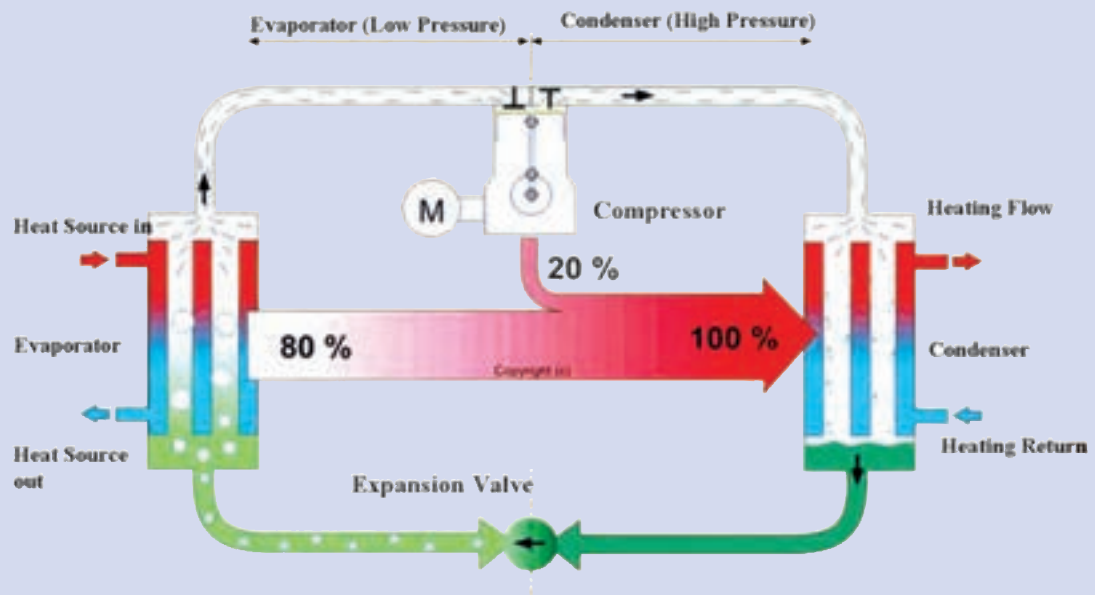


سیکل تبرید



سیکل تبرید

پیش آزمون

- چرا داخل یخچال سرد و لوله‌های پشت آن گرم هستند؟
- دمای یک ماده مبرد در یک نقطه 42°C و در نقطه دیگر 10°C است. این ماده در کدام نقطه سوپرهیت و در کدام نقطه ساب کولد است؟

۲-۱- تاریخچه سردسازی

روش آموزش

در این بخش هنرآموزان محترم می‌توانند ابتدا به خلاصه تاریخچه سردسازی بپردازند. و پس از آن تن تبرید را تعریف و محاسبه نمایند.

دانش‌افزایی

تاریخچه سردسازی در جدول زیر گام‌هایی که در راستای پیشرفت صنعت سردسازی انجام شده، آمده است.

شکل ۲-۱ جدول خلاصه تاریخچه سردسازی

سال (میلادی)	عملیات
پیش از تاریخ	برداشت برف و یخ در فصل سرد و استفاده از آن در فصل‌های گرم در بسیاری از فرهنگ‌های باستانی از جمله چینی، یونانی، رومی و ایرانی مرسوم بوده است. یخ و برف ذخیره شده در غارها یا گودال‌ها با کاه پوشش داده می‌شدند. ایرانیان یخ ذخیره شده در گودال را یخچال می‌نامیدند.
قرن ۱۱	نزدیک به هزار سال پیش گویا ابن سینا برای تقطیر بخار عطر یک کویل سرد را به کار گرفته است.
۱۵۵۰	شیمیدان‌ها با افزودن نیترات پتاسیم یا نیترات سدیم به آب باعث افت دمای آب شدند این روش به نام خنک کردن (to refrigerate) ثبت شد.
۱۷۴۸	نخستین یخچال مصنوعی شناخته شده به دست ویلیام کالن رونمایی شد. کالن توانست با استفاده از یک پمپ خلأ، فشار ظرفی را که حاوی اتر بوده کاهش داده و آن را بجوشاند و گرمای هوای اطراف را جذب نماید. با این آزمایش فقط می‌توان مقدار کوچکی از یخ را به دست آورد که در آن زمان هیچ کاربرد عملی نداشت.
۱۷۸۷	دی‌اکسید گوگرد مایع به‌عنوان مبرد به کار برده شد.

۱۷۸۰	آمونیاک مایع به عنوان مبرد به کار برده شد.
۱۸۰۵	لیور اوانز طرح اولین دستگاه سردساز را داد که در آن به جای مایع از بخار استفاده می شد.
۱۸۲۴	اصول سردسازی جذبی توسط مایکل فارادی کشف شد.
۱۸۳۴	ژاکوب پرکینز با تغییر در طرح اولیه اوانز توانست اولین سردساز جهان را بسازد.
۱۸۴۰	یخچال در خودروها برای حمل و نقل شیر و کره مورد استفاده قرار گرفت.
۱۸۴۲	جان گوری بر پایه طرح اوانز توانست هوای اتاق بیمارانی را که مبتلا به تب زرد بودند را خنک نماید. اساس کار او بر فشرده سازی گاز و انبساط آن در یک کوئل بود. (شبهه یخچال های تراکمی امروزی)
۱۸۵۱	جان گوری با ادامه آزمایش برای ساخت یخ توانست اختراع خود را به ثبت برساند.
۱۸۵۹	اولین دستگاه تبرید جذبی آب آمونیاک توسط فردیناند کاری اختراع شد.
۱۸۹۰	از کلرواتان C_2H_5Cl در کمپرسورهای روتاری توسط پالمرا استفاده شد.
۱۹۲۰	ایزوبوتان توسط ادmond کوپلند و هری ادوارد در یخچال های کوچک مورد استفاده قرار گرفت.
۱۹۲۲	از دی کلرواتان $C_2H_4Cl_2$ توسط کریر در کمپرسورهای سانتریفوژ استفاده شد.
۱۹۲۳	سردسازی سریع و استفاده از آن در مواد غذایی یخ زده توسعه یافت.
۱۹۲۶	مبرد مصنوعی CFC با نام تجاری فریون توسط توماس میدگلی اختراع شد.
۱۹۲۶	اولین یخچال خانگی مدار بسته ساخته شد.
۱۹۲۷	سیستم سردکننده خودکار تهویه مطبوع عرضه شد.
۱۹۵۰	از انرژی خورشیدی برای تولید یخ (بر اساس تبرید جذبی) استفاده شد.
۱۹۷۳	پروفسور جیمز لاولاک از وجود بسیار کم از گازهای مبرد در جو زمین گزارش داد.
۱۹۷۴	شرود رولند و ماریو مولینا تخریب لایه ازن توسط فریون ها را پیش بینی کردند.
۱۹۸۵	«حفره اوزون» بر سر قطب جنوب کشف شد.

۲-۲- تن تبرید

روش آموزش

در این بخش هنرآموزان محترم می توانند تن تبرید را تعریف و سپس در یکاهای دیگر آن را محاسبه نمایند.

پرسش و پاسخ

۱- توان یک کولر گازی 36000 بی تی یو بر ساعت است. این مقدار برابر چند تن تبرید است؟

$$P = 36000 \frac{\text{B.t.u}}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{TR}}{12000 \frac{\text{B.t.u}}{\text{hr}}} = 3 \text{TR}$$

تن تبرید

می دانیم که یکی از یکاهای اندازه گیری جرم تن می باشد و در سیستم های مختلف اندازه های متفاوت دارد در سیستم متریک برابر ۱۰۰۰ کیلوگرم است. دو نوع دیگر به نام تن بزرگ (انگلیسی) برابر ۲۲۴۰ پوند (۱۰۱۶ کیلوگرم) و تن کوچک (آمریکایی) برابر ۲۰۰۰ پوند (۹۰۷ کیلوگرم) رایج است.

تعریف تن تبرید: مقدار گرمایی که یک تن (تن کوچک) یخ با دمای ۳۲ درجه فارنهایت در یک شبانه روز جذب می کند تا تمام آن به آب ۳۲ درجه فارنهایت تبدیل شود.

$$۱۴۴ \frac{\text{BTU}}{\text{lbm}} = ۳۳۵ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = ۸۰ \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

چون گرمای نهان ذوب یخ

با توجه به این تعریف این مقدار گرما برابر است با:

$$\dot{VTR} = \frac{۱۴۴ \text{ Btu/lbm} \times ۲۰۰۰ \text{ lbm}}{۲۴ \text{ hr}} = ۱۲۰۰۰ \text{ Btu/hr}$$

در سیستم بین المللی این مقدار برابر خواهد بود با:

$$\dot{VTR} = \frac{۳۳۵ \text{ kJ/kg} \times ۹۰۷ / ۱۸ \text{ kg}}{۲۴ \times ۳۶۰۰ \text{ s}} = ۳ / ۵۱۷ \text{ kJ/s} = ۳ / ۵۱۷ \text{ kw}$$

در سیستم متریک این مقدار برابر خواهد بود با:

$$\dot{VTR} = \frac{۸۰ \text{ kcal/kg} \times ۹۰۷ / ۱۸ \text{ kg}}{۲۴ \text{ hr}} = ۳۰۲۴ \text{ kcal/hr}$$

با تبدیل یکا نیز همان مقدار به دست می آید:

$$۱۲۰۰۰ \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} \times ۰.۲۵۲ \frac{\text{kcal}}{\text{Btu}} = ۳۰۲۴ \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

$$۱۲۰۰۰ \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} \times ۱ / ۰.۵۵ \frac{\text{kJ}}{\text{Btu}} \times \frac{۱ \text{ hr}}{۳۶۰۰ \text{ s}} = ۳ / ۵۱۷ \frac{\text{kJ}}{\text{S}}$$

بنابراین:

$$\dot{VTR} = ۱۲۰۰۰ \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} = ۳ / ۵۱۷ \text{ kw} = ۳۰۲۴ \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

۲-۳- فرایند تبرید

روش آموزش

در این بخش هنرآموزان محترم می توانند ابتدا سردسازی را تعریف نموده و سپس آن را دسته بندی نمایند و نشان دهند که یخچال خانگی در کدام قسمت این دسته بندی قرار دارد.

دانش افزایی

تعریف تبرید

تبرید یا سردسازی عبارت است از: «ایجاد شرایط مناسب برای کاهش دمای یک مکان (یا یک ماده) نسبت به محیط آن» به

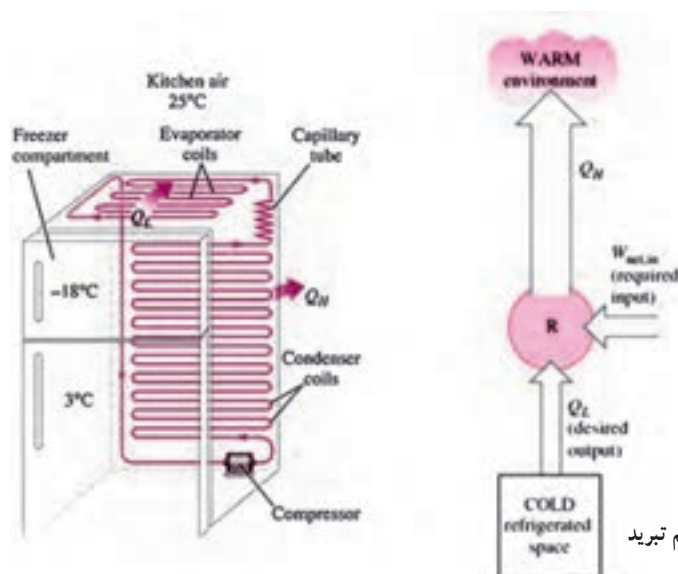
بیان دیگر تبرید «انتقال گرما از یک محیط با دمای پایین به یک محیط با دمای بالاتر است.»

سردسازی را می‌توان از چند دیدگاه دسته‌بندی نمود. یک طبقه‌بندی روش‌های اساسی سردسازی به شکل زیر است:

۱- سردسازی مدار باز ۲- سردسازی مدار بسته ۳- سردسازی به روش‌های ویژه

۱- سردسازی مدار باز: وقتی یک تکه یخ را در داخل یک لیوان قرار می‌دهید تا آب خنک شود. با این روش دمای آب از طریق تماس مستقیم سردتر گردیده است. همچنین چنانچه یک تکه یخ را برابر یک پنکه قرار دهید و وزش پنکه را به سمت خود قرار دهید حس می‌کنید که قالب یخ کمک به خنک‌تر شدن بیشتر هوا می‌کند. انتقال غیر مستقیم گرما توسط جسم سوم یعنی هوایی که بین ماده سرد (یخ) و جسمی که می‌خواهند خنک شود (شما) صورت می‌گیرد. کولر آبی از همین روش پیروی می‌کند.

۲- سردسازی مدار بسته: در این روش گرما را از یک محیط با دمای پایین به یک محیط با دمای بالا انتقال می‌دهیم در این روش نیاز به کار خارجی داریم.



شکل ۲-۲- اصل اساسی یک سیستم تبرید

همان‌طور که می‌دانیم گرما از یک محیط با دمای بالاتر به یک محیط با دمای پایین‌تر به خودی خود انتقال می‌یابد و نیاز به کار نداریم ولی چنانچه بخواهیم عکس این کار را انجام دهیم حتماً نیاز به کار داریم. (قانون دوم ترمودینامیک)

دمای بالا و پایین را می‌توان به بالا و پایین یک تپه تشبیه نمود که آب از بالای تپه به پایین به خودی خود سرازیر می‌شود و حتی می‌تواند یک توربین را بچرخاند ولی برای انتقال آب از پایین به بالا نیاز به کار داریم.

پرکاربردترین سردسازی با این روش سیستم تراکمی^۱ و سیستم جذبی^۲ می‌باشد.

این روش خود به دو دسته کلی مدار بخار و مدار گاز تقسیم می‌شود.

۱-۲- سردسازی با مدار بسته بخار: این روش نیز خود به دو دسته سیستم تبرید تراکمی و سیستم تبرید جذبی دسته‌بندی می‌شود.

۱-۱-۲- سیستم تبرید تراکمی: در این سیستم مقداری گرما در اوپراتور جذب و مقدار بیشتری گرما در کندانسر دفع می‌گردد.

۲-۱-۲- سیستم تبرید جذبی: در اوائل قرن بیستم سیستم تبرید جذبی آب- آمونیاک بسیار محبوب بود ولی با توسعه سیستم تراکمی کاربرد آن کم شد ولی مجدداً سیستم جذبی با استفاده آب- لیتیوم برماید به دلیل استفاده از گرمای اضافی در محیط‌های

صنعتی و همچنین در جایی که گاز بیش از برق در دسترس است مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۲- سردسازی با مدار بسته گاز: زمانی که ما از یک گاز به عنوان سیال در سیکل تبرید استفاده می‌کنیم ولی گاز تبخیر

و تقطیر نمی‌شود و به همان حالت می‌ماند آن سیکل را سیکل گاز می‌نامند. پرکاربردترین گاز در این سیکل هوا می‌باشد.

۳- سردسازی به روش‌های ویژه: روش‌هایی دیگر نیز برای سردسازی وجود دارند که برخی از آنها بازده کمی داشته و

برخی نیز برای سیستم‌های دمایی پایین به کار می‌روند. از معروف‌ترین این سیستم‌ها می‌توان سردسازی ترموالکتریک، سردسازی مغناطیسی، سردسازی نوری و سردسازی گرما- صوتی را نام برد.

۲-۴- رابطه فشار و دمای آب

روش آموزش

در این بخش هنرآموزان محترم می‌توانند با مراجعه به فصل اول رابطه فشار و دمای نقطه جوش آب را بیان نموده و در مجموع توضیح دهند که هرچه فشار کمتر باشد دمای نقطه جوش پایین‌تر است و هرچه فشار بیشتر باشد دمای نقطه جوش بالاتر می‌رود. و این تصور را که نقطه جوش نمی‌تواند کمتر از صفر درجه سلسیوس باشد از ذهن هنرجویان بزدایند.

شکل ۲-۳ جدول فشار و دمای نقطه اشباع آب

Saturated Water (H2O) Pressure & Temperature Chart			
Temperature In °F	PSIG		Pounds Sq. In. Absolute PSIA
281	35.3psig		50.00
274	30.3psig	↑	45.00
267	25.3psig		40.00
259	20.3psig	High Pressure	35.00
250	15.3psig	Lo/Hi Division	30.00
240	10.3psig	Low Pressure	25.00
228	5.3psig		20.00
213	.3psig	↓	15.00
Above Atmospheric Pressure			
212°	0.00	759,968	14.696
Below Atmospheric Pressure			
Temperature In °F	Inches of Hg. Vacuum	Microns	Pounds Sq. In. Absolute PSIA
205°	4.92	535,000	12.279
194°	9.23	525,526	10.162
176°	15.94	355,092	6.866
158°	20.72	233,680	4.519
140°	24.04	149,352	2.888
122°	26.28	92,456	1.788
104°	27.75	55,118	1.066
86°	28.67	31,750	.614
80°	28.92	25,400	.491
76°	29.02	22,860	.442
72°	29.12	20,320	.393
69°	29.22	17,780	.344
64°	29.32	15,240	.295
59°	29.42	12,700	.246
53°	29.52	10,160	.196
45°	29.62	7,620	.147
32°	29.74	4,572	.088
21°	29.82	2,540	.049
6°	29.87	1,270	.0245
-24°	29.91	254	.0049
-35°	29.915	127	.00245
-60°	29.919	25.4	.00049
-70°	29.9195	12.7	.00024
-90°	29.9199	2.54	.000049

در شکل ۲-۳ رابطه و دمای نقطه اشباع آب برای مثال آورده شده است. توجه کنید که یکای فشار در زیر فشار اتمسفر در یک ستون جدول برحسب میکرون آمده است که هر اینچ جیوه برابر ۲۵۴۰ میکرون است. و در این ستون فشار مطلق است.

پرسش و پاسخ

۱- دمای نقطه جوش آب در فشار مطلق 2°psia چند درجه فارنهایت است؟

پاسخ: 228°F درجه فارنهایت

۲- دمای نقطه جوش آب در فشار خلأ $29/91$ اینچ جیوه چند درجه سلسیوس است؟

$$-24^\circ \text{F} \rightarrow \text{C} = \frac{\text{F} - 32}{1/8} = \frac{-24 - 32}{1/8} = \frac{-56}{1/8} = -31$$

۲-۵- جدول فشار - دمای مبردها و کاربرد آن

روش آموزش

در این بخش هنرآموزان محترم می‌توانند مانند آب رابطه فشار و دمای اشباع مواد سرمازای دیگر را نیز بیان نمایند. در ادامه انواع جدول‌هایی را که در این زمینه وجود دارند به لحاظ ساختاری توضیح دهند. سپس یکی از کاربردهای این جدول‌ها را در شارژ گاز یا مایع سردکننده به سیستم توضیح دهند. (جدول‌های ۲-۴ و ۲-۵)

پرسش و پاسخ

۱- در فشار آتمسفر نقطه جوش سردکننده‌های $R410^\circ$ و $R134$ و $R22$ به ترتیب چند درجه سلسیوس است؟

پاسخ: 65° و 41° و 55°

۲- در فشار $0/5 \text{ barg}$ بار گیج نقطه جوش سردکننده‌های $R410^\circ$ و $R134$ و $R22$ به ترتیب چند درجه

سلسیوس است؟

پاسخ: 51° و 24° و 41°

۳- می‌خواهیم یک سیستم تبرید را با گاز میرد $R134$ شارژ کنیم فشارسنج انتهای اوپراتور، مقدار یک بار را نشان

می‌دهد، چنانچه با دامسج، مقدار دما را اندازه بگیریم صفر درجه سلسیوس را نشان می‌دهد. (سیستم ۵ درجه سوپرهیت

باشد) باید کدام عمل را انجام دهیم؟

مقدار شارژ مناسب است مقدار گاز زیاد است و باید کمی گاز تخلیه کنیم باید به شارژ ادامه دهیم

پاسخ: با استفاده از جدول، دمای متناظر یک بار 10° درجه است.

$$10 = (-10) - 0 = \text{دمای اشباع گاز} - \text{دمای گاز} = \text{دمای سوپرهیت}$$

دمای سوپرهیت ۵ درجه بالاتر از حد خواسته شده است پس باید به شارژ کردن گاز ادامه دهیم.

کاربرد جدول مبردها

چنانچه ما در هر نقطه از چرخه تبرید دما یا فشار را به تنهایی داشته باشیم با جدول های فشار - دما می توانیم فشار یا دمای متناظر را پیدا کنیم. برای مثال چنانچه دمای گاز R1۳۴ در یک چرخه تبرید 35°C باشد فشار اشباع این گاز در همان نقطه $7/93$ بار گیج است. یکی از کاربردهای این جدول ها در شارژ گاز می باشد که با توجه به نوع دمای کار سیستم و اینکه با مایع شارژ شود یا گاز از روش های مختلف استفاده می شود:

یکم (اندازه گیری قسمت فشار بالا): بدین صورت که به دمای محیط 15°C افزوده و با این دما فشار کار کندانس را به دست می آورند. (مقدار دقیق این دما با توجه به نوع سیستم و دمای هوای خشک خارج و دمای مرطوب داخل تعیین می شود)

مثال: چنانچه بخواهیم گاز R1۳۴ را به کار ببریم و دمای محیط 3°C باشد:

$$30 + 15 = 45^{\circ}\text{C} \rightarrow 10/67 \text{ barg}$$

در این حالت شارژ را تا زمانی ادامه می دهند تا فشارسنج، فشار $10/67$ بار را نشان دهد.

دوم (اندازه گیری سوپریت): گاز بهتر است در انتهای اوپراتور ۵ درجه سلسیوس سوپریت شود، برای اینکار با فشارسنج، فشار خروجی را خوانده و هم زمان در همان نقطه با دماسنج، دمای گاز را می خوانیم. برای مثال می خواهیم یک سیستم تبرید را با گاز مبرد R۲۲ شارژ کنیم فشار را در انتهای اوپراتور اندازه گرفته، مقدار ۵ بار را نشان می دهد، دمای اشباع متناظر این فشار از جدول 6°C می شود؛ چنانچه با دماسنج، مقدار دما را اندازه بگیریم 2°C را نشان می دهد. این بدین معنی است که سیستم ۱۴ درجه سوپریت است پس ما باید به شارژ ادامه داده تا اختلاف کمتر شده و به حدود ۷ درجه برسد. اما چنانچه دمای اندازه گیری شده 8°C باشد اختلاف ۲ درجه است پس کمی گاز باید تخلیه شود.

دمای اشباع گاز - دمای گاز = دمای سوپریت

سوم (اندازه گیری دمای ساب کولد): در شیر سرویس، فشار و دمای مایع مبرد را اندازه گیری می کنیم. سپس دمای متناظر آن فشار (دمای اشباع) را از جدول به دست می آوریم.

دمای مایع - دمای اشباع مایع = دمای ساب کولد

مثال: در یک چرخه R1۳۴ دما و فشار اندازه گیری شده در انتهای کندانس 3°C و ۸ بار است. وضعیت ماده مبرد در چه حالتی قرار دارد؟ ۵ درجه ساب کولد است.

$$5 = 3 - 35 = \text{دمای مایع} - \text{دمای اشباع مایع} = \text{دمای ساب کولد}$$

جدول های مبردها با توجه به یکای به کار رفته و فشار مطلق یا گیج بسیار متنوع می باشند برای مثال در شکل ۲-۴ دما برحسب درجه سلسیوس و فشار برحسب بار گیج می باشد. منتها شماره های مثبت، فشار بیشتر از اتمسفر و شماره های منفی، فشار کمتر از اتمسفر را نشان می دهد.

در شکل ۲-۵ چند یکای فشار برای یک نوع مبرد آورده شده است و فشار هم برحسب فشار مطلق و هم برحسب فشار نسبی آمده است. در ستون اول این جدول که برحسب PSIG تعریف شده در منطقه زیر فشار اتمسفر (خلاً) در داخل پرانتز شماره ها برحسب اینچ جیوه می باشد. (توجه کنید در این حالت صفر نشانه فشار اتمسفر و $29/92$ نشانه خلاً کامل است.) به طور معمول در جدول هایی که فشار مثبت با بارگیج نشان داده می شود فشار خلاً ممکن است با میلی متر جیوه نمایش داده شود و در این حالت نیز صفر نشانه اتمسفر و 760 نشانه خلاً کامل است.

شکل ۴-۲ جدول دما و فشار مبردها (فشار برحسب بارگیج) (barg)

t °C	R22	R12	R134	R404a	R502	R410a	R717	R410a	R507a	R600	R23	R290	R142b	R406a	R409A
-70	-0,81	-0,88	-0,92	-0,74	-0,72	-	-0,89	-0,65	-0,72	-	0,94	-	-	-	-
-65	-0,74	-0,83	-0,88	-0,63	-0,62	-	-0,84	-0,51	-0,61	-	1,48	-	-	-0,94	-
-60	-0,63	-0,77	-0,84	-0,52	-0,51	-0,74	-0,78	-0,36	-0,50	-	2,12	-	-	-0,9	-
-55	-0,49	-0,69	-0,77	-0,35	-0,35	-0,63	-0,69	-0,22	-0,32	-	2,89	-	-	-0,63	-
-50	-0,35	-0,61	-0,70	-0,18	-0,19	-0,52	-0,59	0,08	-0,14	-	3,8	-	-	-0,6	-
-45	-0,2	-0,49	-0,59	-0,11	-0,14	-0,34	-0,44	0,25	-0,02	-	4,86	-	-	-0,66	-
-40	0,05	-0,36	-0,48	0,32	0,30	-0,16	-0,28	0,73	0,39	-0,71	6,09	0,12	-	-0,62	-
-35	0,25	-0,18	-0,32	0,68	0,64	-0,06	-0,24	1,22	0,77	-0,62	7,51	0,37	-	-0,4	-
-30	0,64	0,00	-0,15	1,04	0,98	0,37	0,19	1,71	1,15	-0,53	9,12	0,68	-	-0,2	-
-25	1,05	0,26	-0,06	1,53	1,45	0,75	0,55	2,35	1,67	-0,38	10,96	1,03	-	-0,1	0,06
-20	1,46	0,51	0,33	2,02	1,91	1,12	0,90	2,98	2,18	-0,27	13,04	1,44	-	0,2	0,32
-15	2,01	0,85	0,67	2,67	2,53	1,64	1,41	3,85	2,86	-0,18	15,37	1,91	-	0,4	0,62
-10	2,55	1,19	1,01	3,32	3,14	2,16	1,91	4,72	3,54	0,09	17,96	2,45	0	0,6	0,98
-5	3,27	1,64	1,47	4,16	3,94	2,87	2,6	5,85	4,42	0,33	20,85	3,06	0,22	1,1	1,4
0	3,98	2,08	1,93	5,03	4,73	3,57	3,29	6,98	5,29	0,57	24	3,75	0,47	1,6	1,88
5	4,89	2,66	2,54	6,11	5,73	4,43	4,22	8,37	6,40	0,89	27,54	4,52	0,75	2,1	2,43
10	5,80	3,23	3,14	7,18	6,73	5,28	5,15	9,76	7,51	1,21	31,37	5,38	1,08	2,6	3,07
15	6,95	3,95	3,93	8,52	7,97	6,46	6,36	11,56	8,88	1,62	35,56	6,33	1,46	3,3	3,78
20	8,10	4,67	4,72	9,86	9,20	7,63	7,57	13,35	10,25	2,02	40,11	7,39	1,9	4,0	4,59
25	9,5	5,39	5,71	11,5	10,70	9,14	9,12	15,00	11,94	2,54	45,03	8,55	2,38	4,8	5,5
30	10,90	6,45	6,70	13,14	12,19	10,65	10,67	16,65	13,63	3,05	-	9,82	2,94	5,7	6,51
35	12,60	7,53	7,93	15,13	13,98	12,45	12,61	19,78	15,69	3,69	-	11,21	3,55	6,7	7,64
40	14,30	8,60	9,16	17,11	15,77	14,25	14,55	22,90	17,74	4,32	-	12,73	4,25	7,6	8,88
45	16,3	10,25	10,67	19,51	17,89	16,48	16,94	26,2	20,25	5,09	-	14,38	5,02	9,1	10,26
50	18,30	11,90	12,18	21,90	20,01	18,70	19,33	29,50	22,75	5,86	-	16,16	5,87	10,4	11,76
55	20,75	13,08	14,00	24,76	22,51	21,45	22,24	-	25,80	6,79	-	18,08	6,81	11,9	13,41
60	23,20	14,25	15,81	27,62	25,01	24,20	25,14	-	28,85	7,72	-	20,14	7,85	13,6	15,2
70	29,00	17,85	20,16	-	30,92	-	32,12	-	-	9,91	-	24,72	10,23	17,3	19,26
80	-	22,04	25,32	-	-	-	40,40	-	-	-	-	29,94	13,07	21,5	23,99
90	-	26,88	31,43	-	-	-	50,14	-	-	-	-	35,82	16,4	-	29,43

شکل ۲-۵ جدول دما و فشار اشباع فریون ۲۲

Refrigerant R-22 Pressure / Temperature chart																
Gauge pressure			Absolute pressure				Fahrenheit			Celsius			Kelvin			
PSIG	KG/CM2	KPA-G	KG/CM2	Mbar	Pascals	KPA	PSIA	T	Dew	Bbl	T	Dew	Bbl	T	Dew	Bbl
-14 (29°)	-.98	-96.5	.05	48	4,796	4.8	6.7	-130.1			-90.1			183.1		
-13 (28°)	-.91	-89.4	.12	117	11,693	11.7	1.7	-109.0			-79.3			194.8		
-12 (24°)	-.84	-82.7	.19	186	18,588	18.6	2.7	-96.7			-71.5			201.7		
-11 (22°)	-.77	-75.8	.26	255	25,482	25.5	3.7	-87.7			-66.5			206.7		
-10 (20°)	-.70	-68.9	.33	324	32,377	32.4	4.7	-80.6			-62.6			210.6		
-9 (18°)	-.63	-62.1	.40	393	39,272	39.3	5.7	-74.5			-59.2			214.0		
-8 (16°)	-.56	-55.2	.47	462	46,167	46.2	6.7	-69.3			-56.3			216.9		
-7 (14°)	-.49	-48.3	.54	531	53,061	53.1	7.7	-64.7			-53.7			219.4		
-6 (12°)	-.42	-41.4	.61	600	58,956	60.0	8.7	-60.5			-51.4			221.8		
-5 (10°)	-.35	-34.5	.68	669	66,851	66.9	9.7	-56.8			-49.3			223.8		
-4 (8°)	-.28	-27.6	.75	737	73,746	73.7	10.7	-53.3			-47.4			225.8		
-3 (6°)	-.21	-20.7	.82	806	80,641	80.6	11.7	-50.0			-45.6			227.6		
-2 (4°)	-.14	-13.8	.89	875	87,536	87.5	12.7	-47.0			-43.9			229.3		
-1 (2°)	-.07	-6.9	.96	944	94,431	94.4	13.7	-44.1			-42.3			230.9		
0	.00	0	1.03	1,013	101,326	101.3	14.7	-41.5			-40.8			232.3		
1	.07	6.9	1.10	1,082	108,220	108.2	15.7	-38.9			-39.4			233.8		
2	.14	13.8	1.17	1,151	115,115	115.1	16.7	-36.5			-38.1			235.1		
3	.21	20.7	1.24	1,220	122,010	122.0	17.7	-34.2			-36.8			236.4		
4	.28	27.6	1.31	1,289	128,904	128.9	18.7	-32.0			-35.6			237.6		
5	.35	34.5	1.38	1,358	135,799	135.8	19.7	-29.9			-34.4			238.8		
6	.42	41.4	1.46	1,427	142,694	142.7	20.7	-27.8			-33.2			239.9		
7	.49	48.3	1.53	1,496	149,589	149.6	21.7	-25.9			-32.2			241.0		
8	.56	55.2	1.60	1,565	156,483	156.5	22.7	-24.0			-31.1			242.0		
9	.63	62.1	1.67	1,634	163,378	163.4	23.7	-22.1			-30.1			243.1		
10	.70	68.9	1.74	1,703	170,273	170.3	24.7	-20.4			-29.1			244.0		
11	.77	75.8	1.81	1,772	177,168	177.2	25.7	-18.7			-28.2			245.0		
12	.84	82.7	1.88	1,841	184,062	184.1	26.7	-17.0			-27.2			245.9		
13	.91	89.6	1.95	1,910	190,957	191.0	27.7	-15.4			-26.3			246.8		
14	.98	96.5	2.02	1,979	197,852	197.9	28.7	-13.8			-25.4			247.7		
15	1.05	103.4	2.09	2,047	204,747	204.7	29.7	-12.3			-24.6			248.5		
16	1.12	110.3	2.16	2,116	211,641	211.6	30.7	-10.8			-23.8			249.4		
17	1.20	117.2	2.23	2,185	218,536	218.5	31.7	-9.3			-22.9			250.2		
18	1.27	124.1	2.30	2,254	225,431	225.4	32.7	-7.9			-22.2			251.0		
19	1.34	131.0	2.37	2,323	232,326	232.3	33.7	-6.5			-21.4			251.8		
20	1.41	137.9	2.44	2,392	239,220	239.2	34.7	-5.2			-20.7			252.5		
21	1.48	144.8	2.51	2,461	246,115	246.1	35.7	-3.9			-19.9			253.2		
22	1.55	151.7	2.58	2,530	253,010	253.0	36.7	-2.6			-19.2			253.9		
23	1.62	158.6	2.65	2,599	259,905	259.9	37.7	-1.3			-18.5			254.7		
24	1.69	165.5	2.72	2,668	266,800	266.8	38.7	0.0			-17.8			255.4		
25	1.76	172.4	2.79	2,737	273,694	273.7	39.7	1.2			-17.1			256.0		
26	1.83	179.3	2.86	2,806	280,589	280.6	40.7	2.4			-16.4			256.7		
27	1.90	186.2	2.93	2,875	287,484	287.5	41.7	3.5			-15.8			257.3		
28	1.97	193.1	3.00	2,944	294,379	294.4	42.7	4.7			-15.2			258.0		
29	2.04	199.9	3.07	3,013	301,273	301.3	43.7	5.8			-14.6			258.6		
30	2.11	206.8	3.14	3,082	308,168	308.2	44.7	6.9			-13.9			259.2		
31	2.18	213.7	3.21	3,151	315,063	315.1	45.7	8.0			-13.3			259.8		
32	2.25	220.6	3.28	3,220	321,958	322.0	46.7	9.1			-12.7			260.4		
33	2.32	227.5	3.35	3,289	328,852	328.9	47.7	10.2			-12.1			261.0		
34	2.39	234.4	3.42	3,357	335,747	335.7	48.7	11.2			-11.6			261.6		
35	2.46	241.3	3.49	3,426	342,642	342.6	49.7	12.2			-11.0			262.2		

HVACSuite.com

جدول‌هایی نیز برای مبردها وجود دارند که علاوه بر دما و فشار سایر ویژگی‌های ترمودینامیکی را نشان می‌دهد. (شکل ۲-۶)

شکل ۲-۶ جدول خواص مایع و بخار اشباع آمونیاک

**Properties of Saturated Liquid and Saturated Vapour.
R717, Ammonia, NH₃**

Temp. T °C	Pressure P, bar	Volume, v _g m ³ /kg	Enthalpy, kJ/kg		Entropy, kJ/kg K		Sp. Heat, kJ/kg K	
			Liquid h _f	Vapour h _g	Liquid s _f	Vapour s _g	Liquid c _f	Vapour c _g
-40	0.7168	1.5535	19.60	1408.41	0.2885	6.2455	4.396	2.175
-38	0.7970	1.4068	28.41	1411.54	0.3260	6.2082	4.406	2.192
-36	0.8844	1.2765	37.24	1414.62	0.3634	6.1717	4.417	2.210
-34	0.9795	1.1603	46.09	1417.66	0.4005	6.1359	4.427	2.229
-32	1.0826	1.0566	54.97	1420.65	0.4374	6.1008	4.437	2.248
-30	1.1944	0.96377	63.86	1423.60	0.4741	6.0664	4.448	2.268
-28	1.3153	0.88062	72.78	1426.51	0.5105	6.0327	4.458	2.289
-26	1.4459	0.80595	81.72	1429.36	0.5467	5.9997	4.469	2.310
-24	1.5866	0.73877	90.68	1432.17	0.5828	5.9672	4.479	2.332
-22	1.7382	0.67822	99.66	1434.93	0.6186	5.9354	4.490	2.355
-20	1.9011	0.62356	108.67	1437.64	0.6542	5.9041	4.501	2.379
-18	2.0760	0.57413	117.69	1440.30	0.6896	5.8734	4.512	2.404
-16	2.2634	0.52936	126.74	1442.91	0.7248	5.8433	4.523	2.429
-14	2.4640	0.48874	135.82	1445.47	0.7599	5.8137	4.534	2.455
-12	2.6785	0.45182	144.91	1447.97	0.7947	5.7846	4.545	2.482
-10	2.9075	0.41823	154.03	1450.42	0.8294	5.7559	4.556	2.510
-8	3.1517	0.38761	163.18	1452.81	0.8638	5.7278	4.568	2.538
-6	3.4117	0.35966	172.35	1455.15	0.8981	5.7001	4.580	2.567
-4	3.6862	0.33411	181.54	1457.43	0.9323	5.6728	4.592	2.597
-2	3.9821	0.31073	190.76	1459.65	0.9662	5.6460	4.604	2.628
0	4.2941	0.28929	200.00	1461.81	1.0000	5.6196	4.617	2.660
2	4.6248	0.26962	209.27	1463.91	1.0336	5.5936	4.630	2.692
4	4.9749	0.25154	218.57	1465.94	1.0671	5.5679	4.643	2.726
6	5.3454	0.23491	227.89	1467.91	1.1004	5.5426	4.656	2.760
8	5.7370	0.21959	237.24	1469.82	1.1335	5.5177	4.670	2.795
10	6.1504	0.20545	246.62	1471.66	1.1666	5.4931	4.683	2.831
12	6.5865	0.19240	256.03	1473.43	1.1994	5.4688	4.698	2.868
14	7.0461	0.18034	265.46	1475.13	1.2321	5.4448	4.712	2.906
16	7.5301	0.16917	274.93	1476.75	1.2647	5.4212	4.727	2.945
18	8.0392	0.15882	284.43	1478.30	1.2972	5.3977	4.742	2.985

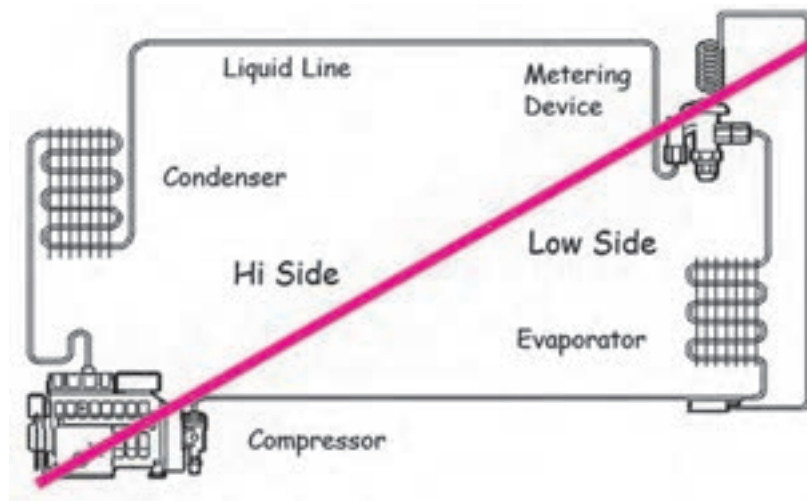
۲-۶- چرخه سردسازی

روش آموزش

در این بخش هنرآموزان محترم می‌توانند با توجه به شکل ۲-۸ چهار قسمت اصلی هر چرخه را توضیح داده و دما و فشار در هر بخش را بیان نمایند و با توجه به شکل ۲-۹ بین چرخه سردسازی جذبی و تراکمی مقایسه‌ای برقرار نمایند.

همچنین می‌توان چهار بخش اصلی سیستم تبرید را برابر شکل ۲-۷ روی تابلو رسم نمود و خطی که مرز بین قسمت پرفشار از کم فشار را جدا می‌کند کشید. در نهایت هنرجو را متوجه مفهوم ساب کولد و سوپر هیت در سیکل کرده و توضیح دهیم که این مفاهیم

صرفاً در اثر بالا و پایین بودن دما نیست چرا که در انتهای اواپراتور با دمای 10° درجه ما حالت سوپرهیت و در انتهای کندانسر با دمای 42° درجه ما در موقعیت ساب کولد هستیم.



شکل ۲-۷- مرز جدایی بین بخش فشار پایین و فشار بالا

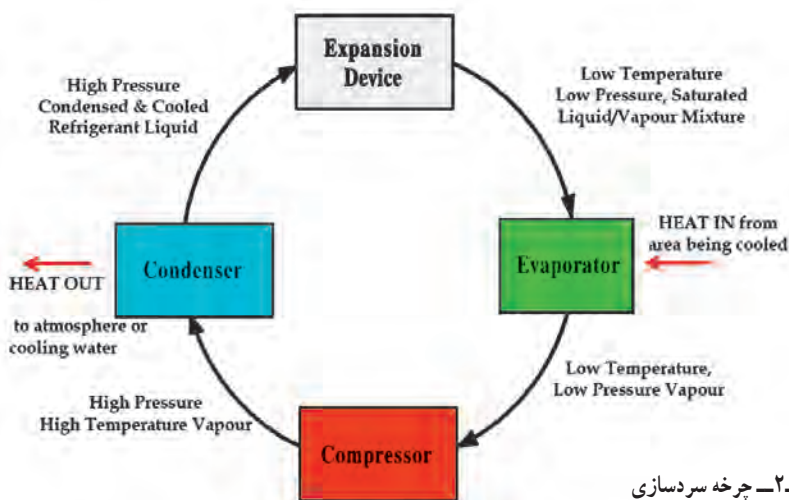
پرسش و پاسخ

- ۱- در کدام قسمت ماده مبرد بیشترین فشار را دارد؟
- ۲- در کدام قسمت ماده مبرد بیشترین دما را دارد؟
- ۳- آیا رابطه‌ای بین دما و فشار در هر قسمت وجود دارد؟
- ۴- آیا فقط دما با مفاهیم سوپرهیت و ساب کولد رابطه دارد؟

دانش افزایی

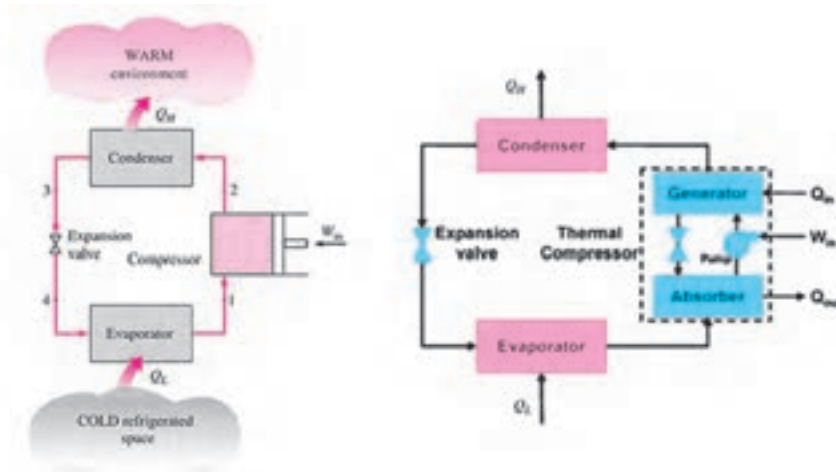
چرخه سردسازی

هر چرخه سردسازی نیاز به چهار بخش دارد. (شکل ۲-۸)



شکل ۲-۸- چرخه سردسازی

چنانچه شرایط طرح به گونه‌ای باشد که بخواهیم از سیستم تبرید تراکمی استفاده کنیم از یک کمپرسور مکانیکی و چنانچه از سیستم جذبی استفاده کنیم از یک کمپرسور گرمایی استفاده می‌کنیم. (شکل ۹-۲)



شکل ۹-۲- مقایسه چرخه سردسازی جذبی و تراکمی

چهار فرایند سیستم تبرید تراکمی عبارت است از :

۱-۲ تراکم گاز تا دمایی بالاتر از دمای تقطیر (در کمپرسور)

۲-۳ تقطیر هم فشار و دفع گرما در محیط (در کندانسر)

۳-۴ خففتان شامل افت فشار و دما (در شیر انبساط)

۴-۱ تبخیر مایع میرد به صورت هم دما و هم فشار و جذب گرما (در اواپراتور)

همانطور که می‌دانیم دستگاهی که این چرخه را در چنین جهتی بپیماید دستگاه سردکننده^۱ می‌نامند و سیستمی را که دستخوش

چنین چرخه‌ای می‌شود را سیستم سردکنندگی (تبرید)^۲ می‌نامند.

در مورد هر دستگاه سردکننده هدف گرفتن بیشترین مقدار گرما از منبع سرد با صرف کمترین کار است.

با این بیان «ضریب عملکرد^۳» یا «نسبت انرژی سردکنندگی» به صورت زیر تعریف می‌شود :

$$COP = \frac{Q_L}{W_{in}}$$

Q_L - سرمایه ایجاد شده در اواپراتور، W_{in} - کار کمپرسور، COP - ضریب عملکرد

توجه : چنانچه در صورت و مخرج به جای انرژی، توان را بگذاریم فرقی نمی‌کند و این رابطه برقرار است.

مثال : ضریب عملکرد یک کولر گازی 24000 بی تی یو بر ساعت با توان کمپرسور 2300 وات چند است؟

$$Q_L = 24000 \times \frac{1}{3.141} = 7641 \text{ watt} \rightarrow COP = \frac{Q_L}{W_{in}} = \frac{7641}{2300} = 3.32$$

راه دیگر پیدا کردن ضریب عملکرد با استفاده از دما می‌باشد :

$$COP = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

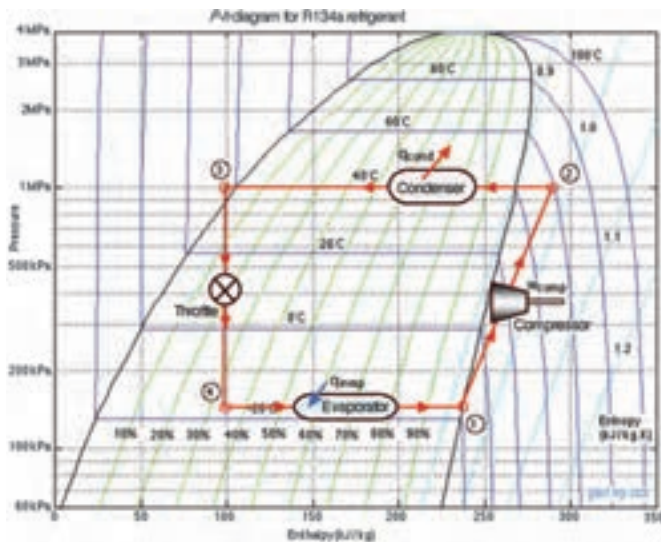
که در آن T_H و T_L دمای مطلق ماده میرد در اواپراتور و کندانسر می‌باشد.

مثال : دمای ماده میرد در کندانسر و اواپراتور یک سیستم به ترتیب 52 و 5 درجه سلسیوس است، ضریب عملکرد چند است؟

$$COP = \frac{273 + 5}{52 - 5} = \frac{278}{47} = 5.9$$

۲-۷- نمودار فازی فشار- آنتالپی

روش آموزش



هنرآموزان گرمی در فصل اول در مورد نمودار فشار- آنتالپی صحبت شده است در این فصل این نمودار را با چرخه سردسازی تطبیق داده برای مثال می توان با توجه به شکل ۲-۱۰ نشان داد که هر کدام از چهار بخش اصلی در کدام قسمت نمودار قرار می گیرند سپس می توان نشان داد که گرما در کدام قسمت جذب و در کدام قسمت دفع و در کدام قسمت کار انجام می گیرد.

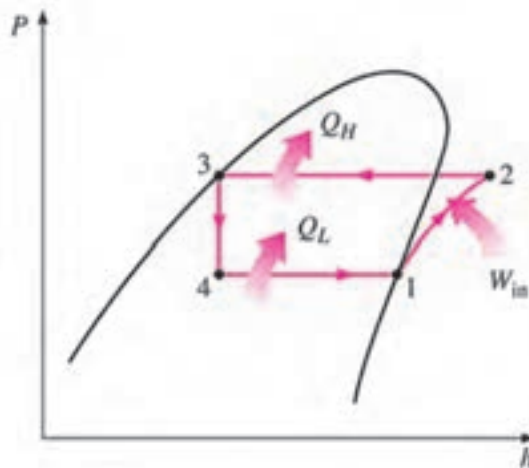
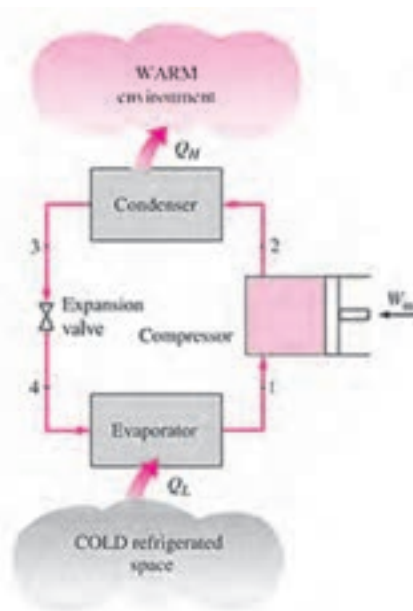
شکل ۲-۱۰- نمودار فشار- آنتالپی گاز R134

سپس با ترسیم یک چرخه سردسازی تراکمی و در کنار آن یک نمودار Ph نقاط ورود و خروج به دستگاهها را مشابه سازی نموده و یک سیکل ایده آل را رسم می کنیم. (شکل ۲-۱۱) چون در واقع سیکل های ما ایده آل نیست یک سیکل واقعی را نیز نشان داده (شکل ۲-۱۲) و تفاوت آن را در نقاط سوپرهیت و ساب کولد بیان می کنیم. در نهایت برابر شکل ۲-۱۴ روش ترسیم یک نمودار Ph را توضیح می دهیم.

دانش افزایی

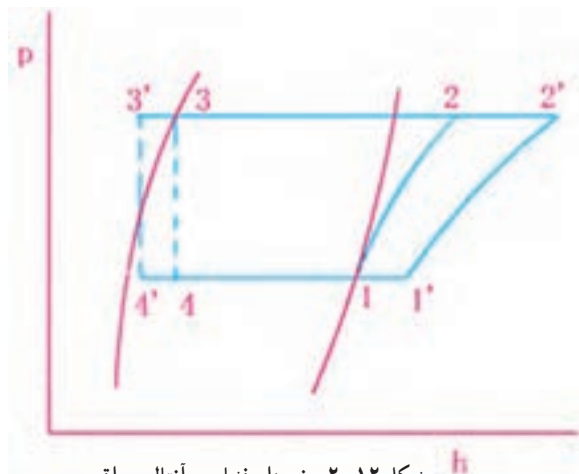
بررسی یک چرخه سردساز با نمودار فازی فشار- آنتالپی

در فصل اول گفته شد که یکی از نمودارهای فازی پرکاربرد، نمودار فازی فشار- آنتالپی (P-h) می باشد. در یک چرخه سردسازی تراکمی این نمودار در شکل ۲-۱۱ آمده است.



شکل ۲-۱۱- نمودار فشار- آنتالپی

همان‌طور که از روی نمودار مشخص است گاز در نقطه ۱ در حالت فشار و دمای اشباع قرار دارد و پس از اینکه توسط کمپرسور فشار گاز افزایش یافت و کار بر روی آن انجام گرفت در نقطه ۲ بیشترین دما را داشته با همان دما وارد کندانسر می‌شود. در اثر فشار بالا در کندانسر ماده مبرد گرمای خود را از دست داده و کم کم تقطیر شده تا در نقطه ۳ تمام آن به صورت مایع درآید در این حالت مایع در فشار و دمای اشباع قرار دارد. مایع در این نقطه وارد شیر انبساط شده و در اثر پدیده خفقان^۱، فشار به شدت افت کرده تا در نقطه ۴ به فشار اوپراتور برسد. در اثر فشار کم در اوپراتور ماده مبرد گرمای اطراف خود را جذب کرده و کم کم به صورت بخار در می‌آید تا به نقطه ۱ رسیده و چرخه تکرار شود.



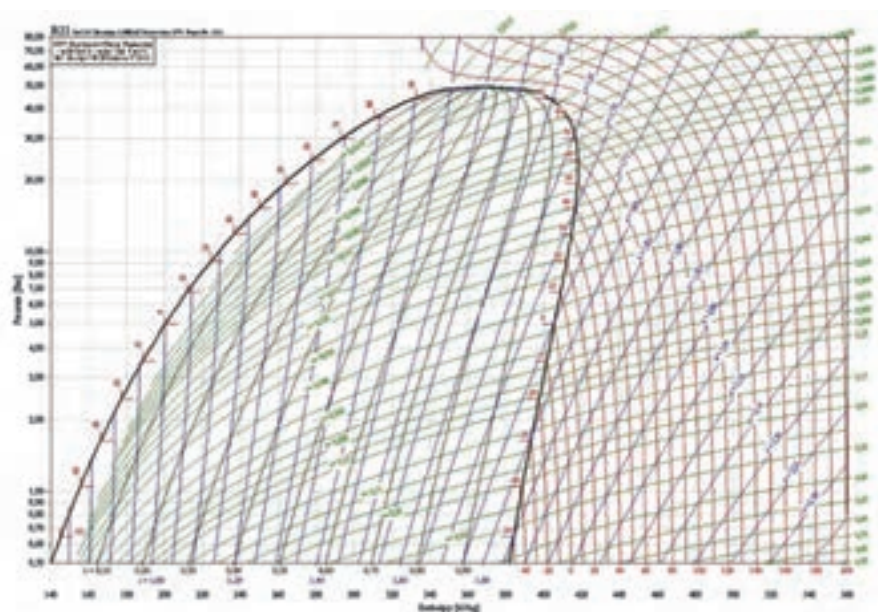
شکل ۱۲-۲- نمودار فشار - آنتالپی واقعی

همان‌گونه که مشاهده می‌شود این نمودار در حالت ایده‌آل رسم شده است و ما در واقعیت برای افزایش بهره‌وری تا جایی که مقدور است دمای گاز خروجی اوپراتور را سوپرهیت و دمای مایع خروجی از کندانسر را ساب‌کولد می‌نماییم. (شکل ۱۲-۲)

اما یک نمودار فشار - آنتالپی را چگونه رسم کنیم :

برای رسم یک نمودار چنانچه ما فقط دما را در هر بخش داشته باشیم می‌توانیم با توجه به نمودار خام ماده مبرد چرخه را رسم کنیم. (شکل ۱۳-۲)

توجه کنید که فشار در این جدول‌ها مطلق است.



شکل ۱۳-۲- نمودار فشار - آنتالپی
گاز R22

برای مثال برای R۲۲ در جدول دما و فشار آمده است :

R۲۲	اوپراتور	خروجی کندانسر	ورود به شیر انبساط	ورود به کمپرسور
دما (درجه سلسیوس)	-۱۵	۳۰	۲۵	-۱۰

برای رسم نمودار برابر شکل (۱۴-۲) پنج مرحله را طی می کنیم :

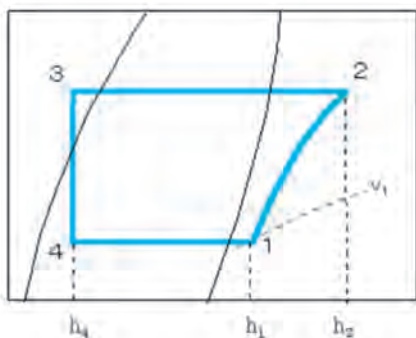
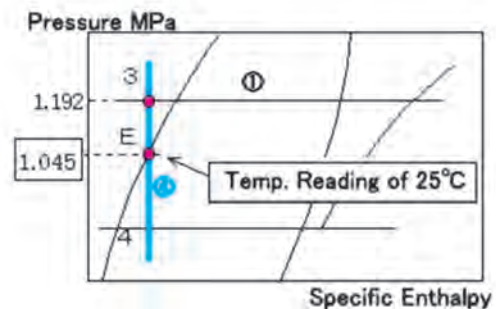
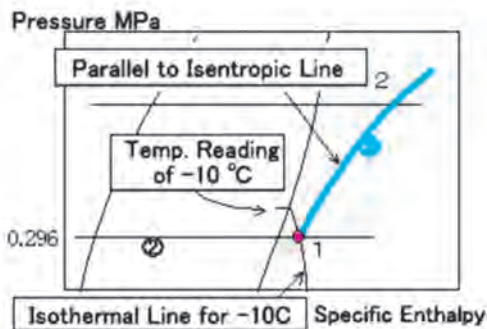
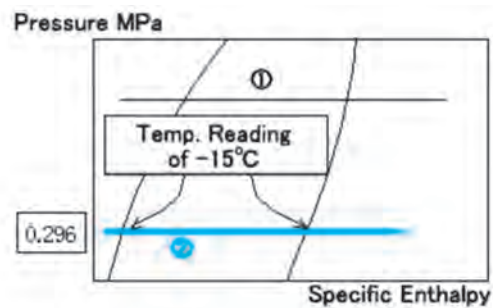
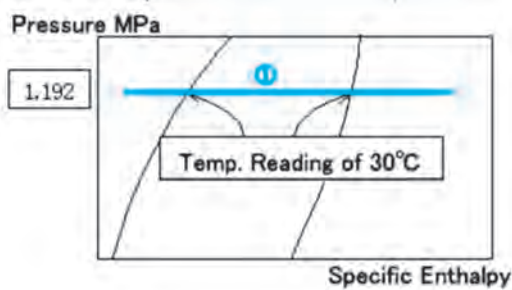
مرحله اول رسم خط کندانسر : خط ۱ که در دمای کندانسر (۳۰) می باشد را می کشیم .

مرحله دوم رسم خط اوپراتور : خط ۲ که در دمای اوپراتور (-۱۵) می باشد را می کشیم .

مرحله سوم رسم خط کمپرسور : چون گاز ۵ درجه سوپرهیت شده محل تقاطع خط (-۱۰) با خط ۲ را با نقطه ۱ مشخص می کنیم . سپس از نقطه ۱ روی خط آنتروپی ثابت (خط ۳) حرکت کرده تا نقطه ۲ به دست آید .

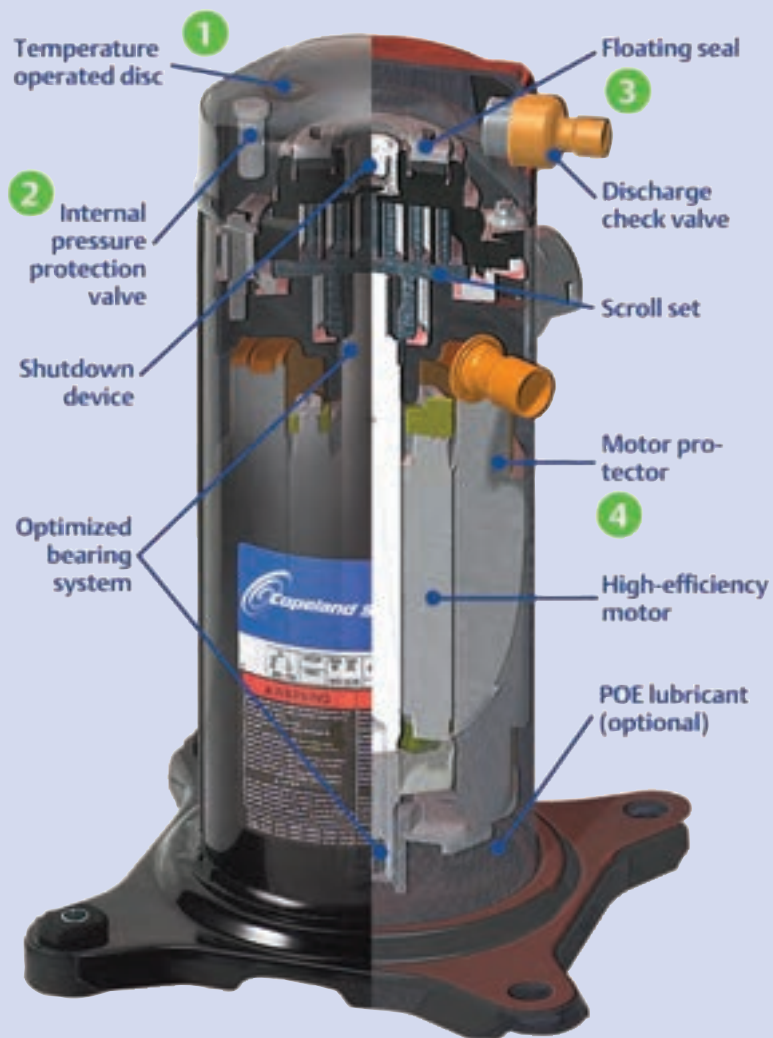
مرحله چهارم رسم خط شیر انبساط : روی خط عمودی دمای ۲۵ درجه حرکت کرده تا خط های ۱ و ۲ را در نقاط ۳ و ۴ قطع کند .

مرحله پنجم : نقطه های به دست آمده ۱ تا ۴ را به هم متصل نمایید .



شکل ۱۴-۲- مراحل رسم نمودار فشار - آنتالپی

کمپرسورها



کمپرسورها

پیش آزمون

در ابتدای کلاس با مطرح نمودن این پرسش که: «چه دستگاه‌هایی در مایعات یا گازها اختلاف فشار ایجاد نموده و سبب افزایش فشار و جابه‌جایی آنها می‌شود و اینکه آیا در زندگی روزمره با آنها برخورد داشته‌اید» توجه هنرجویان را به موضوع درس جلب کرده و سپس مقدمه شروع مبحث کمپرسورها را با این مطالب بیان نماییم:

برای انتقال مایعات از پمپ استفاده می‌شود که یکی از کاربردهای آن بالا کشیدن آب از چاه می‌باشد. همچنین برای تراکم هوا و گازهای دیگر از کمپرسور استفاده می‌شود که یکی از موارد استفاده از آن کمپرسور کوچکی است که هوا را به‌داخل آکواریوم می‌دمد. اما در سیکل تبرید کمپرسور:

مصرف انرژی الکتریکی، گاز مبرد را از اواپراتور مکش می‌کند و سپس آن را فشرده ساخته و وارد کندانسر می‌نماید.

۳-۱- انواع کمپرسورهای متداول سیستم تبرید

۱- کمپرسور سانتریفیوژ (گریز از مرکز)

۲- کمپرسور پیچی (اسکرو)

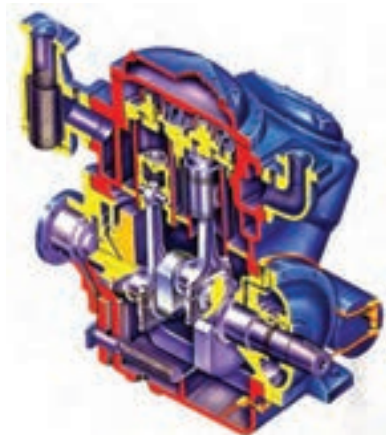
۳- کمپرسور طوماری (اسکرو)

۴- کمپرسور تناوبی (پیستونی)

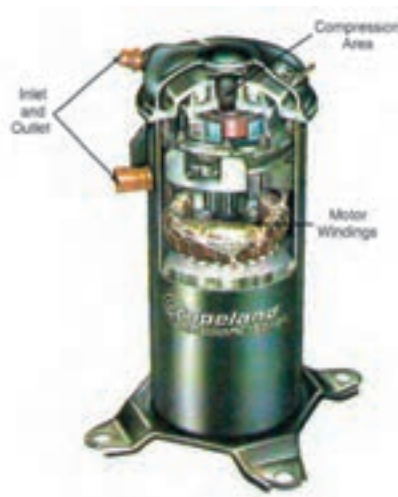
شکل ۳-۱ انواع کمپرسورهای متداول را نشان می‌دهد.



الف) کمپرسور سانتریفیوژ



د) کمپرسور تناوبی



ج) کمپرسور طوماری



ب) کمپرسور پیچی

شکل ۳-۱

۱-۱-۳- کمپرسور گریز از مرکز: در این نوع کمپرسور همان طور که از نام آن مشخص است ارتفاع نظیر فشار از نیروی گریز از مرکز ناشی می شود. (شکل ۲-۳)



شکل ۲-۳- کمپرسور سانتریفوژ

روتورهای گردنده با سرعت زیاد با پره‌هایی که به گونه خاصی طراحی شده‌اند تا ماده سرمازا را از واحد تبخیر می‌گیرند (مکش) و مولکول‌های آن را با سرعت بسیار زیاد از محیط روتور به خارج از آن می‌رانند (شکل ۳-۳). تعدادی از مبردهای رایج در کمپرسورهای گریز از مرکز، مبردهای R-۱۱، R-۱۲، R-۱۳، R-۵۰ و آمونیاک می‌باشند.

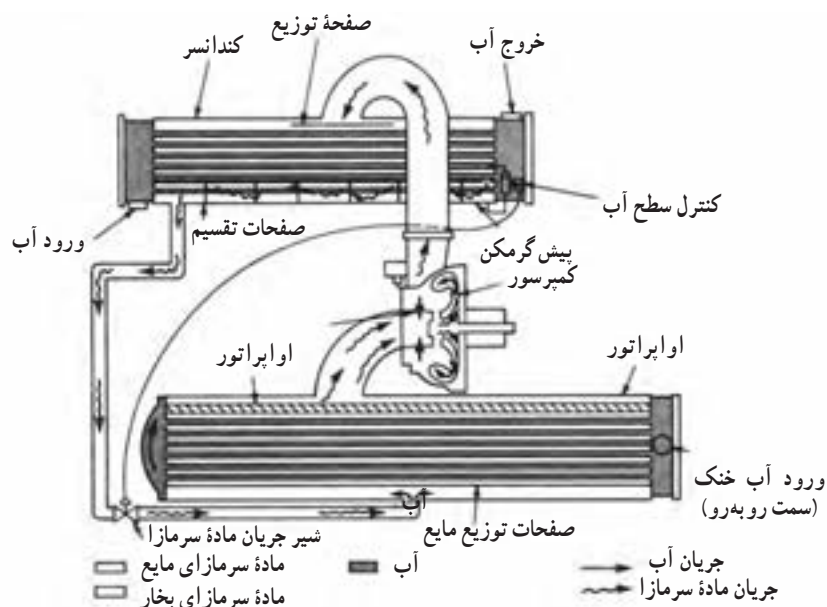


شکل ۳-۳- ماده سرمازا از مرکز وارد پروانه شده و در اثر نیروی گریز از مرکز از محیط روتور خارج می‌شود.

مواد سرمازای مورد استفاده در کمپرسورهای سانتریفوژ دارای چگالی بخار کم و حجم مخصوص زیاد هستند زیرا کمپرسورهای گریز از مرکز برای انتقال حجم بسیار زیادی از ماده سرمازایی که چگالی بخار کمی دارد بسیار مناسب‌اند. گاهی لازم است که تراکم در دو یا چند مرحله صورت گیرد و سرعت چرخش باید بسیار زیاد باشد تا نیروی گریز از مرکز لازم برای تولید ارتفاع

نظیر فشار مورد نیاز حاصل شود.

سرعت چرخش کمپرسورهای گریز از مرکز از ۴۰۰۰ دور در دقیقه برای ماشین‌هایی که ظرفیت آنها بسیار بالاست (۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ تن) تا ۸۰۰۰ rpm برای ماشین‌های کم ظرفیت (۵۰ تا ۱۰۰ تن) متغیر است. امتیاز اصلی کمپرسورهای گریز از مرکز ظرفیت زیاد آنها می‌باشد. (شکل ۳-۴)



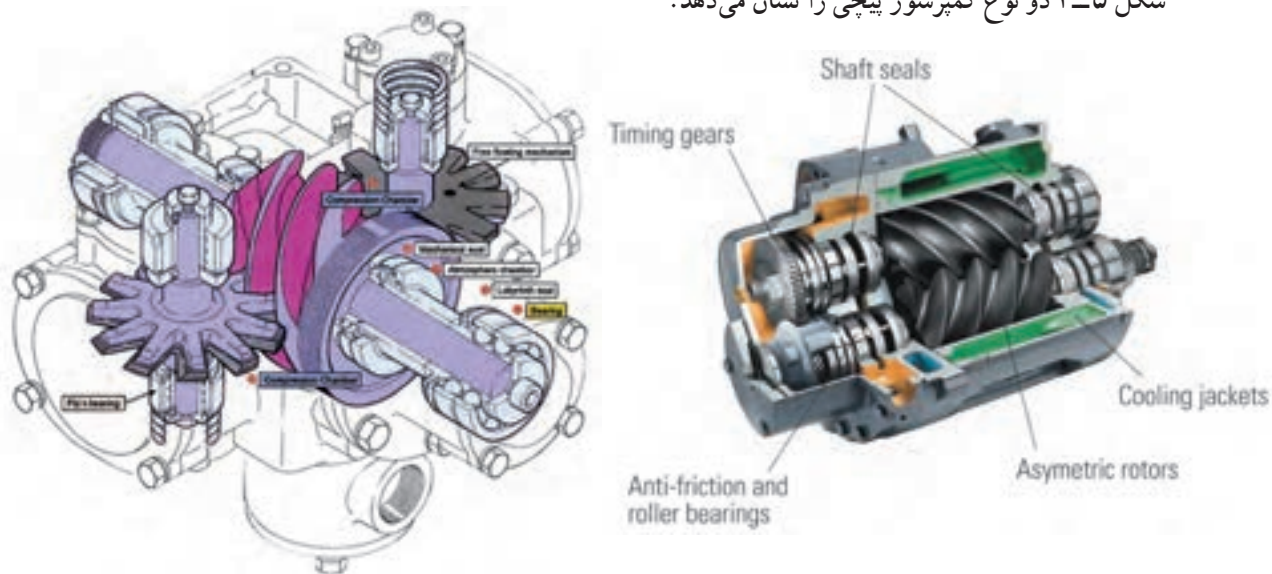
شکل ۳-۴- کمپرسور گریز از مرکز ساتریفوژ در یک چیلر

۲-۱-۳- کمپرسورهای پیچی (اسکرو): دو طرح مختلف برای کمپرسورهای پیچی در نظر گرفته شده است.

۱- کمپرسور پیچی جفت (دوبل)

۲- کمپرسور پیچی منفرد

شکل ۳-۵ دو نوع کمپرسور پیچی را نشان می‌دهد.

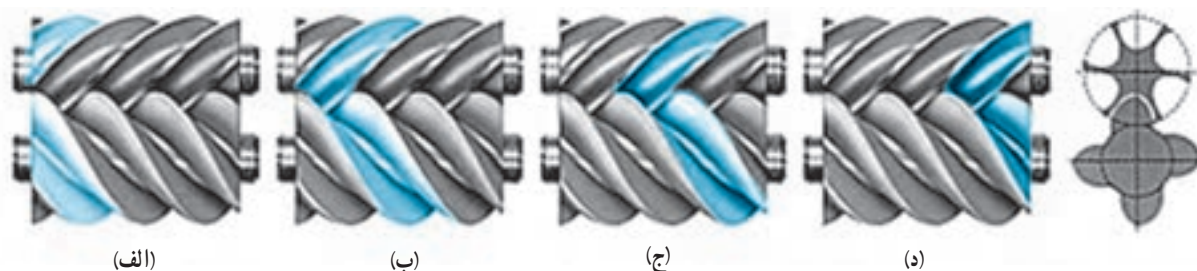


ب) کمپرسور پیچی منفرد

الف) کمپرسور پیچی دوبل

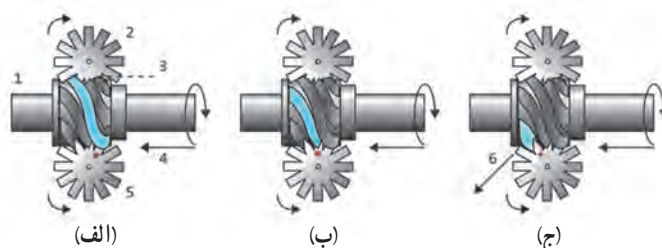
شکل ۳-۵

در کمپرسورهای پیچی جفت عمل تراکم توسط دو رتور ماریپیچ انجام می‌گیرد (شکل ۳-۶). در اثر گردش رتورها ماده سرمازا به داخل شیارهای ماریپیچ رتور مکیده می‌شود (۳-۶ الف) و با توجه به جهت چرخش رتور به سمت جلو فشرده می‌شود (۳-۶ ب و ج) و در انتهای دنده‌های ماریپیچ به علت اینکه فضای بین دنده‌های رتور به حداقل رسیده ماده سرمازا کاملاً متراکم شده و با فشار از انتهای شبکه ماریپیچ خارج می‌شود (شکل ۳-۶ د).



شکل ۳-۶- نحوه تراکم ماده سرمازا در کمپرسور پیچی جفت

اما در کمپرسورهای پیچی منفرد عمل تراکم توسط یک رتور ماریپیچ و دو چرخ ستاره‌ای صورت می‌گیرد (شکل ۳-۷). در اثر چرخش سریع رتور و چرخ ستاره‌ای گاز مبرد به داخل شیارهای رتور ماریپیچ مکیده شده (شکل ۳-۷ الف) و در اثر کاهش حجم فضای ماریپیچ رتور فشار مبرد افزایش یافته و در انتها با فشار زیاد خارج می‌شود (شکل ۳-۷ ج).



شکل ۳-۷- نحوه تراکم ماده سرمازا در کمپرسور پیچی منفرد

مزایای این نوع کمپرسورها عبارت‌اند از:

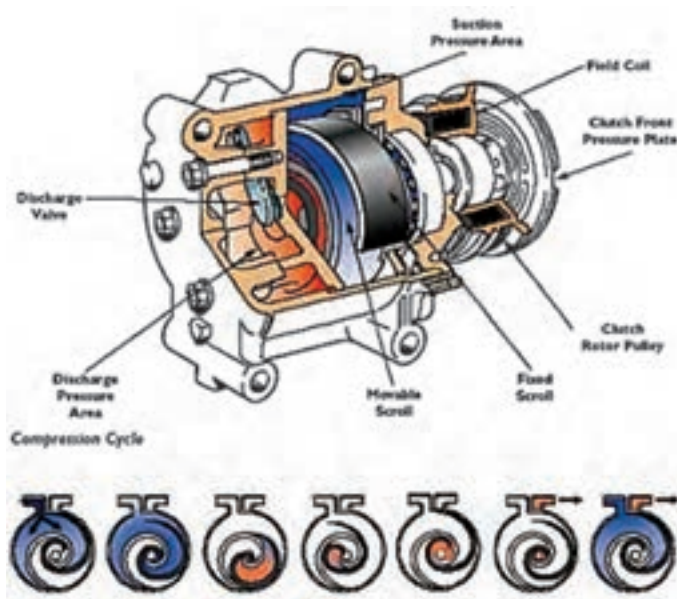
- ۱- عملکرد آرام این نوع کمپرسورها که ناشی از تراکم چرخشی محورهای کمپرسور است.
 - ۲- به علت حرکت دورانی حلزون‌های کمپرسور لرزش آن بسیار کم می‌باشد.
 - ۳- به علت هم پوشانی سیکل مکش و دهش کمپرسورهای پیچی، جریان مبرد یکنواخت و مستمر می‌باشد.
 - ۴- کمپرسورهای پیچی حدود یک دهم کمپرسورهای تناوبی قطعه متحرک دارند لذا خرابی کمپرسور پیچی نسبت به کمپرسورهای تناوبی کمتر بوده و تعمیرات آن راحت‌تر می‌باشد.
 - ۵- در کمپرسورهای پیچی فضای مرده وجود ندارد لذا راندمان حجمی این نوع کمپرسورها بالا می‌باشد.
- از معایب کمپرسورهای پیچی می‌توان به دو مورد اشاره نمود:
- ۱- سرعت گردش بالای محور کمپرسور
 - ۲- نیاز این نوع کمپرسورها به روغن کاری مخصوص

۳-۱-۳- کمپرسورهای طوماری (اسکرول): کمپرسور اسکرول از دو قطعه اصلی اسکرول ثابت و اسکرول متحرک تشکیل شده است (شکل ۳-۸).



شکل ۳-۸- اسکرول ثابت و اسکرول متحرک

این دو قطعه در داخل یکدیگر قرار گرفته‌اند، اسکرول متحرک در داخل اسکرول ثابت حرکت کرده و با توجه به فاصله لبه‌های هر دو قطعه گاز مبرد از قسمت سمت چپ مکیده شده و با فشار از مرکز اسکرول با فشار زیاد خارج می‌شود. این قسمت به لوله سمت راست که لوله دهش می‌باشد متصل شده است (شکل ۳-۹).



شکل ۳-۹- مراحل کار کمپرسور اسکرول

مزایای کمپرسور اسکرول:

- ۱- بازده کمپرسورهای اسکرول ۱۰ تا ۱۵ درصد بیشتر از کمپرسورهای پیستونی است.
- ۲- تخلیه گاز به صورت پیوسته و مدام و به طور یکنواخت انجام می‌شود.

۳- قطعات متحرک کمپرسور اسکرو بسیار کم بوده و امکان خرابی این نوع کمپرسورها نسبت به کمپرسورهای پیستونی بسیار کمتر می باشد.

۴- ارتعاش و سروصدای این نوع کمپرسورها کمتر از کمپرسورهای پیستونی است.
شکل ۱۰-۳ یک کمپرسور اسکرو را نشان می دهد.



شکل ۱۰-۳- کمپرسور اسکرو

۴-۱-۳- **کمپرسورهای رفت و برگشتی:** برای جابه جا کردن مواد سرمزایی که چگالی بخار آنها بسیار زیاد است و همچنین مواد سرمزایی که فشار چگالش آنها نسبتاً بالاست، کمپرسور رفت و برگشتی (پیستونی) مناسب ترین دستگاه محسوب می شود. آمونیاک، R-۱۲، R-۱۳۴a، R-۴۱۰، R-۴۰۷، R-۲۲، R-۵۰۰ و R-۵۰۲ جزء مواد سرمزایی هستند که برای تراکم آنها کمپرسور رفت و برگشتی بهترین راندمان را خواهند داشت.

این کمپرسورها براساس متغیرهای زیر طبقه بندی می شوند:

۱- نوع محرک (وسیله چرخاننده یا گرداننده)

۲- آرایش سیلندر و پیستون

۳- سیستم های خنک کننده و روغن کاری

۴-۱-۲-۳- **نوع محرک:** کمپرسورها به کمک الکتروموتور کار می کنند اما در سیستم های تهویه مطبوع وسایل حمل و نقل عمومی مانند اتومبیل ها، قطارها، هواپیماها و کشتی ها نیرو یا توان محرک، به وسیله موتورهای درون سوز تأمین می شود. کمپرسورهای مجهز به ماشین بخار نیز موجود است ولی این نوع کمپرسورها فقط در جاهایی به کار می رود که از بخار آب برای مصارف دیگر نیز استفاده می شود.

کمپرسور را می توان به وسیله موتور هم محور (کوپلینگ مستقیم) یا موتوری که محور آن جداست (با استفاده از فلکه و تسمه) چرخاند.

این نوع کمپرسورها را نوع باز می نامند. ممکن است موتور محرک مستقیماً کمپرسور را بگرداند و موتور درون کمپرسور قرار گیرد و با آن یکپارچه شده است. این نوع کمپرسورها از نوع بسته و نیمه بسته می باشند. کمپرسورهای بسته از لحاظ جاگیری بسیار مناسب اند و فضای اندکی را اشغال می کنند و در صورت خراب شدن اجزای داخل کمپرسور قابل تعمیر نمی باشند اما کمپرسورهای نیمه بسته قابل تعمیر می باشند.

امتیاز مشخص کمپرسورهای بسته و نیمه بسته مصنویت از نشت ماده سرمازا و فراغت از دردهای مربوط به فلکه و تسمه است.

کاستی‌های کمپرسورهای بسته :

- ۱- محدودیت ظرفیت
- ۲- لزوم چرخیدن کمپرسور با همان سرعت گردش موتور
- ۳- عدم دسترسی برای تعمیر و نگهداری
- ۴- انتقال گرمای حاصل از کار موتور به سیکل تبرید

آرایش سیلندر و پیستون

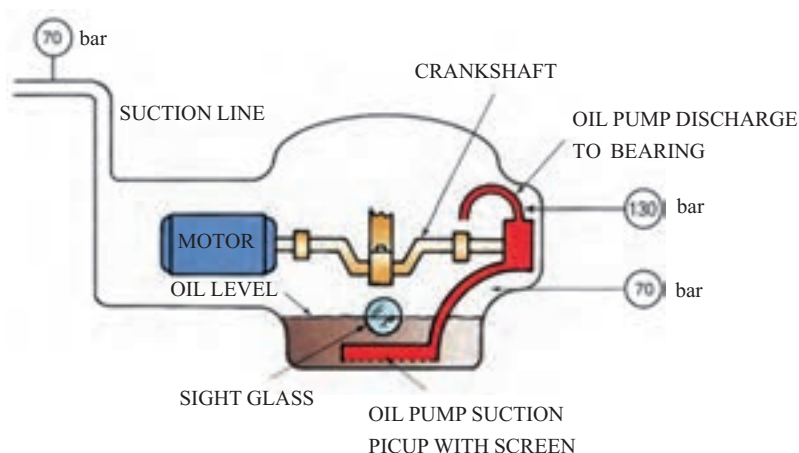
بیشتر کمپرسورهای رفت و برگشتی که امروزه در سیستم‌های تهویه مطبوع به کار می‌روند از نوع یک طرفه اند یعنی فقط با یک بار حرکت پیستون به طرف بالا گاز متراکم می‌شود. ممکن است سیلندر عمود قرار گیرد یا به شکل V (خورجینی) یا V / W باشد سرعت چرخشی ۶۰۰ تا ۱۸۰۰ rpm متداول است و گاهی از ماشین‌های با سرعت ۳۶۰ rpm نیز استفاده می‌شود.

خنک کردن و روغن کاری

سیلندر و سرسیلندر کمپرسور را می‌توان با آب یا هوا خنک کرد. معمولاً واحدهای خیلی بزرگ را با آب خنک می‌کنند. آب در بدنه دو جداره سیلندر و سرسیلندر جریان دارد و بیشتر کمپرسورهای متداول در سیستم‌های تهویه مطبوع با هوا خنک می‌شوند. جدار سیلندر و سرسیلندر را پره دار می‌سازند تا سطح زیادی داشته باشند و گرما را به خوبی منتقل کنند. کمپرسورهای بسته به وسیله بخار مکش خنک می‌شوند.

کمپرسورها را با استفاده از سیستم پاشش ساده و سیستم‌های تغذیه اجباری به کمک پمپ روغن کاری می‌کنند. در کمپرسورهای کوچک منحصراً از سیستم روغن کاری پاششی استفاده می‌شود اما در کمپرسورهای نیمه بسته و باز روغن کاری توسط پمپ روغن انجام می‌گیرد. بدلیل اهمیت روغن کاری می‌بایستی از وجود روغن کافی در کمپرسور مطمئن شد به همین منظور بر روی بدنه کمپرسور شیشه‌ای قرار دارد تا بتوان سطح روغن داخل کمپرسور را کنترل نمود و در صورت پایین آمدن سطح روغن از اندازه تعیین شده نسبت به شارژ روغن اقدام نمود.

همچنین برای اطمینان از کار صحیح پمپ روغن از کلید کنترل فشار استفاده می‌شود تا در صورت خراب شدن پمپ روغن و نبودن فشار مناسب جهت روغن کاری اجزاء کمپرسور، توسط کنترل فشار روغن کمپرسور خاموش می‌شود.



۲-۳- روش‌های کنترل ظرفیت

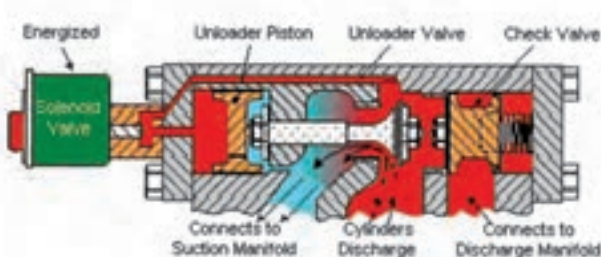
سیستم‌های سردسازی ۱۰ تنی و بزرگ‌تر، اغلب به وسایلی برای کنترل ظرفیت کمپرسور نیاز دارد. امروزه چهار روش برای این کار متداول است:

- ۱- استفاده از چند کمپرسور
- ۲- بی‌بار کردن سیلندر
- ۳- کنترل جریان ماده سرمازا، مانند هدایت گاز داغ از مسیر کنار گذر یا تنظیم فشار واحد تبخیر
- ۴- کنترل سرعت دوران کمپرسور (rpm)

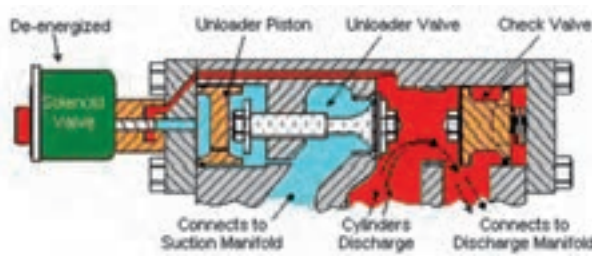
۱-۲-۳- استفاده از چند کمپرسور: در کمپرسورهای چند واحدی باید وسایلی برای کنترل ظرفیت و تغییرات توان نصب کرد. معمولاً یک یا چند کمپرسور کار می‌کنند و یکی از این واحدها در مواقع لازم روشن یا خاموش می‌شوند تا با نوسان‌های بار مقابله کنند. برای متوقف کردن یک یا چند واحد معمولاً از فشار واحد تبخیر استفاده می‌شود. هرازگاه واحد در حال کار را تغییر می‌دهند تا فقط یک واحد فرسوده نشود. در چنین سیستمی باید آرایش مداربندی واحد تبخیر دقیق باشد و ظرفیت کندانسر کنترل شود تا بتوان بین بقیه اجزای سیستم و ظرفیت کاهش یافته کمپرسور موازنه برقرار کرد.

۲-۲-۳- بی‌بار کردن سیلندر: در کمپرسورهای چند سیلندر (۴ سیلندر یا بیشتر) ظرفیت کمپرسور به جابجایی حجمی گاز مبرد توسط سیلندرها کمپرسور بستگی دارد لذا می‌توان ظرفیت هر کمپرسور را به آسانی با بای‌پاس کردن گاز خروجی از هر سیلندر کاهش داد.

شکل ۱۱-۳ یک نمونه از شیر بی‌بار کننده سیلندر کمپرسور را نشان دهد. همان‌طور که در شکل ۱۱-۳ الف دیده می‌شود کمپرسور در حال کار معمول خود می‌باشد. گاز خروجی از سیلندر کمپرسور با هل دادن شیر یک طرفه از سمت راست تخلیه می‌شود. با کاهش ظرفیت سیستم برودتی و به منظور خارج نمودن این سیلندر از چرخه تراکم گاز مطابق شکل ۱۱-۳ ب شیر برقی مغناطیس می‌شود. در این حالت مسیر گاز دهش به پشت شیر بی‌بار کننده باز شده و آنرا به سمت راست حرکت می‌دهد. در این وضعیت مسیر برگشت گاز که در سمت چپ بی‌بار کننده قرار دارد باز شده و گاز از این مسیر به قسمت مکش کمپرسور برگشت داده می‌شود. بر روی تمامی سیلندرهای کمپرسور یک نمونه از این شیر بی‌بار کننده نصب می‌شود تا در صورت کاهش تدریجی بار به تدریج سیلندرهای کمپرسور از مدار خارج شوند.



ب) شیر بی‌بار کننده در وضعیت بی‌بارکنندگی سیلندر کمپرسور



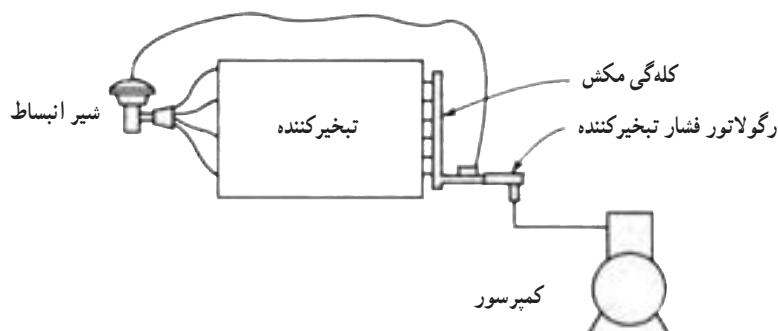
الف) شیر بی‌بار کننده در حالت کار معمول کمپرسور

شکل ۱۱-۳- طرز کار شیر بی‌بار کننده

وظیفه کنترل عملکرد شیرهای بی‌بارکننده که بر روی هریک از سیلندرها کمپرسور نصب شده بر عهده ترموستات چند مرحله‌ای می‌باشد. این ترموستات به گونه‌ای طراحی شده است که با کاهش دمای سردخانه در هر مرحله یکی از شیرهای بی‌بارکننده را مغناطیس می‌کند تا توسط آن سیلندر کمپرسور از مدار تراکم گاز خارج شود.

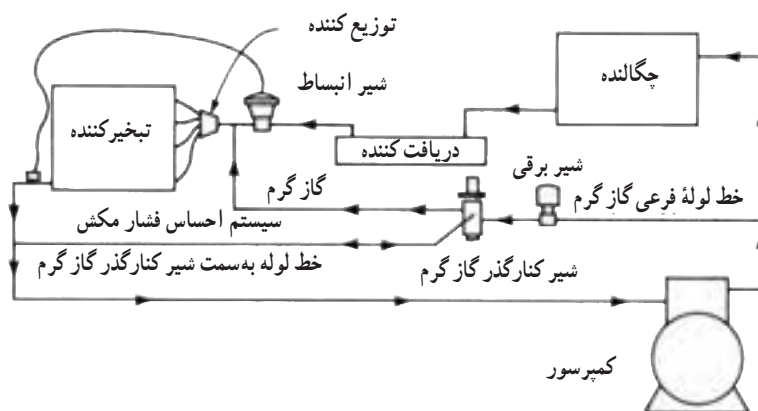
۳-۲-۳- کنترل جریان ماده سرمازا : با کنترل ظرفیت دستگاہ را کنترل کرد.

در روش اول از رگولاتور تنظیم کننده فشار واحد تبخیر برای کاهش فشار واحد تبخیر به کمترین مقدار ممکن در هنگام کاهش بار واحد تبخیر استفاده می‌شود. (شکل ۱۲-۳)



شکل ۱۲-۳- نمودار نشان‌دهنده روش نصب رگولاتور فشار واحد تبخیر برای نگه داشتن فشار واحد تبخیر در بالاتر از حداقل لازم برای کار در حالت بار پایین.

در روش دوم گاز گرم از سمت تخلیه کمپرسور از طریق کنار گذر به نقطه‌ای بین ورودی واحد تبخیر - واحد توزیع و شیر انبساط جریان پیدا می‌کند. گاز گرم باری جزئی برای واحد تبخیر است که پمپ می‌شود شیر انبساط از جریان مایع بکاهد و در نتیجه ظرفیت واحد تبخیر را کم کند. فشار مکش کمپرسور حفظ می‌شود ولی ظرفیت خالص واحد تبخیر یا سیستم تهویه مطبوع کاهش می‌یابد. (شکل ۱۳-۳)



شکل ۱۳-۳- نمودار نشان‌دهنده طرز کار شیر کنارگذر گاز گرم برای تأمین گاز گرم به صورت «بار کاذب» برای واحد تبخیر، به منظور کنترل ظرفیت کمپرسور در شرایطی که بار پایین است.

۴-۲-۳- کنترل سرعت کمپرسور : امروزه می توان توسط اینورتر سرعت گردش محور کمپرسور را کنترل نمود و در صورت کاهش بار با کم کردن سرعت کمپرسور، حجم جابه جایی میرد را کاهش داد.

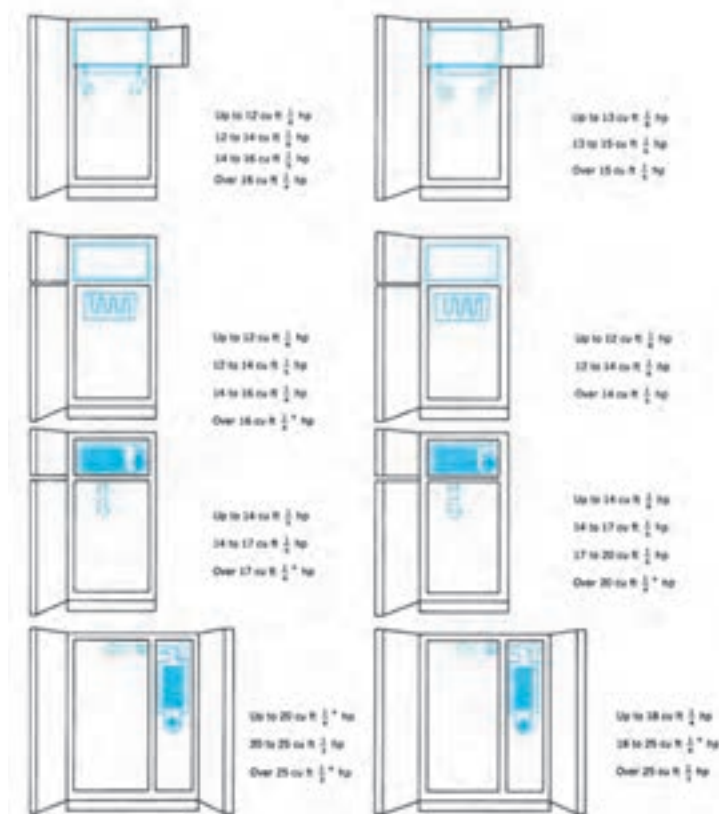
۳-۳- تعیین قدرت کمپرسور

برای تعیین قدرت کمپرسور یخچال و یخچال فریزر از شکل ۱۶-۳ استفاده می شود. ابتدا می بایستی ۳ مشخصه یخچال یا یخچال فریزر مشخص گردد.

۱- نوع یخچال یا یخچال فریزر

۲- نوع عایق به کار رفته در بدنه یخچال

۳- حجم داخل یخچال



شکل ۱۶-۳- قدرت کمپرسور برای انواع مختلف یخچال و فریزر، با دو نوع عایق پشم شیشه و فوم

مثال : قدرت کمپرسور مورد نیاز برای یک یخچال دو در را که در بدنه یخچال از عایق پلی یورتان استفاده شده و حجم داخلی آن ۱۳ فوت مکعب است بدست آورید.

جواب : با استفاده از شکل ۱۶-۳ در ردیف دوم برای یخچال دو در با عایق فوم و با توجه به حجم ۱۳ فوت مکعب قدرت کمپرسور $\frac{1}{8}$ اسب بخار بدست می آید.

یک فریزر صندوقی خوابیده با عایق پشم شیشه به ابعاد $100 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} \times 70 \text{ cm}$ ساخته شده است، قدرت کمپرسور مورد نیاز برای این فریزر را بدست آورید.

جواب : ابتدا حجم داخل فریزر را بدست می آوریم :

$$V = L \times b \times h$$

$$V = 1 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 0.7 \text{ m} = 0.35 \text{ m}^3$$

سپس حجم مورد نظر را به فوت مکعب تبدیل می نمایم.

$$1 \text{ m}^3 = 35.3 \text{ ft}^3$$

$$0.35 = x$$

$$1 \times x = 0.35 \times 35.3$$

$$V = 12.36 \text{ ft}^3$$

حال با استفاده از شکل ۱۶-۳ قدرت کمپرسور $\frac{1}{8}$ hp انتخاب می شود.

مثال: حجم یک یخچال دو در با عایق پشم شیشه ۳۰۰ لیتر می‌باشد، قدرت کمپرسور مناسب برای این یخچال چند اسب بخار است.

$$300 \quad 1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ lit}$$

$$x = 300$$

$$x \times 1000 = 1 \times 300$$

$$x = \frac{300}{1000} = 0.3 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 35/28 \text{ ft}^3$$

$$0.3 = x$$

$$x \times 1 = 0.3 \times 35/28$$

$$x = 10/58 \text{ ft}^3$$

با توجه به جدول ۳-۱۶ قدرت $\frac{1}{6}$ اسب انتخاب می‌شود.

تحقیق

از هنرجویان بخواهید نوع کمپرسور هریک از وسایل برودتی زیر را مشخص نمایند.

اسکرول	اسکرو	تناوبی نیمه بسته	تناوبی بسته	نوع وسیله	
			✓	یخچال	۱-
				یخچال فریزر	۲-
				آب سردکن	۳-
				کولرگازی پنجره‌ای	۴-
				کولرگازی اسپلیت	۵-
				سردخانه کوچک فروشگاه	۶-

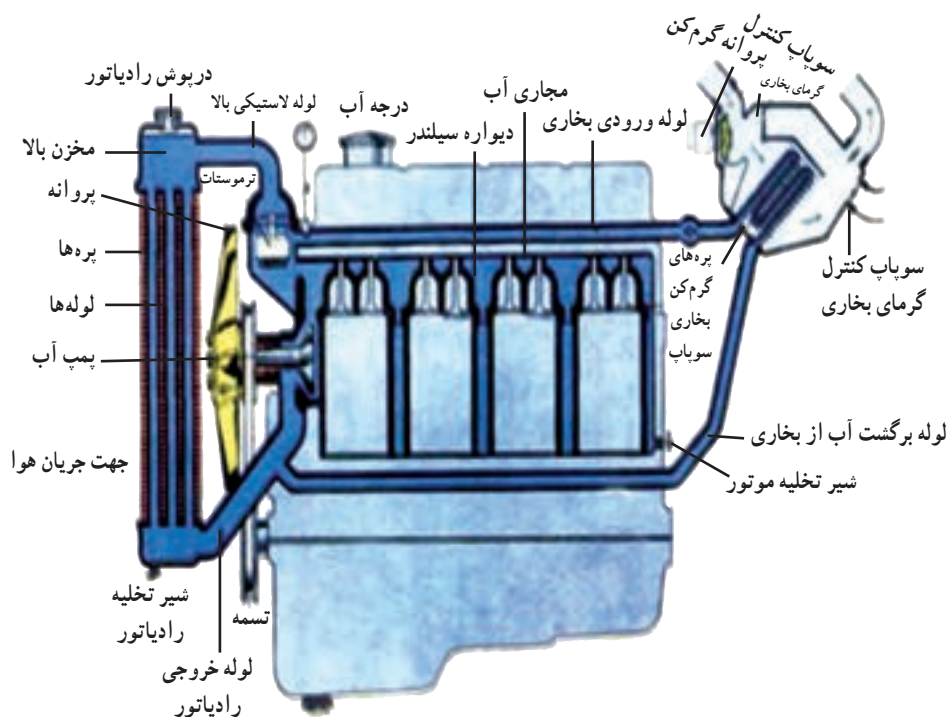
کندانسرها



پیش آزمون

هنرآموزان محترم در شروع کلاس با طرح این سؤال که «کدام یک از شما می‌توانید علت استفاده از رادیاتور در اتومبیل را بیان کند» توجه هنرجویان را به موضوع درس جلب نماید.

احتراق بنزین در سیلندر موتور ماشین دمایی در حدود ۲۰۰۰ درجه سانتی‌گراد ایجاد می‌کند. در صورتی که این دمای بالا دفع نشود به اجزای موتور صدمه خواهد زد لذا از آب برای انتقال گرما استفاده می‌شود. آب در مسیرهایی که در اطراف سیلندر و سرسیلندر تعبیه شده حرکت کرده و پس از جذب گرمای بدنه موتور به وسیله لوله‌های لاستیکی از بالا وارد رادیاتور می‌شود تا در اثر گردش هوا که توسط یک فن ایجاد می‌شود گرمای آب را به هوا منتقل نماید. برای افزایش سرعت حرکت آب و انتقال بیشتر گرما از یک پمپ برای به گردش درآوردن آب استفاده می‌شود. (شکل ۴-۱)



شکل ۴-۱- مسیر حرکت آب در جداره‌های موتور اتومبیل

در اوپراتور بر اثر تبخیر مبرد گرمای یخچال جذب مبرد می‌شود، همچنین در کمپرسور بر اثر تراکم گاز مبرد دمای آن افزایش می‌یابد لذا برای دفع گرمای جذب شده در اوپراتور و گرمای حاصل از تراکم مبرد در کمپرسور از کندانسر استفاده می‌شود.

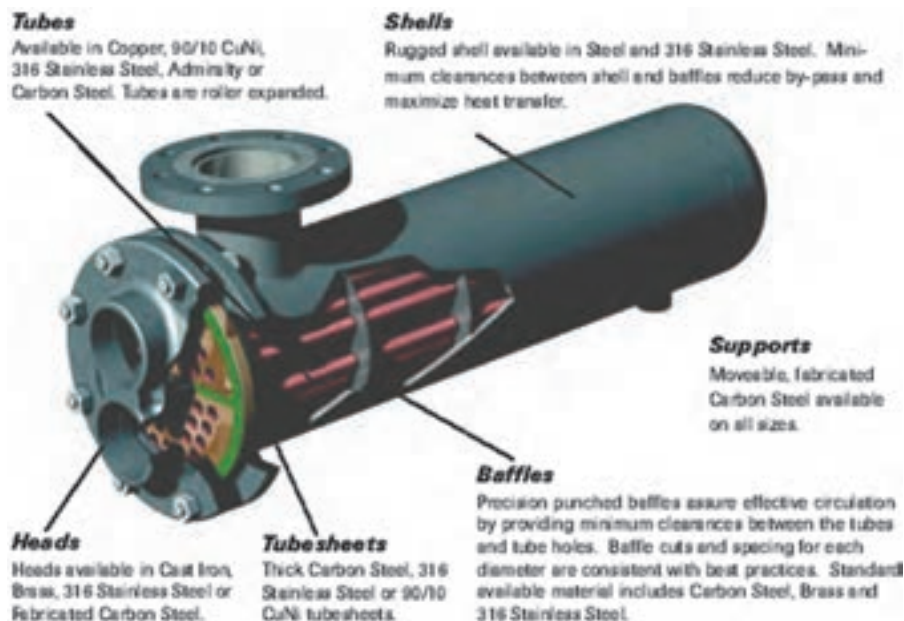
۴-۱- انواع کندانسرها

کندانسرها به سه دسته تقسیم می شوند (شکل ۲-۴ الف، ب و ج).

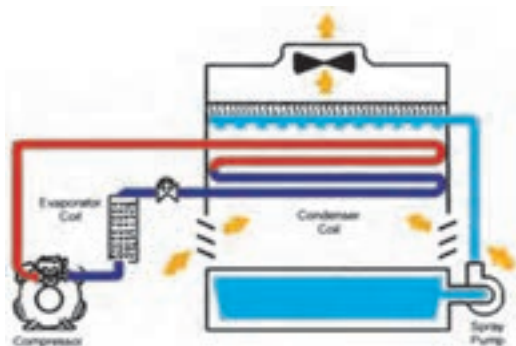
۱- کندانسر هوایی

۲- کندانسر آبی

۳- کندانسر تبخیری



الف) کندانسر آبی



ج) کندانسر تبخیری



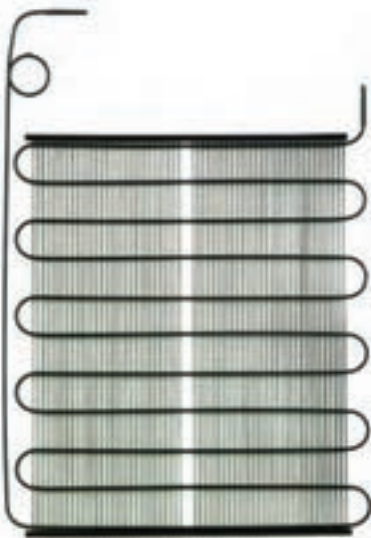
ب) کندانسر هوایی

شکل ۲-۴- انواع کندانسر آبی، هوایی و تبخیری

در بیشتر واحدهای بسیار بزرگ و برخی از واحدهای کوچک، از کندانسر خنک شونده با آب استفاده می شود. کندانسرهای خنک شونده با هوا بیشتر در واحدهای کم ظرفیت (۲۰ تن و کمتر) به کار می روند. اکنون کندانسرهای خنک شونده با هوا در سیستم های تهویه مطبوع خانگی و در جاهایی که ارزش آب بسیار زیاد است یا دفع فاضلاب دشوار است یا در مواردی که نمک های موجود در آب از لحاظ تشکیل قشر رسوبی مشکل جدی ایجاد می کنند دستگاه هایی استاندارد محسوب می شوند. بسیاری از سیستم های هوایی که ظرفیت متوسط تا بسیار زیاد دارند برای مناطق کم آب یا جاهایی که آب بها گران است یا در محل هایی که آب از کیفیت خوبی برخوردار نیست به کار برده می شوند.

۴-۱-۱- کندانسر خنک شونده با هوا (هوایی): در سال های اخیر استفاده از کندانسرهای هوایی در سیستم های تهویه مطبوع متوسط و کوچک به شدت افزایش یافته است. مهم ترین دلیل این استقبال احتمالاً این است که این نوع کندانسرها به تعمیر و نگهداری زیادی نیاز ندارند.

این عامل معمولاً عوامل دیگری مانند هزینه برق مصرفی، دوام و عمر کمپرسور و بازده سیستم را دست کم در نظر بسیاری از صاحب خانه ها و خریداران سیستم تهویه مطبوع کوچک تحت الشعاع قرار می دهد. بیشتر واحدهایی که توان آنها از ۱۰ hp کمتر



شکل ۳-۴- کندانسر هوایی با جریان طبیعی

است با هوا خنک می‌شوند. در واحدهای تا ۲۰ hp استفاده از دستگاه‌های خنک شونده با هوا معمول است و در واحدهای خیلی بزرگ مجهز به کندانسرهاى خنک شونده با هوا را برای آب و هوای بیابانی به کار برده‌اند.

کندانسرهاى هوایی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱- کندانسرهاى هوایی با جریان طبیعی

۲- کندانسرهاى هوایی با جریان اجباری

کندانسرهاى هوایی با جریان طبیعی در دو نوع صفحه و لوله و یا میله و لوله ساخته می‌شوند. کندانسرهاى میله و لوله از یک لوله مارپیچ مسی یا فولادی ساخته می‌شود که بر روی آن تعداد زیادی میله جوش داده شده است تا باعث افزایش میزان انتقال گرما از کندانسرها شود. (شکل ۳-۴)

در کندانسرهاى هوایی با جریان اجباری لوله‌های مسی از بین تعداد زیادی پره آلومینیومی عبور می‌کند تا سطح تبادل گرما را به مقدار قابل توجه‌ای افزایش دهد. همچنین از یک یا چند فن برای به گردش درآوردن هوا استفاده می‌شود. (شکل ۴-۴)



شکل ۴-۴- کندانسرهاى هوایی با جریان اجباری

کندانسرهاى هوایی معمولاً برای کار با دمای تقطیر حدود ۱۷ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد بالاتر از دمای محیط طراحی شده‌اند. یکی از معایب عمده دستگاه‌های خنک شونده با هوا همین است، زیرا در آب و هوای گرم که دمای محیط بعد از ظهرها به 43°C نیز می‌رسد، دمای تقطیر ممکن است ۶۶ درجه سانتی‌گراد باشد که مطابق با فشار ۲۴۹ psia برای R-۱۲ و یا فشار ۳۶۹ psia مربوط به R-۲۲ است. توان الکتریکی مورد نیاز برای تأمین این چنین فشارهایی بسیار بالا می‌باشد. در چنین شرایطی دمای آب احتمالاً از ۲۴ درجه سانتی‌گراد بالاتر نمی‌رود. دمای تقطیر در کندانسرهاى با فشار تقطیر حدود 13°psia برای R-۱۲ یا با فشار تقطیر حدود 21°psia برای R-۲۲ در حدود ۳۸ درجه سانتی‌گراد است. مزایای کندانسرهاى در اینجا کاملاً روشن می‌شود که عبارت از مصرف برق کمتر و دوام و عمر بیشتر کمپرسور است.

۲-۱-۴- کندانسرهاى آبی: این کندانسرها در جاهایی که آب مناسب و فراوان و ارزان در اختیار باشد به صرفه‌ترین کندانسرها محسوب می‌شود. مسائل خوردگی ناشی از آب یا دفع فاضلاب را باید در نظر گرفت. برای واحدهای ۵ تنی و بزرگ‌تر که به آب زیادی نیاز است معمولاً از یک برج خنک‌کن استفاده می‌شود.

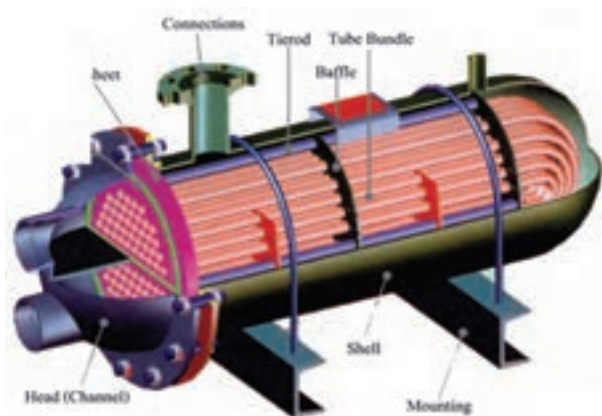
کندانسره‌های آبی در سه نوع ساخته می‌شوند :

۱- پوسته و لوله

۲- پوسته و کویل

۳- لوله داخل لوله

در کندانسره‌های آبی پوسته و لوله و کندانسره‌های پوسته و کویل گاز داغ از بالا وارد پوسته شده و پس از تبادل گرما با آب سرد داخل لوله یا کویل تقطیر شده و مایع مبرد از پایین پوسته خارج می‌شود. آب داخل لوله‌ها نیز پس از جذب گرمای مبرد یا در رودخانه و چاه ریخته می‌شوند و یا توسط برج خنک کن خنک شده و مجدداً مورد استفاده قرار می‌گیرند. (شکل ۴-۵)



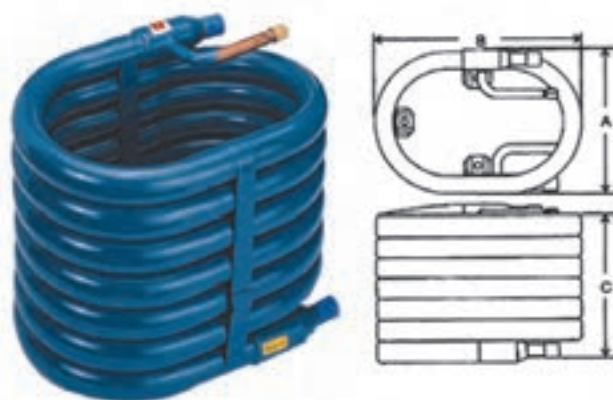
ب) کندانسر پوسته و کویل



الف) کندانسر پوسته و لوله

شکل ۴-۵- کندانسر پوسته و لوله و پوسته و کویل

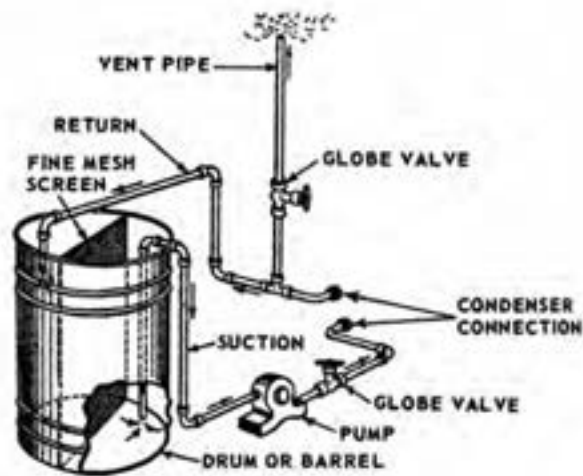
آب سرد در لوله داخلی کندانسر دو لوله‌ای جریان داشته و گاز داغ نیز در لوله خارجی به گردش درآمده و پس از تبادل گرما تقطیر و از سمت دیگر کندانسر خارج می‌شود. (شکل ۴-۶)



شکل ۴-۶- کندانسر دو لوله‌ای

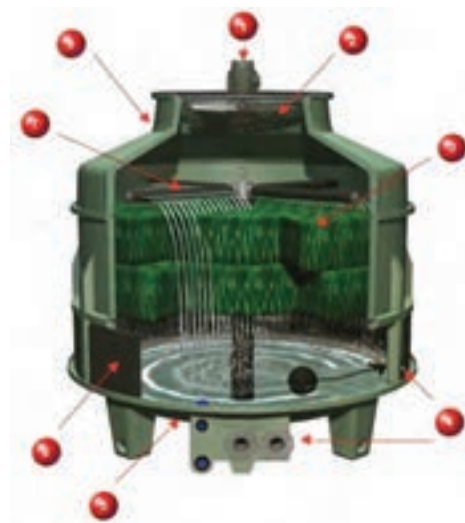
هر قدر مقدار آبی که با دمای معین از کندانسر گردش می کند بیشتر باشد، فشار تقطیر پایین تر می رود و بدین ترتیب هزینه برق کمتر و عمر و دوام کمپرسور بیشتر می شود ولی در صورتی که آب گران قیمت باشد نقطه موازنه ای باید تعیین شود که در مجموع بهترین شرایط اقتصادی کار سیستم را تامین کند.

پس از مدتی در اثر گردش آب بر روی جداره داخلی لوله ها و کویل کندانسر آبی رسوب ایجاد می شود که مانع از انتقال گرما بین گاز مبرد و آب خواهد شد. برای رسوب گیری از اسید با غلظت پایین استفاده می شود. برای این کار مطابق شکل ۷-۴ داخل مخزن اسید ریخته شده و توسط یک پمپ آن را در داخل لوله های کندانسر به گردش در می آورند تا سبب جدا شدن رسوب های داخل لوله شوند. در زمان رسوب گیری شیرهای ورود و خروج آب به سمت برج خنک کن در حالت بسته قرار می گیرند.



شکل ۷-۴- نحوه انتقال مخزن رسوب گیر به کندانسر آبی

در کندانسر آبی گرمای ماده سرمازا به وسیله آب جذب می شود و سپس گرمای آب به یکی از روش های زیر دفع می شود.
 ۱- در صورت امکان تأمین آب تازه با قیمت ارزان، آب گرم خروجی از کندانسر وارد رودخانه یا دریاچه شده و دوباره آب سرد تازه وارد کندانسر می شود.



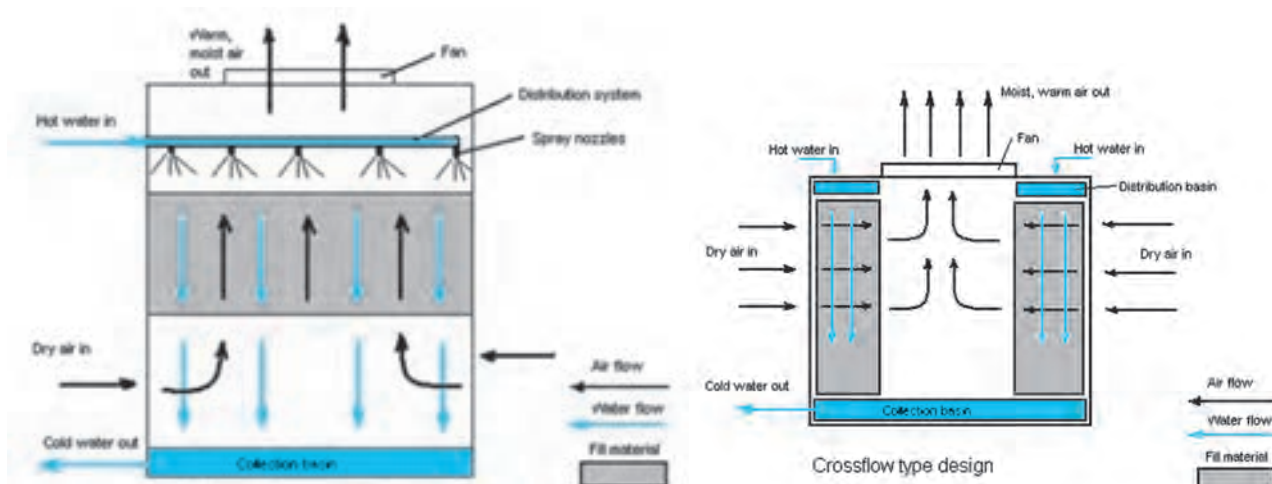
شکل ۸-۴- برج خنک کن

۲- با وارد کردن آب خروجی از کندانسر به یک چاه خشک، آب گرم به زمین منتقل می شود. در جاهایی که ماسه ای باشد و آب را بکشد، می توان چاهی به قطر ۶۱ سانتی متر و عمق ۱۰۰ متر حفر کرد و دیواره آن را آجرچینی کرد و سپس آن را برای دفع کامل آب گرم کندانسرها ۳ تا ۱۰ تنی به کار برد. آب بها در بسیاری از مناطق عامل تعیین کننده ای است و اغلب کشورها اجازه نمی دهند که آب ضایع شود.

۳- به وسیله برج خنک کن، استخر پاشش، گرمای آب به هوای اطراف منتقل می شود. برای بسیاری از تأسیسات سومین مورد بهترین روش است. برج خنک کن و استخر پاشش آب را در تماس کامل با هوای در حال وزش قرار می دهد. شکل ۸-۴ یک برج خنک کن را نشان می دهد. آب از طریق انتقال گرمای محسوس که دمای خشک هوای در حال وزش را بالا می برد تا حدودی خنک می شود ولی دلیل اصلی خنک شدن آب مبادله گرمای نهان تبخیر بخش کوچکی از آن است.

پایین ترین دمایی که می توان بر اثر خنک کردن آب در برج خنک کن به آن رسید معادل دمای مرطوب هواست. در عمل این دما هرگز دست نیافتنی نیست و معمولاً دمای نهایی آب حدود ۲۱ درجه سانتی گراد و بالاتر از دمای تر هوا در همان زمان است. در فصل تابستان بر اثر اتلاف ۹٪ آب در گردش، معمولاً ۱۸ درجه سانتی گراد سرمایش حاصل می شود.

برج های خنک کن را با توجه به عوامل مختلف تقسیم بندی می کنند. برج های خنک کن از نظر نحوه برخورد جریان آب و هوا به دو دسته ۱- جریان هوای متقاطع ۲- جریان هوای مخالف تقسیم بندی می کنند. (شکل ۹-۴)

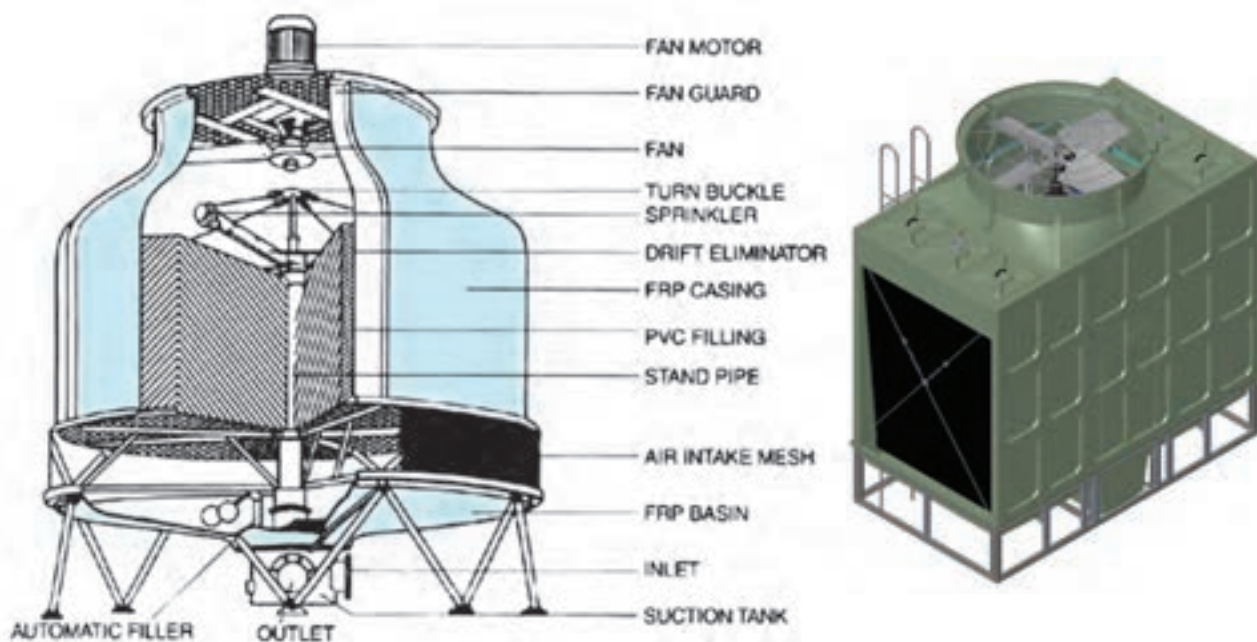


(ب) برج خنک کن با جریان هوای مخالف

(الف) برج خنک کن با جریان متقاطع

شکل ۹-۴- انواع برج خنک کن از نظر برخورد جریان آب و هوا

برج های خنک کن از نظر جنس بدنه نیز به دو دسته ۱- بدنه آهنی ۲- فایبرگلاس تقسیم بندی می شوند. (شکل ۱۰-۴)



(ب) برج خنک کن از جنس فایبرگلاس

(الف) برج خنک کن از جنس آهن

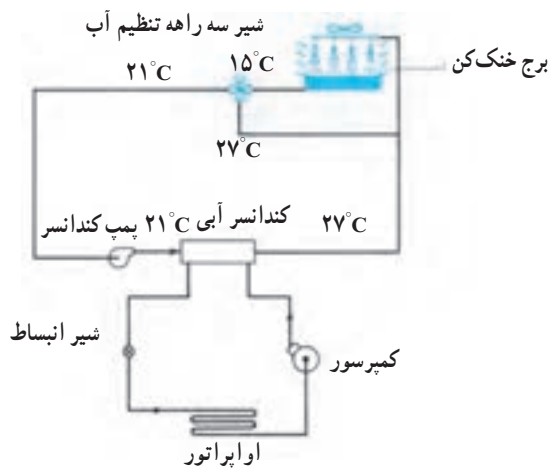
شکل ۱۰-۴- انواع برج خنک کن از نظر جنس بدنه

درون برج‌های خنک‌کن که از بدنه آهنی ساخته می‌شود از بالا به پایین و در فواصل مساوی تعداد زیادی تخته به صورت افقی قرار می‌گیرد. توسط پمپ آب از کف برج به بالا منتقل شده و بر روی چوب‌ها پاشیده می‌شود.

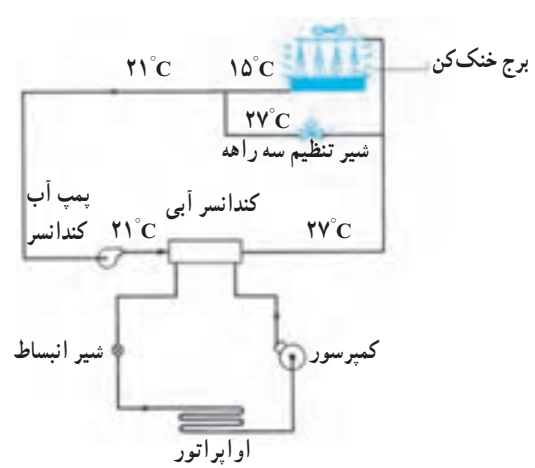
هم‌زمان با ریزش آب از تخته‌های بالا بر روی تخته‌های پایینی مقداری از ذرات آب تبخیر شده و امکان سرد شدن آب را فراهم می‌کنند. در برج‌های خنک‌کن فایبرگلاس به جای تخته‌های چوبی از پکینگ‌های PVC استفاده می‌شود. این پکینگ‌ها با افزایش سطح تماس جریان آب با هوا و همچنین کاهش سرعت جریان آب در خنک‌سازی جریان آب نقش مؤثری دارند. پکینگ‌ها به صورت شبکه‌ای ساخته می‌شوند و از عمر طولانی برخوردارند. در صورت کاهش دمای هوای بیرون در فصل زمستان کندانسرها آب مشکلی کاهش بیش از حد فشار روی مبرد قبل از شیر انبساط دارند. زمانی که درجه حرارت آب به 24°C افت نماید در اولین مرحله برای کاهش ظرفیت برج خنک‌کن و جبران افت فشار مایع مبرد، فن برج را خاموش می‌کنیم.

در مرحله دوم از طریق بای‌پاس کردن آب برج به وسیله شیرهای دوراها و سه راهه شکل ۴-۱۱ و ۴-۱۲ ظرفیت برج را کم می‌کنیم. در هر کدام از این روش‌ها درجه حرارت آب خروجی از برج توسط سنسور حس می‌شود. اگر دما به پایین‌تر از نقطه تنظیم (معمولاً 15°C تا 20°C) برسد.

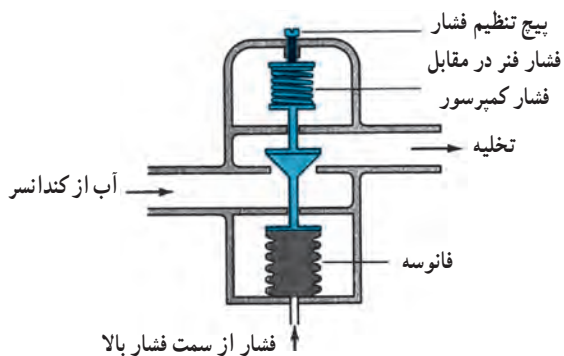
شیر بای‌پاس عمل نمود. تمام یا قسمتی از آب برج بای‌پاس می‌شود تا فشار روی مبرد در کندانسر و قبل از شیر انبساط در حد قابل قبول ثابت بماند. با توجه به بحث بای‌پاس نمودن برج، اگر احتمال یخ‌زدگی آب برج وجود داشته باشد از طریق المنت حرارتی یا تزریق بخار مانع از آن می‌شویم. شکل ۴-۱۳ شیر دو راهه کندانسر و ساختمان و طرز کار آن را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۲- برج خنک‌کن با کنترل از طریق شیر سه راهه



شکل ۴-۱۱- برج خنک‌کن با کنترل از طریق شیر دو راهه



ب) ساختمان و طرز شیر دو راهه کندانسر



الف) شیر دو راهه کندانسر

شکل ۴-۱۳- شیر دوراها کندانسر

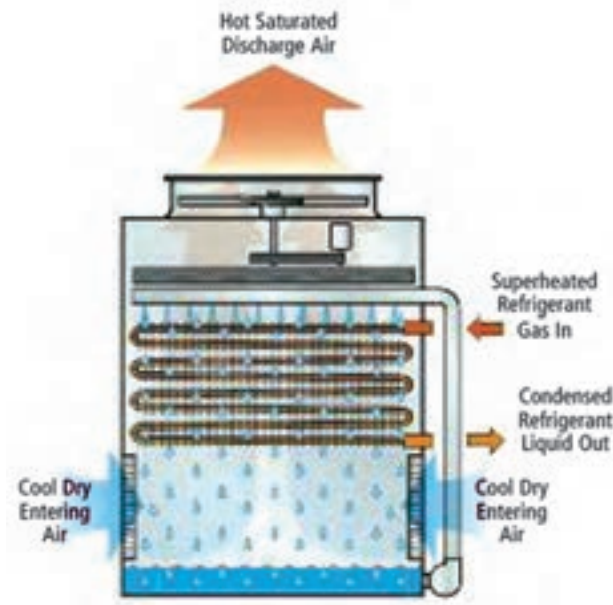
در برج خنک کن با بخار شدن بخشی از آب در جریان سیرکوله برج، بقیه آب خنک می‌شود و میزان مصرف آب تقریباً با این میزان بخار شدن آب برابر است. برای تبخیر شدن یک گالن آب حدود 870°Btu گرما لازم است. به عبارت دیگر با تبخیر هر گالن آب حدود 870°Btu گرما از برج دفع می‌شود. حال فرض کنیم ظرفیت برج خنک کن 100 ton تن تبرید باشد در این صورت:

$$100 \times 120000 = 12000000 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

با تقسیم این عدد به 870° میزان مصرف آب در ساعت 138 گالن یعنی حدود 525 لیتر خواهد بود. البته این عدد با لحاظ نمودن راندمان تبخیر 100° درصدی برای برج می‌باشد که در عمل راندمان برج بین 60° الی 80° درصد خواهد بود لذا تبخیر آب به ازای هر تن سرمایی را حدود 600 لیتر در ساعت در نظر می‌گیرند.

۳-۱-۴- کندانسر تبخیری: کندانسر تبخیری تلفیقی از کندانسر هوایی، کندانسر آبی و برج خنک کن می‌باشد. (شکل

(۴-۱۴)

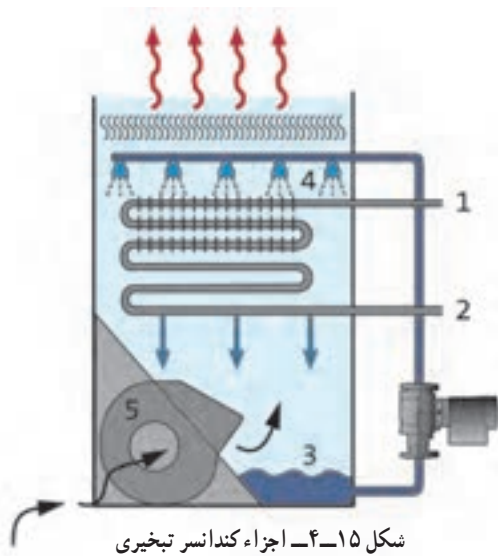


شکل ۴-۱۴- کندانسر تبخیری

طرز کار کندانسر تبخیری طی ۴ مرحله به شرح زیر می‌باشد.

- ۱- بخار متراکم و داغ ماده سرمازا از کمپرسور وارد کویل داخل کندانسر تبخیری شده و گرمای آن به آبی که بر روی کویل پاشیده می‌شود انتقال می‌یابد. در این حالت کویل دائماً با پاشش آب خیس نگه داشته می‌شود.
- ۲- بخشی از آب با گرمای ماده سرمازا تبخیر می‌شود و گرمای نهان تبخیر بسیار بالای آب اثر سرمایشی و تقطیر مناسبی ایجاد می‌کند و بخش کوچکی از آب بخار شده را سرد و مایع می‌کند.
- ۳- آب تبخیر نشده با جذب گرما از ماده سرمازا گرم می‌شود و بنابراین اگر مطابق مرحله بعدی خنک نمی‌شد از لحاظ ایجاد سرمایش بیشتر دیگر قابل استفاده نبود.

۴- هوا از لابه لای ذرات آب در حال ریزش از شیپوره پاشش آب عبور می‌کند و با تبخیر بخشی از آب سرمایش مناسبی ایجاد می‌کند در صورتی که بادزن و شیپوره‌های پاشش آب خوب کار کنند آب در مقایسه با دمای مرطوب هوای خروجی چند درجه خنک تر می‌شود. در حدود 5% آب در گردش تبخیر می‌شود و این کمبود به وسیله یک شیر شناور تأمین و وارد مخزن می‌شود. تبخیر بخشی از آب، غلظت نمک را در آب باقیمانده بالا می‌برد و بنابراین تصفیه و نمک زدایی آب ضروری است. اگر سر ریز کوچک و با ریزش مداوم



تعبیه شود، غلظت نمک در آب مخزن بالا نخواهد رفت. کندانسر تبخیری به صورت واحدهای تکی برای ظرفیت‌های تا ۱۰۰ تن سردسازی ساخته می‌شود و اگر ظرفیت بالاتری مورد نیاز باشد از چند واحد استفاده می‌شود. اما این نوع کندانسر را بیشتر برای واحدهای ۱۰ تا ۵۰ تن بکار می‌برند.

استفاده از این نوع کندانسر در مواردی ضرورت پیدا می‌کند که آب کمیاب یا گرانبه باشد، دفع آب زاید مشکل ایجاد کند یا استفاده از برج خنک‌کن عملی نباشد. کندانسر تبخیری فضای اندکی اشغال می‌کند زیرا کندانسر ماده سرمازا و تجهیزات خنک‌کننده آب با هم تلفیق شده و در یک محفظه جای گرفته‌اند.

شکل ۱۵-۴ اجزا یک کندانسر تبخیری را نشان می‌دهد. شماره ۱ و ۲ محل ورود و خروج آب خنک شونده، شماره ۳ محل جمع شدن آب در کف کندانسر، شماره ۴ افشانک‌های پاشش آب از بالای کندانسر و شماره ۵ فن کندانسر را نشان می‌دهد.

جدول ۱۶-۴- ظرفیت واحد تقطیر بر حسب (kW)

Model Number	Saturated Suction Temperature (°C)										
	6.5	1.5	-3.5	-8.5	-13.5	-16	-18.5	-21	-26	-31	-36
TC-510/AH-12	17.15	14.27	11.96	9.23							
TC-500/AM-12			13.39	10.87	8.70	7.76					
TC-500/AL-12						9.51	8.50	7.64	5.92	4.44	3.14
TC-600/AH-12	19.78	16.66	13.95	11.20							
TC-750/AH-12	25.66	21.27	17.66	14.24							
TC-750/AM-12			22.40	18.05	14.16	12.50					
TC-750/AL-12							10.33	9.00	6.76	5.07	3.82
TC-900/AH-12	33.35	28.07	22.76	18.35							
TC-1000/AH-12	33.50	28.01	23.15	18.63							
TC-755/AH-22	27.65	23.12	19.02	16.91	15.21						
TC-900/AH-22	33.28	27.77	22.64	17.93							
TC-1000/AH-22	41.18	34.32	28.45	23.07	18.26						
TC-500/AL-502							9.21	8.19	6.17	4.65	3.26
TC-600/AL-502						12.56	11.20	9.82	7.40	5.40	3.68
TC-750/AL-502						18.26	16.53	15.02	13.28	10.19	7.61
TC-1000/AL-502						23.09	20.68	18.57	16.57	12.75	9.36
TC-500/WH-12	20.23	16.60	13.28	10.49							
TC-500/WM-12			14.94	11.85	9.20	8.03					
TC-500/WL-12						10.26	9.13	8.00	6.04	4.38	3.02
TC-600/WH-12	22.49	18.49	14.94	11.85							
TC-750/WH-12	27.85	22.72	18.41	14.49							
TC-750/WM-12			24.38	18.94	14.64	12.60					
TC-750/WL-12							11.02	9.43	6.87	4.91	3.62
TC-900/WH-12	36.84	30.19	24.38	18.94							
TC-1000/WH-12	36.99	30.19	24.45	19.31							
TC-755/WH-22	30.33	24.91	20.08	15.70							
TC-900/WH-22	36.99	29.89	23.85	18.79	14.49						
TC-1000/WH-22	44.23	36.52	29.89	23.77	18.34						
TC-1500/WH-22	61.72	47.10	38.63	30.48	24.15						
TC-500/WL-502						13.13	11.47	9.96	8.39	6.43	4.65
TC-600/WL-502						13.74	12.00	10.49	7.67	5.43	3.55
TC-750/WL-502						19.62	17.50	15.40	13.74	10.26	7.55
TC-1000/WL-502						25.06	22.04	19.62	17.21	12.83	9.21

۴-۲- انتخاب کندانسینگ یونیت

برای انتخاب مدل کندانسینگ یونیت از جدول ۴-۱۶ استفاده می‌شود. با مشخص بودن ظرفیت واحد تقطیر بر حسب (kW) و بدست آوردن دمای مکش گاز کمپرسور می‌توانیم مدل کندانسینگ یونیت را تعیین نماییم.

برای محاسبه دمای مکش می‌بایستی اطلاعات زیر را در اختیار داشته باشیم.

- ۱- دمای سالن نگهداری محصول t_i (با توجه به نوع محصول تعیین می‌شود)
- ۲- رطوبت نسبی سالن (با توجه به نوع محصول تعیین می‌شود)
- ۳- اختلاف دمای هوای سالن و ماده مبرد جریان داخل کویل اوپراتور (TD)
- ۴- نوع اوپراتور از نظر جریان هوا (طبیعی یا اجباری)

با توجه به رطوبت نسبی سالن سردخانه و نوع جریان هوا در اوپراتور از جدول ۴-۱۷ مقدار اختلاف دمای سالن و ماده مبرد (TD) را بدست می‌آوریم.

برای بدست آوردن دمای مکش از رابطه زیر استفاده می‌نماییم:

$$T_e = t_i - TD$$

T_e - دمای مکش کمپرسور (معادل دمای جوش مبرد)

t_i - دمای سالن

TD - اختلاف دمای سالن و ماده مبرد

جدول ۴-۱۷ - تعیین TD سردخانه بر حسب تغییرات رطوبت نسبی (TD اختلاف دمای هوای سالن و ماده مبرد جریانی در داخل کویل اوپراتور)

رطوبت نسبی %	اختلاف درجه حرارت (TD) °C	
	هوا با جریان طبیعی	هوا با جریان اجباری
۹۵-۹۱	۷-۸	۵-۶
۹۰-۸۶	۸-۹	۶-۷
۸۵-۸۱	۹-۱۰	۷-۸
۸۰-۷۶	۱۰-۱۱	۸-۹
۷۵-۷۰	۱۱-۱۲	۹-۱۰

پس از تعیین دمای مکش کمپرسور و با داشتن ظرفیت واحد تقطیر به جدول ۴-۱۶ مراجعه و مدل واحد تقطیر را بدست می‌آوریم. برای مثال در صورتی که ظرفیت واحد تقطیر ۱۴kW و دمای مکش کمپرسور 12°C - باشد برای انتخاب مدل ابتدا در بالای جدول دمای مکش $13/5^{\circ}\text{C}$ - را انتخاب کرده و به سمت پایین حرکت می‌کنیم تا به عدد ظرفیت واحد تقطیر برسیم در این ستون سه مدل می‌تواند چنین ظرفیتی را تأمین نماید. مدل‌های $TC-75^{\circ}/AM-12$ ، $TC-75^{\circ}/WM-12$ و $TC-90^{\circ}/WH-22$ برای ظرفیت ۱۴kW و دمای مکش 12°C - مناسب می‌باشد.

از مدل TC-۷۵°/AM-۱۲ برای شرایط اقلیمی که امکان استفاده از کندانسر هوایی باشد استفاده می‌شود و از مدل‌های TC-۷۵°/WM-۱۲ و TC-۹۰°/WH-۲۲ برای شرایطی که امکان استفاده از کندانسر آبی باشد استفاده می‌شود.

مثال: دمای نگهداری سالن ۱۱- درجه سانتی‌گراد و درصد رطوبت نسبی در سالن ۷۷٪ می‌باشد. در صورتی که اواپراتور از نوع فن‌دار بوده و ظرفیت واحد تقطیر ۱۲kw باشد مدل دستگاه واحد تقطیر را بدست آورید.

حل: ابتدا با توجه به رطوبت ۷۷٪ و نوع فن اواپراتور که از نوع اجباری می‌باشد از جدول ۱۷-۴ اختلاف دمای هوای سالن و ماده مبرد TD را بدست می‌آوریم $TD = 8 - 9^{\circ}C$ حال با استفاده از رابطه $Te = Ti - TD$ دمای جوش مبرد که همان دمای مکش مبرد توسط کمپرسور است را بدست می‌آوریم.

$$Te = ti - TD \quad Te = -11 - 9 = -20^{\circ}C$$

در جدول عدد ۲۰- در ردیف دماهای مکش کمپرسور وجود ندارد لذا عدد ۲۱- را انتخاب کرده و در این ستون ظرفیت ۱۲kw را پیدا می‌کنیم و چون این عدد نیز وجود ندارد بزرگترین عدد بزرگتر از ۱۲ را انتخاب نموده و مدل دستگاه را بدست می‌آوریم که عبارتند از مدل‌های:

$$TC-75^{\circ}/AL-502$$

$$TC-75^{\circ}/WL-502$$

در صورتی که این دستگاه در منطقه با آب و هوای خشک به کار برده شود از مدل TC-۷۵°/WL-۵۰۲ استفاده می‌شود و در صورتی که دستگاه در منطقه با آب و هوای مرطوب استفاده شود بایستی از دستگاه مدل TC-۷۵°/AL-۵۰۲ استفاده نمود.

در صورت بکارگیری از واحد تقطیر مدل TC-۷۵°/AL-۵۰۲ مشخصات این دستگاه به شرح زیر می‌باشد:

۱- قدرت اسمی دستگاه ۷۵۰۰۰ اسب بخار است. $75000 \times 100 = 7500000 \text{HP}$

۲- کندانسر این دستگاه از نوع هوایی است (A).

۳- دمای مکش کمپرسور در حالت اشباع می‌تواند بین $13/5^{\circ}C$ تا $36^{\circ}C$ باشد.

۴- مبرد بکار رفته در واحد تقطیر R-۵۰۲ می‌باشد.

تحقیق

از هنرجویان بخواهید با مشاهده انواع دستگاه‌های سردکننده موجود در خانه و مغازه‌های مختلف محل زندگی خود و نوع کندانسر آنها را مشخص نمایند.