

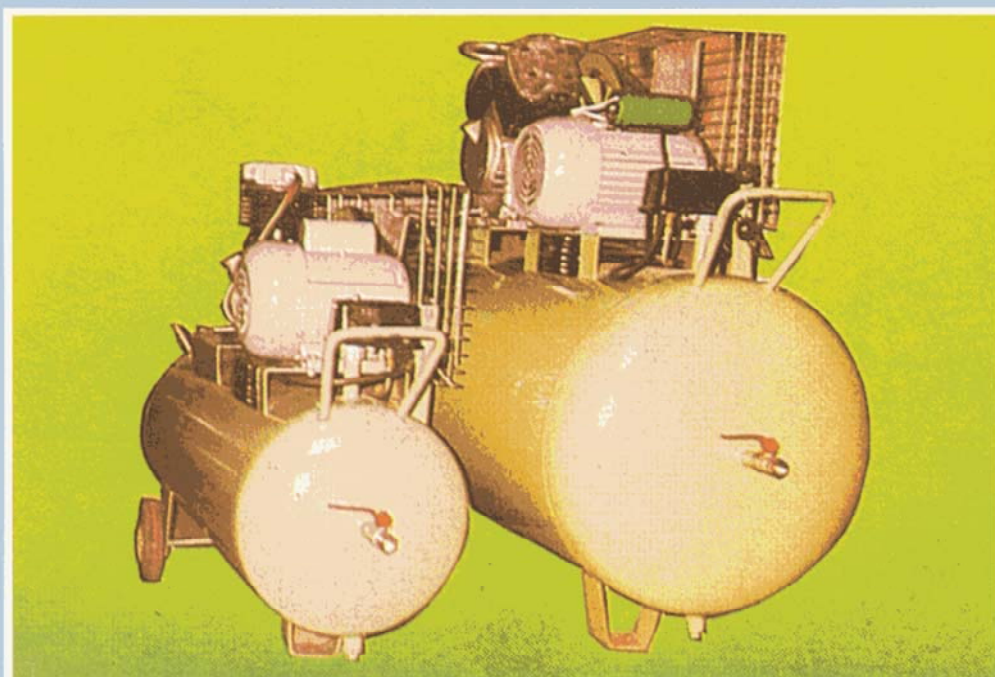


جمهوری اسلامی ایران

وزارت نیرو

امور انرژی

راهنماهای فنی مدیریت انرژی



هوای فشرده
و مصرف
انرژی

۴

دفتر بهینه سازی مصرف انرژی

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار

در طی دهه آینده، هزینه انرژی الکتریکی چه برای گرمایش و سرمایش، چه برای روشنایی و چه بعنوان نیروی محرکه در فرآیند تولید صنعتی، ادارات، مدارس، منازل، ... رشد چشمگیری پیدا خواهد کرد که البته دلایل این رشد، خارج از بحث این نوشتار است.

در عرصه رقابت جهانی در راستای مصرف کمتر (مصرف بهینه) و تولید هرچه بیشتر، کشورها، جوامع و صنایعی موفقتر خواهند بود که در این رقابت که شاید از دیدگاهی بتوان آن را مبارزه برای تنافع بقاء و ادامه فعالیت نامید، با تحقیقات و مطالعات موفق به یافتن و پس از آن بکار بردن راههای جلوگیری از اتلاف انرژی شوند.

انرژی بطور عام و انرژی الکتریکی بطور خاص که امروز در اختیار و خدمت هم میهنان عزیز، قرار می گیرد، با هزینه ای به مراتب گزافتر تهیه می شود ولیکن دولت جمهوری اسلامی ایران با تأمین بخشی از هزینه های تولید آن از محل درآمدهای عمومی خود و یا به قیمت عدم انجام بسیاری از پروژه های زیربنایی ملی، آنرا بدینگونه در اختیار و می گذارد.

اتلاف این انرژی الکتریکی و اصولاً هر نوع انرژی تولید شده از منابع فسیلی، علاوه بر خسارات مالی جبرانناپذیری که دارد، زیانهای غیرقابل انکاری نیز بر محیط زیست ملی ما و جهان وارد خواهد آورد. اکنون سالیان متمادی از زمانی می گذرد که کشورهای پیشرفته که حتی برخی از آنها از حداکثر امکانات طبیعی و صنعتی برای تولید انرژی برخوردارند، در کنار تلاش در جهت استفاده از انرژی های نو (خورشید، باد، امواج، ...)، استفاده صحیح از انرژی را در رأس اهم اهداف خود قرار داده و صاحبان صنایع، صنعتگران، مدیران سازمانها، و حتی سازندگان ساختمانهای مسکونی و بالاخره استفاده کنندگان این بناها را مخاطب قرار داده و با وضع دستورالعملها و در مواردی ضوابط و قوانین بازدارنده، آنها را تشویق، راهنمایی و حتی راهبری در جهت جلوگیری از اتلاف انرژی می نمایند.

انجام پاره ای از این اقدامات، اگر در زمان مناسب نسبت به اعمال آنها اقدام گردد، حتی هیچگونه هزینه اضافی را نیز تحمیل نخواهد نمود و جهت همه گیر شدن جنبش جلوگیری از اتلاف انرژی، دائماً جلسات توجیهی و سمینارهایی برای تصمیم گیرندگان برگزار می گردد تا از پی آمدها و بهتر بگوئیم عواقب مختلف آن آگاه گردند. در کنار اقدامات فوق، تلاش متخصصین و دانشمندان در جهت اختراع، ابداع و تولید وسایل و تجهیزات کارآمد نیز جبهه دیگری است که برای مبارزه با اتلاف انرژی گشوده شده است که از جمله آنها می توان به تولید صنعتی تجهیزات و لامپهای پراثری، کم مصرف و بادوام اشاره کرد.

با توجه به روند افزایش جمعیت و تبعات آن و هرچه بیشتر مستهلک شدن منابع تولید انرژی، چندان دور نخواهد بود که نه تنها افراد، بلکه جوامع نیز در موقعیتی قرار نداشته باشند که بتوانند به میزان مورد علاقه خود انرژی مصرف نمایند بلکه با هرچه فشرده تر شدن جوامع، حتماً اهرمهای ملی و جهانی و خود

محدودکننده‌ای وارد عمل خواهند گردید که ابتکار عمل در زمینه تولید و مصرف انرژی را بعهدہ خواهند گرفت.

علیرغم اینکه کاربرد بعضی از اقدامات صرفه‌جویانه (یا بهتر است گفته شود استفاده صحیح و جلوگیری کننده از اتلاف بیهوده)، نیاز به مقداری سرمایه‌گذاری اولیه دارند که البته میزان آن بستگی به دامنه و وسعت اقدامات بعمل آمده دارد، ولی نکته‌ای که مبرهن و غیرقابل انکار می‌باشد آن است که این سرمایه‌گذاری اولیه در مدت کوتاهی خودبخود مستهلک می‌گردد.

علاوه بر نشست‌ها و سمینارهایی که به آنها اشاره گردید تشکیلات گوناگونی که در کشورهای مختلف جهان جهت سامان دادن به مشکل انرژی و آگاه کردن قشرهای مختلف جامعه ایجاد شده‌اند، اقدام به نشر جزوات، بروشورها و اطلاعیه‌هایی نموده و آنها را در دسترس کلیه افرادی که به نوعی با مصرف و صرفه‌جویی انرژی ارتباط دارند قرار می‌دهند.

در همین راستا، معاونت انرژی وزارت نیرو نیز اقدام به ترجمه و چاپ جزوه‌ای که ملاحظه می‌فرمائید نموده است که در کشور انگلستان و بتوسط "مرکز تحقیقات ساختمان" (Building Research Establishment)، "واحد صرفه‌جویی انرژی مرکز تحقیقات ساختمان" (Building Research Energy Conservation Support Unit)، "واحد پشتیبانی تکنولوژی انرژی" (Energy Technology Support Unit)، "اداره کارائی انرژی" (Energy Efficiency Office) تهیه گردیده‌اند که این معاونت به لحاظ ضرورت تسریع در نشر و ارائه راهنماها و دستورالعملهای فنی، هیچگونه تغییری در ارقام، آمار، نمودارها، جداول و اشکال آن نداده است ولیکن امیدوار است که انشاء... چاپ‌های بعدی این جزوه و همچنین جزوات دیگری که در دست ترجمه و چاپ قرار دارند، براساس آمار و اطلاعات کشور ایران تهیه شده و در اختیار شما قرار داده شوند.

فهرست مطالب

۱ - مقدمه	۸
۲ - استفاده از تبرید	۸
۳ - فرایند تبرید	۹
۱ - ۳ - سیکل تراکمی بخار	۹
۲ - ۳ - اجزاء اصلی سیکل تراکمی بخار	۱۱
۱ - ۲ - ۳ - اواپراتورها	۱۱
۲ - ۲ - ۳ - کمپرسورها	۱۱
۳ - ۲ - ۳ - کندانسورها	۱۲
۴ - ۲ - ۳ - وسایل انبساط	۱۲
۵ - ۲ - ۳ - مبردها	۱۲
۳ - ۳ - ظرفیت، توان مصرفی و بازده	۱۳
۴ - ۳ - تغییرات در مدار ساده تبرید	۱۴
۱ - ۴ - ۳ - مبدل حرارتی مکش / مایع	۱۴
۲ - ۴ - ۳ - مدارهای چند اواپراتوری	۱۴
۳ - ۴ - ۳ - سیستمهای چند کمپرسوری	۱۵
۵ - ۳ - سیستمهای دو مرحله‌ای	۱۵
۱ - ۵ - ۳ - کمپرسورهای ترکیبی داخلی	۱۶
۳ - ۵ - ۳ - کمپرسورهای ترکیبی خارجی	۱۶
۶ - ۳ - سیستمهای زنجیره‌ای	۱۶
۴ - اواپراتورها	۱۷
۱ - ۴ - انبساط مستقیم	۱۷
۱ - ۱ - ۴ - خصوصیات طراحی	۱۷
۲ - ۱ - ۴ - خصوصیات بهره‌برداری	۱۸
۳ - ۱ - ۴ - مسائل بهره‌برداری	۱۸
۲ - ۴ - غوطه‌وری	۱۸
۱ - ۲ - ۴ - پوسته‌ای و لوله‌ای	۱۹
۲ - ۲ - ۴ - نوع صفحه‌ای	۱۹
۳ - ۴ - کنترل روغن در اواپراتورها	۲۰

۲۰	۱ - ۳ - ۴ - اوپراتورهای انبساط مستقیم
۲۰	۲ - ۳ - ۴ - اوپراتورهای غوطه‌ور
۲۱	۴ - ۴ - بهره‌برداری با بازده از اوپراتورها
۲۲	۵ - ۴ - برفک زدائی
۲۲	۵ - کمپرسورها
۲۲	۱ - ۵ - انواع محفظه کمپرسور
۲۲	۱ - ۱ - ۵ - کمپرسورهای با محفظه بسته و نیمه بسته
۲۳	۲ - ۱ - ۵ - کمپرسورهای باز
۲۳	۲ - ۵ - انواع کمپرسورها از نقطه‌نظر نوع حرکت
۲۳	۱ - ۲ - ۵ - کمپرسورهای رفت و برگشتی
۲۴	۲ - ۲ - ۵ - کمپرسورهای پیچی
۲۴	۳ - ۲ - ۵ - کمپرسورهای پیچشی
۲۴	۳ - ۵ - اطلاعات عملکرد کمپرسور
۲۵	۴ - ۵ - کنترل ظرفیت
۲۵	۱ - ۴ - ۵ - کمپرسورهای رفت و برگشتی
۲۶	۲ - ۴ - ۵ - کمپرسورهای پیچی
۲۶	۶ - کندانسور
۲۶	۱ - ۶ - کندانسورهای خنک شونده توسط هوا
۲۷	۲ - ۶ - کندانسورهای خنک شونده توسط آب
۲۷	۳ - ۶ - کندانسورهای تبخیری
۲۸	۴ - ۶ - افت بازده کندانسور بدلیل وجود هوا در سیستم
۲۸	۷ - وسایل انبساط
۲۹	۱ - ۷ - شیرهای انبساط ترمواستاتیک
۲۹	۱ - ۱ - ۷ - شیرهای تعادلی
۳۰	۲ - ۱ - ۷ - شیرهای انبساط الکترونیکی
۳۰	۲ - ۷ - سیستمهای شیر شناور
۳۱	۱ - ۲ - ۷ - شیر شناور فشار قوی (HP)
۳۱	۲ - ۲ - ۷ - شیر شناور فشار ضعیف (LP)
۳۲	۸ - مبردها

۱ - ۸ - کاربرد آمونیاک	۳۵
۲ - ۸ - مبردهای ثانویه	۳۵
۹ - بازیافت حرارت	۳۵
۱ - ۹ - دی سوپرهیترها	۳۶
۲ - ۹ - بازیافت حرارت از کندانسور	۳۶
۳ - ۹ - بازیافت حرارت از روغن کمپرسور	۳۷
۴ - ۹ - استفاده بهینه از الکتریسیته ارزان	۳۸
۱۰ - بهره‌برداری واحد	۳۸
۱ - ۱۰ - ابزار	۳۸
۲ - ۱۰ - نظارت بر واحد	۴۱
۳ - ۱۰ - عیب‌یابی	۴۲
۴ - ۱۰ - ثبت اطلاعات واحد	۴۴
۱۱ - خریداری تجهیزات تبرید	۴۴
۱ - ۱۱ - تعیین نیازهای سیستم	۴۴
۲ - ۱۱ - استانداردها و کدهای تجربی	۴۶
۳ - ۱۱ - راه‌اندازی	۴۶
۴ - ۱۱ - اطلاعات موردنیاز جهت تهیه پیشنهادات	۴۷
۱۲ - عبارات مورد استفاده در تبرید تجاری	۴۷
ضمیمه شماره ۱	۵۰
مثالی از اطلاعات پروفرما برای ارائه پیشنهاداتی	۵۰

۱ - مقدمه

این کتابچه بعنوان راهنما برای افرادی که مسئولیت بهره‌برداری، خرید، تعیین مشخصات و ارزیابی سیستمهای تبرید را دارند لیکن دارای تجربه اندک بوده و یا هیچگونه آشنایی با سیستمهای مزبور نداشته باشند نوشته شده است. هدف این کتابچه تأمین اطلاعات و آشنایی کافی جهت اطمینان از انتخاب اقتصادی‌ترین سیستم و به حداکثر رساندن بازده یک سیستم موجود می‌باشد. برای دستیابی به اهداف فوق، آشنایی و درک اصول کار سیستم تبرید حائز اهمیت می‌باشد.

نظر به تلفات زیادی که ممکن است در صورت بروز خطا در سیستم پیش آید معمولاً قابلیت اعتماد سیستم نسبت به هزینه بهره‌برداری دارای اولویت می‌باشد. در مرحله طراحی، هزینه سرمایه‌گذاری معمولاً بعنوان ملاحظات اصلی در نظر گرفته می‌شود. برای انتخاب یک سیستم مناسب سئوالات متعددی مطرح است که عبارتند از:

- میزان حداکثر بار سرمایشی مورد نیاز چیست؟
- آیا امکان تأمین بخشی از سرمایش توسط منابع طبیعی وجود دارد؟
- چه منابع مختلف سرمایشی در دسترس می‌باشند؟
- چه نوع سیستمی بایستی بکار گرفته شود و طراحی آن چگونه باشد؟
- اگر سیستمی گرانیقیمت و با بازده بالا نصب شده باشد مدت زمان بازگشت سرمایه چقدر خواهد بود؟
- از چه نوع مبردی استفاده شود؟
- مشخصه سیستم چگونه تعیین شود؟
- چگونه می‌توان از دستیابی به بازده طراحی شده سیستم مطمئن شد؟
- شاخص‌هایی که اطمینان دهنده ادامه کار سیستم با بازه بهینه باشند کدامند؟

۲ - استفاده از تبرید

اکثر سیستمهای تبرید بکار گرفته شده در انگلستان در یکی از گروههای کاربردی زیر قرار می‌گیرند:

- سرمایش فرآیند
- انبارها و ذخیره مواد غذایی
- تهویه مطبوع

گرچه طراحی‌های متعددی برای سیستمهای مزبور بعمل آمده و ترکیب‌های مختلفی از تجهیزات در کاربردهای مختلف در نظر گرفته شده است، لیکن کلیه این سیستمها براساس سیکل مشابه تبرید کار می‌کنند. نوع ذخیره‌سازی و نیز شرایط مورد نیاز فرآیند، تعیین کننده شرایط کار و اجزاء مورد نیاز طراحی می‌باشند. عموماً طراحی این تأسیسات بر چهار نوع می‌باشد:

- سرمایش هوا به طریق انبساط مستقیم
 - خنک کردن مایع به روش تبخیر غوطه‌وری^۱
 - سیستم‌های یکپارچه گردش به توسط پمپ
- قبل از مبادرت به صرف هزینه جهت نصب تجهیزات تبرید می‌بایست امکان تأمین تمام و یا بخشی از سرمایش مورد نیاز توسط منابع طبیعی را بررسی نمود. منابعی وجود دارند که تأمین درجه حرارت‌های نسبتاً پایین برای فرایندها و یا دیگر بارهای سرمایشی توسط آنها امکان‌پذیر باشد، بعنوان مثال:
- آب برج‌های خنک‌کن حتی در گرم‌ترین روزهای تابستان تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد، پایین باشد و معمولاً از این مقدار نیز بسیار کمتر می‌باشد.
 - آب چاه با دمایی در حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد در طول سال در دسترس می‌باشد.
 - در بیش از ۹۵٪ از طول سال دمای هوا در مناطقی از انگلستان کمتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

۳ - فرایند تبرید

در اغلب سیستم‌های تبرید، بخار مبرد توسط یک ماشین در یک مدار آب‌بندی شده، متراکم گشته و پمپ می‌شود و حرارت در مبدل‌های حرارتی جذب و دفع می‌گردد. کار این سیستم‌ها سیکل تراکمی^۲ بخار نامیده می‌شود.

از دیگر انواع تأسیسات سرمایش، می‌توان از سیستم‌های سیکل جذبی^۳ نام برد. اما این سیستم‌ها چندان رایج نیست و فقط در شرایطی اقتصادی هستند که مقادیر قابل توجهی از حرارت تلف شده وجود داشته باشد.

۱ - ۳ - سیکل تراکمی بخار

بطور طبیعی حرارت می‌تواند فقط از یک منبع گرم به یک منبع سرد جریان یابد در یک سیستم تبرید عکس این اتفاق می‌بایست رخ دهد. این فرایند با بکارگیری ماده‌ای بنام مبرد صورت می‌پذیرد. این ماده با جذب حرارت در شرایط فشار کم بجوش آمده و یا تبخیر گشته و تشکیل یک گاز می‌دهد. سپس این گاز با فشار بیشتری فشرده شده بصورتیکه حرارت بدست آورده را به هوای محیط و یا آب منتقل می‌کند و مجدداً به مایع تبدیل می‌گردد. بدین طریق حرارت از یک منبع یا دمای پائین جذب و یا جابجا گشته و به یک منبع با دمای بیشتر انتقال می‌یابد.

عوامل چندی امکان کارکرد سیکل تراکمی بخار را ممکن می‌سازند:

- دمایی که مبرد بجوش می‌آید یا فشار آن تغییر می‌کند - هر چقدر فشار بیشتر باشد نقطه جوش بالاتر است.

¹ Flooded Evaporative

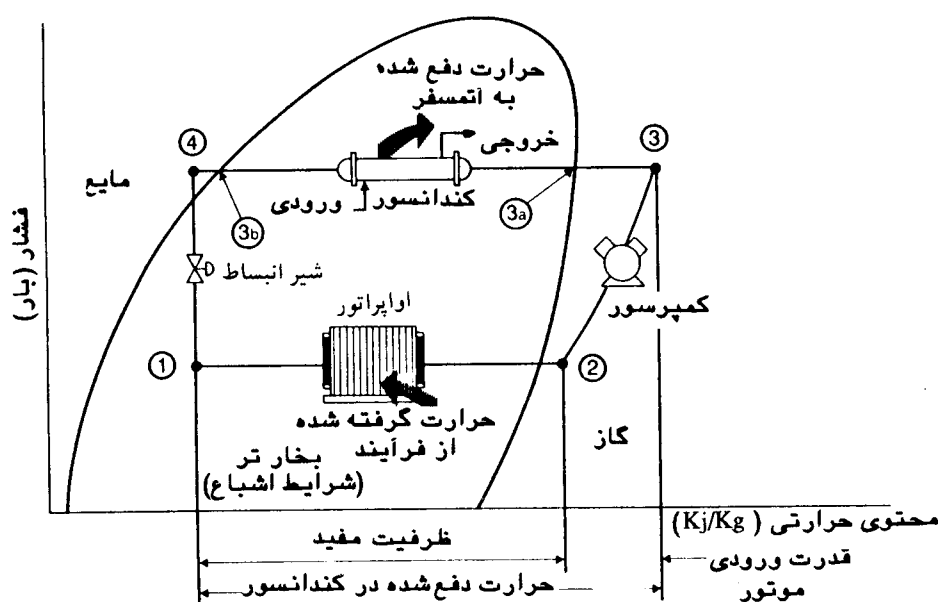
² Vapour compression Cycle

³ Absorption Cycle Systems

- با بجوش آمدن سیال مبرد، حالت آن به گاز تبدیل گشته و حرارت محیط اطراف را جذب می نماید.
- مبرد با خنک شدن از حالت گازی به حالت مایع باز می گردد و این عمل معمولاً با استفاده از هوا و یا آب صورت می گیرد.

توجه: در صنعت تبرید واژه تبخیر بجای جوشش بکار گرفته می شود. همچنین چنانچه یک گاز در بالای نقطه جوش حرارت داده شود، به آن سوپرهیت^۱ شده، (داغ) می گویند و اگر مایعی تا دمای کمتر از دمای میعان سرد شود به آن حالت مادون سرد^۲ گویند.

با تحت فشار قرار دادن مبرد می توان آنرا از حالت گازی به مایع تبدیل نمود. عمل متراکم سازی بوسیله متراکم سازی با محرک الکتریکی صورت می پذیرد.



شکل ۱: سیکل تراکمی بخار یک مرحله ای ویا دیاگرام فشار - آنتالپی

نحوه عمل یک سیکل ساده تبرید در شکل ۱ نمایش داده شده است. دیاگرام فوق رابطه بین فشار مبرد (برحسب بار) و آنتالپی آن (برحسب ki/kg) را نشان می دهد.

می توان سیکل تبرید را به مراحل زیر تقسیم بندی نمود:

- ۱-۲ سیال مبرد کم فشار در اوپراتور^۳ با جذب حرارت از محیط اطراف که معمولاً هوا، آب و یا سیال فرایند می باشد از حالت مایع به حالت گاز تبدیل گشته و بصورت بخار سوپرهیت از اوپراتور خارج می گردد.
- ۲-۳ بخار سوپرهیت پس از ورود به کمپرسور متراکم شده و دمای آن افزایش می یابد. این افزایش دما به علت انتقال بخشی از انرژی صرف شده برای متراکم سازی به مبرد می باشد.

¹ Superheat
² Subcooled
³ Evaporator

۳ ← ۴ بخار سوپرهیت با فشار زیاد از کمپرسور وارد کندانسور می‌شود. در قسمت اول فرآیند تبرید ($3 \leftarrow 3_a$) قبل از اینکه گاز به مایع تبدیل گردد ($3_b \leftarrow 3_a$) دی‌سوپرهیت^۱ می‌شود. معمولاً این فرآیند بوسیله هوا و یا آب خنک می‌گردد. دما در لوله‌ها و دریافت کننده مایع، کاهش بیشتری می‌یابد ($4 \leftarrow 3_b$) بطوری که مایع مبرد در حالت مادون سرد وارد شیر انبساط می‌شود.

۴ ← ۱ مایع در حالت مادون سرد تحت فشار از شیر انبساط عبور کرده فشار و دبی آن در ورود به اواپراتور کنترل می‌گردد.

بنابراین کندانسور باید قادر باشد حرارت ورودی ترکیب یافته از حرارت اواپراتور و حرارت بدست آمده از کمپرسور را دفع کند، یعنی ($1 \leftarrow 2$) + ($2 \leftarrow 3$) بایستی مشابه ($3 \leftarrow 4$) باشد. لازم به ذکر است که هنگام عبور مبرد از وسیله انبساط هیچگونه افت حرارتی و یا بهره به وجود نمی‌آید.

۲ - ۳ - اجزاء اصلی سیکل تراکمی بخار

۱ - ۲ - ۳ - اواپراتورها

این وسیله، یک مبدل حرارتی جهت کاهش حرارت از محصول و یا محیطی است که نیاز به سرمایش دارد. معمولاً کاهش حرارت بوسیله تماسی مستقیم بین محصول و اواپراتور امکان‌پذیر نیست، لذا از سیالهای مناسب دیگری مثل هوا و یا مبرد ثانویه‌ای بعنوان واسطه انتقال استفاده می‌شود. بعنوان مثال در انبارهای سرد و یا فروشگاههای مواد غذایی، هوای خنک‌شده در اواپراتور در اطراف محصولات به گردش درآورده می‌شود.

ظرفیت سرمایشی یک اواپراتور با پارامترهای زیر ارتباط دارد:

- اختلاف دما بین مبرد و بار خنک‌شونده

- نوع انتقال حرارت بین مبرد و واسطه خنک‌کن

- دبی مبرد که از اواپراتور عبور می‌کند

این عوامل توسط موادی که در ساخت اواپراتور بکار برده شده‌اند و نیز ابعاد فیزیکی آن کنترل می‌شوند. هرچه ابعاد اواپراتور بزرگتر باشد، میزان تأثیر سرمایش و نیز بازده آن بیشتر خواهد بود، لیکن اندازه اواپراتور بر هزینه‌ها تأثیر قابل توجهی خواهد گذاشت.

۲ - ۲ - ۳ - کمپرسورها

کمپرسورها دارای انواع مختلفی می‌باشند، مشخصات و کاربرد آنها در بخش ۵ توضیح داده شده است. کمپرسورها مصرف‌کننده‌های اصلی توان در سیستم تبرید می‌باشند و انتخاب صحیح آنها نقش مهمی در صرفه‌جویی انرژی را بدنبال خواهد داشت. از نقطه نظر بازده سیستم، تعیین ظرفیت کمپرسور بسیار حائز اهمیت است طوریکه تأمین نیاز بار سرمایشی، بستگی مستقیم به آن دارد. چنانچه تغییرات قابل توجهی در بار وجود داشته باشد می‌توان ظرفیت کمپرسور را جهت تطابق با بار تا حد ممکن تغییر داد. بایستی خاطرنشان ساخت که این اقدامات بر قابلیت اعتماد کلی سیستم تأثیر قابل توجهی خواهد داشت.

¹ Desuperheat

(حرارت آن گرفته می‌شود)

۳ - ۲ - ۳ - کندانسورها

کندانسورها نوعی مبدل حرارتی می‌باشند که از لحاظ ساختمان به اواپراتورها شبیه هستند. جهت خنک‌سازی مبرد می‌توان از آب و یا هوا استفاده نمود.

در میزان دفع حرارت از اواپراتورها عوامل مشابهی برای کندانسورها نیز قابل ذکر می‌باشند. کندانسورهای بزرگتر قادر خواهند بود فشار تراکمی را کاهش داده و لذا کارآیی سیستم را افزایش دهند، اما قیمت آنها متناسب با اندازه افزایش می‌یابد.

در هنگام انتخاب کندانسورها بایستی به یاد آورد که صرف نظر از تلفات جزئی در لوله‌کشی و دیگر تجهیزات بازیافت حرارت، کندانسور منبع اصلی دفع حرارت از سیستم تبرید می‌باشد. این حرارت ترکیبی از حرارتهای ناشی از اواپراتور کمپرسور و بارهای اضافی (مثل چراغها، پمپها، فن‌ها) می‌باشد. اطلاعات بیشتر در خصوص کندانسورها در قسمت ۶ آورده شده است.

۴ - ۲ - ۳ - وسایل انبساط

نقش وسایل انبساط عبارتست از:

- کاهش فشار مبرد مایع مادون سرد به میزانی که مناسب برای شرایط کار اواپراتور باشد.
 - کنترل دبی مبرد، حفظ سطح مناسبی از مبرد درون اواپراتور به گونه‌ای که حداکثر تأثیر سرمایشی را داشته و در عین حال تضمین‌کننده برگشت بخار سوپرهیت به کمپرسور باشد.
- با توجه به طراحی اواپراتور، وسیله انبساط ممکن است با یک شیر انبساط کنترل‌شونده توسط دمای مبرد خروجی از اواپراتور و یا یک شیر شناور که سطح بهینه مبرد در یک اواپراتور غوطه‌ور را حفظ می‌کند باشد. اطلاعات بیشتر در خصوص وسایل انبساط در بخش ۷ بیان شده است.

۵ - ۲ - ۳ - مبردها

انتخاب مبرد بستگی به دمای مورد نیاز برای فرآیند یا دمای تولید دارد و بر طراحی و کار سیستم تبرید بسیار موثر است. عوامل زیست محیطی و قوانین ذیربط نیز می‌بایست مدنظر باشند. نکات مختلف در خصوص مبردها در قسمت ۸ بحث شده است.

۶ - ۲ - ۳ - عایق‌بندی

عایق‌بندی مناسب لوله‌کشی‌ها و دیگر تجهیزات از عوامل مهم در کارکرد اقتصادی و مطمئن سیستمهای تبرید می‌باشد، بخصوص در سیستمهایی که دمای اواپراتور پایین بوده و لوله‌های مکند طویلی در خارج از محوطه تبرید عبور کرده‌اند، هرگونه افزایشی در دمای گاز ورودی به کمپرسور بازده آن را کاهش خواهد داد. خرابی و یا

کافی نبودن عایق‌بندی در ساختمان سردخانه‌ها موجب افزایش بهره انتقال حرارت از دیوارها خواهد شد و این خود موجب افزایش بار تبرید می‌شود و در نتیجه انرژی بیشتری جهت کار سیستم مورد نیاز خواهد بود.

۳-۳ - ظرفیت، توان مصرفی و بازده

ظرفیت یک سیستم تبرید مقدار سرمایشی است که از آن بدست می‌آید و متناسب با طول خط بین نقاط ۱ و ۲ در شکل ۱ است.

توان غالب ورودی به سیستم معمولاً مربوط به محرک کمپرسور می‌باشد، مضافاً اینکه، بخش دیگری از انرژی توسط موتورهای در اواپاتورها، کندانسورها، پمپ‌ها و غیره مصرف می‌شود. با کاهش فشار تبخیر توان ورودی به کمپرسور نیز کاهش پیدا می‌کند و در چنین حالاتی توان مصرفی دیگر موتورهای تشکیل‌دهنده بخش اصلی مصرف انرژی خواهند بود.

بازده سیستم را می‌توان در دو بخش بررسی نمود:

- بازده کل سیستم

- بازده کمپرسور

بازده اقتصادی هر یک از بخش‌های فوق را می‌توان بصورت زیر تعریف نمود:

$$\text{بازده} = \frac{\text{خروجی سیستم}}{\text{ورودی سیستم}}$$

محاسبه این مقدار به قرار زیر است:

$$\text{بازده سیستم} = \frac{\text{ظرفیت سرمایش (کیلووات)}}{\text{مجموع توان ورودی (کیلووات)}}$$

اگر عملکرد کمپرسور مورد ارزیابی قرار گیرد محاسبه مربوط بصورت زیر خواهد شد:

$$\text{بازده کمپرسور} = \frac{\text{توان خروجی کمپرسور (کیلووات)}}{\text{توان ورودی کمپرسور (کیلووات)}}$$

معمولاً بازده سیستم تحت عنوان ضریب عملکرد^۱ (COP) نامیده می‌شود.

عوامل متعددی بر بازده و توان مصرفی تأسیسات تأثیر می‌گذارند که عبارتند از:

- میزان باری که تأثیرپذیر از درجه حرارت، میزان و نوع تولیدات و یا سیال فرآیند می‌باشد.
- شرایط کار، یعنی دمای مایع و مکش قسمت‌های تبخیر، میعان و نیز شیر انبساط سوپرهیت.
- تکنولوژی اجزاء، به عنوان مثال نوع کمپرسور و کندانسور.
- روش‌های برفک‌زدائی، روش‌های گرمایش، شروع و ختم آنها.

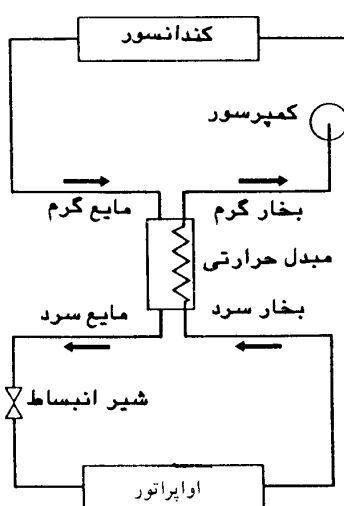
¹ Coefficient of Performance

- کنترل که در یک سیستم مرکزی از اهمیت زیادی برخوردار است.
- مبرد و ساختار سیستم.

۴ - ۳ - تغییرات در مدار ساده تبرید

۱ - ۴ - ۳ - مبدل حرارتی مکش/مایع

اثر سرمایشی یک اواپراتور متناسب با طول خط بین نقاط ۱ و ۲ در شکل ۱ می‌باشد. با سردتر نمودن ورودی شیر انبساط می‌توان به سرمایش بیشتری دست یافت. دمای مبرد خروجی از اواپراتور پایین‌تر از دمای مایع ورودی به وسیله انبساط می‌باشد. بنابراین با بکارگیری یک مبدل حرارتی بین این دو لوله، کاهش دمای مایع مزبور امکان‌پذیر خواهد بود. شمائی از نحوه بکارگیری مبدل حرارتی مکش/مایع در مدار تبرید شکل ۲ ملاحظه می‌گردد.



شکل ۲: مبدل حرارتی خط مکش

باید خاطرنشان ساخت به ترتیبی که در بالا اشاره شد، افزایش متناظری در دمای گاز مکش ورودی به کمپرسور بوجود خواهد آمد و این خود موجب کاهش چگالی گاز شده و بالتیجه جرم کمتری از مبرد توسط کمپرسور پمپ می‌گردد. تجربه نشان می‌دهد که در دماهای بالای تبخیر، بازده کلی سیستم بهبود پیدا می‌کند. بطور کلی مبدل‌های حرارتی فوق‌الذکر در دمای تبخیر کمتر از حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد مفید واقع نمی‌شوند. در سیستمهایی که از اینگونه مبدل‌های حرارتی استفاده می‌شود، در صورتیکه مبرد R22 و R717 (آمونیاک) بکار گرفته شود، بایستی دقت شود که افزایش دمای مکش کمپرسور می‌تواند منجر به تخلیه حرارتی بیش از حد گردد.

۲ - ۴ - ۳ - مدارهای چند اواپراتوری

در سیستمهای تبرید غالباً استفاده از چند اواپراتور ترجیح داده می‌شود. عملکرد اواپراتورها در دمای مشابه مسئله آفرین نبوده و می‌توانند به سادگی بصورت موازی به یکدیگر متصل شوند. با وجود این اگر نیاز است

که یک اواپراتور در دمائی کمتر از بقیه کار کند، لازم است که کمپرسور(ها) در فشار لازم برای دمای مورد نظر عمل کند. دیگر اواپراتورها می‌بایست به نحوی مناسب برای کار در فشارهای بیشتر کنترل شوند. این کار با قرار دادن تنظیم‌کننده‌های فشار بین خروجی اواپراتورها و قسمت مکش کمپرسور(ها) میسر می‌شود. اشکال این شیوه آن است که کار در فشار مکش کم، بازده و ظرفیت کمپرسور را کاهش می‌دهد. اگر بار اصلی دمای کمتری داشته باشد، آنگاه هزینه نصب یک سیستم اضافی برای بار کوچک با دمای بالا علیرغم اینکه منجر به بازده بیشتری می‌شود، احتمالاً اقتصادی نخواهد بود. اگر حالت عکس برقرار باشد، مطمئناً بهتر است بار کوچک با دمای کم، سیستم مستقلی برای خود داشته و بار اصلی در فشار تبخیر بیشتر و در نتیجه با بازده بیشتر انرژی، در فرآیند تبرید قرار گیرد.

۳ - ۴ - سیستمهای چند کمپرسوری

در بسیاری از سیستمها بار سرمایش به اندازه‌ای بزرگ است که عملاً بوسیله یک کمپرسور قابل تأمین نیست. در چنین شرایطی کمپرسورها بصورت موازی متصل می‌گردند. این ترکیب از این مزیت برخوردار خواهد بود که می‌توان با ترتیب مناسبی ظرفیت آنها را متناسب با بار تنظیم نمود.

۳ - ۵ - سیستمهای دو مرحله‌ای

سیستمهای دو مرحله‌ای و یا مرکب در مواقعی بکار می‌روند که تفاوت زیادی بین دمای تبخیر و میعان وجود دارد. معمولاً این حالت وقتی اتفاق می‌افتد که شرایط فرآیند و یا انبار محصول به دمای تبخیر کمی نیازمند باشد، مثل خشک‌کن فریزری و یا سردخانه بستنی.

در چنین شرایطی، سیستمهای دو مرحله‌ای بکار گرفته می‌شود زیرا سیستم یک مرحله‌ای به تخلیه حرارتی زیاد که غیرقابل قبول می‌باشد منجر می‌گردد. بعلاوه در بعضی موارد تراکم‌سازی در مرحله‌ای بازده بیشتری خواهد داشت.

قانون ساده‌ای برای انتخاب بین سیستم تراکم دو مرحله‌ای و یا یک مرحله‌ای وجود ندارد. تراکم‌سازی دو مرحله‌ای عموماً برای سیستمهایی که دمای مکش کمپرسورها کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد است و از مبردهائی چون R22 استفاده می‌شود بکار گرفته می‌شوند.

دو راه برای دسترسی به سیستمهای تراکم‌ساز دو مرحله‌ای وجود دارد و شیوه انتخاب شده بر بازده سیستم تأثیر می‌گذارد. در هر دو حالت با عبور مبرد بکاررفته در مرحله سرمایش میانی از یک مبرد، ظرفیت اضافی بدست می‌آید. اگر تبرید کمکی بدین شیوه بدست آید، می‌بایست دقت نمود که مایع قبل از ورود به وسیله انبساط چندان گرم نشده باشد.

۱- ۵- ۳- کمپرسورهای ترکیبی داخلی

تراکم‌سازی دو مرحله‌ای توسط کمپرسور ویژه‌ای که بگونه‌ای خاص طراحی شده باشد امکان‌پذیر است. ابتدا گاز در سیلندر(های) مرحله پایین تحت فشار متوسطی متراکم شده و سپس توسط سیلندر(های) مرحله بالا تا سطح فشار میعان متراکم می‌شود. شرایط میانی تحت عنوان فشار میان مرحله‌ای نامیده می‌شود و جهت کاهش دمای مبرد قبل از ورود به مرحله دوم فشرده‌سازی، از نوعی خنک‌ساز استفاده می‌گردد.

انتخاب و بکارگیری چنین کمپرسوری نسبتاً آسان می‌باشد. اما تنوع، محدود است. انتخاب یک طرح مناسب که نیازهای سیستم را برآورده کند معمولاً به یک مصالحه که به قیمت تغییر بازده سیستم تمام می‌شود منتج خواهد شد. نسبت ثابت حجم گاز در دو مرحله فشرده‌سازی به معنی آنست که در صورت تغییر بار، بازده سیستم کاهش خواهد یافت.

۳- ۵- ۳- کمپرسورهای ترکیبی خارجی

در این حالت عمل تراکم‌سازی دو مرحله‌ای با بکارگیری دو کمپرسور مجزا یکی برای مرحله پایین و دیگری برای مرحله بالا، صورت می‌پذیرد. قابلیت انعطاف این روش، طرح سیستم را قادر خواهد ساخت تا تطابق دقیقتری را بین بار و ترکیب کمپرسورها، به دست آورد و اقتصادی‌ترین فشار میان مرحله‌ای را انتخاب نماید.

طراحی و انتخاب اینگونه سیستمها بسیار پیچیده‌تر از کمپرسورهای ترکیبی داخلی می‌باشد، اما استفاده از برنامه‌های کامپیوتری کار را آسان‌تر و سریعتر می‌نماید. جهت محدود ساختن دمای تخلیه انتهائی، از سرمایش میان مرحله‌ای استفاده می‌شود و این کار معمولاً از طریق تزریق مقدار کمی مایع مبرد به داخل گاز انجام می‌پذیرد. همچنین می‌توان از دیگر روشهای سرمایشی نیز استفاده نمود.

۶- ۳- سیستمهای زنجیره‌ای^۱

سیستمهای زنجیره‌ای روش دیگری جهت فائق آمدن بر مسائل موجود روشهای تبخیر در دمای کم می‌باشد. در اینجا از دو مدار مجزای تبرید که معمولاً هریک مبرد مختلفی دارند استفاده می‌شود.

اوپراتور سیستم فشار ضعیف تحت شرایطی کمتر از دمای فرآیند و یا انبار محصولات می‌باشد. کندانسور این سیستم بعنوان اوپراتور سیستم فشار قوی نیز عمل می‌کند. سیستم فشار قوی حرارت را از این کندانسور/ اوپراتور به کندانسور خارجی منتقل می‌نماید. بنابراین سیستم فشار ضعیف می‌تواند از یک مبرد با نقطه جوش پایین استفاده نماید و فشار میعان آن توسط مرحله فشارقوی در سطح ایمنی حفظ گردد.

یک سیستم زنجیره‌ای، بازده سیستم ترکیبی خارجی را ندارد زیرا بدلیل انتقال حرارت بین دو سیستم، بازده آن تلف می‌شود، اما قابلیت انعطاف بیشتری دارد. در بسیاری از حالات، دمای خیلی کمی مورد نیاز باشد سیستم زنجیره‌ای تنها انتخاب موجود خواهد بود.

¹ Cascade Systems

۴ - اوپراتورها

اوپراتورها دو نوع اصلی دارند:

- انبساط مستقیم (گاهی اوقات انبساط خشک یا DX نامیده می شود).
- غوطه ور

۱ - ۴ - انبساط مستقیم

این نوع معمولاً برای خنک سازی هوا و یا مایعات بکار گرفته می شود. وسیله انبساط در این اوپراتورها یک شیر انبساط می باشد (بخش ۷ ملاحظه گردد).

یک اوپراتور انبساط مستقیم که برای خنک سازی هوا بکار برده می شود در شکل ۳ نشان داده شده است. طرحهای مختلفی با استفاده از لوله های ساده و یا لوله های پرده دار که هوا و یا سیال فرآیند تحت فشار و بدون فشار درون آنها گردش می نماید وجود دارند. در برخی از طراحی ها جهت افزایش تبادل حرارت و در نتیجه افزایش بازده، با استفاده از ادوات داخلی، اغتشاشهایی به منظور تماس کامل بین سیال با دیواره لوله ایجاد می گردد.

۱ - ۱ - ۴ - خصوصیات طراحی

یک اوپراتور نوعاً دارای تعدادی مدارهای موازی با اهداف طراحی ذیل می باشد:

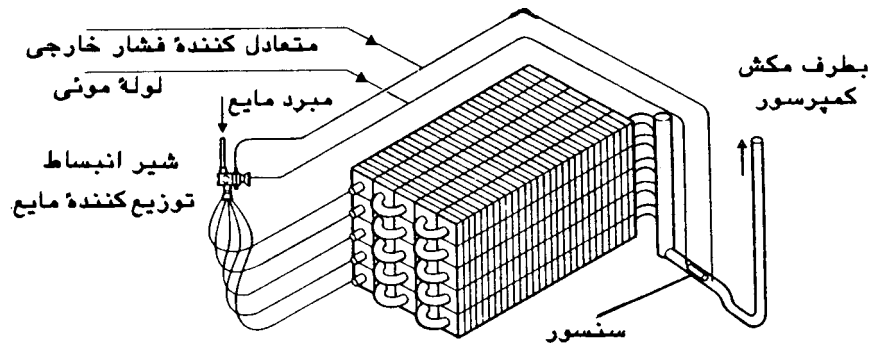
- بیشینه کردن انتقال حرارت
- تضمین بازگشت مناسب روغن
- کمینه کردن افت فشار

جهت اطمینان از اینکه مبرد در کلیه مدارهای موازی چرخش کند یک توزیع کننده بکار می رود. در طرح هایی که بوسیله هوا خنک می شود جهت افزایش انتقال حرارت، سطح لوله های حامل مبرد با استفاده از پره های خارجی توسعه داده می شود. به منظور افزایش سطح لوله ها، پره ها تا آنجا که ممکن است نزدیک یکدیگر قرار می گیرند بدون اینکه عبور هوا را محدود نمایند. در سیستمهایی که دما پایین می باشد، امکان تشکیل یخ بر روی پره ها وجود دارد که در چنین حالاتی فاصله بین پره ها را بیشتر در نظر می گیرند.

در سالهای اخیر به صورت افزایش یافته ای مبدل های حرارتی انبساط مستقیم با صفحات متراکم مرسوم گشته است. بدلیل طراحی خاص، اینگونه مبدلها قابلیت خوبی در انتقال حرارت داشته و در نتیجه بازده بسیار خوبی دارند. در برخی از سیستمهای بزرگ می توان مبدلها را جهت تمیز کردن باز نمود، لیکن انواع کوچک بصورت یکپارچه به یکدیگر لحیم گشته اند. در اینگونه اوپراتورها می توان از کلیه مبردهایی که از ترکیبات هالوژنه کربن (فلوئور) می باشند استفاده نمود. اما بدلیل نوع موادی که در ساخت آنها بکار رفته است برای آمونیاک مناسب نیستند.

۲- ۱- ۴- خصوصیات بهره‌برداری

مبرد اشباع شده از طریق یک توزیع‌کننده به داخل لوله‌های انبساط تزریق می‌گردد بگونه‌ای که قبل از رسیدن به خروجی کاملاً تبخیر می‌گردد.



شکل ۳: توزیع مایع در یک مدار انبساط مستقیم

با نظارت بر دبی مبرد توسط وسیله انبساط، در خروجی بخار سوپرهیت در حدود ۵ درجه سانتی‌گراد حفظ می‌شود. این مسئله اطمینان ایجاد می‌کند که وظیفه تا حد ممکن بالاست و در عین حال کمپرسور را از بازگشت مبرد مایع از طریق خط مکش حفظ می‌کند. این خصوصیت برای قابلیت اعتماد عملکرد کمپرسورهای رفت و برگشتی حائز اهمیت می‌باشد، ولی برای کمپرسورهای دورانی این چنین نیست.

۳- ۱- ۴- مسائل بهره‌برداری

توزیع غیر یکنواخت مبرد بر بازده و میزان سرمایش بین دو مدار متفاوت تأثیر می‌گذارد. این اتفاق می‌تواند ناشی از نصب نامناسب توزیع‌کننده باشد. توزیع‌کننده می‌بایست همیشه بصورت عمودی قرار داده شود بطوریکه در هر خروجی میزان تغذیه یکنواخت باشد. عدم توزیع یکنواخت مبرد می‌تواند بدلیل صدمه دیدن خطوط توزیع نیز باشد. پر شدن هر مدار توسط مبرد اشباع تقریباً غیرممکن است زیرا می‌بایست به اندازه کافی بخار سوپرهیت موجود بوده تا شیر انبساط قادر باشد دبی مبرد را کنترل نماید. از طرف دیگر در صوت وجود بخار سوپرهیت در انتهای هر مدار، بازده انتقال حرارت کاهش پیدا خواهد کرد. جمع شدن روغن نیز موجب کاهش بازده اواپراتور می‌شود. اطلاعات بیشتر در مورد این موضوع در قسمت ۳-۴ آورده شده است.

۲- ۴- غوطه‌وری

دو نوع اواپراتور از نوع غوطه‌ور وجود دارد:

- پوسته‌ای و لوله‌ای^۱
- صفحه‌ای^۲

^۱ Shell and Tube

^۲ Plate Type

۱ - ۲ - ۴ - پوسته‌ای و لوله‌ای

این نوع اواپراتورها معمولاً در تأسیسات بزرگ خنک‌سازی مایعات بکارگرفته می‌شوند. با وجود تنوع و طرح‌های مختلف، خصوصیات اصلی مشترکی در آنها یافت می‌شود.

- خصوصیات طراحی و عملکرد

در اواپراتورهای نوع پوسته‌ای و لوله‌ای، سیال سرد شونده از داخل لوله‌ها عبور کرده و در داخل پوسته مبرد پس از جوشیدن به گاز تبدیل می‌گردد.

سطح مبرد در داخل پوسته به نحوی حفظ می‌گردد که لوله بالایی همیشه بوسیله مایع پوشیده شده باشد. بدین ترتیب در واسطه بیشترین بازده تبادل حرارت از مایع به مایع صورت می‌پذیرد. جهت اطمینان از بازده بهینه، معمولاً یک شیر شناور فشار ضعیف سطح مایع را حفظ می‌کند. بهره‌برداری از این وسیله در قسمت ۷ توضیح داده شده است. بعنوان انتخاب دیگر می‌توان از یک شیر انبساط و سنسور سطح استفاده نمود. فضای قسمت بالائی محفظه اجازه می‌دهد که قطرات مایع ازگازی که بطرف کمپرسور باز می‌گردد جدا شود. گاهی اوقات عمل تخلیه در وسیله جداگانه‌ای تحت عنوان مخزن تخلیه^۱ صورت می‌پذیرد.

- مسائل بهره‌برداری

اواپراتورهای شناور پوسته‌ای و لوله‌ای معمولاً بزرگ و نسبتاً گران قیمت می‌باشند. تجمع روغن موجب کاهش انتقال حرارت و در نتیجه بازده می‌شود، جهت اطلاع بیشتر قسمت ۳-۳ ملاحظه گردد. رسوب بر روی سطوح خارجی لوله‌ها، یعنی در قسمت سیال فرآیند نیز کاهش دهنده انتقال حرارت بوده و برطرف کردن آن مشکل می‌باشد.

به علت حجم داخلی پوسته، تعداد زیادی مبرد لازم می‌باشد و مسائلی چون هزینه زیاد، ایمنی، محیط زیست و نشت را به همراه دارد.

۲ - ۲ - ۴ - نوع صفحه‌ای

اخیراً کاربرد مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای بعنوان تبخیرکننده‌های شناور در سیستم‌های گردش مجدد بسیار مرسوم گشته است. مزایای آنها نسبت به نوع پوسته‌ای و لوله‌ای به شرح زیر می‌باشند:

- ضریب انتقال حرارت بالا
- اختلاف دمای کمتر بین مبرد و مایع سرد شده که موجب افزایش درجه حرارت تبخیر و در نتیجه افزایش بازده می‌گردد.
- تأسیسات متراکم‌تر و در نتیجه اشغال فضای کمتر
- هزینه‌های کمتر برای مبرد
- امکان تمیزکردن مجموعه‌هایی که لحیم نشده‌اند، و لذا حفظ انتقال حرارت در سطح خوب

^۱ Surge Drum

۳- ۴ - کنترل روغن در اواپراتورها

به منظور حفظ بازده بهینه سیستم، جلوگیری از تجمع روغن در اواپراتور، پوشش لوله‌ها و در نتیجه کاهش انتقال حرارت، حائز اهمیت می‌باشد. جهت کنترل روغن، بسته به نوع اواپراتور و مبرد آن اقدامات مختلفی مورد نیاز است.

۱- ۳- ۴ - اواپراتورهای انبساط مستقیم

قانون اصلی در این نوع اواپراتور چه با ترکیبات هالوژنه کربن و چه با آمونیاک استفاده شود آن است که جهت حمل روغن درون مجموعه لوله‌ها، سرعت مبرد در حد کافی حفظ گردد. چنانچه قرار باشد اواپراتور در محدوده وسیعی از بار کار کند امکان بروز مسائلی چند وجود دارد زیرا ممکن است جهت کسب حداقل سرعت لازم، دبی در پائین‌ترین شرایط کار، کافی نباشد. در چنین شرایطی بهتر است که وظیفه کل سیستم بین چندین اواپراتور کوچک تقسیم شده و در صورت کاهش بار تعدادی از آنها را از سیستم جدا نمود.

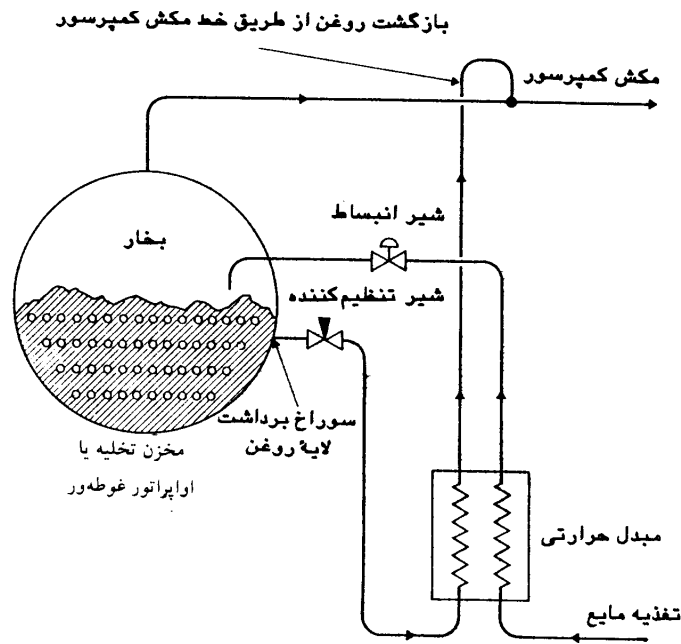
۲- ۳- ۴ - اواپراتورهای غوطه‌ور

• سیستمهای آمونیاکی

روغن تقریباً غیرقابل حل در آمونیاک می‌باشد و از آن جدا شده و در کف اواپراتور جمع می‌گردد. از این رو باید متناوباً بطور دستی و یا اتوماتیک تخلیه گردد. این عمل به شرط رعایت مسائل ایمنی، خطرناک نمی‌باشد. جدول دقیقی که هرگونه افزایش و یا برداشت روغن از سیستم را ثبت کند مورد نیاز است. اتصالاتی که برای کنترل در قسمت تحتانی محفظه اواپراتور قرار داده می‌شود بایستی بالاتر از بیشترین سطح ممکنه روغن باشد. روغن در درجه حرارت‌های پائین چسبندگی زیادی دارد و می‌تواند موجب محدودیت در لوله‌های باریک شود.

• سیستمهای ترکیبات هالوژنه کربن

برخی از مبردها مثل R11 و R12، در کلیه شرایط کاری قابلیت اختلاط کامل با روغن را دارا می‌باشند. لذا اقدام خاصی جهت جلوگیری از تجمع روغن لازم نیست. دیگر مبردها مثل R22 و R502 در درجه حرارت‌های بالا قابلیت اختلاط با روغن را دارند اما در درجه حرارت‌های پائین یک لایه روغنی بر روی سطح مبرد تشکیل می‌دهند. با تنظیم دقیق محل نقاط سوراخ پوسته اواپراتور، می‌توان این ترکیب آغشته به روغن را از اواپراتور جدا و به یک تصفیه‌کننده منتقل کرد. سپس این تصفیه‌کننده تا نقطه جوش حرارت داده می‌شود تا قسمت عمده مبرد را قبل از بازگشت به کمپرسور، مایع سازد. مقرون به صرفه‌ترین راه جهت بیشترین بازده برای تعیین حرارت لازم، استفاده از مبرد گرم در خط مایع است. بدین ترتیب هیچگونه هزینه‌ای برای انرژی لازم نخواهد بود و ضمناً مزیت اضافی آن سردتر شدن مایع خواهد بود. یک نوع سیستم تنظیم کننده روغن در شکل ۴ نمایش داده شده است.



شکل ۴: دیاگرام سیستم تصفیه روغن

۴ - ۴ - بهره‌برداری با بازده از اواپراتورها

با افزایش درجه حرارت تبخیر بازدهی سیستم سرماساز افزایش می‌یابد این امر با تمهیدات زیر تحقق می‌یابد:

- بیشینه کردن اندازه اواپراتور.

- حفظ حداکثر نرخ انتقال حرارت اواپراتور.

در مورد اندازه اواپراتور می‌بایست با ارزیابی هزینه‌های اضافی سرمایه‌گذاری و نیز کاهش هزینه‌های بهره‌برداری در مرحله طراحی تصمیم‌گیری کرد، و در خصوص بازگشت سرمایه در مورد هر کدام از انتخابها مقایسه ساده‌ای نمود.

انتقال حرارت از عوامل زیر تأثیر می‌پذیرد:

- تجمع روغن

- نشست رسوب و خوردگی سطوح انتقال حرارت

- کنترل نادرست دبی و یا سطح مبرد در اواپراتور

- تشکیل برفک

۵ - ۴ - برفک زدائی

همانگونه که در بخش ۱-۱-۴ ذکر شد درخصوص تشکیل برفک در پره‌های نازک اواپراتورهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد، فواصل بین پره‌ها حائز اهمیت می‌باشد. جهت میزان عبور هوا به اندازه کافی از میان پره‌های نازک بایستی بطور متناوب برفک‌زدائی نمود که این مسئله نیازمند استفاده از گرمایش می‌باشد. برفک‌زدائی توأم با بازدهی انرژی بستگی به عوامل زیر دارد:

برفک‌زدائی وقتی اعمال شود که لزوم آن از بابت کاهش عملکرد سیستم تشخیص داده می‌شود.

- استفاده از کارآمدترین روش جهت اعمال حرارت لازم.
- اطمینان از توزیع یکنواخت حرارت در کلیه پره‌ها.
- قطع عمل برفک‌زدائی پس از برطرف شدن برفک.
- کمینه کردن میزان حرارت برفک‌زدائی که توسط مایع یا محصول فرآیند جذب می‌گردد.

۵ - کمپرسورها

هدف از بکارگیری کمپرسور در یک سیستم تبرید، مکش گاز با فشارکم مبرد از اواپراتور و متراکم ساختن آن می‌باشد. با این عمل، گاز با استفاده از یک منبع ارزان خنک‌سازی مثل هوا و یا آب به حالت مایع بازمی‌گردد.

۱ - ۵ - انواع محفظه کمپرسور

بیشتر کمپرسورها بوسیله یک موتور الکتریکی بحرکت در آورده می‌شوند و گاهی اوقات در یک محفظه مشترک قرار می‌گیرند. بعضی دیگر از کمپرسورها محرک خارجی داشته و محور آنها پس از آب‌بندی از یک محفظه تحت فشار خارج می‌شود.

۱ - ۱ - ۵ - کمپرسورهای با محفظه بسته^۱ و نیمه بسته^۲

در این نوع کمپرسورها موتور مستقیماً به محور اصلی متصل شده و کل مجموعه در یک محفظه مشترک آب‌بندی شده قرار می‌گیرد. کمپرسور با محفظه بسته در داخل یک محفظه جوشکاری شده قرار دارد و جهت سرویس و تعویض امکان هیچگونه دسترسی به قسمت‌های داخل آن وجود ندارد. کمپرسورهای نیمه بسته در محفظه‌هایی قرار دارند که پوشش آن قابل بازکردن بوده و توسط واشر آب‌بندی شده‌اند. لذا امکان دسترسی جهت تعمیرات در محل وجود دارد.

هر دو نوع کمپرسور با استفاده از موتورهای خاص انتخاب، طراحی و ساخته شده‌اند. اندازه و نوع موتور در تطبیق با کار کمپرسور و مبردها می‌باشد. جهت حصول حداکثر بازده می‌بایست کمپرسور در تطابق نزدیک با وظایف سیستم باشد.

^۱ Hermetic Compressors

^۲ Semi - Hermetic Compressors

کمپرسورهای محفظه بسته و کمپرسورهای بزرگتر نیمه بسته معمولاً از قسمت مکش خنک می‌شوند بطوریکه مبرد قبل از ورود به سیلندرها کمپرسور از میان سیم‌پیچهای موتور عبور می‌کند. این عمل به خنک شدن سیم‌پیچهای موتور کمک می‌نماید لیکن ظرفیت کمپرسور را کاهش می‌دهد.

کمپرسورهایی که بطور خارجی خنک می‌شوند و گاز مستقیماً وارد سیلندرها می‌شود، نسبت به نوع معادل با خنک‌سازی مکشی، ۸ درصد بازده بیشتر دارند. لیکن با ظرفیتهائی حداکثر تا حدود ۵ کیلووات وجود دارند.

۲- ۱- ۵- کمپرسورهای باز

این نوع کمپرسورها محرک خارجی داشته و انتخاب یک موتور با اندازه مناسب و اتصال آن بطور مستقیم و یا با استفاده از تسمه امکان‌پذیر است. انتخاب اندازه موتور بایستی در تطابق با وظیفه کمپرسور باشد. بهره‌برداری از موتورها در شرایط پائین‌تر از طراحی، ضریب توان و در نتیجه بازده آن را کاهش می‌دهد. وقتی مقایسه‌ای بین توانهای ورودی کمپرسورهای باز و نیمه بسته انجام می‌گیرد، بازده و تلفات موتور باید مورد توجه قرار گیرد.

در مواقعی که بهره‌برداری مدت‌دار یک واحد مدنظر می‌باشد می‌توان اثبات نمود که موتور با بازده بالا مقرون‌بصرفه‌تر است. در حال حاضر در مقایسه با موتورهای استاندارد، قیمت آنها بیشتر می‌باشد اما با تغییر تفاوت قیمت بین این دو نوع موتور شرایط تغییر خواهد کرد. مطالعات هزینه سنجی نمایانگر آنست که در بهره‌برداری‌های درازمدت، زمان بازگشت سرمایه کمتر از دو سال خواهد بود.

۲- ۵- انواع کمپرسورها از نقطه نظر نوع حرکت

۱- ۲- ۵- کمپرسورهای رفت و برگشتی

کمپرسورهای رفت و برگشتی مرسوم‌ترین نوع بوده و برای محدوده وسیعی از کاربردها در دسترس می‌باشند. یک کمپرسور برای کاربردی مشخص و مبردی خاص به‌طور بهینه طراحی می‌شود. بهره‌برداری از یک کمپرسور در دمای زیاد با شیرهایی که جهت بهره‌برداری در دمای کم طراحی شده‌اند، تلفاتی در حدود ۱۰ درصد را باعث می‌شود. در بیشتر کمپرسورها این عمل به اضافه بار موتور و در نتیجه از مدار خارج شدن آن توسط رله حفاظتی منجر می‌شود. کمپرسورها با بازده بهبود یافته تکامل زیادی یافته‌اند. محورهای اصلی بهبود عبارتند از:

- کاهش حجم خلاصی^۱
- بهبود عبور جریان سیال از شیرها
- ایجاد مسیر عبور گاز با محدودیتهای کمتر
- کاهش افت فشار

^۱ Clearance Volume

• کمینه کردن انتقال حرارت از تخلیه تا مکش گاز

چنین تغییراتی بازده را تا حد ۲۰ درصد بهبود می بخشد. البته در بسیاری از موارد بدلیل افزایش پیچیدگی در نحوه تولید، هزینه سرمایه گذاری بیشتر می گردد.

در کمپرسورهای رفت و برگشتی از جمله مسائلی که برای قابلیت اعتماد سیستم بحرانی می باشد عدم تزریق مایع مبرد و روغن بیش از حد به داخل سیلندرها می باشد زیرا موجب اشکال در حرکت کمپرسور می شود.

۲- ۲- ۵- کمپرسورهای پیچی^۱

این نوع کمپرسورها برای وظایفی که توان مورد نیاز آنها از ۵۰ الی چندین هزار کیلووات می باشد در دسترس هستند و عموماً برای دماهای متوسط تا زیاد بکار گرفته می شوند. ابعاد هندسی کمپرسور تعیین کننده نسبت فشار بهینه می باشد. بهره برداری در شرایطی فراتر از این نسبت فشار، بازده آن را بطور قابل ملاحظه ای کاهش می دهد. به همین دلیل معمولاً سازندگان، محدوده ای از ماشینهای مختلف با مشخصات کاری متفاوت تولید می کنند.

جهت آب بندی بین رتور و بدنه مقدار زیادی روغن به داخل کمپرسورها و پیچی تزریق می شود. لذا می بایست توسط یک جدا کننده مناسب، روغن از مبرد گرفته شود. مقدار قابل توجهی از حرارت متراکم سازی توسط روغن جذب می گردد و می بایست این حرارت توسط یک خنک کن روغن دفع گردد. در عمل، خنک سازی روغن بوسیله هوا و یا آب ترجیح داده می شود. بکارگیری مبرد برای خنک سازی می تواند ظرفیت سیستم را تا ۱۰ درصد کاهش داده و لذا افت بازده را بدنبال خواهد داشت.

۳- ۲- ۵- کمپرسورهای پیچشی^۲

کمپرسورهای پیچشی در سالهای اخیر توسعه زیادی پیدا کرده اند، زیرا تکنیک های بهبود یافته ماشین کاری، تولید آنها را سهل تر نموده است.

این نوع کمپرسورها بدلیل بی سروصدا بودن، لرزش کم و بازده خوب بطور افزاینده در سیستمهای تهویه مطبوع متوسط و کوچک بکار گرفته می شوند. برتری بازده آنها نسبت به کمپرسورهای رفت و برگشتی در فشارهای کم، این نوع کمپرسورها را برای سیستمهای تبرید دمای بالا، مثل مخازن خنک حفظ شیر، ایده آل نموده است. کمپرسورهای پیچشی برای کاربرد در دمای کم نیز توسعه زیادی یافته اند.

۳- ۵- اطلاعات عملکرد کمپرسور

توان ورودی و خروجی یک کمپرسور اساساً به دمای تبخیر و میعان بستگی دارد. عملکرد کمپرسور معمولاً بصورت گرافیکی (شکل ۵) و یا جدولی نمایش داده می شود.

¹ Screw Compressors

² Scroll Compressors

این اطلاعات معمولاً برای حالت خاصی ارائه می‌شوند و برای شرایط کار واقعی در محل باید تصحیحاتی صورت پذیرد، از جمله:

- حرارت گاز مکش
- سرمادهی زیاد مایع

در مورد اطلاعات کمپرسورهای باز بایستی دقت نمود که سرعت چرخش صحیحی بکار رفته باشد. در کمپرسورهای نیمه بسته با موتور داخلی این سرعت ثابت نگاه داشته می‌شود.

۴ - ۵ - کنترل ظرفیت

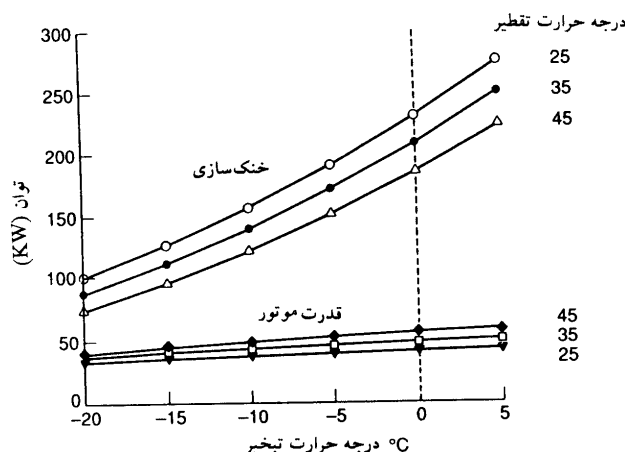
در سیستمهایی که بار به میزان زیادی تغییر می‌نماید، قابلیت تغییر وظیفه کاری کمپرسور برای حفظ حداکثر بازده حائز اهمیت می‌باشد. در یک سیستم کمپرسور چندگانه با خاموش کردن تعدادی از کمپرسورها و یا با کاهش دادن ظرفیت پمپاژ هریک از آنها می‌توان به هدف فوق دست یافت. بهترین راه برای صرفه‌جویی انرژی آنست که همیشه ماشینهای غیرضروری را خاموش نمود.

۱ - ۴ - ۵ - کمپرسورهای رفت و برگشتی

روشهای چندی جهت کاهش ظرفیت کمپرسورها وجود دارد:

- بلوکه کردن گاز مکش
- محدود کردن شیر مکش
- چرخش مجدد گاز تخلیه شده

در موقع انتخاب یک کمپرسور با بررسی اطلاعات داده شده توسط سازنده باید از بازدهی نمونه انتخاب شده اطمینان حاصل کرد. کاهش توان ورودی باید در حد ممکن با کاهش ظرفیت تبرید تطابق داشته باشد.



شکل ۵: اطلاعات نمونه عملکرد کمپرسور

همچنین شایسته است که بررسی شود آیا در صورت کنترل ظرفیت، سیستم کمکی خنک‌ساز کمپرسور مورد نیاز است یا نه زیرا این به نوبه خود نیازمند انرژی اضافی می‌باشد.

تعداد مراحل که می‌توان ظرفیت کمپرسور را کاهش داد به طراحی آن بستگی دارد و معمولاً تابعی از تعداد سیلندرها می‌باشد. در کمپرسورهائی که از طریق مکش خنک می‌شوند معمولاً حداقل ظرفیت با از دست دادن سرمای موتور محدود می‌شود.

۲- ۴- ۵- کمپرسورهای پیچی

می‌توان ظرفیت یک کمپرسور پیچی بزرگ را با استفاده از باله‌ای متحرک از ۱۰۰ درصد به ۱۰ درصد کاهش داد. لازم به ذکر است که بازده بار جزئی تا میزان ۵۰ درصد ظرفیت، قابل قبول می‌باشد، اما کاهش ظرفیت بیش از این مقدار موجب کاهش شدید بازده خواهد شد.

۶- کندانسور

در عمل سه نوع کندانسور با کاربرد وسیع وجود دارند:

- خنک شونده توسط هوا (با بکار بردن هوای محیط)
- خنک شونده توسط آب (با بکاربردن آب لوله کشی، رودخانه و یا برج خنک‌کن آب)
- خنک شونده تبخیری (با بکاربردن هوای محیط و آب در گردش)

دو نوع اخیر از مزیت پائین بودن دمای محیط مرطوب برخوردار بوده و قادر به انتقال حرارت بیشتری توسط آب می‌باشند و لذا در دمایی پائین‌تر از میعان کار می‌کنند. در مقایسه کندانسورهای مختلف می‌بایست توان مورد نیاز فن‌ها، پمپ‌ها و گرم‌کننده‌ها را نیز مد نظر قرارداد. عموماً سیستمهای زیر ۱۰۰ کیلووات از کندانسورهای خنک شونده توسط هوا استفاده می‌نمایند مگر آنکه محدودیتهای فضا و یا سرو صدا وجود داشته باشد.

برای یک ظرفیت معین، یک کندانسور بزرگتر، دمای میعان کمتری را فراهم می‌سازد و لذا بازده بهتری خواهد داشت. در صورتیکه از شیرهای انبساط ترمواستاتیکی استفاده شده باشد چنانچه فشار میعان تغییرات زیادی داشته باشد مسائلی در تأسیسات بوجود خواهد آمد. چنین شیرهایی نمی‌توانند تحت این شرایط بطور اطمینان بخش دبی مبرد را کنترل نمایند، لذا بازده و قابلیت اعتماد سیستم کاهش پیدا می‌کند. جهت افزایش مصنوعی فشار می‌بایستی از نوعی کنترل‌کننده فشار استفاده نمود. البته این کار درمورد شیرهای پیچیده انبساط مثل شیرهای انبساط الکترونیکی، چندان کارا نبوده و ضرورتی ندارد.

۱- ۶- کندانسورهای خنک شونده توسط هوا

در کندانسورهای خنک شونده توسط هوا، مبرد در داخل لوله هائی که توسط فن خنک می‌شوند به مایع تبدیل می‌گردد. جهت افزایش انتقال حرارت، لوله‌ها به پره‌های شیاردار مجهز می‌باشند، یک سیستم خوب طراحی شده

می‌بایست در درجه حرارت میعان کمتر از ۱۴ درجه سانتی‌گراد بیش از دمای محیط کار کند. عملاً در مورد کندانسورهای بزرگتر معمول است که کنترل فشار بوسیله خاموش کردن و یا کندتر نمودن حرکت فن‌ها انجام شود، هرچند که این کار به بازده لطمه می‌زند.

اگر کندانسورهای خنک شونده توسط هوا در محل‌هایی که احتمال خوردگی توسط هوا وجود دارد (مثلاً نزدیک دریا و یا در محیطی که هوا آلوده است) بکار گرفته شوند، می‌بایست در ساخت لوله‌ها و پره‌ها از مواد مناسبی استفاده نمود و یا آنکه پوشش مناسبی ایجاد کرد.

اینگونه کندانسورها در معرض بلوکه شدن توسط گرد و غبار و غیره می‌باشند و لذا می‌بایست بطور مرتب پاکسازی شوند. در غیر اینصورت با محدود شدن دبی هوای عبوری، فشار میعان افزایش پیدا خواهد کرد.

۲- ۶- کندانسورهای خنک شونده توسط آب

کندانسورهای خنک شونده توسط آب از نوع پوسته‌ای و لوله‌ای می‌باشند. آب خنک کننده از میان لوله‌های داخل پوسته عبور کرده و مبرد در داخل پوسته و در روی لوله‌های خنک به مایع تبدیل می‌گردد. با افزایش سرعت آب خنک‌کن، انتقال حرارت بهبود می‌یابد. در یک سیستم با بازده خوب، افزایش درجه حرارت آب در عبور از کندانسور حدوداً ۵ درجه سانتی‌گراد خواهد بود، و اختلاف دمایی به میزان ۵ درجه سانتی‌گراد بین درجه حرارت میعان و آب خروجی از کندانسور وجود خواهد داشت.

در تأسیسات تجاری کوچک آب لوله کشی شهری اغلب بصورت مستقیم استفاده می‌شود، گرچه بدلیل استفاده از کنتور آب و تعرفه‌های مربوطه این عمل در تأسیسات جدید کمتر مرسوم است.

در تأسیسات بزرگ، از برج خنک‌کن آب استفاده می‌شود و عمل خنک‌سازی با تبخیر بخشی از آب خنک‌کن در هوا صورت می‌پذیرد. بلوکه شدن مسیرهای آب و یا هوا بازده سیستم را بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش خواهد داد. بلوکه شدن امری معمول است و عموماً به دلیل سختی آب و رشد خزه‌ها و غیره ایجاد می‌گردد. جهت جلوگیری می‌بایست از آب تصفیه شده استفاده و نیز از رشد باکتری‌ها جلوگیری شود. برج خنک‌کن می‌بایست آب را مشابه درجه حرارت محیط مرطوب (که خود حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد کمتر از درجه حرارت محیط خشک می‌باشد)، در حدود ۱۳ الی ۱۸ درجه سانتی‌گراد خنک نماید. قسمت آب کندانسور نیز همیشه در معرض گرفتگی بوسیله املاح موجود در آب می‌باشد. اگر این موضوع مشکل آفرین باشد می‌بایست از کندانسورهای پاک شونده استفاده نمود.

۳- ۶- کندانسورهای تبخیری

در کندانسورهای تبخیری، مبرد در داخل لوله‌هایی که مرطوب بوده و هوا از روی آنها عبور می‌نماید به مایع تبدیل می‌گردد. آب مورد استفاده برای مرطوب نمودن قسمت خارجی لوله‌ها در یک سیکل چرخشی است و لذا همیشه مقدار معینی آب مورد نیاز می‌باشد.

کندانسورهای تبخیری در درجه حرارتهائی مشابه کندانسورهای خنک شونده توسط آب کار می کنند. آب مورد استفاده، مشابه آنچه که درمورد کندانسورهای خنک شونده توسط آب ذکر شد، نیاز به تصفیه دارد.

۴ - ۶ - افت بازده کندانسور بدلیل وجود هوا در سیستم

وجود هوا و دیگر گازهای غیر قابل میعان در مبرد موجب افزایش درجه حرارت میعان و لذا کاهش بازده خواهد شد. بعنوان مثال در یک سیستم آمونیاکی با دمای متوسط چنانچه کندانسور محتوی ۱۵ درصد هوا باشد، هزینه کارکرد ۱۲ درصد افزایش خواهد داشت.

چنانچه سیستم قبل از تزریق مبرد به اندازه کافی تخلیه نشده باشد، احتمال دارد پس از نصب و سرویس، هوا در سیستم باقی بماند. در سیستمی که فشار مکش آن کمتر از فشار آتمسفر باشد چنانچه در موقع کار نشتی وجود داشته باشد هوا به داخل سیستم مکیده می شود.

در زمانی که سیستم کار نمی کند بررسی وجود هوا و یا دیگر گازهای غیر قابل تقطیر ممکن می باشد و لذا با این عمل می توان دما را پایدار نمود. چنانچه هوا وجود نداشته باشد، می بایست درجه حرارت داخل کندانسور معادل درجه حرارت هوای محیط و یا آب در جریان داخل کندانسور باشد.

اگر هوا در سیستم موجود باشد قاعدتاً درجه حرارت بالاتر خواهد بود. هرگونه هوای موجود می بایستی با رعایت شرایط ایمنی توسط یک تکنسین ماهر از سیستم تخلیه شود، به نحوی که انتشار مبرد در آتمسفر حداقل ممکن باشد.

۷ - وسایل انبساط

اهداف بکارگیری یک شیر انبساط عبارتند از:

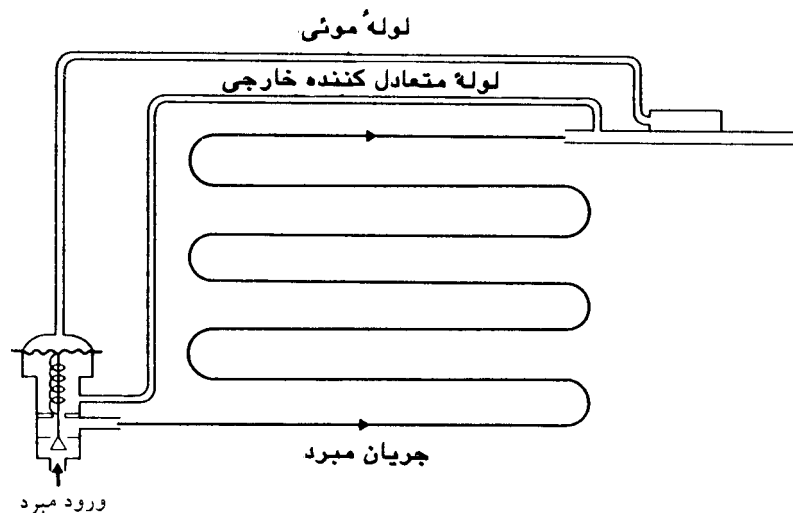
- کاهش فشار مبرد مایع، از فشار میعان به فشار تبخیر
 - تنظیم کردن دبی مبرد مایع ورودی به اواپراتور
- انتخاب و نصب صحیح شیرهای انبساط بسیار مهم می باشد، زیرا کارکرد اشتباه آنها بازده و قابلیت اعتماد سیستم را کاهش خواهد داد.
- سه نوع شیر انبساط که بطور وسیعی در سیستمهای تبرید تجاری و صنعتی مورد استفاده قرار می گیرند وجود دارد:

- شیرهای انبساط ترمواستاتیک
- شیرهای شناور فشار قوی
- شیرهای شناور فشار ضعیف

لوله های موئین (که فشار مبرد را کاهش می دهند ولی نمی توانند دبی آن را کنترل نمایند) در سیستمهای خانگی بکار گرفته می شوند. این لوله ها در کارخانه تولید کننده روی سیستم نصب شده و قابل تنظیم نیستند.

۱ - ۷ - شیرهای انبساط ترمواستاتیک

شیرهای انبساط ترمواستاتیک بر روی اغلب تأسیسات تجاری نصب می‌گردند. یک مثال در شکل ۶ نمایش داده شده است. فشار مبرد در عبور از یک سوراخ کوچک (اوریفیس) افت می‌کند و دبی مبرد بوسیله یک مجموعه شیر سوزنی و دیافراگم تنظیم می‌گردد. دیافراگم بوسیله فشار داخل کپسول کنترل حرکت می‌کند که سنسور دمای مبرد در خروج از اواپراتور است. این دما حدود ۵ درجه سانتی‌گراد بیش از دمای تبخیر می‌باشد. با این کار از عدم وجود مبرد مایع که می‌تواند به کمپرسور صدمه بزند اطمینان حاصل خواهد شد. این اختلاف دما حالت تنظیم شیر در شرایط سوپرهیت است و با تعدیل شیر قابل تنظیم می‌باشد جهت عملکرد با بازده خوب و مطمئن، تنظیم این شیر بسیار مهم می‌باشد.



شکل ۶: شیر انبساط ترمواستاتیکی با جبران‌کننده خارجی

اگر بار اواپراتور تغییر کند، آنگاه درجه حرارت مبرد خروجی از اواپراتور نیز تغییر می‌یابد. کپسول کنترل‌کننده این تغییر را حس کرده و بطور اتوماتیک دبی مبرد را جهت پاسخ به تغییرات بار تنظیم می‌نماید. یکی از اشکالات بزرگ شیرهای ترمواستاتیکی آنست که در صورت وجود تغییر فشار زیاد بین دو طرف شیر عملکرد خوبی نخواهند داشت (مثلاً اگر فشار میعان با شرایط محیط تغییر کند). جهت مواجهه نشدن با چنین شرایطی امروزه انواع دیگر شیر وجود دارند.

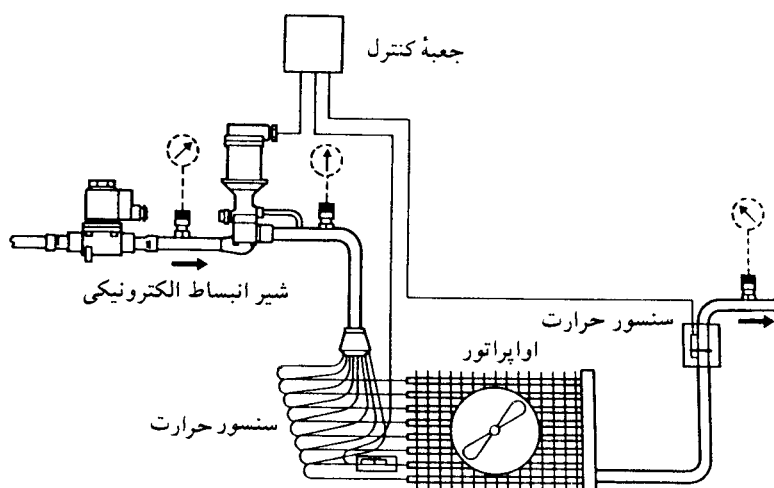
۱ - ۱ - ۷ - شیرهای تعادلی

شیرهای تعادلی با صرف نظر از طرح خاصی که برای ایجاد تعادل داخلی بین دو طرف شیر انجام می‌گیرد، طرز کار و طرح مشابهی با شیرهای معمولی ترمواستاتیکی دارند. این طرح اجازه می‌دهد که شیر، فشار ورودی را در

محدوده وسیعی کنترل نماید. قیمت این نوع شیرها حدوداً ۲۰ درصد بیشتر از شیرهای معمولی می‌باشد، و در حال حاضر در اندازه‌های مختلف وجود دارند.

۲- ۱- ۷- شیرهای انبساط الکترونیکی

شیرهای انبساط الکترونیکی اصول کار مشابهی با شیرهای ترمواستاتیکی دارند جز آنکه درجه حرارت بصورت الکترونیکی حس شده و سیگنال مربوطه بوسیله یک موتور الکتریکی، سوراخ اوریفیس را باز و بسته می‌کند. لذا این شیر می‌تواند در اختلاف فشارهای زیاد کار کند. مزیت دیگر آن این است که می‌توان به راحتی آن را در سیستم کنترل میکروپروسسوری بکار گرفت. شکل ۷ یک شیر انبساط الکترونیکی با خنک‌کننده انبساط مستقیم هوا را نشان می‌دهد. شیرهای الکترونیکی بسیار گرانیقیمت‌تر از شیرهای ترمواستاتیکی بوده و برای سیستمی که بزرگتر از ۱۰۰ کیلووات می‌باشد بازگشت سرمایه آن کمتر از یکسال است.



شکل ۷: شیر انبساط الکترونیکی بر روی خنک‌کننده انبساط مستقیم هوا

۲- ۷- سیستمهای شیر شناور

یک شیر شناور از تویی شناور و یک شیر انبساط تنظیم کننده که به وسیله میله‌ای به یکدیگر متصل گشته‌اند تشکیل می‌یابد. توپ شناور هم در سمت فشار قوی (دریافت‌کننده) و هم در سمت فشار ضعیف (اوپراتور) می‌تواند عمل کند.

۱- ۲- ۷- شیر شناور فشار قوی (HP)

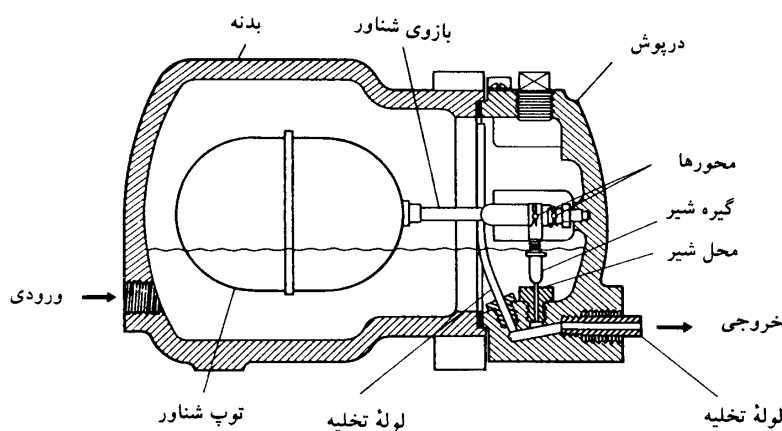
یک شیر شناور معمولی فشار قوی در شکل ۸ نشان داده شده است. این نوع شیر جهت حفظ سطح مایع در دریافت کننده بکار می‌رود و در فشار مربوطه کار می‌کند.

فشار دریافت کننده، فشار خط پیلوت را کنترل می‌نماید. با تغییر این فشار، شیر انبساط جهت تأمین مبرد مایع از دریافت کننده به اواپراتور باز و بسته می‌شود.

شیرهای شناور فشار قوی در تأسیسات صنعتی بزرگ که مجهز به یک اواپراتور می‌باشند بکار برده می‌شوند. از آنجائیکه این شیرها بر سطح مبرد داخل اواپراتور هیچگونه کنترلی ندارند، لذا مقدار مبرد در سیستم می‌بایست صحیح باشد. اصطلاحاً گفته می‌شود که سیستم بطور بحرانی شارژ شده است. جهت اطمینان از عملکرد صحیح، اواپراتور مجهز به یک نشانگر است و باید آن را بطور مرتب بازرسی نمود.

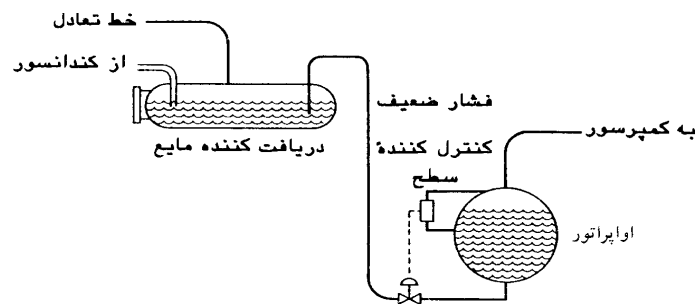
۲- ۲- ۷- شیر شناور فشار ضعیف (LP)

یک شیر شناور فشار ضعیف در شکل ۹ نمایش داده شده است. این شیرها جهت حفظ سطح مایع در اواپراتور بکار گرفته می‌شوند و در فشار اواپراتور عمل می‌نمایند. سطح مایع بر فشار داخل خط پیلوت اثر گذاشته و با تغییر فشار، جریان مایع از دریافت کننده به اواپراتور توسط شیر انبساط تنظیم می‌گردد.



شکل ۸: شیر شناور فشار قوی

شیرهای شناور فشار ضعیف در سیستمهایی بکار گرفته می‌شوند که دارای بیش از یک اواپراتور بوده و به یک یا چند کمپرسور موازی متصل می‌باشند. تذکر این نکته ضروریست که شیر انبساط می‌بایست در محلی پائین تر از سطح مایع در دریافت کننده قرار داده شود و این بخاطر جلوگیری از ورود مبرد گازی به داخل شیر و در نتیجه جلوگیری از افت بازده می‌باشد. یک نشانگر سطح می‌بایست روی دریافت کننده نصب گردد که بوسیله آن سطح مایع بررسی و از عملکرد صحیح سیستم اطمینان حاصل شود.



شکل ۹: سیستم انبساط با شیر شناور فشار ضعیف

۸ - مبردها

بسیاری از مبردهایی که امروزه بطور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند از خانواده شیمیایی CFC (کلروفلوئورکربن) بوده و برای لایه اوزن زیان‌آورند. زیانهای وارده بر محیط زیست موجب تغییراتی در مبردها و کاربرد آنها شده است. مبردهای نوع CFC و HCFC (هیدروکلروفلوئورکربن) مثل R502, R12, R11 و R22) براساس توافقات بین‌المللی کنار گذاشته شده‌اند.

اولین بار در سال ۱۹۸۸ میلادی پروتکل مونترال در خصوص موادی که لایه اوزن را از بین می‌برند مورد موافقت قرار گرفت و تاکنون توسط ۹۰ کشور به امضاء رسیده است. این پروتکل چندین بار مورد بررسی و بازنگری قرار گرفته است و روز اول ژانویه سال ۱۹۹۶ را به عنوان مهلت کنار گذاشتن CFC ها قرار داده است. انگلستان بعنوان عضوی از جامعه مشترک اروپا (EC)، قوانین محکمتری را وضع نموده و اول ژانویه ۱۹۹۵ را بعنوان مهلت کنار گذاشتن CFC ها تعیین نموده است. جدول شماره ۱ بیانگر زمان و میزان واقعی قطع این مواد زیان‌آور می‌باشد. حذف ۵۰ درصدی تولیدات CFC و HCFC ها براساس سطح تولیدات سال ۱۹۸۶ از قبل مورد تأکید بوده است.

HCFC ها از نوع R22 که در مقایسه با CFC ها اثر زیان‌آور کمتری بر لایه اوزن دارند بعنوان مواد انتقالی در نظر گرفته شده و نمی‌توان برای درازمدت آن را بعنوان مبرد بکار گرفت. در بسیاری از کاربردها HCFC های جدید به همراه R22 جهت جایگزینی CFC ها تکامل یافته‌اند.

در سالهای اخیر مبردهای جدید و بی‌خطر برای لایه اوزن ساخته شده‌اند، R134a اولین موردی است که بصورت تجارتي درآمده و جهت جایگزینی با R12 در سیستمهای تهویه مطبوع متحرک و تأسیسات تبرید کوچک ساخته شده است.

جدول ۱: قوانین جاری درخصوص کاربرد و تولید HCFC و CFC			
سال	پروتکل مونترال (CFC ها)	پروتکل مونترال (HCFC ها)	جامعه مشترک اروپا (CFC ها)
۱۹۹۴	۷۰ درصد حذف		۸۵ درصد حذف
۱۹۹۵			۱۰۰ درصد حذف
۱۹۹۶	۱۰۰ درصد حذف	محدودیت سقف تولید	
۲۰۰۴		۳۵ درصد حذف	
۲۰۱۰		۶۵ درصد حذف	
۲۰۱۵		۹۰ درصد حذف	
۲۰۲۰		۹۹/۵ درصد حذف	
۲۰۳۰		۱۰۰ درصد حذف	

جایگزینی R12، تقلیلی در شرایط کاربرد ایجاد نخواهد کرد. همچنین دما و فشار نیز بسیار مشابه شرایط قبل می باشند. ولی با روغن های معدنی که در حال حاضر با CFC ها و HCFC ها استفاده می شوند قابلیت اختلاط ندارند. از این رو روغن های مصنوعی جدیدی ساخته شده اند. سیستم هایی که با R12 کار می کنند را می توان با استفاده از R134a و تغییر روغن، احیاء و بازسازی نمود، به شرطی که اجزاء سیستم بتوانند با مبرد جدید بکار گرفته شوند. این تغییرات را می توان با حداقل انقطاع در کار خنک سازی انجام داد.

امروزه مبردهای بی خطر بیشتری در حال ساخت می باشند که نیازمند استفاده از روغن های مصنوعی جدید می باشند. مواد منفرد مناسب اندکی بعنوان مبرد وجود دارند. لذا از مخلوط کردن چندین ماده موجود و جدید با یکدیگر سعی در بدست آوردن مبردهای جدید می کنند. در حال حاضر مخلوط هایی با استفاده از HCFC ها بعنوان ماده انتقالی مورد استفاده قرار گرفته اند. باید دقت شود که مخلوط مبرد در طول عمر تأسیسات در شرایطی مناسب قرار داشته باشد.

جدول ۲ بیانگر اطلاعاتی در خصوص مبردهای در دسترس و یا قابل دسترس در آینده نزدیک از نوع غیر CFC می باشد.

جدول ۲: مبردهای غیر CFC						
کاربرد	بازده ^۴	نقطه جوش BP ^۳ در فشار ۱ بار °C	دسترسی	اثر گلخانه‌ای ^۲ GWP	اثر تخریب ^۱ ODP	مرجع
جایگزینی R12 و R502	بهتر از R12 و مشابه R502	-۴۰/۸	موجود	۰/۳۴	۰/۰۵	R22
انبار غذایی با دمای متوسط	مشابه R12	-۲۸/۹	موجود	۰/۲۲	۰/۰۳	MP39
جایگزین R12	مشابه R12	-۳۰/۷	موجود	۰/۰۲۴	۰/۰۳۵	MP66
انبار غذایی با دمای متوسط، ماشینهای یخساز، و فروش اتوماتیک	مشابه تا کمی بهتر از R12	-۴۷/۴	موجود	۰/۵۲	۰/۰۳	HP81
انبار غذایی دمای متوسط و زیاد	مشابه تا کمی بدتر از R12	-۲۶/۱	موجود	۰/۳۴	۰	R134a
سیستمهای کوپل شده دمای پائین	مشابه تا کمی بهتر از R502	-۵۰/۰	موجود	تقریباً ۴/۰	۰/۰۴	69S
سیستمهای دورافتاده با دمای پائین	مشابه تا کمی بهتر از R502	-۵۰/۶	موجود	۴/۰۹	۰/۰۲۸	69L
انبار غذایی دمای پائین، حمل و نقل	کمی بدتر از R502	-۴۹/۰	موجود	۰/۶۳	۰/۰۲	HP80
دمای پائین	کمی بهتر از R502	-۴۹/۷	موجود	۰/۷۶	۰/۰۲۳	FX10
دمای پائین	مشابه R502	-۴۶/۵	۱۹۹۳/۴	۰/۹۴	۰	HP62
دمای پائین	کمی بدتر از R502	-۵۵/۰	بطور آزمایشی در ۱۹۹۳	۰/۸۸	۰	FX40
دمای پائین	مشابه R502	-۳۸/۰ الی -۴۵/۰	موجود	۰/۳۵	۰	KLEA60

نکات قابل توجه در جدول ۲:

۱ - ODP (Ozone Depletion Potential) بطور نسبی با R11 که ODP=1 دارد مقایسه می‌گردد.

۲ - GWP (Direct Greenhouse Warming Potential) بطور نسبی با R11 که GWP=1 دارد

مقایسه می‌گردد.

۳ - BP (Boiling Point)

۴ - بازده براساس داده‌های آزمایشات محدودی بدست آمده است (نه براساس محاسبات تئوریک). مقدار بازده

تخمینی برای مبردهای جدید است که در تأسیسات واقعی بکارگرفته می‌شوند. البته بایستی اطلاعات واقعی در شرایط کاری سیستم به دست آید.

۱ - ۸ - کاربرد آمونیاک

آمونیاک بطور گسترده‌ای بعنوان یک مبرد در تأسیسات صنعتی بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ماده بازده خوبی داشته، لیکن سمی بودن و قابلیت اشتعال آن کاربرد در فضاهائی که دسترسی به آن مشکل می‌باشد را محدود ساخته است چنانچه بعنوان جایگزینی در سیستمهای تجاری (مثلاً مواد غذائی) مورد استفاده قرار گیرد، می‌بایست آن را همراه با مبرد ثانویه‌ای بکار برد، اما در چنین سیستمی بازده کاهش خواهد داشت (حدود ۲۵ درصد)، زیرا تبادل حرارتی بیشتری جهت خنک‌سازی مبرد ثانویه مورد نیاز است.

۲ - ۸ - مبردهای ثانویه

در بعضی از موارد، استفاده از مبردهای ثانویه ترجیح داده می‌شود. بعنوان مثال، می‌توان از امکان آلودگی مواد تولیدی با مبرد اولیه در مواقعی که نشتی وجود دارد نام برد. مبردهای ثانویه‌ای که معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرند به‌همراه خواص آنها در جدول ۳ نمایش داده شده‌اند.

۹ - بازیافت حرارت

تأسیسات تبرید در شرایط بالاتر از دمای محیط از خود حرارت دفع می‌کنند. مقدار این حرارت برابر با میزان خنک‌سازی بعلاوه بخش بزرگی از توان ورودی کمپرسور است. حرارت مزبور می‌تواند در موارد زیر بازیافت شود:

- گاز تخلیه که حدوداً تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد دما داشته باشد.
- کندانسور که معمولاً ۱۰ الی ۳۰ درجه سانتی‌گراد کمتر از دمای محیط می‌باشد.
- روغنی که در کمپرسورهای خنک‌شونده توسط روغن، استفاده می‌شود و حرارت آنها بین ۶۰ الی ۸۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

تجزیه و تحلیل اثر بازیات حرارت بر عملکرد سیستم تبرید حائز اهمیت می باشد. در بسیاری حالات، بازیافت حرارت از کندانسور موجب کاهش بازده سیستم می شود و صرفه جوئی در هزینه های حرارتی ممکن است کمتر از افزایش های تبرید باشد.

بازیافت حرارت می بایست در مرحله طراحی سیستم مد نظر باشد و بایستی از اثرات منفی آن بر عملکرد سیستم جلوگیری نمود. اغلب انواع سیستم های بازیافت را نمی توان به سیستم موجود اضافه کرد.

۱ - ۹ - دی سوپرهیترها

یک دی سوپرهیتر، حرارت زیاد گاز در حال تخلیه از کمپرسور را باز می یابد. دمای تخلیه بستگی به شرایط کار سیستم و مبرد دارد. R22 و آمونیاک دارای دمای تخلیه نسبتاً بالائی نسبت به دیگر مبردها می باشند. بعنوان مثال سیستم آمونیاک یک مرحله ای زیر را در نظر بگیرید.

- ۱۰۰ کیلووات ظرفیت

- تبخیر در ۱۵- درجه سانتی گراد

- میعان در ۳۰ درجه سانتی گراد

- قدرت ورودی موتور کمپرسور ۳۰ کیلووات

با استفاده از یک دی سوپرهیتر که خوب طراحی شده باشد حدود ۲۴ کیلووات قابل بازیافت می باشد. در یک سیستم جریان معکوس^۱ درجه حرارت آب به ۹۰ درجه سانتی گراد می رسد.

دی سوپرهیتر می بایست همیشه در موقعیتی بالاتر نسبت به کندانسور واقع شود، بطوریکه اگر گاز به مایع تبدیل شود، با حفظ شرایط ایمنی مایع حاصله قابل تخلیه باشد. در سیستم های آمونیاکی بایستی مطمئن شد که از نشت آمونیاک در مسیر حرارت بازیافت شده جلوگیری بعمل آید.

۲ - ۹ - بازیافت حرارت از کندانسور

در یک سیستم تبرید که به خوبی طراحی شده باشد دمای کندانسور می بایست تا حد ممکن پائین باشد. هرگونه بازیافت حرارت از چنین سیستمی در دمای بسیار پائینی انجام می گیرد و احتمالاً فقط برای پیش گرم کردن و یا گرم کردن محوطه (مثلاً اتاق رخت کن) بکار گرفته می شود.

جدول ۴ نشان دهنده اثر افزایش دمای میعان جهت استفاده بهتر از حرارت می باشد. داده های ارائه شده مثالی از یک سیستم مجهز به کندانسور خنک شونده توسط آب با ظرفیت تبرید ۱۰۰ کیلووات در دمای تبخیر صفر درجه سانتی گراد می باشد. در اینجا فرضی شده است که قیمت الکتریسیته معادل ۴/۵ پنس بر کیلووات ساعت باشد. در حالت اول هیچگونه استفاده ای از حرارت کندانسور بعمل نمی آید و لذا تأسیسات در دمای میعان قابل قبولی کار می کنند.

¹ Counter - Current

در حالت دوم درجه حرارت میعان به ۴۵ درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا می‌کند و آب خروجی را به ۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌رساند. جهت تأمین نیاز مبرد به میزان ۱۰۰ کیلووات، می‌بایست اندازه کمپرسور افزایش یابد. هزینه اضافی برای بهره‌برداری از سیستم معادل ۰/۴۵ پوند در ساعت خواهد بود. لیکن حرارت بازیافتی ارزشی معادل ۱/۸۷ پوند در ساعت دارد و در نتیجه به میزان ۱/۴۲ پوند در ساعت براساس هزینه ۰/۳۳ پوند بر واحد حرارتی گاز و بازده ۷۸ درصدی دیگ بخار، صرفه‌جویی بعمل خواهد آمد.

با عبور دادن آب خروجی کندانسور از دی‌سوپرهیترگاز تخلیه، می‌توان دمای آب را افزایش داد. اثر این افزایش حرارت در حالت سوم جدول نشان داده شده است.

مؤثرترین سیستم (حالت ۴) علاوه بر دی‌سوپرهیتر بکاررفته در حالت ۳، از یک خنک‌کننده اضافی نیز استفاده می‌نماید. در ابتدا مبرد در ورود به شیر انبساط و قبل از ورود به کندانسور و دی‌سوپرهیتر، توسط آب خنک می‌شود. خنک‌سازی اضافی مایع مبرد، ظرفیت اواپراتور را بدون نیاز به توان اضافی افزایش می‌دهد. لذا اندازه کمپرسور مورد نیاز برای ۱۰۰ کیلووات خنک‌سازی کاهش پیدا کرده و در نتیجه صرفه‌جویی در انرژی بعمل می‌آید.

در این مثالها، بارهای کمکی مثل پمپ‌ها که موجب کاهش صرفه‌جویی‌ها می‌شوند در نظر گرفته نشده‌اند. وقتی بازیافت حرارت مد نظر باشد می‌بایست محاسبات لازم درخصوص کل صرفه‌جویی‌ها بعمل آید.

۳-۹- بازیافت حرارت از روغن کمپرسور

در کمپرسورهای پیچی شناور در روغن، بخش بزرگی از حرارت موتور به روغن منتقل می‌شود. معمولاً روغن با دمایی در حدود ۴۰ درجه سانتی‌گراد وارد کمپرسور شده و با دمای ۶۰ الی ۸۰ درجه سانتی‌گراد از آن خارج می‌شود. برای یک سیستم R22 در حدود ۳۸ درصد توان موتور بوسیله روغن جذب می‌شود که برای بازیافت مناسب می‌باشد. برای سیستمهای آمونیاک این رقم به ۶۰ درصد افزایش می‌یابد.

جدول ۴: هزینه‌ها و مزایای بازیافت حرارت از کندانسور									
حالت	دمای میعان (°C)	توان کمپرسور (kW)	حرارت دفع شده (kW)	حرارت آب خنک‌کن (°C)	دمای آب خنک‌کن (kg/s)	هزینه الکتریسیته ساعت/پوند	انرژی حرارت بازیافت شده ساعت/پوند	صرفه‌جویی خالص ساعت/پوند	تقلیل‌کنندگی کمپرسور ۱۰۰ کیلووات خنک‌سازی
(۱) چهار استاندارد	۳۰	۲۰	۱۳۰	۱۵ ۲۵	۱/۸۷	۰/۸۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰
(۲) کندانسور حرارت بالا	۲۵	۳۰	۱۳۰	۱۵ ۳۰	۱/۲۲	۱/۳۵	۱/۸۷	۱/۲۲	۱/۱۳
(۳) کندانسور حرارت بالا با دی‌سوپرهیتر	۲۵	۳۰	۱۳۰	۱۵ ۳۵/۸	۱/۰۱	۱/۳۵	۱/۸۷	۱/۲۲	۱/۱۳
(۴) کندانسور حرارت بالا با دی‌سوپرهیتر و خنک‌ساز	۲۵	۲۲/۸	۱۲۲/۸	۱۵ ۳۲/۹	۱/۰۰	۱/۱۲	۱/۸۰	۱/۵۸	۰/۹۳

۴ - ۹ - استفاده بهینه از الکتریسیته ارزان

بعضی از سیستمهای مجهز به مخازن بزرگ آب خنک یا آب شور، با استفاده از الکتریسیته ارزان، جهت ذخیرهسازیهای حرارتی، صرفهجویی هزینه را سبب میشوند. در بسیاری از سیستمها، صرفهجویی در هزینهها در مقایسه با هزینه ذخیرهسازی حرارتی، کم است و لذا میبایست محاسبات دقیقی جهت اعمال روش انجام داد.

در سیستمهایی که ظرفیت حرارتی بزرگی دارند، مثلاً انبارهای سرد، در زمانهایی که الکتریسیته ارزانتر است سردسازی محصول تا درجه حرارتهای کمتر از آنچه که موردنیاز است احتمالاً اقتصادی خواهد بود. سپس در زمانی که الکتریسیته گران است، حرارت میتواند بطور طبیعی افزایش یابد.

۱۰ - بهرهبرداری واحد

چنانچه یک سیستم تحت مراقبت و نگهداری باشد و در مواقع لزوم اقدام لازم جهت رفع اشکالات آن صورت پذیرد عملکرد مطلوبی را خواهد داشت. جهت سهولت نظارت بر تأسیسات واحد، بکارگیری تعدادی ابزار دقیق ضروری است تجزیه و تحلیل اطلاعات توسط کامپیوتر، موارد مهمی را که میبایست قبل از بروز اشکال بررسی نمود مشخص می نماید.

۱ - ۱۰ - ابزار

به منظور ارزیابی دقیق و تشخیص اشکالات، نصب تعداد کافی از ابزارآلات دقیق روی تأسیسات واحد ضرورت دارد.

در سیستمهای تجاری کوچک، نشانگرهای فشار، ترمومتر و نیز وسایل اندازهگیری قابل حمل توسط افراد سرویسکار کافی میباشد. اما در تأسیسات بزرگتر ابزارهای دقیق دائمی به منظور اندازهگیری و نظارت بر متغیرهای زیر لازم میباشد:

- فشار
- دما
- جریان و یا توان الکتریکی
- شکل ۱۰ محل نصب چنین ابزارهای دقیق بر روی یک چیلر آب را نشان میدهد.
- فشار

اندازهگیری فشار بطور غیرمستقیم نشان دهنده آن است که سیستم در چه شرایطی از تبخیر و میعان عمل میکند و میتواند نشان دهنده گرفتگی و بسته شدن مجاری اواپراتور و کندانسور باشد.

نشانگرهای فشار که کیفیت تبرید را بیان می‌کنند می‌بایست بطور مرتب تنظیم شوند. اغلب فشارسنج‌ها به نشانگر درجه حرارت اشباع نیز مجهز می‌باشند. لیکن این اندازه‌گیری بخصوص در فشارهای پایین صحیح نیست و استفاده از آنها توصیه نمی‌شود.

• دما

اندازه‌گیری دقیق دما حائز اهمیت می‌باشد بخصوص در مواردی که اختلاف دما بسیار کوچک است (مثلاً در اغلب چیلرها). برای لوله‌هایی که قطر آنها بیش از ۱۸ میلی‌متر (۳/۴ اینچ) می‌باشد بهترین محل نصب میله‌های مربوط به اندازه‌گیری دما محفظه‌ای در مسیر جریان سیال می‌باشد. جهت کمک به تبادل حرارت، این محفظه می‌بایست مملو از سیال مورد نظر باشد. در سیستمهایی که چنین محفظه‌ای وجود ندارد می‌بایست سنسور را در شرایط امنی در خارج از لوله نصب کرده و آن را کاملاً عایق‌بندی نمود.

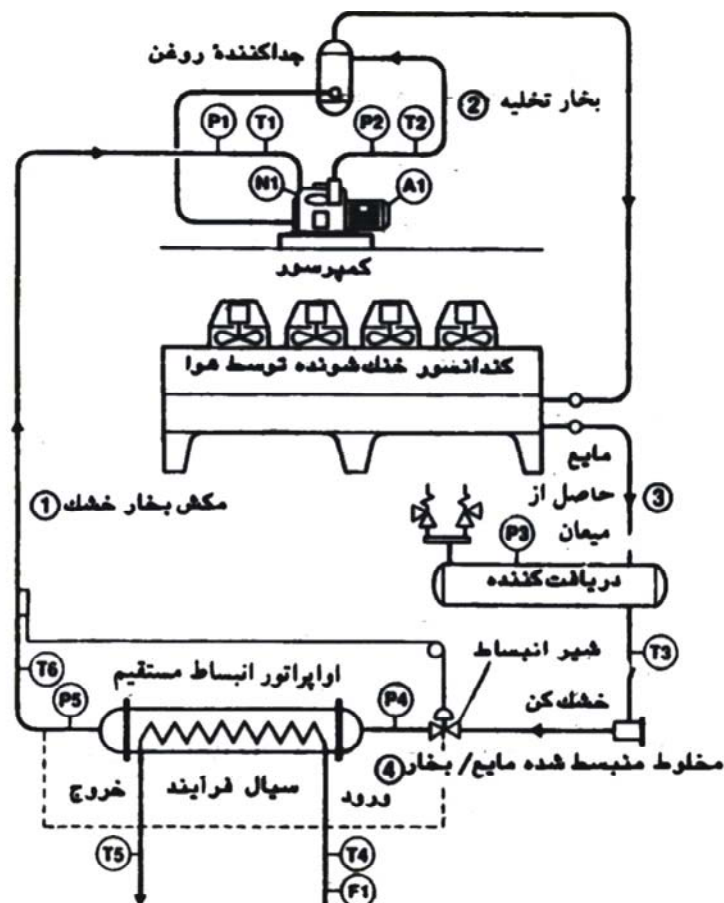
ترموکوپل‌ها و ترمومترهای مقاومتری به همراه نشانگرها مناسبترین وسیله اندازه‌گیری دما در سیستمهای تبرید می‌باشند. ترموکوپل‌ها دقتی در حدود ۰/۵ درجه سانتی‌گراد و ترمومترهای مقاومتری از جنس پلاتینیم دارای دقتی در حدود ۰/۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشند. ضرورت ندارد که نشانگر بطور دائم به سنسور متصل باشد و می‌تواند توسط سرویسکاران حمل شود.

• توان الکتریکی

در موتورهای کوچک (تا ۵ کیلووات) می‌توان از آمپر متر استفاده نمود، اما در مورد موتورهای بزرگتر می‌بایست از واتمتر استفاده کرد. همچنین لازم است که با استفاده از یک نشانگر، در مدار بودن موتورها را مشخص کرد. بعنوان مثال در یک مجموعه چند کمپرسوری و یا کندانسورهایی که دارای چندین فن الکتریکی می‌باشند، باید نشان داد که کدامیک در حال کار می‌باشند.

• اطلاعات اضافی

در خطوط مبرد مایع، با استفاده از نشانگرهای شیشه‌ای می‌توان از وجود کار مطلع شد و یا در خطوط برگشت روغن، عبور روغن از منبع ذخیره به کمپرسور را مشاهده کرد.



شکل ۱۰: سیستم ساده یک چیلر آب

ابزارآلات دقیق:

متفرقه	حرارت سنج	فشارسنج
A1- آمپرسنج موتور کمپرسور	T1- مکش کمپرسور	P1- مکش کمپرسور
A2- نشان دهنده بار کمپرسور	T2- تخلیه کمپرسور	P2- تخلیه کمپرسور
A3- دبی سنج مبادل فرآیند	T3- مایع دریافت کننده	P3- دریافت کننده مایع
	T4- ورودی اواپراتور	P4- ورودی اواپراتور
	(سمت فرآیند)	(سمت مبرد)
	T5- خروجی اواپراتور	P5- خروجی اواپراتور
	(سمت فرآیند)	(سمت مبرد)
	T6- خروجی اواپراتور	
	(سمت مبرد)	

در محلهایی که امکان پذیر باشد می بایست دبی سنجهایی را روی مدارهای ثانویه مبرد و سمت آب کندانسورهای خنک شونده توسط آب نصب نمود.

- بسیاری از کمپرسورها را می توان با بخشی از ظرفیت اسمی بکارگرفت می توان تعداد سیلندرها را در حال کار کمپرسور رفت و برگشتی را توسط سیگنالی که برای بی بار کردن سیلندرها به شیرهای تخلیه سلونوئیدی می رسد،

مشخص کرد. در کمپرسورهای نوع گریز از مرکز و یا پیچی یک نشانگر آنالوگ برای سیگنال کنترل می‌تواند مفید واقع شود.

- نشانگرهای سطح می‌بایست روی کلیه مخازنی که محتوی مبرد مایع می‌باشند، یعنی دریافت‌کننده‌ها، اواپراتورهای نوع پوسته‌ای و لوله‌ای، کندانسورها و نیز مخازن میان مرحله‌ای در سیستم‌های دو مرحله‌ای نصب گردند. در روی نشانگر، می‌بایست سطوح قابل قبول نرمال، حداکثر و حداقل مبرد مشخص گردد.

۲- ۱۰- نظارت بر واحد

تجهیزات ابزار دقیق نصب شده بر روی سیستم، اپراتورهای حاضر در محل و یا شرکتهای سرویسکار را قادر می‌سازند که بر عملکرد سیستم نظارت داشته و اشکالات را قبل از افت قابل توجه بازده سیستم شناسایی و رفع کنند.

• برگه‌های ثبت اطلاعات

برگه‌های ثبت اطلاعات واحد باید بخوبی نگهداری شوند. این برگه‌ها حاوی اطلاعاتی درخصوص بهره‌برداری معمولی و عملکرد روزانه سیستم می‌باشند. با تحقق شرایط زیر اطلاعات درج شده می‌توانند برآورد صحیحی از عملکرد سیستم ارائه دهند.

- داده‌ها به طرز صحیحی اندازه‌گیری و ثبت شده باشند.

- اطلاعات به درستی تجزیه و تحلیل شده باشند.

- مسائل حادث به شیوه‌ای مناسب پیگیری و ثبت شده باشند.

شکل ۱۱ نمونه‌ای از یک برگه ثبت اطلاعات مربوط به تأسیسات شکل ۱۰ را نمایش می‌دهد. اطلاعات ثبت شده روی این برگه‌ها به مشخصات و ویژگیهای واحد مربوطه بستگی دارد.

• اندازه‌گیری و نظارت بر عملکرد سیستم

جهت ارزیابی عملکرد سیستم و مقایسه آن با عملکرد طراحی، در صورت امکان می‌بایست به اندازه کافی اطلاعات ثبت شده در برگه‌های فوق موجود باشد. اگر افتی در عملکرد سیستم مشخص گردد، باید به سرعت علت آن مشخص و رفع گردد.

جهت محاسبه ظرفیت اطلاعات زیر لازم می‌باشد:

• میزان دبی مایع خنک‌شونده.

• اختلاف دمای مایع خنک‌شده.

• ظرفیت حرارتی مایع.

مقدار توصیه شده		کمپرسور								کندانسور		اوپراتور				
		ساعت کارکرد	آمبر	درجه حرارت مکش		درجه حرارت تخلیه		بار کمپرسور %	فشار روغن >3bar	مایع تقطیر شده		آب			درجه حرارت تقطیر	
				اشباع P1 5b1	واقعی T1 $t_{p1+3^{\circ}}$ $p1+7^{\circ}$	اشباع P2	واقعی T2			اشباع P3	حرارت مایع T3 $t_{p2-2^{\circ}}$ $p2-5^{\circ}$	حرارت ورودی T4 $7/10^{\circ}$	حرارت خروجی T5 $2/5^{\circ}$	دبی F1 55.1/min	ورودی p4	خروجی p5
تاریخ ۱۸/۷/۹۲	زمان ۱۴۰۰	۲۳۲۶	۹۲/۵	۳/۰	۶/۱	۳۰/۰	۵۷/۲	۱۰۰	۶/۲	۳۰/۰	۲۸/۰	۸/۴	۳/۶	۵۴۷	۰/۵	۰

قدرت کمپرسور بدست آمده و ظرفیت محاسبه شده با اطلاعات استاندارد برای کمپرسور در شرایط واقعی کار مقایسه می شوند.

عملکرد کندانسور نیز قابل بررسی می باشد، البته انجام این کار برای کندانسورهای خنک شونده توسط هوا بسیار مشکلتر است.

• نظارت اتوماتیک بر عملکرد و سیستمهای خبره

امروزه سیستمهای میکروپروسسوری برای نظارت و کنترل محلی و یا کنترل از راه دور وجود دارند. به منظور رعایت ایمنی به غیر از کلیدهای فشار قوی کمپرسور، کلیه کلیدها و کنترلها را می توان به میکروپروسسور متصل نمود. می توان بازدید از واحد توسط مهندسین ماهر سیستمهای سرماساز جهت بررسی علائم هشدار، مثل نشت روغن و سروصدای غیرعادی را در برنامه قرار داد.

با برنامه ریزی میکروپروسسوری می توان محاسبات کامل عملکرد سیستم را اجرا نمود، و یا اینکه می توان اطلاعات را جهت پردازش بیشتر به کامپیوتر مجزائی وارد کرد. داده های اجزاء، مثلاً کمپرسور، می توانند در اطلاعات فوق گنجانده شده و در تجزیه و تحلیل و محاسبات مورد استفاده قرار گیرند.

۳- ۱۰- عیب یابی

مراقبت و تجزیه و تحلیل های ذکر شده اغلب نمایشگر خوبی از مسائل سیستم می باشند. یک مهندس ماهر با آشنایی اصولی با سیستم تبرید قادر خواهد بود که با استفاده از نتایج بررسی های بعمل آمده عیب یابی کند. جدول ۵ که لیستی از اشکالات معمول را بیان می کند، بعنوان یک جایگزین برای چنین متخصصی نیست، لیکن بیانگر آنست که چگونه اشکالات مختلف بر بازده سیستم اثر می گذارد. مقادیر ارائه شده برای افت بازده ظرفیت، مشابه مقادیر واقعی می باشند. این مقادیر می توانند کمتر و یا بیشتر از آنچه که در جدول عنوان شده است باشند و این بستگی به نوع سیستم و مدت زمان خطا دارد.

جدول ۵: خطاهای معمول در سیستم سرماساز				
ملاحظات عمده	دیگر علائم	خطا	راه حل	تأوان بهره‌برداری
خنک سازی کم در مقایسه با منحنی های کمپرسور	وجود حباب در خط مایع و سردسازی کم و یا صفر کننده انوسور	شارژ سیستم کم شده، شیر شناور فشار ضعیف و یا شیر ترمواستاتیک	مبرد اضافه شود	۲۵ درصد کاهش ظرفیت سیستم و COP
در سیستم های شیر شناور فشار قوی	در سیستم های شیر شناور فشار قوی	اشکال در شیر شناور فشار قوی، عبور از شیر فرعی، عبور گاز	مشخص شود چرا شیر فرعی باز شده اشکال برطرف و شیر فرعی بسته شود	۵۰ درصد کاهش ظرفیت سیستم و COP
دمای واقعی زیاد در قسمت تخلیه کمپرسور جذب قدرت کم توسط کمپرسور	دمای واقعی زیاد در قسمت تخلیه کمپرسور جذب قدرت کم توسط کمپرسور	خراب شدن و یا شکستن شیر مکش کمپرسور رفت و برگشتی	شیر را تعمیر کرده و علت گرفتگی را شناسایی و برطرف کنید	کاهش ظرفیت متناسب با سیلندرهای تأثیر یافت
دمای واقعی زیاد در قسمت تخلیه کمپرسور	دمای واقعی زیاد در قسمت تخلیه کمپرسور	خراب شدن و یا شکستن شیر مکش کمپرسور رفت و برگشتی	شیر را تعمیر کرده و علت گرفتگی را شناسایی و برطرف کنید	کاهش ظرفیت متناسب با سیلندرهای تأثیر یافت
اثر ضعیف اواپراتور	فشار تبخیر کم افت فشار زیاد در سمت آب / هوا	گرفتگی اواپراتور در سمت هوا/آب	اواپراتور تمیز شود و محل گرفتگی مشخص و برطرف گردد	تا ۱۵ درصد کاهش COP و ۲۵ درصد کاهش عمل خنک سازی
فشار تبخیر کم و سوپر هیت ظاهری زیاد	فشار تبخیر کم و سوپر هیت ظاهری زیاد	گرفتگی مکش	قسمت مکش را تمیز کنید منشأ گرفتگی را مشخص و برطرف کنید	تا ۱۵ درصد کاهش COP و ۲۵ درصد کاهش عمل خنک سازی
نشت روغن از کمپرسور	نشت روغن از کمپرسور	جمع شدن روغن در اواپراتور غوطه‌ور	روغن اضافی را با نصب وسیله مناسب	تا ۳۰ درصد کاهش COP

خطاهایی که موجب عملکرد سوئیچ‌های ایمنی می‌شوند بایستی قبل از راه‌اندازی مجدد تأسیسات و بهره‌برداری بدون اپراتور، برطرف گردند.

یک سیستم میکروپروسسوری را می‌توان بگونه‌ای برنامه‌ریزی کرد که بطور اتوماتیک عیب‌یابی نموده و قادر باشد قبل از بروز اشکالات عمده، مثل مواردی که ناشی از نشت روغن رخ می‌دهد، آنها را برطرف نماید. اگر چنین سیستمی در دسترس نباشد می‌توان کامپیوتر جداگانه‌ای را جهت ورود اطلاعات و عیب‌یابی بکار گرفت. این کار بسیار ارزانتر می‌باشد، ولی خیلی دقیق نیست زیرا ثبت دائم اتفاقات امکان‌پذیر نیست.

۴- ۱۰- ثبت اطلاعات واحد

به منظور بهره‌برداری خوب و ایمن یک سیستم، ثبت کامل اطلاعات واحد تبرید اساسی می‌باشد. موارد ثبت بایستی شامل:

- نمودار جریان یا مدار شماتیک سیستم سرماساز
 - نقشه سیم‌کشی
 - ثبت اطلاعات به هنگام، شامل:
 - مشخصه سیستم
 - جزئیات هریک از اجزاء
 - تست‌های فشار و حداکثر فشار کارکرد
 - بازرسی تجهیزات ایمنی
 - جزئیات بازرسی ادواری
 - یک کپی کامل از مقادیر قرائت شده تست‌های راه‌اندازی و محاسبات مربوطه که بهترین مدرک برای عملکرد واقعی سیستم می‌باشد.
 - بازرسی و تعمیرات واحد
- استفاده کنندگان می‌بایست شمائی مناسب از انواع تجهیزات نصب شده ترسیم نمایند. بایستی افرادی را که قادر به انجام وظایف مربوطه باشند از سازمان خود و یا خارج از آن شناسائی نمایند.

۱۱- خریداری تجهیزات تبرید

۱- ۱۱- تعیین نیازهای سیستم

این بخش شامل اطلاعاتی است که می‌باید در مشخصات سیستم گنجانده شود.

جدول ۵: خطاهای معمول در سیستم سرماساز (ادامه)				
علامت عمده	دیگر علائم	خطا	راه حل	تاوان بهره برداری
	نشست روغن از کمپرسور	برگشت کم روغن از شیر انبساط	برای تخلیه روغن برداشته و یا یک تنظیم کننده روغن نصب کنید	تا ۲۵ درصد کاهش COP. کاهش
	در کلیه سیستمها احتمال سرمایش زیاد خط مایع و سوپرهیت زیاد مکش	مانع در خط مایع	مانع را مشخص کنید و علت آن را جستجو و برطرف کنید	تا ۲۵ درصد کاهش در ظرفیت و COP
اثر ضعیف کندانسور	دمای میعان زیاد، سرمایش زیاد مایع	شارژ بیش از حد شیر شناور فشار ضعیف و یا شیر ترمواستاتیکی	شارژ اضافی را برطرف کنید	تا ۱۰ درصد کاهش ظرفیت و ۱۵ درصد کاهش COP. کاهش
	میعان زیاد، سرمایش زیاد مایع	هوا و یا گاز غیر قابل میعان در سیستم	گاز غیرقابل میعان را خارج کنید	تا ۱۰ درصد افت COP
	افت فشار زیاد سمت آب / هوا	گرفتگی سمت هوا / آب کندانسور	کندانسور را تمیز کرده و منشأ گرفتگی را مشخص و برطرف کنید	تا ۲۵ درصد افت در COP و ۱۰ درصد افت ظرفیت
مکش سوپرهیت ضعیف	شیر شناور و فشار ضعیف و شیر ترمواستاتیک؛ احتمال دمای کم تخلیه کمپرسور	کنترل نادرست وسیله انبساط	خطا را شناسایی و برطرف کنید	تا ۱۵ درصد افت ظرفیت. احتمال خرابی کمپرسور بدلیل ورود مایع
مکش سوپرهیت زیاد	شیر شناور فشار قوی؛ سطح مایع در اواپراتور پائین است	شارژ سیستم کم شده است	مبرد را تا سطح لازم اضافه کنید	تا ۱۰ درصد کاهش ظرفیت ۷/۵ درصد کاهش COP

• رطوبت خنک سازی

براساسی نوع کاربرد، تعریف ظرفیت تبرید متفاوت می باشد. یک مجموعه کامل از داده های تولیدات و یا فرآیند جهت محاسبات دقیق سیکل عملکرد تأسیسات، مورد نیاز یک متخصص است.

بعنوان مثال، یک بار خنک شونده در یک فرآیند را می توان به ترتیب زیر مشخص نمود:

– مقدار مایع خنک شونده

– دمای مایع ورودی به اواپراتور

– دمای مورد نیاز بعد از خنک سازی

معمولاً یک تولرانس قابل قبول برای هریک از پارامترهای فوق در نظر گرفته می‌شود. هرگونه اطلاعات خاص در رابطه با کاربرد مورد نظر می‌بایست مد نظر باشد، به گونه‌ای که طراحی سیستم جوابگوی هرگونه تغییرات در بار باشد.

مثلاً چنانچه امکان تغییرات دما و دبی ورودی وجود داشته باشد، دمای خروجی ثابت بماند.

اگر کاربرد در رابطه با ذخیره‌سازی مواد غذایی باشد اطلاعات اضافی زیر مورد نیاز است:

- مقدار مواد غذایی که تحویل می‌شود

- مدت زمان انبار کردن

- نوع بسته‌بندی

- شرایط محیط

شرایط محیط تعیین کننده محدوده عملکرد سیستم می‌باشد. بعنوان مثال، دمای محیط خشک، برای کندانسورهای خنک‌شونده توسط هوا مورد نیاز می‌باشد، در حالیکه دمای محیط مرطوب، برای کندانسورهای تبخیری لازم است و شرایط محیط، به محل مورد نظر برای نصب سیستم بستگی دارد.

• هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری

روشی که هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری براساس آن ارزیابی می‌شود می‌بایست تعیین گردد. این امر اجازه می‌دهد که پیشنهادات مختلف در خصوص سرمایه‌گذاری زیاد و یا کم ارائه گردد. در عین حال می‌بایست تغییرات در هزینه‌های بهره‌برداری مربوطه توجیه شود. نهایتاً اقتصادی‌ترین طرح برای بهره‌برداری مناسب در طول عمر مفید سیستم انتخاب می‌شود.

۲ - ۱۱ - استانداردها و کدهای تجربی

انستیتو علوم تبرید کدهای تجربی در خصوص کلیه زمینه‌های کاربردی به همراه دیگر استانداردها و نشریات مفید برای طراحی، ساخت و نگهداری سیستمهای تبرید را منتشر می‌کند. در این رابطه، توجه خاصی به BS4434 (استاندارد بریتانیا) که مربوط به ایمنی سیستمهای تبرید است معطوف می‌باشد. بایستی متذکر شد که دستورالعملهای خاصی برای بکارگیری تأسیسات آمونیاکی وجود دارد که مستقل از موارد مربوط به تأسیسات هالوژنه کربن می‌باشند.

۳ - ۱۱ - راه‌اندازی

قبل از تحویل واحد به مصرف‌کننده، بازرسی کامل عملکرد سیستم مطابق مشخصات تعیین شده ضروری می‌باشد. به همین ترتیب برعهده مصرف‌کننده و یا نماینده او است که از کارکرد سیستم براساس مشخصات مورد نیاز اطمینان حاصل کند و نباید قبل از رضایت از کارکرد سیستم، آن را تحویل گرفت.

می بایست در زمان تحویل یک مجموعه کامل از مدارک بهره‌برداری از واحد به مصرف‌کننده ارائه شود تا به کمک آن بتواند سرویسهای لازم در آینده را جهت نگهداری و حفظ بازده سیستم انجام دهد. اطلاعات می‌بایست در مکان امنی در محل واحد نگهداری شود و در صورت نیاز قابل دسترس برای سرویسکاران باشد.

۴ - ۱۱ - اطلاعات مورد نیاز جهت تهیه پیشنهادات

هرگونه پیشنهادی که برای قرارداد تهیه می‌شود می‌بایست قیمت پیشنهادی به همراه جزئیات کامل تجهیزات و نوع فعالیتهای پیشنهاد شده توسط پیمانکار در آن منعکس شده باشد. بدون این اطلاعات امکان مقایسه بین پیشنهادات مختلف وجود ندارد.

روشی که انعکاس اطلاعات در پیشنهادات را مطمئن می‌سازد درخواست اطلاعات در جدول پروفورما می‌باشد که باید به همراه اسناد مناقصه بازگردانده شود. مثالی از یک جدول پروفورما در ضمیمه شماره ۱ آورده شده است.

۱۲ - عبارات مورد استفاده در تبرید تجاری

Air-Cooled Condenser	کندانسوری که توسط جریان طبیعی و یا تحت فشار هوا خنک می‌شود.
Ambient Temperature	دمای فضای اطراف مورد نظر.
Atomospheric Pressure	فشار وارده توسط ستونی از هوا بر روی نقطه مرجع.
Balanced Port Valve	شیر انبساطی که علی رغم تغییرات زیاد، شرایط کار پایداری در سیستم بوجود آورد.
Boiling Point	دمائی که در آن تبخیر یک مایع در فشار معین صورت پذیرد.
Capacity Control	تغییر دادن مقدار مبرد در سیکل چرخش جهت تغییر دادن ظرفیت تبرید.
Cascade System	سیستم تبرید تشکیل یافته از چندین مدار بگونه‌ای که فرایند تبخیر مدار با دمای بالا، خنک‌کننده کندانسور مدار دمای پایین باشد.
CFC	کلروفلوئورکربن - یکی از مشتقات هالوژنه کربن که حاوی کلرین می‌باشد.
Coefficient of Performance	نسبت ظرفیت تبرید به توان جذب‌شده توسط کمپرسور.
Compression Ratio	نسبت فشار مطلق در قبل و بعد از عمل تراکم‌سازی.
Compressor	ماشینی که بطور مکانیکی فشار یک گاز را افزایش می‌دهد.
Condense	فرآیند تبدیل بخار به مایع با استخراج حرارت.
Condenser	یک مبدل حرارتی که با استخراج حرارت توسط آن بخار به مایع تبدیل می‌گردد.
Condensing Pressure	فشاری که تحت آن در دمای معین، بخار به مایع تبدیل می‌گردد.
Condensing Temperature	دمای مایعی که در فشار معین، عمل میعان اتفاق می‌افتد.
Condensing unit	مجموعه‌ای از اجزاء شامل کمپرسور، کندانسور و دریافت‌کننده که روی

یک چهارچوب مشترک قرار گرفته‌اند.	Defrost on Demand
یک سیستم برفک‌زدائی اتوماتیک که با تشکیل برفک آغاز به کار کرده و پس از رفع آن، از مدار خارج می‌شود.	Defrost
برفک‌زدائی از سطح یک اواپراتور.	Desuperheat
گرفتن قسمتی و یا تمام حرارت سوپرهیت از یک گاز.	Discharge
قسمت خروجی کمپرسور.	Discharge temperature
دمای سیال متراکم شده در خروجی کمپرسور.	Discharge Pressure
فشار سیال متراکم شده در خروجی کمپرسور.	Electronic Expansion Valve
شیر انبساط الکترومکانیکی که توسط میکروپروسسور کنترل شده و دارای سنسورهای متصل‌شده به اواپراتور و لوله‌های مجاور باشد.	Evaporating temperature
دمائی که در آن یک سیال در فشار معین به بخار تبدیل می‌گردد.	Evaporating Pressure
فشاری که تحت آن و در دمای معین سیال به بخار تبدیل می‌گردد.	Electronic Expansion Valve
یک مبدل حرارتی که با تبخیر شدن مایع درون آن، سرما تولید می‌گردد.	Externally Cooled
کمپرسوری که بوسیله هوا و یا آب عبوری از خارج محفظه آن خنک می‌گردد.	Extraction Rate
مقدار حرارت گرفته‌شده توسط یک سیستم تبرید، تحت شرایط خاص.	Fin Block
مجموعه لوله‌هایی که تشکیل یک مبدل حرارتی می‌دهند.	HCFC
هیدروکلروفلوئورکربن	Heat Exchanger
وسیله‌ای جهت انتقال حرارت بین دو سیال یک بطور فیزیکی از یکدیگر جدا هستند.	Heat Recovery
بازیافت حرارت از یک سیستم تبرید جهت استفاده در یک فرآیند حرارتی.	Hermetic Compressor
کمپرسوری که بطور مستقیم به یک موتور الکتریکی متصل بوده و در یک محفظه جوش داده‌شده قرار گرفته است.	High Pressure Switch
کلید طرح شده برای خاموش کردن موتور کمپرسور در مواقعی که فشا تخلیه کمپرسور بیش از حد معینی زیاد شده باشد.	Hot Gas Bypass
سیستمی که بوسیله آن، قسمتی و یا تمام مبرد تخلیه شده توسط کمپرسور به قسمت مکش آن بازگردانده می‌شود.	Immiscible
شرایطی که روغن و مبرد با یکدیگر مخلوط نمی‌شوند.	Liquid Refrigerant Injection
تزریق مایع مبرد به گاز مبرد با دمای زیاد جهت خنک کردن آن.	Montreal Protocol
قانونگذاری بین‌المللی جهت توقف تولید CFCها و دیگر مواد تخریب‌کننده لایه ازن.	Oil Separator
وسیله‌ای جهت روغن از بخار مبرد.	Open Compressor
کمپرسوری که توسط یک موتور خارجی بحرکت درآمده می‌شود و نیاز به	

یک محور با آب بندی گاز دارد.	Operating Conditions
شرایط کار یک سیستم تبرید، شامل فشارهای تبخیر و میعان.	Ozone Depletion Potential
پتانسیل تخریب لایه اوزن توسط یک ماده.	Performance Data
داده‌های عملکرد.	Plant Room
اتاق تجهیزات	Receiver
مخزنی که در یک سیستم تبرید بین کندانسور و شیر انبساط جهت تأمین مایع مبرد نصب شده‌است.	Reciprocating Refrigerant
کمپرسوری که سیلندره‌ای آن در خلاف جهت یکدیگر رفت و برگشت می‌کند.	Refrigeration Capacity
سیالی که در یک سیستم گرماساز از طریق تبخیر، حرارت را در دمای پایین جذب و در دمای بالا دفع می‌نماید.	Rotary
مقدار حرارتی که یک سیستم سرماساز تحت شرایط و زمان مشخصی استخراج می‌نماید.	Saturation
کمپرسوری که با چرخیدن اجزاء آن حجم محفظه متراکم‌سازی آن تغییر می‌یابد.	Semi-hermetic Compressor
شرایطی که مایع و بخار هر دو وجود دارند.	Shut-Off Valve
کمپرسوری که بطور مستقیم به یک موتور الکتریکی متصل شده و در یک محفظه با درپوش پیچی قرار گرفته‌است.	Sight Glass
شیری که بوسیله آن می‌توان اجزاء را ایزوله نمود.	Subcooled Liquid
وسیله‌ای برای بازرسی بصری سطح مایع در مخازن تحت فشار.	Suction Return Temperature
مایعی که دمای آن کمتر از دمای نقطه میعان در فشار معین می‌باشد.	Suction
دمای مبرد در ورود به کمپرسور.	Suction Cooled
سمت فشار ضعیف کمپرسور که از آن نقطه گاز از سیستم کشیده می‌شود.	Superheat
کمپرسوری که موتور آن با گاز مبرد خنک می‌شود.	Temperature Difference
مقدار حرارت اضافه‌شده به بخار اشباع خشک جهت افزایش دما از حالت اشباع به درجات بالاتر	Thermostat
اختلاف دما بین دو ماده، سطوح یا محیط‌هایی که تبادل حرارت دارند.	Thermostatic expansion Valve
کلید اتوماتیک حساس نسبت به دما	Water-Cooled Condenser
شیر تنظیم‌کننده اتوماتیک دبی ورودی مبرد به اواپراتور جهت حفظ دمای بخار سوپرهیت خروجی از اواپراتور.	
کندانسور خشک‌شونده توسط چرخش آب	

ضمیمه شماره ۱

مثالی از اطلاعات پروفرما برای ارائه پیشنهاداتی

اطلاعات پیشنهادی موردنیاز برای اجزاء اصلی سیستم

کمپرسور	اوپراتور
<p>سازنده</p> <p>فشار و دمای مکش در نقطه کار طراحی</p> <p>فشار و دمای تخلیه در نقطه کار طراحی</p> <p>توان موردنیاز در نقطه کار طراحی</p> <p>توان مورد نیاز برای ۷۵٪ بار</p> <p>توان مورد نیاز برای ۵۰٪ بار</p> <p>توان مورد نیاز برای ۲۵٪ بار</p> <p>بیان کاملی از محدودیت‌های بهره‌برداری</p> <p>(اختلاف فشار، فشار مطلق و درصد بار)</p>	<p>سطح</p> <p>تعداد و اندازه لوله‌ها</p> <p>تعداد مسیر</p> <p>ابعاد کلی</p> <p>نرخ دبی سیال خنک‌شونده</p> <p>دمای ورودی سیال خنک‌شونده</p> <p>دمای خروجی سیال خنک‌شونده</p> <p>افت فشار سمت آب خنک‌شده</p> <p>دمای تبخیر در نقطه کار طراحی</p> <p>ضریب انتقال حرارت در نقطه کار طراحی</p>
کندانسور نوع پوسته و لوله‌ای	اطلاعات اضافی
<p>سطح</p> <p>تعداد و اندازه لوله‌ها</p> <p>تعداد مسیر</p> <p>ابعاد کلی</p> <p>نرخ دبی سیال حاصل از میعان</p> <p>دمای سیال ورودی</p> <p>دمای سیال خروجی</p> <p>دمای تبخیر در نقطه کار طراحی</p> <p>ضریب انتقال حرارت در نقطه کار طراحی</p> <p>سرعت آب طراحی شده در لوله‌ها</p>	<p>بهره‌ورهای سازندگان کمپرسور و برج</p> <p>خنک‌کن</p> <p>فلویدیاگرام میرد و فرآیند</p> <p>هزینه سالانه بهره‌برداری براساس الگوی بار</p> <p>تهیه شده بوسیله خریدار. تقسیم هزینه‌ها</p> <p>براساس هزینه توان مصرفی کمپرسور و هزینه</p> <p>توان مصرفی کلیه بارهای کمکی</p>

<p>برج خنک کن</p> <p>سازنده</p> <p>دمای محیط مرطوب در نقطه کار طراحی</p> <p>نرخ دبی هوا در نقطه کار طراحی</p> <p>نرخ دبی آب در نقطه کار طراحی</p> <p>دمای آب ورودی در نقطه کار طراحی</p> <p>دمای آب خروجی در نقطه کار طراحی</p>	<p>پمپ آب خنک شده</p> <p>سازنده پمپ</p> <p>اختلاف فشار بهره برداری پمپ</p> <p>سرعت پمپ</p> <p>ظرفیت موتور</p> <p>توان موتور در نقطه کار طراحی</p>
<p>کندانسور خنک شونده توسط هوا</p> <p>سازنده</p> <p>دمای محیط خشک در نقطه کار طراحی</p> <p>نرخ دبی هوا در نقطه کار طراحی</p> <p>دمای هوای ورودی در نقطه کار طراحی</p> <p>دمای هوای خروجی در نقطه کار طراحی</p>	<p>پمپ آب کندانسور</p> <p>سازنده پمپ</p> <p>اختلاف فشار بهره برداری پمپ</p> <p>سرعت پمپ</p> <p>ظرفیت موتور</p> <p>توان موتور در نقطه کار طراحی</p>