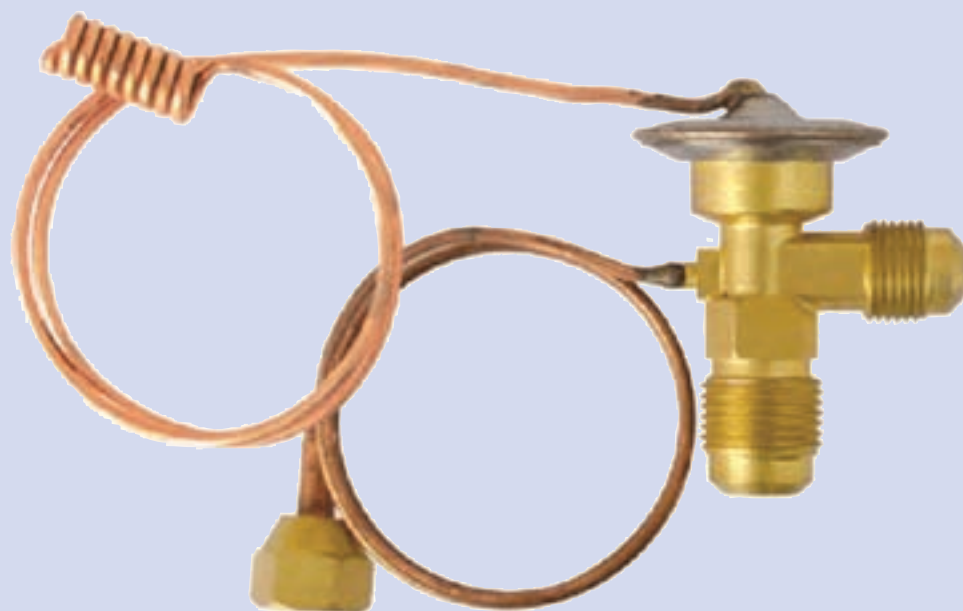


## کنترل کننده‌های مایع مبرد





## کنترل کننده‌های مایع مبرد

### پیش‌آزمون

هنرآموزان گرمی با طرح دو سؤال آمادگی لازم برای ارائه مطالب درس را آماده نمایید.

۱- علت استفاده از شیر فلکه در شبکه لوله‌کشی آب چیست؟

۲- کاربرد شیر فشارشکن چیست؟

همانطور که در کتاب تأسیسات بهداشتی خواندیم از شیر فلکه برای کنترل دبی سیال و از شیر فشارشکن برای کاهش فشار

سیالی که در شبکه لوله‌کشی جریان دارد استفاده می‌شود.

فشار ماده سرمازا در کمپرسور افزایش می‌یابد و در کندانسر از گاز به مایع تبدیل می‌شود، برای اینکه ماده سرمازا بتواند در

اوپراتور گرمای داخل یخچال را جذب نماید بایستی شرایطی فراهم شود تا بتواند از مایع به گاز تبدیل شود. علاوه بر آن می‌بایستی دبی

ماده سرمازایی که از اوپراتور عبور می‌کند نیز کنترل شود. این عمل توسط کنترل کننده‌های ماده مبرد انجام می‌گیرد.

کنترل کننده‌های مایع مبرد دو وظیفه را برعهده دارند :

۱- ایجاد اختلاف فشار بین طرفین پرفشار و کم فشار سیستم برای اینکه مبرد بتواند تحت شرایطی که در فشار کم در اوپراتور

تبخیر می‌شود در همان زمان در فشار زیاد در کندانسر نیز تقطیر شود.

۲- اجازه جریان مبرد مایع از لوله مایع به اوپراتور متناسب با شدت تبخیر مایع در اوپراتور.

کنترل کننده‌های مایع مبرد بر روی لوله مایع مبرد قبل از اوپراتور نصب می‌شود. متداول‌ترین این وسایل عبارتند از :

۱- لوله موئین

۲- شیر انبساط خودکار

۳- شیر انبساط ترموستاتیک

۴- شیر انبساط الکترونیک

شکل ۱-۵ متداول‌ترین وسایل کنترل کننده مایع مبرد را نشان می‌دهد.



ج) شیر انبساط ترموستاتیک

الف) لوله موئین

ب) شیر انبساط خودکار

د) شیر انبساط الکترونیک

شکل ۱-۵- انواع متداول وسایل کنترل کننده مایع مبرد

## ۱-۵- لوله موین

ساده‌ترین کنترل کننده ماده مبرد لوله موین می‌باشد که از طول یعنی لوله با قطر خیلی کم ساخته شده و مابین کندانسور و اوپراتور و معمولاً به جای لوله مایع قرار می‌گیرد. لوله موین به علت مقاومت اصطکاک زیاد ناشی از طول زیاد و قطر کم و همچنین پدیده خفگی ناشی از تبخیر تدریجی مایع مبرد در لوله به دلیل کاهش فشار به کمتر از فشار اشباع، در مقابل جریان مبرد از کندانسور به اوپراتور مقاومت می‌نماید و با کنترل دبی مبرد عبوری، اختلاف فشار مابین آن دو را در حد لازم نگه می‌دارد.

با توجه به اینکه لوله موین و کمپرسور در سیستم به طور سری نصب می‌شوند لازم است که ظرفیت جریان در لوله برابر ظرفیت پمپاژ کمپرسور باشد. بنابراین چنانچه بخواهیم سیستم در شرایط کاری متوازن و مؤثر عمل نماید بایستی طول و قطر لوله موین چنان باشد که ظرفیت جریان آن در فشارهای تبخیر و تقطیر طراحی شده دقیقاً برابر ظرفیت پمپاژ کمپرسور در همان شرایط باشد.

اگر مقاومت لوله چنان باشد که ظرفیت جریان آن بیشتر یا کمتر از ظرفیت پمپاژ کمپرسور در شرایط طراحی باشد، سیستم در شرایطی غیر از شرایط طراحی به تعادل خواهد رسید. مثلاً اگر مقاومت لوله موین خیلی زیاد باشد (لوله خیلی بلند و یا قطر آن کم باشد) ظرفیت جریان لوله موین برای عبور مبرد مایع از کندانسور به اوپراتور از ظرفیت پمپاژ کمپرسور در شرایط طراحی کمتر خواهد بود در این صورت اوپراتور از مبرد خالی شده و مایع اضافی در قسمت تحتانی کندانسور در مدخل لوله موین جمع می‌شود چون خالی شدن اوپراتور باعث کاهش فشار مکش شده و جمع شدن مایع در کندانسور به دلیل کاهش سطح تقطیر آن موجب افزایش درجه حرارت تقطیر می‌شود. اثر مقاومت خیلی زیاد لوله موین در مقابل جریان مبرد، کاهش فشار مکش و افزایش فشار تقطیر را در پی خواهد داشت. و در پی کاهش ظرفیت کمپرسور ظرفیت کل سیستم از ظرفیت طراحی آن کمتر خواهد بود.

از طرف دیگر اگر لوله موین مقاومت کافی در مقابل جریان مبرد را نداشته باشد (لوله خیلی کوتاه و یا قطور باشد) ظرفیت جریان لوله از ظرفیت پمپاژ کمپرسور در شرایط طراحی بیشتر شده اوپراتور بیش از حد تغذیه خواهد شد و خطر ورود مایع به کمپرسور وجود خواهد داشت. همچنین چون مایع در قسمت تحتانی کندانسور جمع نمی‌شود گازهای تقطیر نشده ورودی به کندانسور خواهند توانست به همراه مایع خروجی از کندانسور وارد لوله موین شده و به دلیل کاهش ظرفیت حرارت نهان اوپراتور به دلیل ورود گازهای تقطیر نشده، ظرفیت کل سیستم کاهش خواهد یافت.

لوله موین از این نظر که در طول خاموش بودن سیکل، جریان مبرد مایع به اوپراتور را متوقف نمی‌کند با سایر انواع کنترل کننده‌های جریان مبرد متفاوت می‌باشد. لوله موین علاوه بر ساختمان ساده و قیمت ارزان، با ساده کردن سیستم تبرید هزینه تولید را پایین می‌آورد. چون در چنین سیستم‌هایی در طول خاموش بودن سیکل قسمت‌های پرفشار و کم فشار سیستم از طریق لوله موین متعادل می‌شوند. کمپرسور به صورت بی‌بار راه‌اندازی شده و برای به حرکت درآوردن آن به موتور با گشتاور راه‌اندازی کم نیاز خواهد بود.

معمولاً در تمام واحدهای تبرید خانگی اعم از یخچال و فریزر و کولرهای گازی و بعضی دیگر از واحدهای تجاری کوچک نظیر دستگاه‌های تهویه مطبوع کوچک، از لوله موین استفاده می‌شود. کندانسورهای طراحی شده برای سیستم‌های با لوله موین باید طوری باشند که مایع آزادانه از آنها تخلیه شود و از تله شدن مایع در کندانسور در طول خاموش بودن سیکل جلوگیری شود زیرا مایع تله شده در طول خاموشی سیکل پس از تبخیر در کندانسور از طریق لوله موین وارد اوپراتور می‌شود و با تقطیر شدن در آن، به دلیل وارد نمودن بار نهان اضافی به اوپراتور، ظرفیت سیستم را کاهش می‌دهد.

همچنین قطر لوله‌های کندانسور در چنین سیستم‌هایی بایستی حتی المقدور کوچک باشد به طوری که جمع شدن مقدار خیلی کمی مایع در ورودی لوله موین بتواند با ایجاد افزایش قابل ملاحظه‌ای در فشار تقطیر، افزایش زیادی در ظرفیت جریان لوله موین به وجود آورد.

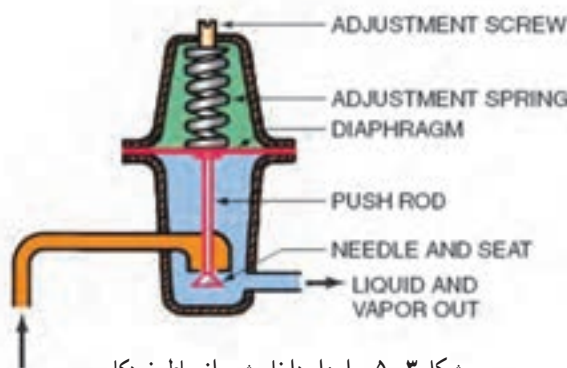
اوپراتورهایی که با لوله موئین به کار می‌روند بایستی برای جلوگیری از برگشت مایع به کمپرسور در لحظه راه‌اندازی، امکان جمع‌آوری مبرد مایع را فراهم سازند. برای این منظور در خروجی اوپراتور محفظه کوچکی به نام آکومولاتور قرار می‌دهند تا در صورت خروج مایع از اوپراتور، مایع به تله افتاده و به آرامی تبخیر شود. پیچیدن (لحیم کردن) طول معینی از لوله موئین به لوله مکش برای ایجاد انتقال حرارت بین آن دو، به منظور در حداقل نگه داشتن تبخیر مبرد در لوله موئین مطلوب است زیرا تبخیر مبرد در لوله به دلیل انبساط تدریجی مایع ناشی از کاهش فشار، ظرفیت آن را شدیداً کاهش می‌دهد و در صورت عدم پیچیدن لوله موئین به لوله مکش بایستی برای جبران عمل خفگی بخار در لوله، طول آن را به اندازه کافی کوتاه نمود. لوله موئین به قسمت خروجی فیلتر درایر جوش داده می‌شود. (شکل ۲-۵)



شکل ۲-۵- اتصال لوله موئین به فیلتر درایر

## ۲-۵- شیر انبساط خودکار

این شیر تشکیل شده است از ۱- سوزن و نشیمنگاه ۲- دیافراگم فشار ۳- فنر که می‌توان به وسیله پیچ تنظیمی فشار آن را کنترل نمود ۴- صافی در ورودی شیر برای جلوگیری از ورود مواد خارجی و انسداد شیر. شکل ۳-۵ ساختمان واقعی نمونه‌ای از شیر انبساط خودکار را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۵- اجزاء داخلی شیر انبساط خودکار

شیر خودکار مقدار مبرد ورودی به اوپراتور را با توجه به تغییرات بار تبرید تنظیم نموده و فشار آن را در حد ثابتی نگه می‌دارد. خاصیت ثابت بودن فشار شیر از مقابله دو نیروی مخالف ۱- فشار اوپراتور و ۲- فشار فنر ناشی می‌شود. فشار اوپراتور که به یک طرف دیافراگم وارد می‌شود می‌خواهد شیر را ببندد ولی فشار فنر که به طرف مقابل دیافراگم اثر می‌کند باعث باز شدن شیر می‌شود. به این ترتیب در هنگام کار کمپرسور این شیر فشار اوپراتور را با فشار فنر در حال تعادل نگه می‌دارد.

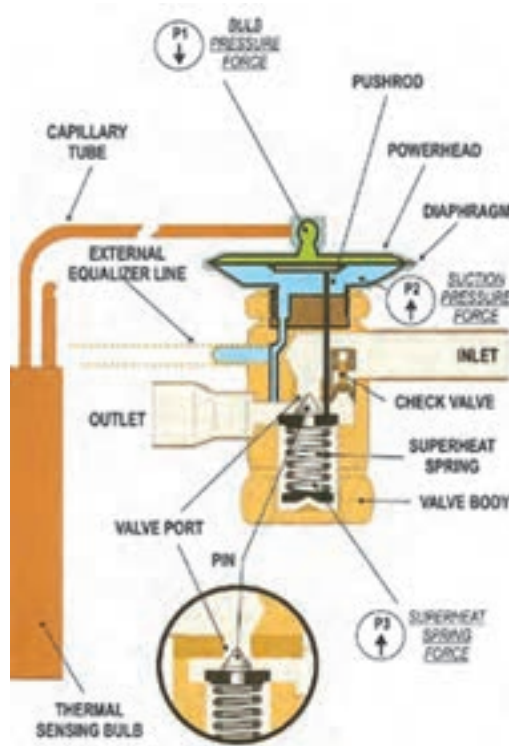
همانطوری که از اسم این شیرها برمی آید به صورت خودکار عمل کرده و یا با یک بار تنظیم نمودن فنر به ازای فشار مورد نظر، تنظیم جریان مبرد مایع به اوپراتور به صورت اتوماتیک انجام شده و فشار در اوپراتور بدون توجه به بار آن، در حد ثابتی باقی می ماند. مثلاً فرض کنید فنر طوری تنظیم شده که فشار اوپراتور  $5^{\circ} \text{kpa}$  باشد با کاهش فشار اوپراتور به کمتر از  $5^{\circ} \text{kpa}$ ، فشار فنر از فشار اوپراتور بیشتر شده باعث باز شدن شیر می شود. به این ترتیب مایع بیشتری به اوپراتور جریان یافته و سطح بیشتری از آن با مبرد مایع تماس می یابد. به این ترتیب به دلیل افزایش سطح جذب کننده حرارت اوپراتور، شدت تبخیر افزایش یافته و افزایش فشار اوپراتور تا برابر شدن با فشار فنر افزایش می یابد.

چنانچه فشار اوپراتور از  $5^{\circ} \text{kpa}$  بیشتر شود، فشار اوپراتور بر فشار فنر غلبه می کند و شیر بسته می شود. به این ترتیب جریان مایع به اوپراتور کاهش و مقدار سطح مؤثر اوپراتور نیز کاهش می یابد. بدیهی است این امر شدت تبخیر را کاهش می دهد و فشار اوپراتور را تا برقراری مجدد تعادل با فشار فنر تقلیل می دهد.

همانطور که قبلاً شرح داده شد تبخیر مبرد در اوپراتور مدت کوتاهی پس از خاموش شدن کمپرسور ادامه می یابد و چون بخار تولید شده به وسیله کمپرسور مکیده نمی شود، فشار اوپراتور افزایش می یابد و بدین ترتیب در طول خاموش بودن کمپرسور، فشار اوپراتور همواره از فشار فنر زیادتر بوده و شیر کاملاً بسته می ماند ولی با روشن شدن کمپرسور، بلافاصله فشار اوپراتور به کمتر از فشار فنر کاهش می یابد، شیر باز شده و اجازه می دهد برای برقراری تعادل بین فشارهای اوپراتور و فنر، مایع کافی به اوپراتور جریان یابد. عیب اصلی شیرهای خودکار راندمان نسبتاً کم آنها در مقایسه با سایر انواع کنترل کننده های مبرد می باشد. با توجه به اینکه شیر انبساط خودکار اجازه می دهد در زمان بارهای سنگین تنها قسمت کوچکی از اوپراتور با مایع پر شود، ظرفیت و راندمان سیستم تبرید به دلیل ثابت بودن فشار شیر، محدود می شود و نمی توان به ظرفیت و راندمان های بالاتری دست یافت. همچنین به دلیل اینکه فشار اوپراتور در طول کار کمپرسور ثابت می ماند بایستی شیر را برای کمترین درجه حرارت لازم اوپراتور تنظیم نمود. این امر موجب کاهش ظرفیت و راندمان کمپرسور خواهد شد زیرا در اوایل سیکل کاری سیستم، اوپراتور پر و دمای مکش بالاتر است و کمپرسور نمی تواند بلافاصله اوپراتور را تخلیه نماید و سریعاً دما را کاهش دهد. عیب دیگر شیرهای خودکار که به ثابت بودن فشار آن مربوط می شود این است که نمی توان آن را همراه با کنترل کننده فشار کم به کار برد زیرا کار اصلی کنترل کننده فشار کم به تغییرات فشار اوپراتور در طول سیکل بستگی دارد، چیزی که به هنگام استفاده از شیر انبساط خودکار عملاً نمی تواند وجود داشته باشد. راندمان شیرهای انبساط خودکار در شرایط بارهای زیاد، کم می باشد و به همین دلیل صرفاً در تجهیزات کوچک نظیر یخچال ها و فریزرهای خانگی و یخچال های کوچک بستنی که بارهای نسبتاً ثابتی دارند به کار می روند. ولی حتی در این موارد نیز به علت مؤثر بودن و ارزان بودن سایر انواع کنترل کننده های جریان مبرد، به ندرت از شیرهای انبساط خودکار استفاده می کنند.

### ۳-۵- شیر انبساط ترموستاتیک

شیرهای انبساط ترموستاتیک به دلیل راندمان بالا و سهولت سازگاری با هر کاربرد تبریدی، بیشتر از سایر کنترل های ماده مبرد در دستگاه های سردکننده به کار می روند. درحالی که کار شیر انبساط خودکار به فشار ثابت اوپراتور متکی می باشد، کار شیرهای انبساط ترموستاتیک به سوپر هیت شدن ثابت بخار خروجی از اوپراتور بستگی دارد، پدیده ای که اجازه می دهد اوپراتور تحت تمام شرایط بار سیستم از مبرد کاملاً پر باشد. با توجه به اینکه شیرهای انبساط ترموستاتیک تحت تمام شرایط کاری استفاده کامل و مؤثر از سطح اوپراتور را میسر می سازند در سیستم های تبرید با تغییرات بار زیاد، مناسب ترین نوع کنترل کننده مبرد می باشند. شکل ۴-۵ اجزاء داخلی شیر انبساط ترموستاتیک را نشان می دهد.



شکل ۴-۵- اجزاء داخلی شیر انبساط ترموستاتیک

قسمت‌های اصلی این شیر عبارتند از: ۱- سوزن و نشیمنگاه ۲- دیافراگم ۳- کپسول (بالب) حسگر گرما که پر از گاز مبرد بوده و به وسیله لوله موئین به فضای بالای دیافراگم مرتبط می‌شود. ۴- فنر که میزان فشردگی آن معمولاً به وسیله یک پیچ تنظیم کنترل می‌شود. در این نوع شیر انبساط نیز معمولاً برای جلوگیری از ورود مواد خارجی از یک صافی استفاده می‌شود. کار شیر انبساط ترموستاتیک از مقابله سه نیروی مستقل: ۱- فشار بخار بالب ترموستات ( $P_1$ ) ۲- فشار اوپراتور ( $P_2$ ) ۳- فشار فنر ( $P_3$ ) ناشی می‌شود.

بالب شیر انبساط به لوله مکش در خروجی اوپراتور بسته شده و به تغییرات دمای بخار مبرد عبوری از آن نقطه حساس است. هرچند بین دمای بخار مبرد در لوله مکش و دمای گاز داخل بالب اختلاف جزئی وجود دارد عملاً درجه حرارت آن دو برابر در نظر گرفته می‌شود. بنابراین می‌توان فرض کرد که فشار وارده به وسیله گاز داخل کپسول همواره برابر فشار اشباع گاز در دمای لوله مکش می‌باشد. ملاحظه می‌شود که فشار سیال داخل بالب از طریق لوله موئین به فضای بالای دیافراگم اثر می‌نماید و می‌خواهد شیر را باز کند در حالی که فشار اوپراتور و فنر به طرف دیگر دیافراگم وارد می‌آیند و می‌خواهند شیر را در جهت بسته شدن حرکت دهند. مثال زیر اصول کار شیر را بیشتر روشن می‌نماید. در شکل ۴-۵ فرض کنید فریون ۱۲ مایع در دمای  $4^{\circ}\text{C}$  که برابر فشار اشباع ( $P_1$ )  $250\text{ kpa}$  (مطلق) می‌باشد، تبخیر می‌شود به علاوه فرض کنید فنر ( $P_2$ ) چنان تنظیم شده است که فشار  $60\text{ kpa}$  اعمال نماید.

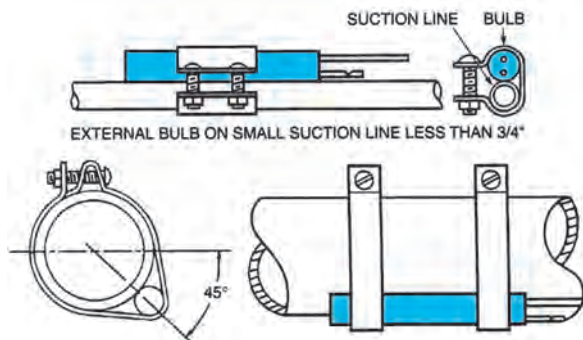
به این ترتیب کل فشاری که می‌خواهد شیر را ببندد مجموع فشارهای  $P_1$  و  $P_2$  یعنی  $310\text{ kpa}$  ( $250+60$ ) خواهد بود در صورتی که از افت فشار مبرد در اوپراتور صرف نظر شود می‌توان فرض کرد که فشار و دمای مبرد در تمام قسمت‌های اوپراتور برابر است. بنابراین در نقطه خروجی اوپراتور تمام مایع تبخیر می‌شود و مبرد در دما و فشار اشباع به صورت بخار اشباع خواهد بود. اما در انتهای اوپراتور بخار با جذب حرارت از محیط سوپر هیت شده و با وجود ثابت ماندن فشار، درجه حرارتش افزایش می‌یابد.

فرض کنید تا محل نصب کپسول حساس کنترل کننده جریان (بالب حرارتی) پنج درجه سانتی گراد سوپرهیت شده و دمای آن از  $4^{\circ}\text{C}$  به  $9^{\circ}\text{C}$  افزایش یابد بنابراین گاز داخل بالب در دمای سوپرهیت لوله مکش بوده و فشار آن ( $P_1$ ) برابر فشار اشباع فریون ۱۲ در دمای  $9^{\circ}\text{C}$  یعنی  $31.0\text{ kpa}$  یا  $411\text{ kpa}$  (مطلق) خواهد بود. این فشار از طریق لوله های موین به پشت دیافراگم اثر می نماید و نیرویی را که می خواهد شیر را در جهت باز شدن حرکت دهد ایجاد می کند. تحت شرایط تنظیم و تعیین شده، نیروی بازکننده شیر دقیقاً برابر نیرویی است که می خواهد شیر را ببندد ( $P_1 = P_2 + P_3$ ) به این ترتیب شیر در فشار متعادل است و تا زمانی که میزان سوپرهیت شدن بخار مکش نیروها را تغییر نداده و باعث حرکت شیر در یک جهت نشود، در تعادل باقی خواهند ماند، شیر تنها موقعی در تعادل خواهد بود که میزان سوپرهیت شدن بخار مکش در محل بالب برابر  $5^{\circ}\text{C}$  باشد که دقیقاً برابر فشار لازم برای جبران فشار فنر می باشد. بنابراین هرگونه تغییر در میزان سوپرهیت شدن بخار مکش، باعث حرکت شیر در جهتی خواهد شد که مقدار سوپرهیت لازم را ایجاد نماید و دوباره تعادل برقرار گردد و چنانچه سوپرهیت بخار مکش کمتر از  $5^{\circ}\text{C}$  باشد، فشار بالب کمتر از مجموع فشارهای اواپراتور و فنر می شود و شیر را در جهت بسته شدن حرکت می دهد و تا زمانی که میزان سوپرهیت شدن بخار مکش به  $5^{\circ}\text{C}$  افزایش یابد، جریان میرد و ورودی به اواپراتور را می بندد. از طرف دیگر چنانچه میزان سوپرهیت شدن بیش از  $5^{\circ}\text{C}$  باشد فشار بالب از مجموع فشارهای اواپراتور و فنر زیادتر می شود و شیر را در جهت باز شدن حرکت می دهد و تا زمانی که میزان سوپرهیت شدن بخار مکش به  $5^{\circ}\text{C}$  کاهش یابد جریان میرد به اواپراتور افزایش می یابد.

در تمام موارد میزان سوپرهیت لازم برای ایجاد تعادل در شیر انبساط ترموستاتیکی به میزان تنظیم فنر بستگی دارد و به همین دلیل تنظیم فنر، تنظیم سوپرهیت نیز نامیده می شود. با افزایش نیروی فنر میزان سوپرهیت شدن لازم برای جبران فشار فنر و برگشت شیر به حالت تعادل افزایش و با کاهش آن کاهش می یابد. افزایش میزان سوپرهیت شدن بخار مکش از این لحاظ که سطح مؤثر اواپراتور را کاهش می دهد، مطلوب نیست. با وجود اینکه کاهش میزان سوپرهیت شدن بخار مکش، سطح مؤثر اواپراتور را افزایش می دهد. معمولاً شیرهای انبساط ترموستاتیکی برای  $4^{\circ}\text{C}$  تا  $5^{\circ}\text{C}$  سوپرهیت شدن بخار مکش تنظیم می شوند و چون این میزان برای بیشتر کاربردهای تبرید مناسب می باشد جز در موارد کاملاً ضروری نباید آن را تغییر داد.

### ۱-۳-۵- محل نصب کپسول حساس شیر انبساط (بالب): عملکرد شیرهای انبساط ترموستاتیک تا حد زیادی به محل

و نصب صحیح کپسول (بالب) بستگی دارد. بالب ترموستات بایستی به طور محکم به وسیله بست های فلزی به قسمت افقی لوله مکش نزدیک خروجی اواپراتور و ترجیحاً در داخل فضای سردشونده نصب شود. با توجه به اینکه بالب باید به دمای بخار لوله مکش حساس باشد، لازم است که تمام طول آن با لوله مکش تماس حرارتی خوبی داشته باشد. در لوله های مکش با قطر خارجی کمتر از  $2^{\circ}$  میلی متر معمولاً بالب را در بالای لوله نصب می کنند ولی در لوله های مکش با قطر خارجی  $2^{\circ}$  میلی متر و بیشتر، نصب کپسول حساس در وضعیت ساعت ۴ یا ۸ معمولاً کنترل رضایت بخشی خواهد داشت (شکل ۵-۵).



شکل ۵-۵- موقعیت نصب بالب ترموستات

## ۵-۴- انتخاب لوله موین

تعیین قطر لوله موین با استفاده از نمودار شکل ۵-۱۲ کتاب اصلی صورت می‌گیرد. این جدول برای مبرد  $R-502$  طراحی گردیده است.

ابتدا با داشتن دمای گاز برگشتی یکی از دو ستون سمت چپ شکل را انتخاب نموده و بر روی آن مقدار ظرفیت کمپرسور را مشخص می‌کنیم حال بر روی خط افقی به سمت راست حرکت کرده تا یکی از نمودارهای مورب که قطر داخلی لوله موین می‌باشد را قطع کند حال با حرکت به سمت پایین شکل می‌توان طول لوله موین را بر حسب اینچ به دست آورد.

مثال: در یک سیکل برودتی قدرت سرمایی  $880 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$  و دمای گاز برگشتی  $52^\circ\text{C}$  و ماده سرمازا  $R-502$  می‌باشد. چنانچه

بخواهیم از لوله موین با قطر داخلی  $0.70\%$  اینچ استفاده نماییم طول مناسب لوله موین را به دست آورید.

در ستون اول از سمت چپ شکل ظرفیت  $880 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$  را به دست آورده به سمت راست حرکت می‌کنیم با برخورد با منحنی

قطر  $0.70\%$  به سمت پایین آمده و طول  $83''$  را به دست می‌آوریم.

همانطور که قبلاً اشاره شد انتخاب صحیح لوله موین به دو عامل طول لوله و قطر لوله بستگی دارد و همان کاری که یک لوله موین کوتاه با قطر کم می‌تواند انجام دهد لوله موین بلند با قطر بزرگ‌تر نیز انجام می‌دهد. در صورتی که ناگزیر به تعویض لوله موین باشیم و قطر لوله تعویض با قطر لوله اصلی یکسان نباشد می‌بایستی طول لوله موین جدید را متناسب با قطر لوله موین تغییر دهیم. برای این کار از جدول ۵-۱۳ کتاب اصلی استفاده می‌شود. ابتدا از جدول ضریب تغییر طول لوله را به دست آورده و در طول قبلی لوله موین ضرب می‌کنیم تا طول جدید لوله موین به دست آید. برای به دست آوردن «ضریب تغییر طول» از ستون سمت چپ جدول قطر داخلی لوله اصلی را به دست آورده و خطی به سمت راست می‌کشیم، حال از ردیف بالای جدول قطر داخلی لوله موین تعویضی را به دست آورده و خطی دیگر به سمت پایین جدول ترسیم می‌نماییم، محل تلاقی این دو خط «ضریب تغییر طول» لوله موین می‌باشد. مثال: قطر داخلی لوله موین یک یخچال  $0.34\%$  و طول آن  $60''$  می‌باشد.

در صورتی که بخواهیم لوله موین با قطر  $0.36\%$  را جایگزین لوله موین اصلی نماییم طول لوله موین جدید را بدست آورید.

حل: با توجه به جدول ۵-۶ ضریب تغییر طول لوله  $1/35$  خواهد بود لذا طول لوله موین تعویضی برابر خواهد بود با:

$$60 \times 1/35 = 81'' \text{ طول جدید لوله موین}$$



جدول ۶-۵- تعویض لوله موین

قطر داخلی لوله موین اصلی	قطر داخلی لوله موین تعویضی					
	0.031	0.036	0.044	0.050	0.055	0.059
0.028	1.59					
0.030	1.16					
0.031	1.00					
0.032	0.86					
0.033	0.75	1.54				
0.034	0.65	1.35				
0.035	0.58	1.16				
0.036	0.50	1.00				
0.037		0.90				
0.038		0.80				
0.039		0.71				
0.040		0.62	1.55			
0.041		0.56	1.38			
0.042		0.50	1.24			
0.043			1.11			
0.044			1.00			
0.045			0.90			
0.046			0.82	1.47		
0.047			0.74	1.31		
0.048			0.67	1.20		
0.049			0.61	1.09		
0.050			0.56	1.00	1.56	
0.051			0.51	0.93	1.44	
0.052				0.85	1.32	
0.053				0.78	1.20	
0.054				0.70	1.09	
0.055				0.64	1.00	
0.056				0.60	0.94	
0.057				0.55	0.87	
0.058				0.51	0.80	1.50
0.059					0.73	1.00
0.060					0.67	0.73
0.064					0.50	0.54
0.070						
0.075						
0.080						
0.085						
0.090						

## اوپراتورھا





## پیش آزمون

هنرآموزان گرمای با طرح سؤال زیر آمادگی لازم را برای طرح درس در بین هنرجویان ایجاد نمایند.

«بر روی دست کدام یک از شما الکل یا بنزین ریخته شده است؟ در صورت داشتن این تجربه احساس شما چه بوده است؟»

هنگام تماس پوست بدن با اتر یا بنزین، انسان بر روی پوست خود احساس خنکی خواهد نمود. علت این امر تبخیر بنزین می باشد. بنزین برای تبخیر شدن گرمای پوست بدن را جذب نموده و از مایع به بخار تبدیل می شود.

برای جذب گرمای داخل یخچال از اوپراتور استفاده می شود. در اوپراتور نیز مایع مبرد به بخار تغییر حالت داده و برای این کار گرمای داخل یخچال را جذب می کند.

## ۱-۶- کاربرد اوپراتورها

اوپراتورها سطوح انتقال حرارتی هستند که در آنها ماده مبرد با دریافت گرمای نهان تبخیر از فضا یا محصولات سردشونده از مایع به بخار تبدیل شده و سبب سرد شدن فضای سردخانه یا یخچال می شود.

اوپراتور در دستگاه های گوناگونی برای ایجاد سرما استفاده می شود که تعدادی از کاربردهای آن عبارتست از:

۱- ساختمان های مسکونی، برای خنک کردن هوای اتاق در تابستان توسط کولر گازی و یا نگهداری مواد غذایی داخل یخچال در دمای پایین.

۲- ساختمان های عمومی، کاهش دمای آب جهت ایجاد هوای خنک در فن کویل و تأمین آب سرد بهداشتی در آب سردکن.

۳- کاربرد صنعتی، خنک کردن شیر، انجماد محصولات غذایی مانند گوشت، بستنی و ...، تأمین دمای پایین جهت انجام کارهای تحقیقاتی، دستگاه های یخ ساز.

به دلیل کاربرد متعدد و متنوع تبرید، اوپراتورها در انواع شکل ها، اندازه ها و طرح های گوناگون ساخته می شوند و می توان آنها را از جنبه های مختلف دسته بندی نمود. از جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد:

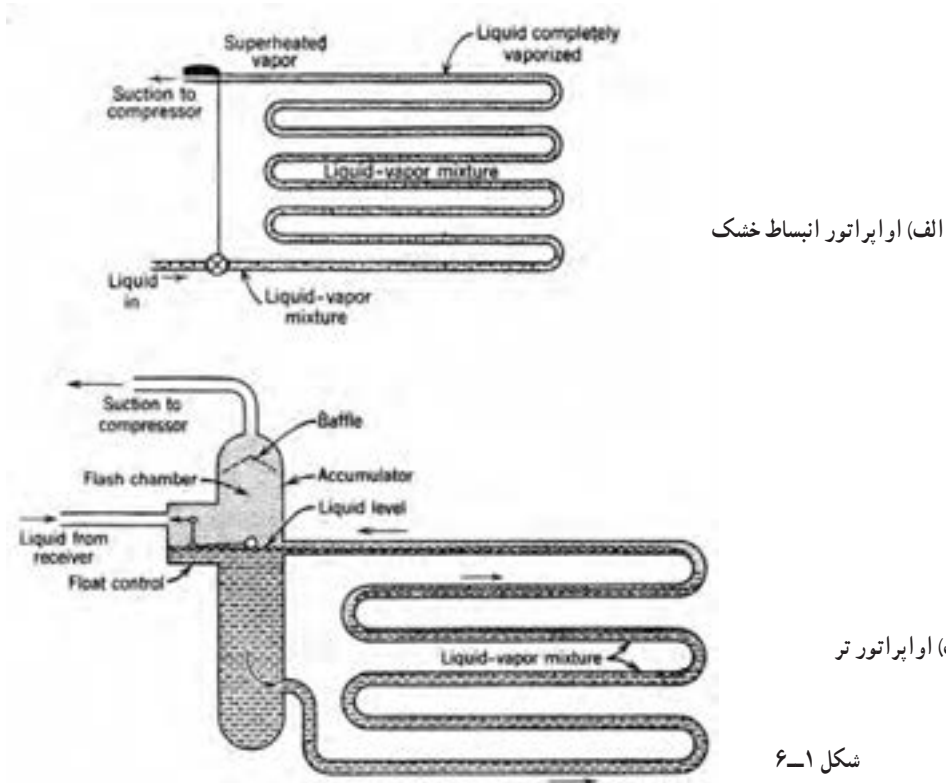
۱- انواع اوپراتور از نظر نوع تغذیه } ۱- انبساط مستقیم (خشک)  
۲- اوپراتور پر

۲- انواع اوپراتور از نظر چگونگی جریان هوا } ۱- با جریان اجباری هوا  
۲- با جریان طبیعی هوا

۳- انواع اوپراتور از نظر نوع ساخت } ۱- کویلی پره دار  
۲- کویلی بدون پره

## ۶-۲- انواع اواپراتور از نظر نوع تغذیه

اواپراتورها را می‌توان برحسب نوع تغذیه مبرد به دو نوع انبساط خشک<sup>۱</sup> و تر<sup>۲</sup> طبقه بندی نمود. در روش انبساط خشک مقدار تغذیه مبرد اواپراتور، به مقدار تبخیر آن در واحد زمان بستگی دارد. مبرد در لوله مکش کمپرسور به صورت بخار خواهد بود (شکل ۶-۱ الف) در این روش کنترل کننده مبرد اغلب یک شیر انبساط ترموستاتیکی یا لوله موین است. برای اطمینان کامل از تبخیر مبرد در اواپراتور و جلوگیری از ورود مایع مبرد به لوله مکش و کمپرسور، مبرد در خروج از اواپراتور تقریباً ۵ درجه سانتی گراد سوپرهیت می‌شود. این امر عملاً ۱۰ تا ۲۰ درصد سطح اواپراتور را به خود اختصاص می‌دهد. درحالی که راندمان اواپراتورهای انبساط خشک، قدری از اواپراتورهای تر کمتر است به علت ساختمان ساده‌تر، هزینه کمتر، اشغال فضای کمتر، نیاز به مبرد کمتر، و کمتر بودن مشکل برگشت روغن، از متداول‌ترین انواع اواپراتور می‌باشند. در اواپراتورهای تر به دلیل پر بودن اواپراتور با مبرد مایع، حداکثر سطح خیس شده لوله‌ها و ماکزیمم شدت انتقال حرارت به دست می‌آیند. این اواپراتورها مطابق شکل ۶-۱ ب یک جمع کننده یا مخزن ذخیره اضافی می‌باشند که مبرد مایع در آن جمع می‌شود و در اثر ثقل، به لوله‌های اواپراتور جریان می‌یابد. سطح مایع موجود در جمع کننده به وسیله شناور کنترل می‌شود.



الف) اواپراتور انبساط خشک

ب) اواپراتور تر

شکل ۶-۱

## ۶-۳- انواع اواپراتور از نظر جریان هوا

اواپراتورها از نظر جریان هوا به دو دسته جریان هوای طبیعی و جریان هوای اجباری تقسیم می‌شوند. در اواپراتورهای با جریان طبیعی به علت کم بودن سرعت گردش هوا بین اواپراتور و فضای که می‌خواهیم سرد نماییم تبادل گرما نیز کمتر صورت می‌گیرد لذا از این نوع اواپراتورها معمولاً در یخچال‌های خانگی و فضاهای کوچک استفاده می‌شود. شکل ۶-۲ چند نمونه از اواپراتورهای با جریان طبیعی هوا را نشان می‌دهد.

۱- dry expansion

۲- flooded



شکل ۶-۲- انواع اوپراتور با جریان طبیعی هوا

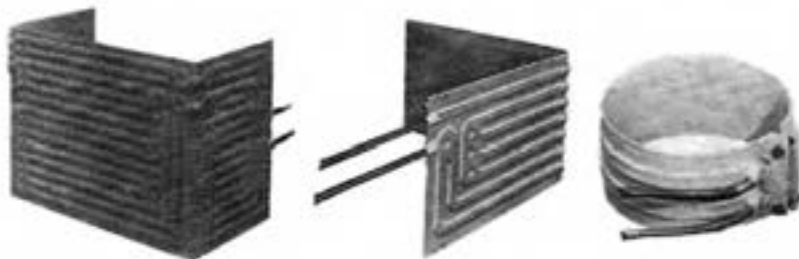
در صورتی که به برودت بیشتری نیاز داشته باشیم با به گردش درآوردن هوای داخل سردخانه یا یخچال، سرعت تبادل گرما بین هوا و اوپراتور را افزایش می‌دهیم. (شکل ۶-۳)



شکل ۶-۳- اوپراتور با جریان هوای اجباری

#### ۶-۴- انواع اوپراتور از نظر نوع ساخت

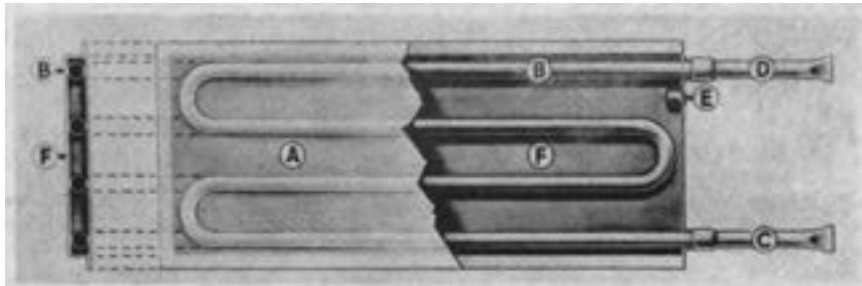
اوپراتورها از نظر نوع ساخت به دو دسته کویلی پرده‌دار و کویلی بدون پرده تقسیم می‌شوند. یک نوع از اوپراتورهای کویلی بدون پرده از دو صفحه فلزی که بر روی آنها شیارهایی برای عبور مبرد ایجاد شده است ساخته می‌شوند. (شکل ۶-۴)



شکل ۶-۴- اوپراتور کویلی بدون پرده

این نوع از اواپراتورها به دلیل شکل پذیری به فرم دلخواه، ساخت اقتصادی و سهولت تمیز شدن به طور وسیعی در یخچال‌ها و فریزرهای خانگی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

نوع دیگری از اواپراتورهای کویلی بدون پره از لوله‌ای واقع بین دو صفحه فلزی ساخته می‌شود. صفحات فلزی در انتها به یکدیگر جوش می‌شوند. (شکل ۵-۶) در این اواپراتورها برای ایجاد تماس حرارتی مطلوب بین صفحات و لوله حامل مبرد، فضای بین صفحات را با محلول اتکتیک<sup>۱</sup> پریا خلأ ایجاد می‌کنند به طوری که فشار اتمسفریک بیرون باعث تماس حرارتی خوبی بین لوله‌ها و صفحات گردد. اواپراتورهای حاوی محلول اتکتیک به ویژه در مواقعی که ظرفیت ذخیره شده‌ای مورد نیاز باشد مفید است و بیشتر در کامیون‌های یخچال‌دار در سقف یا دیواره‌های آن نصب می‌شود.



شکل ۵-۶- اواپراتورهای صفحه‌ای

(a) پوسته بیرونی اواپراتور با سطح تخت که ضخیم بوده و جوش الکتریکی شده است.

(b) لوله فولادی که مبرد از داخل آن جریان می‌یابد.

(c) ورودی از کمپرسور

(d) خروجی به کمپرسور که برای تمام مبردها غیر از آمونیاک مسی می‌باشد و برای آمونیاک فولادی به کار می‌رود.

(e) اتصال برای ایجاد خلأ مابین صفحات که بعداً آب‌بندی می‌شود.

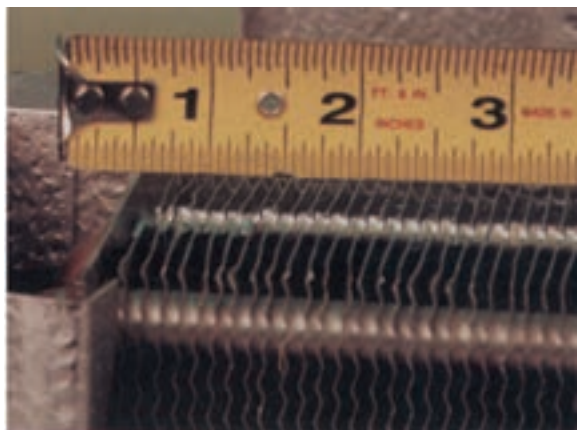
(f) فضای خلأ در اواپراتورهای خشک. اواپراتورهای با ظرفیت ذخیره تبرید حاوی محلول اتکتیک می‌باشند.

اواپراتور کویلی پره‌دار نوعی از اواپراتورهای لوله‌ای می‌باشند که در آنها به منظور افزایش سطح خارجی و در نتیجه بهبود راندمان سرد کردن هوا، پره‌هایی به عنوان سطوح ثانویه جذب حرارت بر روی لوله‌ها قرار گرفته‌اند. در اواپراتورهای لوله‌ای قسمت اعظم هوا بدون تماس با سطوح کویل سرد از آن عبور می‌کند ولی با افزودن پره‌هایی به لوله، سطوح تبادل حرارت به داخل فضای باز بین لوله‌ها نفوذ کرده و به صورت جمع‌کننده‌های حرارتی عمل می‌کنند و حرارت قسمتی از هوا را که معمولاً با سطوح اولیه تماس نمی‌یابد گرفته و به لوله هدایت می‌کند. فاصله و اندازه پره‌ها تا حدودی به نوع کاربرد و قطر لوله بستگی دارد و برحسب دمای اواپراتور تعداد آنها در هر متر بین ۴۰ تا ۵۰۰ عدد متغیر است.

چون تشکیل برفک بر روی کویل‌های سردکننده هوایی که در درجات حرارت پایین کار می‌کنند غیر قابل اجتناب است و تشکیل برفک موجب محدود شدن مجرای بین پره‌ها و کند شدن جریان هوا در روی کویل می‌شود بایستی برای به حداقل رساندن احتمال محدود شدن جریان هوا در اواپراتورهای طراحی شده برای کاربردهای با دمای پایین، فاصله پره‌ها بیشتر و تعداد آنها کمتر باشد (حدود ۸۰ تا ۲۰۰ پره در هر متر) ولی در کویل‌های تهویه مطبوع و سایر کاربردهایی که در آنها دمای سطح کویل از دمای انجماد بالاتر است به دلیل عدم تشکیل برفک، پره‌ها حتی با فواصل ۱/۸ میلی‌متر نیز چیده می‌شوند. شکل ۶-۶ فاصله پره‌های در اواپراتورهای با دمای پایین و اواپراتورهای با دمای متوسط را نشان می‌دهد.

۱- محلول دو تایی که دارای نقطه ذوب یا نقطه انجماد پایین باشد. لفظ یونانی اتکتیک شامل دو کلمه eu به معنای خوب و tectos به معنای ذوب شدن بنابراین اتکتیک به معنای

آسان ذوب است.



ب) اواپراتور با دمای متوسط



الف) اواپراتور با دمای پایین

شکل ۶-۶

اواپراتورهای کویلی پره‌دار نسبت به اواپراتورهای ساده سطوح حرارتی بیشتری دارند و در ظرفیت‌های یکسان فضای کمتری را اشغال می‌نمایند و لذا استفاده از آنها موجب صرفه جویی قابل ملاحظه‌ای در فضای نصب آنها می‌شود. (شکل ۶-۷)

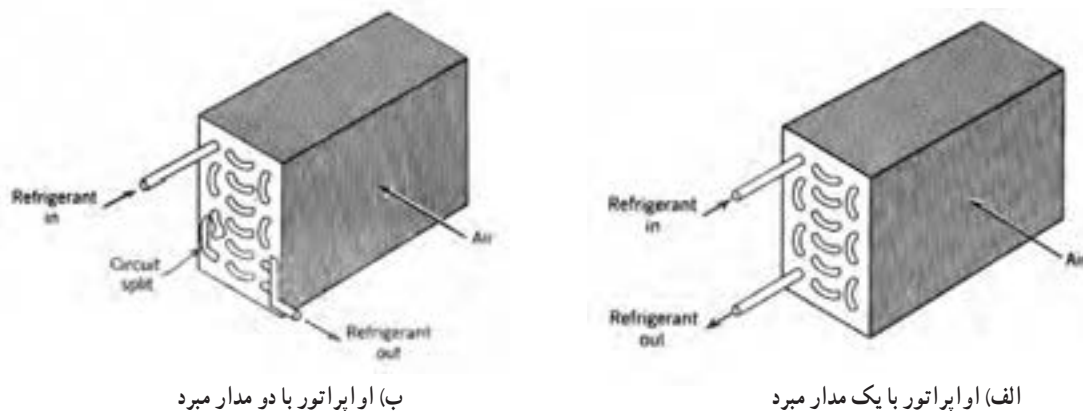


شکل ۶-۷- اواپراتور کویلی پره‌دار مورد استفاده در دستگاه‌های هواساز

## ۶-۵- پخش‌کننده‌ها در اواپراتور

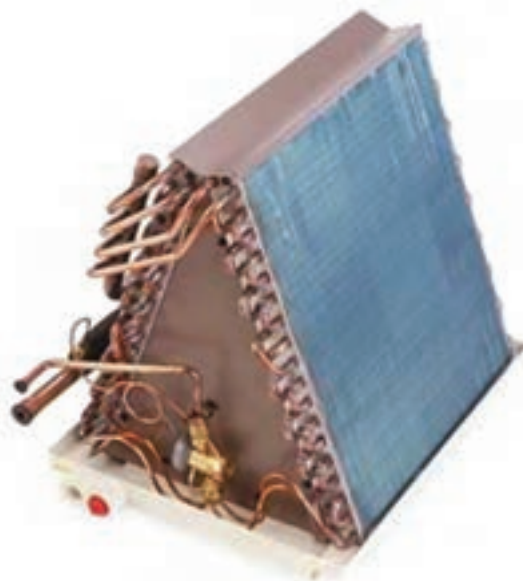
اواپراتورهایی که تنها دارای یک مدار مبرد هستند در محدوده‌های معینی از بار، عملکرد مطلوبی دارند ولی هنگامی که محدوده بار آنها افزایش یابد سرعت مبرد از حد مجاز تجاوز می‌نماید و افت فشار بیشتر می‌شود چون حجم مبرد در ضمن تبخیر افزایش می‌یابد، با حرکت مبرد در طول مدار، سرعت و افت فشار در واحد طول افزایش می‌یابد و در انتهای لوله که مبرد به صورت صددرصد بخار است مقدار سرعت و افت فشار ماکزیمم می‌گردد.

با تقسیم لوله‌های اواپراتور به دو مدار می‌توان افت فشار اضافی در قسمت انتهایی اواپراتور را تا اندازه‌ای از بین برد. در این صورت مبرد تا زمان رسیدن به ماکزیمم سرعت مجاز، در یک مسیر واحد حرکت می‌نماید و سپس به دو مسیر موازی تقسیم می‌شود. به این ترتیب سرعت مبرد به نصف مقدار آن در مسیر واحد، تقلیل می‌یابد و افت فشار آن در واحد طول به  $\frac{1}{8}$  افت فشار واحد طول مدار واحد می‌رسد. البته این امر امکان بارگذاری بیشتر اواپراتور را بدون تجاوز افت فشار از حد مجاز میسر می‌سازد و در ضمن سرعت همه قسمت‌های کویل، در محدوده مورد نظر باقی می‌ماند و به این ترتیب شدت انتقال حرارت بی‌مورد تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد. (شکل ۸-۶)



شکل ۸-۶

روش دیگر کاهش افت فشار استفاده از پخش کننده در مسیر ورودی مبرد به هر مدار اواپراتور و نصب کلکتور در انتهای هر مدار اواپراتور می‌باشد. نصب پخش کننده در مسیر ورودی مبرد به اواپراتور سبب می‌شود که ماده مبرد به صورت مساوی برای تمام مدارهای اواپراتور به طور مساوی تقسیم شود. (شکل ۹-۶)



شکل ۹-۶- محل نصب پخش کننده و کلکتور بر روی اواپراتور



## ۶-۶-۶-۶ برفک زدایی یا دیفراست

با عبور هوا از روی سطح اواپراتور بخارات موجود در هوا بر روی اواپراتور تقطیر شده و به برفک تبدیل می‌شود. (شکل

۶-۱۰)



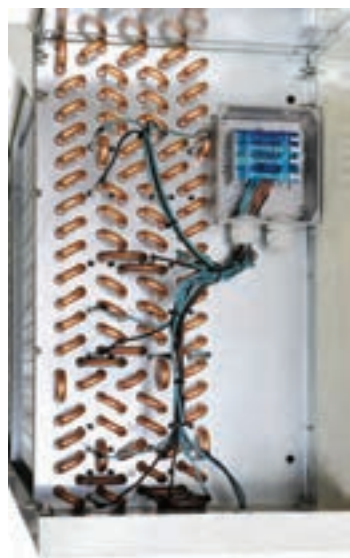
شکل ۶-۱۰- تشکیل برفک بر روی اواپراتور

با افزایش برفک ایجاد شده بر روی سطح اواپراتور میزان تبادل گرما بین هوا و مبرد کاهش می‌یابد لذا می‌بایستی با استفاده از روش‌های مختلف نسبت به ذوب برفک اقدام نمود.

به‌طور کلی زمان برفک زدایی با میزان تجمع برفک بر روی اواپراتور و شدت انتقال حرارت برای ذوب برفک تعیین می‌شود. میزان تجمع برفک به نوع تأسیسات، فصل و فواصل زمانی برفک زدایی بستگی دارد.

### ۶-۶-۱-۶-۶ برفک زدایی با گرمکن الکتریکی :

گرمکن‌های الکتریکی به‌طور وسیعی برای برفک زدایی کویل‌های پره‌ای فن‌دار مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این روش هیترهایی بین کویل‌های اواپراتور قرار می‌گیرد تا با اتصال جریان برق، هیترها گرم شده و برفک را ذوب نماید. مصرف این هیترها ۴۰۰ وات و بیشتر می‌باشد. عمل تبرید دستگاه در طی مدت برفک زدایی به‌طور خودکار قطع می‌شود و پس از انجام برفک زدایی کامل، یک ترموستات دستگاه را به کار عادی برمی‌گرداند.



این هیترها کاملاً عایق‌بندی شده‌اند و در مدار آنها از یک فیوز استفاده شده است. در مدار بعضی از این هیترها یک ترموستات ایمنی نیز کار گذاشته می‌شود تا در صورت افزایش بیش از حد حرارت مدار برق را قطع نماید.

سیکل برفک‌زدایی الکتریکی ممکن است به‌طور دستی یا به وسیله یک تایمر برفک‌گیر به‌طور اتوماتیک روشن و خاموش شود.

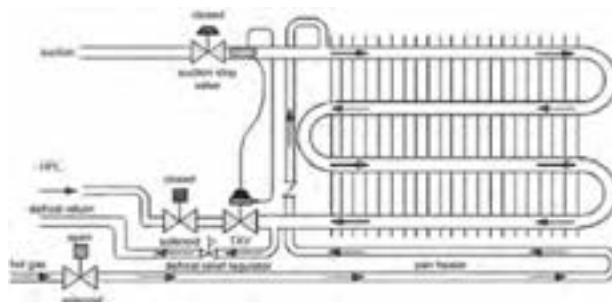
برای جلوگیری از انتقال گرما به فضای سردشونده فن‌های اواپراتور در زمان دیفراست خاموش خواهند بود. (شکل ۶-۱۱)

شکل ۶-۱۱- محل نصب هیترهای مورد نیاز

برای برفک زدایی

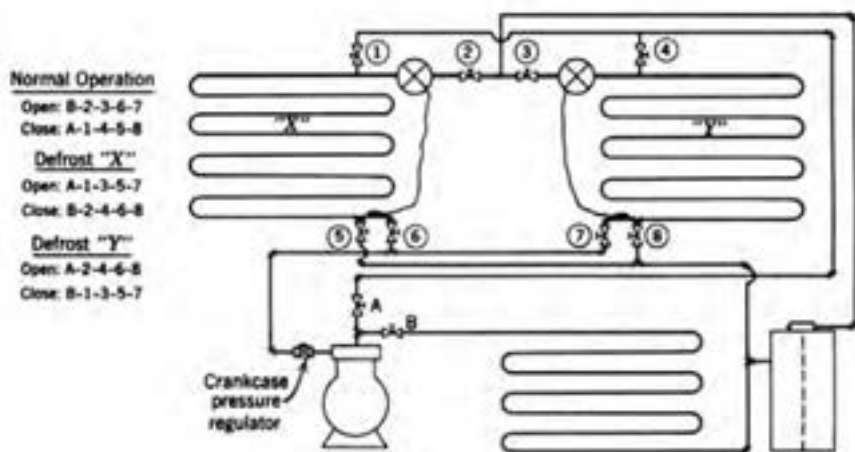
## ۶-۶-۲- برفک زدایی با گاز داغ: روش های برفک زدایی با گاز داغ تنوع زیادی دارند ولی همه آنها به نحوی از گاز

داغ خروجی از کمپرسور به عنوان منبع حرارت برای برفک زدایی بهره می گیرند. یکی از ساده ترین روش ها برفک زدایی با گاز داغ مطابق شکل ۶-۱۲ می باشد.



شکل ۶-۱۲- دیفراست با گاز داغ

یک لوله میان بر مجهز به شیر برقی و شیر یک طرفه مابین خروجی کمپرسور و اواپراتور قرار می گیرد. هنگامی که شیر برقی باز می شود گاز داغ خروجی از کمپرسور میان بر می شود و پس از عبور از اواپراتور و ذوب کردن برفک های اواپراتور از شیر فشار شکن عبور کرده و پس از کاهش فشار گاز به سمت مکش کمپرسور بر می گردد. در زمان دیفراست شیر برق که در مسیر اصلی مبرد قبل از شیر انبساط قرار دارد در حالت بسته می باشد. در صورتی که در مدار سیکل تبرید دو اواپراتور نصب شده باشد مطابق شکل ۶-۱۳ عمل دیفراست هر اواپراتور را می توان با باز یا بستن شیرهای مشخص شده در شکل انجام داد. برای مثال برای دیفراست اواپراتور «X» می بایستی شیرهای (A-۱-۳-۵-۷) باز و شیرهای (B-۲-۴-۶-۸) را بست تا همزمان با کار کمپرسور و ایجاد پروت در اواپراتور «Y»، برفک های اواپراتور «X» در اثر عبور گاز داغ ذوب شود.



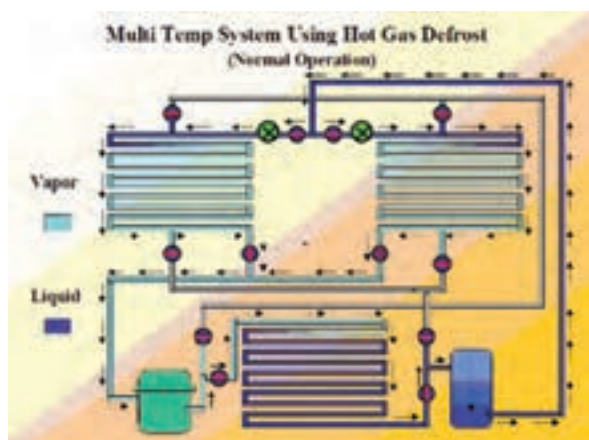
شکل ۶-۱۳- دیفراست با گاز داغ در مدار با دو اواپراتور

شکل ۶-۱۴ سیکل دیگری که از گاز داغ برای دیفراست استفاده شده را نشان می دهد. برخلاف روش دیفراست یا گرم کن

الکتریکی در این روش در زمان دیفراست کمپرسور به کار خود ادامه خواهد داد.



ب) دیفراست اوپراتور



الف) کار عادی سیکل

شکل ۱۵-۶

## ۶-۷- انتخاب اوپراتور

مدل اوپراتور از جدول ۶-۱۷ کتاب اصلی و با در اختیار داشتن دو عامل ظرفیت سرمایی سردخانه و دمای جوش ماده مبرد (Te) به دست می آید.

برای محاسبه دمای جوش ماده مبرد (Te) از رابطه زیر استفاده می شود :

$$Te = Ti - TD$$

Ti- دمای سالن (دمای نگهداری محصول)

TD- اختلاف دمای هوای سالن و ماده مبرد جریان داخل کویل اوپراتور. دمای سالن که همان دمای نگهداری محصول می باشد را می توان با توجه به نوع محصول از جدول ۶-۱۹ کتاب اصلی بدست آورد. برای محاسبه اختلاف دمای هوای سالن و ماده مبرد جریان داخل کویل اوپراتور (TD) با توجه به رطوبت نسبی سالن سردخانه که از جدول ۶-۱۹ بدست آمده به جدول ۶-۱۶ کتاب اصلی مراجعه نموده و با در نظر گرفتن نوع جریان هوای اوپراتور TD را بدست می آوریم.

**مثال:** در یک سالن سردخانه ماهی تازه نگهداری می شود. اگر اوپراتورهای سالن از نوع هوا با جریان اجباری باشد دمای سالن (Ti) و اختلاف دمای هوای سالن و ماده مبرد جریان در کویل اوپراتورهای سالن (TD) و دمای جوش مبرد (Te) را مشخص نمایید.

**حل:** با استفاده از جدول ۶-۱۹ کتاب اصلی دمای نگهداری ماهی تازه  $Ti = -1^{\circ}C$  می باشد. مقدار رطوبت نسبی سالن نگهداری ماهی تازه نیز  $85-80$  درصد می باشد.

طبق جدول ۶-۱۶ کتاب اصلی با فرض رطوبت ۹۳ درصد و نوع هوای جریان اجباری اوپراتور، TD معادل  $7-8$  درجه سانتی گراد بدست می آید. و در نهایت دمای جوش مبرد  $(-8, -9)$  بدست می آید.

$$Te = Ti - TD \quad Te = -1 - 7 = -8^{\circ}C$$

$$Te = -1 - 8 = -9 \quad \text{و یا}$$

انتخاب مدل اوپراتور با داشتن دو عامل دمای جوش مبرد و ظرفیت برودتی انجام می گیرد. در جدول ۶-۱۷ کتاب اصلی ستون های دوم برای دمای جوش تا  $5^{\circ}C$  و ستون سوم برای دمای جوش  $3^{\circ}C$  طراحی شده است، با توجه به دمای جوش مبرد که قبلاً محاسبه نموده ایم در یکی از این دو ستون به سمت پایین حرکت می کنیم تا به عدد معادل ظرفیت برودتی مورد نیاز برسیم. در

صورتی که عدد مورد نظر در جدول نبود عدد بزرگ‌تر را انتخاب نموده به سمت چپ حرکت کرده و مدل اواپراتور را از ستون اول تعیین می‌نماییم.

**مثال:** ظرفیت برودتی یک سردخانه  $10000\text{w}$  و دمای جوش مبرد  $5^\circ\text{C}$  است، مدل اواپراتور را بدست آورید.

**جواب:** مدل‌های (۸-۶۰۹-۸)، (۸-۶۰۶-۸)، (۸-۴۱۲-۸)، (۸-۴۱۴-۸)

را می‌توان برای این ظرفیت در نظر گرفت.

**مثال:** بار برودتی یک سردخانه که برای نگهداری ماهی منجمد استفاده می‌شود  $42\text{kw}$  است. در صورتیکه بخواهیم در این

سردخانه دو اواپراتور با جریان اجباری هوا نصب نماییم ظرفیت هر یک از اواپراتورها را بدست آورید.

**حل:** با استفاده از جدول ۶-۱۹ کتاب اصلی:

$$T_i = -18^\circ\text{C} \quad \text{و} \quad RH = 85\%$$

با استفاده از جدول ۶-۱۶ کتاب اصلی و با فرض رطوبت  $85\%$ :

$$TD = 7^\circ\text{C} - 8^\circ\text{C}$$

$$T_e = T_i - TD \quad T_e = -18 - 8 = -26^\circ\text{C}$$

از جدول ۶-۱۷ کتاب اصلی با توجه به ظرفیت هر اواپراتور

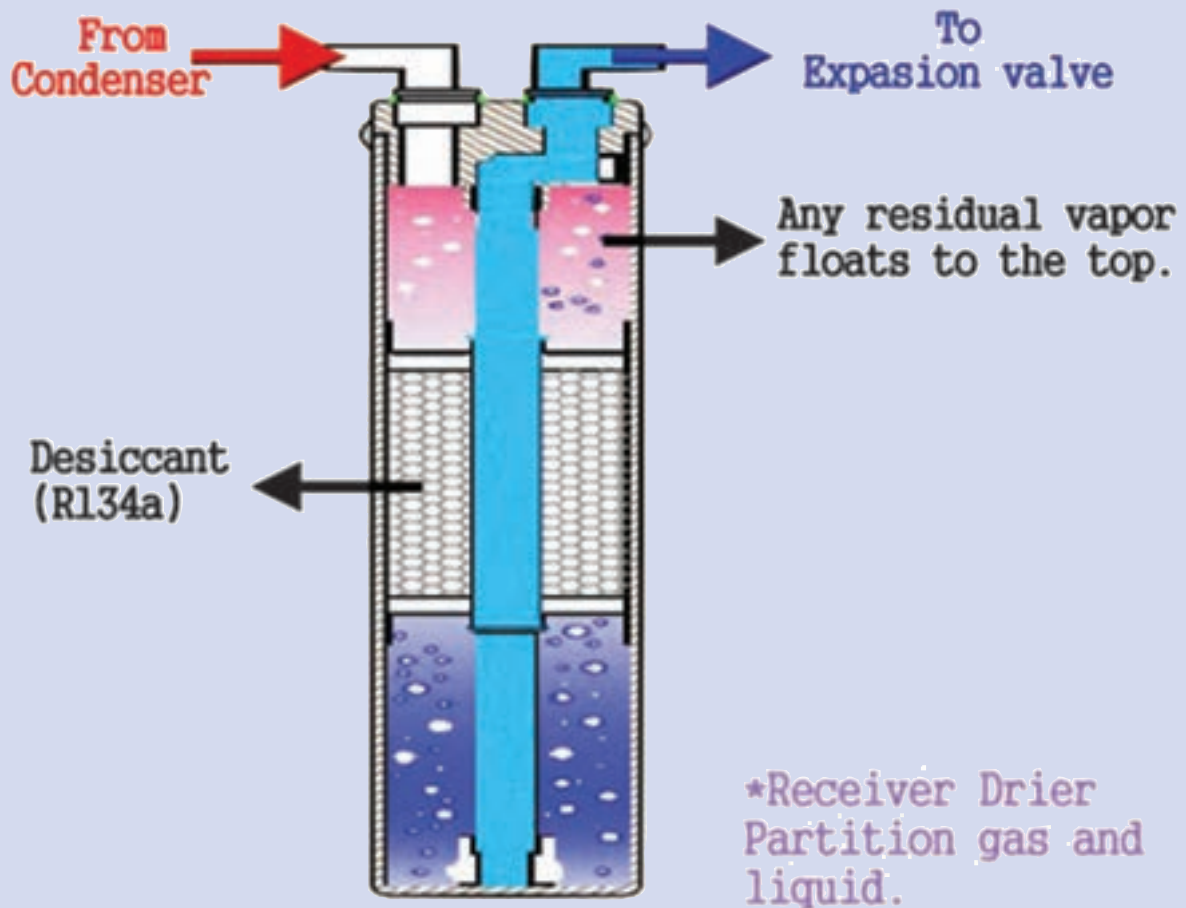
$$42 \div 2 = 21\text{kw} = 21000\text{w}$$

و دمای جوش مبرد  $Te = -37^\circ\text{C}$  مدل‌های (۸-۸۱۲-۸) و (۸-۶۱۴-۸) بهترین انتخاب می‌باشد. (شکل ۶-۱۶)

## جدول ۱۶-۶- کاتالوگ نمونه انتخاب اوپراتور

8mm FIN SPACING		TECHNICAL DATA							
	CAPACITY Te = -5°C w	CAPACITY Te = -30°C w	AIRFLOW m <sup>3</sup> /h	SURFACE m <sup>2</sup>	COIL VOLUME lit	FANS			
						NO.	DIA.	A	KW
8-406-8	5101	4397	5700	20	7	1	450	0.88	0.45
8-606-8	7010	6042	5600	30	12	1	450	0.88	0.45
12-606-8	11500	9890	8300	45	16	1	500	1.95	0.76
12-806-8	13067	11237	8200	60	21	1	500	1.95	0.76
8-409-8	7525	6471	8400	30	10	1	500	1.95	0.76
8-609-8	10488	9019	8300	45	15	1	500	1.95	0.76
12-609-8	15606	13421	10600	68	24	1	630	1.55	0.72
12-809-8	20155	17333	10300	89	29	1	630	1.55	0.72
8-412-8	10495	9025	11400	40	12	2	450	0.88	0.45
8-612-8	14267	12269	11200	59	18	2	450	0.88	0.45
12-612-8	21059	18110	16600	89	28	2	500	1.95	0.76
12-812-8	26413	22715	16400	119	37	2	500	1.95	0.76
8-414-8	10966	9430	11400	46	14	2	450	0.88	0.45
8-614-8	16471	14165	11200	69	21	2	450	0.88	0.45
12-614-8	25165	21641	18600	104	36	2	560	2.1	0.9
12-814-8	31441	27039	18400	139	46	2	560	2.1	0.9
8-418-8	14910	12822	16800	60	18	2	500	1.95	0.76
8-618-8	20800	17888	16600	89	31	2	500	1.95	0.76
12-618-8	31215	26844	21200	134	40	2	630	1.55	0.72
12-818-8	40174	34549	20600	178	56	2	630	1.55	0.72
12-624-8	41693	35855	27900	179	56	3	560	2.1	0.9
12-824-8	51542	44326	27600	238	76	3	560	2.1	0.9
12-124-8	65112	55996	34400	298	91	2	630	4.2	2.3
16-624-8	62384	53650	47000	238	76	2	710	6	3.3
16-824-8	76475	65768	46000	317	101	2	710	6	3.3
16-124-8	88167	75823	45200	397	121	2	710	6	3.3
12-628-8	50957	43823	36000	208	61	2	630	4.2	2.3
12-828-8	63050	54223	35600	278	81	2	630	4.2	2.3
12-128-8	73670	63356	34400	347	101	2	630	4.2	2.3
16-628-8	66442	57140	47000	278	81	2	710	6	3.3
16-828-8	83771	72043	46000	370	111	2	710	6	3.3
16-128-8	97559	83917	45200	463	141	2	710	6	3.3
12-636-8	66159	56896	42400	268	81	4	630	1.55	0.72
12-836-8	82637	71067	41200	357	106	4	630	1.55	0.72
12-136-8	94004	80843	37200	446	131	4	630	1.55	0.72
16-636-8	80528	69254	54000	357	111	3	630	4.2	2.3
16-836-8	106753	91807	69000	476	141	3	710	6	3.3
16-136-8	131832	113375	67800	595	181	3	710	6	3.3
12-642-8	76342	65654	54000	312	91	3	630	4.2	2.3
12-842-8	99704	85745	53400	417	121	3	630	4.2	2.3
12-142-8	107952	92838	51600	521	151	3	630	4.2	2.3
16-642-8	94992	81693	72400	417	121	3	710	6	3.3
16-842-8	126047	108400	69000	556	161	3	710	6	3.3
16-142-8	148730	127907	67800	695	201	3	710	6	3.3

تجهيزات جانبی دستگاه‌های سردکننده





## ۷-۱- جداکن روغن

## پیش‌آزمون

اگر در یک سیستم تبرید تراکمی روغن به تدریج از کمپرسور به داخل سیکل برود و به کمپرسور برگردد چه اتفاقی می‌افتد؟

## روشن‌آموزش

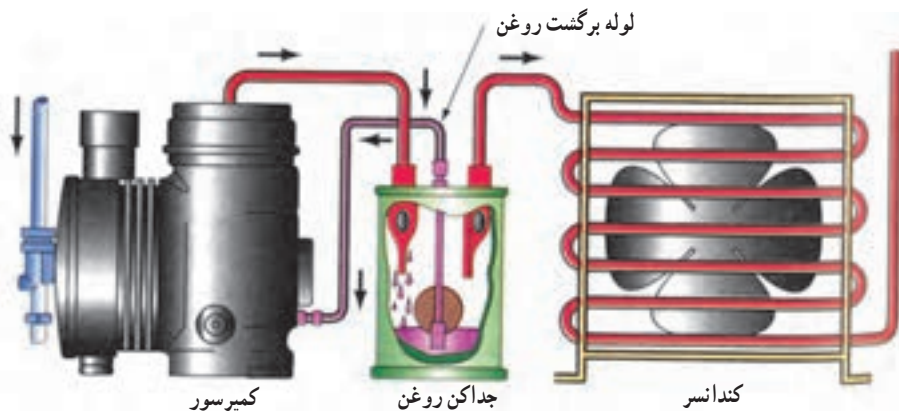
تأثیر روغن در کمپرسور و نیاز مبرم به آن در کمپرسور توضیح داده شود. همچنین زیان‌های روغن در کندانسور و اواپراتور و در نهایت ضرورت برگشت روغن خروجی از کمپرسور به کمپرسور گفته شود.

## دانش‌افزایی

مطابق شکل ۷-۱ جداکن روغن پس از کمپرسور نصب می‌شود. وقتی گاز داغ به همراه روغن وارد جداکن روغن می‌شود گاز چون سبک است در قسمت بالا و روغن چون سنگین است در قسمت پایین جداکن روغن جمع می‌شود و بدین وسیله گاز و روغن از هم جدا می‌شوند. گاز تحت فشار رانش کمپرسور به سمت کندانسور می‌رود. حجم روغن در جداکن زیاد شده و باعث می‌شود سوپاپ ته تله روغن که در مسیر لوله برگشت روغن به کمپرسور است باز شده و تحت مکش کمپرسور روغن جمع شده در جداکن روغن به کمپرسور برگشت داده شود.

## کار در کلاس

شکل ۷-۱ کتاب اصلی را رسم کرده سیکل را تکمیل کرده قسمت‌های مختلف سیکل را نام‌گذاری کرده و لوله‌های رانش و مکش و برگشت روغن جداکن روغن را روی آن مشخص کنید.



ب) این شیر شناوری مبرد مایع را مانند روغن به کمپرسور برمی‌گرداند. بنابراین باید گرم نگه داشته شود تا از تقطیر گاز مبرد جلوگیری شود.

الف) جداکن روغن روی خط رانش نصب می‌شود.

شکل ۷-۱- جداکن روغن

- ۱- محل نصب تله روغن در سیکل تبرید کجاست؟ بعد از کمپرسور و قبل از کندانسر
- ۲- چه عاملی باعث برگشت روغن از تله روغن به کمپرسور می شود؟ فشار رانش روی روغن از یک طرف و فشار مکش کمپرسور از طرف دیگر باعث برگشت روغن به کمپرسور می شود.
- ۳- دو مورد از وظایف جداکن روغن را بنویسید.
  - ۱- جلوگیری و حفاظت کمپرسور از کارکرد بدون روغن
  - ۲- پیشگیری از جدا شدن موم از روغن
- ۴- چه عاملی باعث جدا شدن روغن از گاز در جداکن روغن می شود؟ سبک بودن گاز و سنگین بودن روغن، گاز را در سطح بالا و روغن را در سطح پایین جداکن روغن قرار می دهد و بدین وسیله از هم جدا می شوند.
- ۵- چه عاملی باعث باز شدن دهانه لوله برگشت روغن در جداکن روغن می شود؟ اگر ازدیاد حجم روغن در جداکن به اندازه ای برسد که نیروی ارشمیدس شناور را از جای خود بالا ببرد و راه دهانه برگشت باز شود.

## تحقیق

در مورد رابطه ظرفیت تله روغن با ظرفیت کمپرسور تحقیق کنید.

## ۷-۲- مخزن مایع سرمازا

## پیش آزمون

اگر بخواهیم کمپرسور یک سیکل تبرید را تعمیر کنیم و حجم مبرد موجود در سیکل نیز زیاد باشد بار ماده سرمازای داخل سیستم را چه کنیم؟ در فضا رها کنیم؟ یا در جایی ذخیره کنیم؟

## روشن آموزش

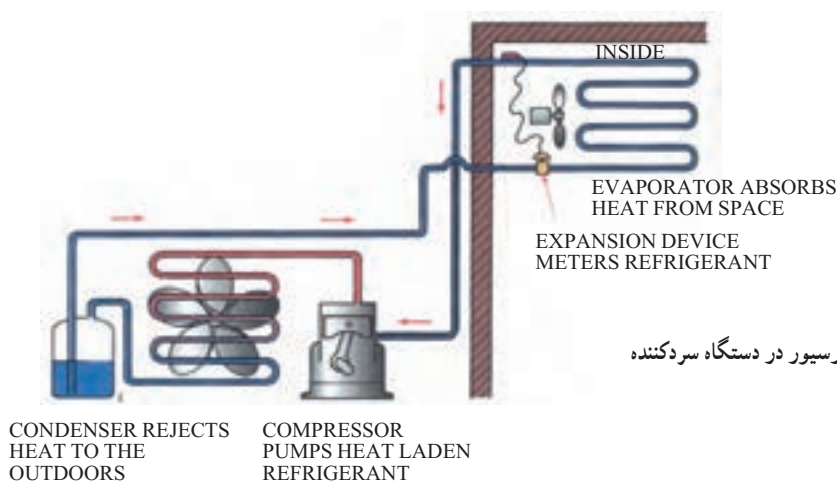
لازم است در خصوص ارزش ماده مبرد و اینکه در هنگام تعمیر سیستم آن را بایستی ذخیره کرد توضیح داده شود. همچنین ضرورت، انواع و محل نصب مخزن سرمازا توضیح داده شود.

## دانش افزایی

شکل ۷-۲ چگونگی قرارگیری رسیور در دستگاه سردکننده را نشان می دهد.

مخزن مایع سرمازا در دو نوع افقی و عمودی ساخته می شود و در سیستم هایی که کندانسر هوایی دارند استفاده می شود. محل نصب آن بعد از کندانسر می باشد که در دو حالت از آن استفاده می شود الف) حالتی که سیستم نیاز به تعمیر داشته باشد به خاطر اینکه مبرد به هوا نرود آن را در رسیور جمع آوری کرده و پس از تعمیر سیستم به سیکل برمی گردانند. ب) در بعضی از سیستم های تبرید خاموش روشن شدن سیستم با استفاده از پایین و بالا شدن فشار مکش کمپرسور انجام می گیرد. در این حالت با قطع ترموستات شیر برقی بعد از رسیور مسیر را می بندد و گاز در رسیور جمع می شود و باعث پایین آمدن فشار در کمپرسور و خاموش شدن آن می شود و با باز شدن شیر برقی مبرد به کمپرسور رفته فشار مکش بالا رفته و کمپرسور روشن می شود.





شکل ۲-۷- چگونگی قرارگیری رسیور در دستگاه سردکننده

## کار در کلاس

- طریقه جمع‌آوری میرد در رسیور را با طرح مدار برقی بنویسید.
- پرسش و پاسخ: ۱- انواع رسیور را نام ببرید. افقی و عمودی
- ۲- محل نصب رسیور کجاست؟ بعد از کندانسر
- ۳- سیستم‌های برودتی با کندانسر آبی چرا رسیور ندارند؟ پایین پوسته کندانسر به جای رسیور عمل می‌کند.

## تحقیق

حجم رسیور چه نسبتی با حجم میرد داخل سیستم تبرید دارد؟

## ۷-۳- فیلتر درایر

## پیش‌آزمون

اگر داخل سیستم تبرید مواد زائدی به همراه ماده میرد به داخل سیستم برود چه اتفاقی ممکن است بیفتد؟

## روشن‌آموزش

لازم است در خصوص گرفتگی سیستم تبرید مخصوصاً در سیستم‌های کوچک و در محل لوله مویی توضیحاتی داده شود. همچنین مضرات رطوبت برای مواد میرد گفته شده سپس فیلتر درایرهای ثابت و هسته قابل تعویض توضیح داده شود.

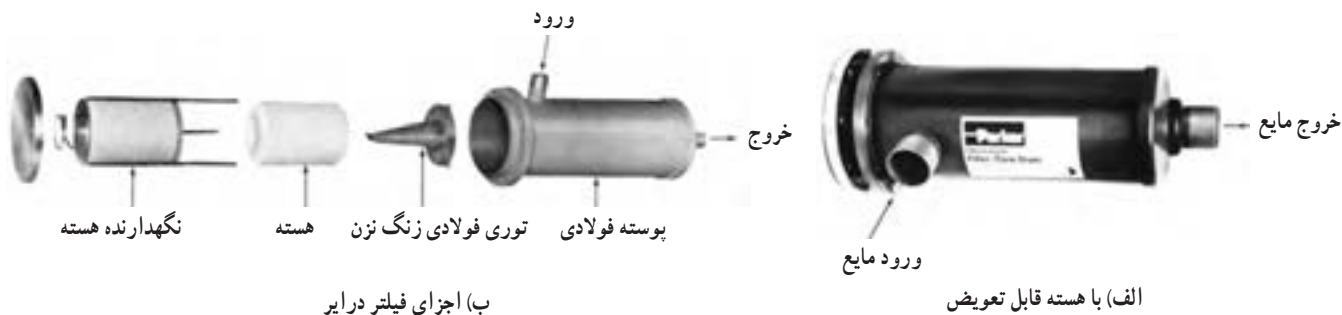
## دانش‌افزایی

شکل ۳-۷ فیلتردرایرهای قابل استفاده در سیستم‌های تبرید کوچک را نشان می‌دهد. در داخل این فیلتر درایرها مقداری آلومینای احیا شده یا سلیکازل وجود دارد که نوعی جاذب رطوبت هستند و چنانچه ماده میرد رطوبتی به همراه داشته باشد توسط این مواد جذب شده و به دام می‌افتند به همین دلیل به آن درایر (خشک کننده یا رطوبت گیر)



شکل ۳-۷- فیلتر درایر قابل استفاده در سیستم های تبرید کوچک

می گویند. همچنین در قسمت خروجی آنها یک توری فلزی وجود دارد که مواد زائد احتمالی عبوری از سیستم را می گیرد به همین دلیل به آن فیلتر هم گفته می شود و محل نصب آن بعد از کندانسر می باشد. چنانچه سیستمی رسیور داشته باشد محل نصب فیلتر درایر بعد از رسیور می باشد.



شکل ۴-۷- فیلتر درایر

در سیستم های کوچک که از فیلتر درایرهای کوچک استفاده می شود لوله مویی به خروجی فیلتر درایر وصل می شود. بعضی از فیلتر درایرها علاوه بر لوله ورودی یک لوله اضافی هم دارند که در صورت لزوم استفاده از شارژ ماده مبرد به صورت مایع از آن استفاده می کنند در سیستم های بزرگ تر از فیلتر درایرهایی استفاده می شود که هسته آنها قابل تعویض است. (شکل ۴-۷) در این فیلتر درایرها در ابتدای فصل راه اندازی ماده مبرد را در رسیور یا کندانسر جمع آوری کرده هسته فیلتر درایر را عوض کرده سپس ماده مبرد را به سیستم برمی گردانند.

### کار در کلاس

فیلتر درایرها را با توجه به شکل های ۶-۷ تا ۸-۷ بررسی کرده اجزای داخلی آنها را به ترتیب طبقه بندی کرده و بنویسید.

### پرسش و پاسخ

۱- علت گفتن درایر در نام گذاری فیلتر درایر چیست؟

**جواب:** موادی به اسم آلومینای احیا شده یا سلیکاژل در داخل فیلتر درایر است که کارش به دام انداختن رطوبت های احتمالی می باشد به این دلیل به آن درایر هم می گویند.

۲- لوله اضافی که روی بعضی از فیلتر درایرهای یخچال های خانگی وجود دارد برای چیست؟ برای شارژ ماده مبرد به صورت مایع.

چنانچه سلیکاژل داخل فیلتر درآوری از رطوبت اشباع شده باشد و آن را عوض نکنیم چه اتفاقی می افتد؟

## ۴-۷- مبدل گرمایی

### پیش آزمون

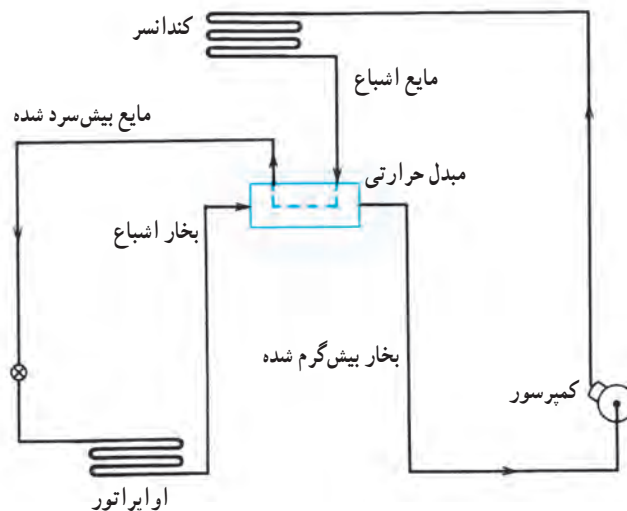
چکار کنیم تا در یک سیستم تبرید راندمان بیشتری داشته باشیم؟

### روش آموزش

در خصوص سوپرهیت و ساب کولد توضیح داده شود. همچنین چنانچه مبردی قبل از ورود به اواپراتور مایعی گرم یا سرد باشد چه تأثیری در میزان تبخیر و تولید سرما در اواپراتور دارد را برای هنرجویان توضیح دهید.

### دانش افزایی

ماده مبرد در خروجی از کندانسر و قبل از ورود به اواپراتور هرچه سردتر باشد وقتی که به اواپراتور می رود چون کاملاً مایع خواهد بود و گازی همراه نخواهد داشت گرمای بیشتری از محیط اواپراتور برای تبخیر می گیرد در نتیجه سرمای بیشتری تولید می شود. از طرفی ماده مبرد در هنگام برگشت به کمپرسور بایستی به حالت سوپرهیت باشد تا هیچ مایعی همراه آن نباشد. برای رسیدن به هر دو منظور از دستگاهی به اسم مبدل گرمایی استفاده می کنند. در این دستگاه لوله خروجی از کندانسر را قبل از اواپراتور و لوله مکش را قبل از کمپرسور طوری کنار هم قرار می دهند که مایع قبل از ورود به اواپراتور گرمایش را به لوله مکش بدهد در نتیجه هم مبرد قبل از ورود به اواپراتور بیش سرد می شود و از طرف دیگر مبرد برگشتی قبل از ورود به کمپرسور بیش گرم می شود. (شکل ۵-۷ را ببینید)



شکل ۵-۷- مبدل گرمایی جهت بیش سرد کردن مبرد در خط مایع و بیش گرم شدن بخار مبرد در خط مکش

سیکل تبرید را رسم کرده و محل مبدل گرمایی را در آن مشخص کرده و قسمت های سیکل را نام گذاری کنید.

### پرسش و پاسخ

۱- مبدل گرمایی چه تأثیری در ظرفیت برودتی سیستم تبرید دارد؟

**پاسخ:** باعث بالارفتن ظرفیت برودتی سیستم تبرید می شود.

۲- در یخچال خانگی مبدل گرمایی کجاست؟ در یخچال خانگی لوله موئین را به دور لوله برگشت از اواپراتور می پیچانند

یا در مجاورت آن و چسبیده به لوله برگشت اواپراتور و یا گاهی لوله موئین را از داخل لوله برگشت اواپراتور عبور می دهند تا تبادل گرمایی در لوله های قبل و بعد از اواپراتور صورت بگیرد.

### تحقیق

اگر مبدل گرمایی بین لوله رانش قبل از کندانسور و لوله برگشت اواپراتور نصب شود چه تأثیری در ظرفیت برودتی دارد؟

## ۵-۷- شیرهای سرویس رانش و مکش کمپرسور

### پیش آزمون

۱- چگونه می شود کمپرسوری را جهت تعمیر از یک سیکل تبرید باز کرد به طوری که مبرد آن را تخلیه نکنیم؟

### روش آموزش

در خصوص سرویس سیستم شامل وکیوم کردن، تست فشار و شارژ گاز و همچنین تعمیر قسمت های سیستم طوری توضیح داده شود که نیاز به شیر سرویس احساس شود سپس شیرهای سرویس رانش و مکش و تفاوت های آنها توضیح داده شود.

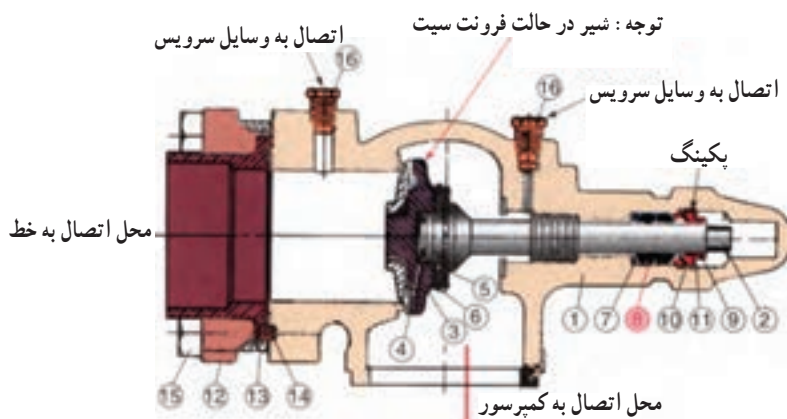
### دانش افزایی

۱- شیر سرویس مکش: شیر سرویس مکش روی کمپرسور نصب می شود. یک راه به کمپرسور، یک راه به لوله مکش و یک راه به مجرای سرویس دارد. طوری نصب می شود که اگر شیر را کاملاً ببندیم و با باز کردن فلنج آنرا از کمپرسور جدا کنیم شیر روی لوله مکش باقی می ماند و می تواند مانع از خروج مبرد به بیرون شود. ساختار شیر سرویس مکش طوری است که اگر شیر را در جهت عقربه های ساعت کاملاً سفت کنیم مسیر لوله برگشت اواپراتور به کمپرسور کاملاً بسته شده و مسیر کمپرسور به مجرای سرویس کاملاً باز می شود. اگر شیر سرویس را در جهت خلاف عقربه های ساعت بچرخانیم و کاملاً باز شود مسیر کمپرسور به اواپراتور کاملاً باز و ارتباط کمپرسور مجرای سرویس کاملاً بسته می شود. اگر شیر را نیمه باز کنیم مسیر کمپرسور به اواپراتور و به محل سرویس هر سه باز می شود.

الف) شیر سرویس



- ۱- بدنه
- ۲- ساقه
- ۳- دیسک
- ۴- فنر دیسک
- ۵- پین دیسک
- ۶- حلقه نگهدارنده
- ۷- واشر آب بندی
- ۸- پکینگ (وسایل آب بندی)
- ۹- گلند پکینگ
- ۱۰- درپوش
- ۱۱- واشر درپوش
- ۱۲- فلنج
- ۱۳- آداپتور
- ۱۴- واشر
- ۱۵- پیچ
- ۱۶- درپوش لوله



ب) برش خورده شیر سرویس

شکل ۶-۷

۲- شیر سرویس رانش: شیر سرویس رانش سمت رانش کمپرسور بسته می‌شود. طوری تعبیه شده که اگر فلنج شیر را باز کنیم شیر روی لوله رانش می‌ماند و اگر شیر کاملاً بسته باشد مانع خروج مبرد به بیرون می‌شود. چنانچه شیر را در جهت عقربه‌های ساعت کاملاً ببندیم مسیر لوله رانش از سمت کندانسور کاملاً بسته و کمپرسور به بیرون راه پیدا می‌کند. اگر دسته شیر را در جهت خلاف عقربه‌های ساعت کاملاً باز کنیم کمپرسور به خط رانش باز شده و مسیر داخل سیستم با مجرای سرویس کاملاً بسته می‌شود. اگر دسته شیر را نیمه باز کنیم کمپرسور به کندانسور و مجرای سرویس راه پیدا می‌کند.

## کار در کلاس

شکل ۶-۷ را بررسی کرده و قسمت‌های شماره گذاری آن را نام برده چند بار تکرار کنید تا خوب یاد بگیرید.

## پرسش و پاسخ

- ۱- محل نصب شیر سرویس مکش کجاست؟ روی برگشت کمپرسور
- ۲- محل نصب شیر سرویس رانش کجاست؟ روی رانش (خروجی) کمپرسور
- ۳- وقتی شیر سرویس مکش در حالت frontseat باشد چه مسیری از سیستم باز یا بسته است؟ اوپراتور به کمپرسور بسته می‌شود. ارتباط کمپرسور با مجرای سرویس باز می‌شود.
- ۴- وقتی شیر سرویس کاملاً backseat باشد چه مسیری در سیستم باز یا بسته است؟ مسیر داخل و خارج سیستم بسته و اوپراتور به کمپرسور باز است.

## تحقیق

شیرهای سرویس رانش و مکش از نظر قطر شیر چه تفاوتی با هم دارند و چرا؟