان جاذب در سیستم های جذبی استفاده می شود به شرح زیر است :

- ۱- فشار اشباع محلول LiBr بسیار پایین است و لذا این جانب ظرفیت بالایی در جذب بخار آب (مبرد) دارد .
- ۲- هنگامیکه غلظت محلول بالا رفته و دما نیز پایین باشد، کریستالیزه شدن رخ می دهد.
- ۳- ظرفیت گرمایی ویژه این محلول در فشار ثابت پایین است .
 $C_p = 0.4-0.5 \text{ kcal/kg}^{0c}$
- ۴- این محلول دارای خاصیت خوردندگی است و به همین دلیل باید به صورت متناوب به آن بازدارنده (Inhibitor) کرومات لیتیم اضافه شود . باید خاصیت قلیایی آن در یک محدوده خاص تنظیم شود .
- ۵- با اولین کارکرد ماشین یک لایه حفاظتی بر روی سطوح فولادی داخلی محفظه ها ایجاد می شود که مانند عایق عمل کرده و از بروز خوردگی در بدنه جلوگیری می کند .
- ۶- برومور لیتیم ماده ای گران قیمت می باشد .
- ۷- به محلول برومور لیتیم اکتیل الکل (Octyl Alcohol) نیز اضافه می کنیم . این ماده باعث افزایش انتقال حرارت در ابزبر و کندانسور شده و نیز ظرفیت سرمایش را بالا می برد . اکتیل الکل را باید بصورت مرتب به محلول اضافه کنیم . همچنین در آغاز فصل سرما و هنگامی که دستگاه کار نمی کند نیز باید به محلول این الکل را اضافه کرد .
- ۸- لازم است همواره کیفیت محلول از نقطه نظر خاصیت قلیایی و بازدارنده تحت کنترل باشد تا مواردی نظیر خوردگی ، زنگ زدگی و رسوب پدید نیابد .
- ۹- محلول LiBr بی ضرر می باشد ولی به دلیل داشتن مقداری ماده بازدارنده کرومات لیتیم در صورت تماس مستقیم با بدن انسان لازم است ابتدا با مقدار زیادی آب و سپس با صابون شسته شود . اگر ابزارها به این ماده آغشته شوند باید با آب شسته شده و سپس به سطح آنها برای جلوگیری از خوردگی روغن مالیده شود.

۳-۲۰- کریستالیزاسیون

یکی از بزرگترین مشکلاتی که چیلرهای جذبی تولید داخل با آن مواجه هستند . مساله کریستالیزاسیون می باشد . هر گاه محلول LiBr بیش از حد مجاز غلیظ شود و آب خود را از دست بدهد و یا درجه حرارت آن به زیر حد مجاز برود (به منحنی کریستالیزاسیون مراجعه شود) متبلور شده و کریستالیزاسیون رخ می دهد . در این صورت سیکل تبرید جذبی از کار می افتد .

برای بررسی بیشتر این مساله به تشریح تدابیر اتخاذ شده از سوی کارخانجات معتبر چیلر سازی که این مشکل را تا حدود زیادی برطرف نموده اند می پردازیم .

به عنوان مثال در چیلرهای جذبی تک اثره ساخت کریر آمریکا و ابارای ژاپن با ۳ ابزار از کریستالیزاسیون جلوگیری می کنند :

۱. لوله سرریز Over flow pipe

۲. شیر اطمینان سیکل Cycle Guard Valve

۳. سویچهای سطوح Level Switches

که شامل ۴ سویچ سطح بالایی و سطح پایینی هستند :

High level switch 1 , 2

Low level switch 1, 2

هنگامی که کریستالیزاسیون رخ می دهد که غلظت محلول از حد مجاز بالاتر رود . لذا می توان نتیجه گرفت آب در قسمت های دیگر دستگاه از حد مجاز بیشتر شده است . به عنوان مثال شکل (۲) هر گاه سطح محلول در ژنراتور از حد مجاز فراتر رود (بدلیل رقیق شدن بیش از حد محلول) توسط لوله سرریز محلول رقیق به محفظه ایزربر رفته و باعث تنظیم مقدار غلظت محلول در مجاز می شود .

از سوی دیگر شیر اطمینان سیکل که با کنترل اتوماتیک از سوی سویچ سطح بالایی هدایت می شود در صورت بروز غلظت در محلول با باز کردن راه مبرد به سوی محلول باعث رقیق شدن آن می شود .

سویچ های سطوح با کنترل سطح مبرد در محفظه اواپراتور ، افزایش یا کاهش آن را حس کرده و به تابلوی کنترل (Control Pannel) انتقال می دهند .

قبل از شروع به کار سویچ سطح بالای مبرد، اختلاف دما بین آب سرد خروجی از دستگاه و آب برگشتی از سیستم تهویه مطبوع ، به سرعت زیاد می شود .

علائم زیر هنگام بروز کریستالیزاسیون مشاهده می شوند :

۱- سویچ سطح بالای مبرد به کرات شروع به کار می کند . (عملکرد این سویچ با روشن شدن یک لامپ در روی صفحه کنترل مشخص می شود .)

۲- در صورت پیشرفت کریستالیزاسیون دمای محلول خروجی از ژنراتور از حد معمول فراتر می رود .

۳- لوله سرریز شروع به کار کرده و درجه حرارت این لوله تا حد دمای محلول غلیظی که از آن به پایین می ریزد، افزایش می یابد و در نتیجه ایزربر به صورت غیر عادی گرم می شود .

۴- پمپ محلول شروع به کاویتاسیون می کند و صدای غیر عادی از آن خارج می شود .

۵- اگر کریستالیزاسیون تاحدی افزایش یابد که پمپ محلول متوقف شود، دستگاه از کار می افتد.

اگر پمپ محلول قادر به کار کردن مجدد نباشد، خطر کریستالیزاسیون جدی است و در این صورت قسمت های مکش و تخلیه پمپ محلول باید به هر شکل ممکن (مثل بخار) گرم شود.

۳-۲۱- انتخاب چیلر

برای انتخاب چیلر از روی کاتالوگ ، لازم است پارامترهای زیر را در دست داشته باشیم :

۱- ظرفیت سرمایی چیلر بر حسب تن تبرید :

ظرفیت سرمایی چیلر با احتساب ۱۰٪ ضریب اطمینان از فرمول زیر محاسبه می شود :

$$H = \frac{Q_t \times 1.1}{1200} \quad (1)$$

۲- دمای آب سرد خروجی از چیلر (Chilled Water temperture)

این همان آب سردی است که به کویل هوا ساز یا فن کویل و غیره ارسال می شود . دمای آب سرد خروجی از چیلر معمولا بین 70°C تا 40°C چیلرهای جذبی حداقل 6°C می باشد .

۳- دبی آب خروجی از چیلر (Flow rate)

عبارت است از مقدار آب سردی که در کل سیستم جریان می یابد و از فرمول زیر محاسبه می شود :

$$USGPM = \frac{Q_t}{5000} \quad (2)$$

که در آن USGPM دبی آب سرد جریانی بر حسب گالن آمریکایی بر دقیقه

۴- نتیجه گیری

تحولات به وقوع پیوسته در صنعت و شیوه های جدید استفاده از منابع نیرو همچنین رشد اقتصادی روز افزون ، موجب خواهد شد که در طی ۲۰ سال آینده تحولاتی اساسی در زمینه صنعت تبرید در سراسر دنیا رخ دهد . سازمان انرژی ایالات متحده پیش بینی کرده است در آمریکا بیش از ۳۰۰ گیگا وات ظرفیت تولید انرژی برای تامین تقاضای روز افزون انرژی الکتریکی و همچنین جبران انرژی مربوط به نیروگاههایی که از رده خارج می شوند، مورد نیاز است . در ماه مارس سال ۱۹۹۹ این سازمان و صنایع مرتبط مفهوم گرمایش ، سرمایش و تامین نیرو برای ساختمانها را مطرح کردند که آغازی برای توسعه تکنولوژی سیستمهای تهویه مطبوع یکپارچه ، گرمایش با آب گرم خانگی و تامین انرژی الکتریکی بود . سرمایش جذبی یکی از فناوریهای کلیدی در زمینه سرمایش ، گرمایش و تامین نیرو برای ساختمانها می باشد چرا که این سیستم امکانات قابل توجهی را برای تبدیل گرمای هدر رفته به سرمایش در اختیار می گذارد .

سرمایشی که از این طریق بدست می آید را می توان به منظور نگهداری و ارتقای کارایی توربینهای گازی و ژنراتورهای الکتریکی مورد استفاده قرار داد.

در ساختمانهای تجاری و موسسات مختلف که در آنها از سیستم چیلرهای جذبی استفاده می شود، طرح سرمایش ، گرمایش و تامین نیرو برای ساختمانها بر حصول مفاهیم زیر استوار است :

توسعه چیلرهای شعله مستقیم : تاسیسات حرارتی پیشرفته که نسبت به سیستمهای شعله مستقیم جدید با تکنولوژی جذبی دو اثره برتری دارند .

توسعه تکنولوژی لیتیوم بروماید / آب : مانند نسل طراحی جدید این سیستم ، سیستمهای یک اثره جذبی (بازیافت حرارت) ، میکرو توربین ها و سیستم های جذبی هم سوز ، و چیلرهای هوا خنک لیتیوم بروماید / آب ارزیابی : منافع بالقوه حاصل از موتورهای درون سوز، توربینهای گازی ، میکروتوربینها و سلولهای سوختنی .

شناسایی : مراکز فعلی تولید نیرو که میتوانند از یکپارچه سازی توسط چیلرهای جذبی (مانند استفاده از سرمایش برای ورودی توربین های گازی) منتفع گردند .

در ادامه بحث به پیشرفتهای انجام شده در زمینه تکنولوژی های جذبی به طور خلاصه ، با تکیه بر سیستمهای جذبی دو اثره لیتیوم بروماید و آب می پردازیم .

تأثیرات حاصل از طرح سرمایش ، گرمایش و تامین نیرو برای ساختمانها در ایالات متحده منجر به ظهور موج جدیدی از علاقه مندی در زمینه چیلرهای جذبی شده است که متعاقبا باعث بروز پیشرفتهایی در زمینه طراحی برای افزایش کارایی و کاهش چشمگیر هزینه های عملیاتی و تعمیر و نگهداری گردیده است . سیستمهای جذبی شعله مستقیم و غیر مستقیم امروزی می توانند در یک سیستم اتوماسیون ساختمانی به صورت یکپارچه در آمده وبا عملکرد اتوماتیک، از کریستاله شدن محلول در چیلر جلوگیری نموده و گزارش مفصلی راجع به عملیات و آزمایشهای انجام شده را به مرکز سرویس ارائه دهند.

منابع و مآخذ

- 1-Gas direct-fired absorption chiller , Thechnical instructions Ebara corp.
- 2-Absorption liquid chilling unit york corp
- 3-Absorption chiller Carrier corp
- 4-Design Manual for heating,ventilation and air Conditioning with Coordinated standard Details
By:Lee Kendrick

- ۵-اصول تبرید و محاسبه سیستمهای سردکننده - تألیف روی جی دوسات - مترجمان : مهندس اصغر حاج سقطی و احمد جعفری - انتشارات علم و صنعت
- ۶-اصول تبرید - روی جی دوسات - مترجمان : مجید ملکی و اسماعیل خوشروان - مرکز نشر دانشگاهی
- ۷-حرارت مرکزی و تهویه مطبوع - دکتر بهمن خستو
- ۸-چیلروپکیج و اصول سیستمهای سرمازا - مهندس احمد مهدیان - نشر دانش
- ۹-محاسبات تاسیسات ساختمان - مهندس مجتبی طباطبائی