

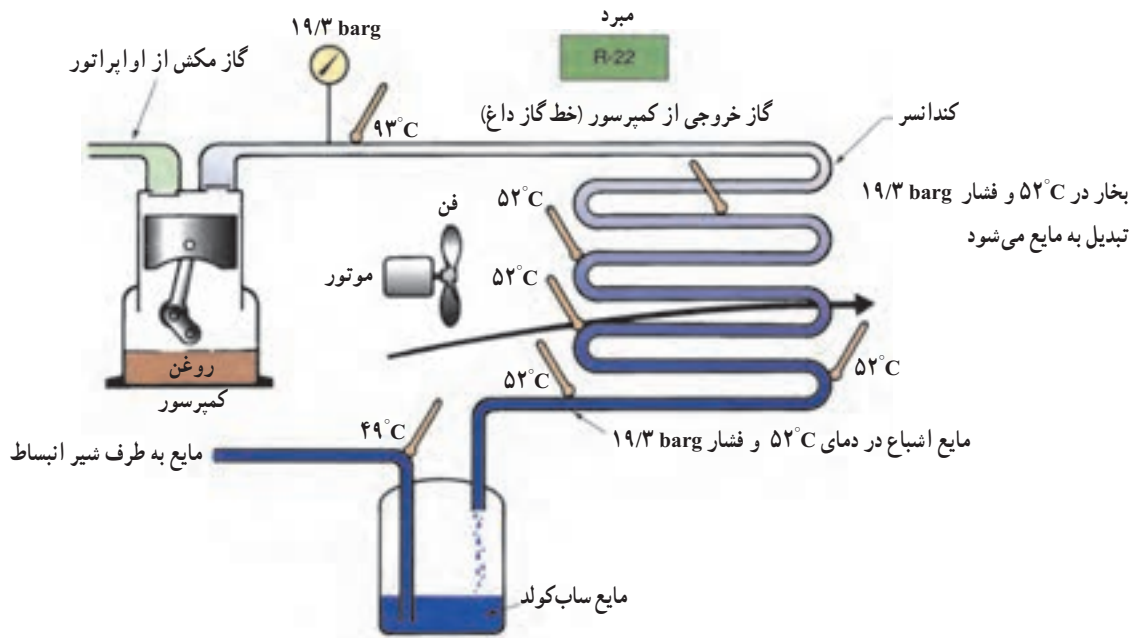
کندانسرها

پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

- ۱- ضریب عملکرد سیستم تبرید را توضیح دهد.
- ۲- انواع کندانسر را نام ببرد.
- ۳- کندانسره‌های هوایی را توضیح دهد.
- ۴- کندانسینگ یونیت را شرح دهد.
- ۵- کندانسره‌های آبی را توضیح دهد.
- ۶- انواع کندانسر آبی را از روی شکل شرح دهد.
- ۷- مقدار آب جریانی در کندانسره‌های آبی را حساب کند.
- ۸- برج خنک کن را توضیح دهد.
- ۹- کندانسر تبخیری را توضیح دهد.
- ۱۰- انتخاب کندانسینگ یونیت را توضیح دهد.

۴- کندانسرها^۱

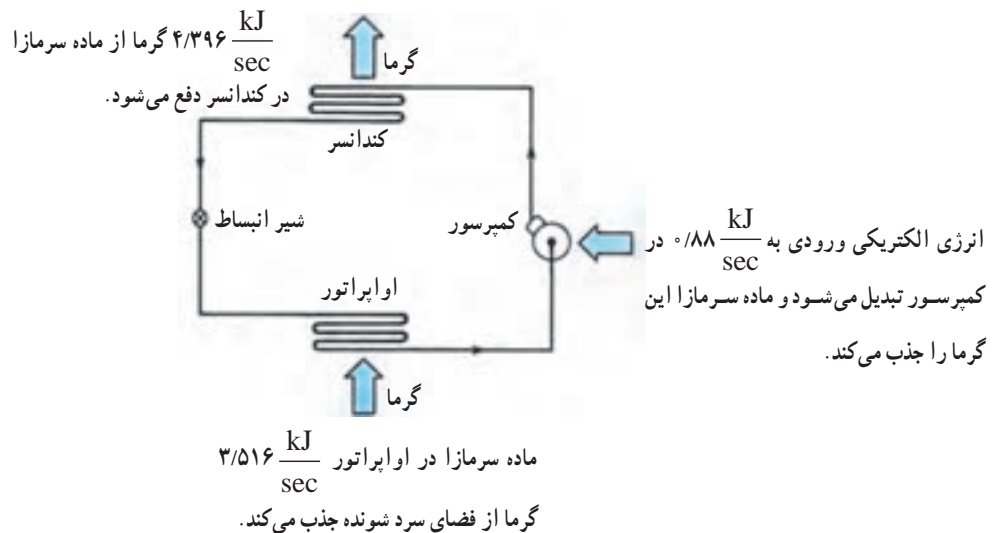
مادهٔ سرمازا پس از تراکم در کمپرسور وارد کندانسر می‌شود. در کندانسر گرمای گاز داغ به هوا یا آب انتقال می‌یابد و تبدیل به مایع می‌شود. گاز داغ ابتدا در کویل‌های اولیه تا دمای اشباع خنک می‌شود و سپس در دمای ثابت به حالت مایع در می‌آید (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱- بخار در داخل کندانسر به مایع تبدیل می شود.

گرمایی که از کندانسر دفع می شود معادل مجموع گرمای در کمپرسور است. (شکل ۴-۲)

جذب شده در واپراتور و گرمای حاصل از تراکم (کار مکانیکی)



شکل ۴-۲- گرمای دفع شده در کندانسر معادل گرمای جذب در واپراتور و گرمای جذب شده در کمپرسور است.

گرمای حاصل از تراکم در کمپرسور + گرمای جذب شده در واپراتور = گرمای دفع شده در کندانسر

$$0/88 = 3/516 + 4/396$$

۴-۱- ضریب عملکرد^۱

برای بیان بازده در سیستم‌های سردکننده از ضریب عملکرد استفاده می‌کنیم. ضریب عملکرد عبارت است از نسبت سرمای ایجاد شده در اوپراتور به انرژی الکتریکی مصرفی در کمپرسور. در شکل ۴-۲ ضریب عملکرد $\frac{3/516}{0/88} = 4$ است که عددی بزرگ‌تر از واحد است یعنی به ازاء هر کیلووات انرژی مصرف شده، ۴ کیلووات سرما حاصل شده است.

۴-۲- انواع کندانسرها

کندانسرها به طور کلی سه نوع هستند:

- ۱- کندانس هوایی
- ۲- کندانس آبی
- ۳- کندانس تبخیری

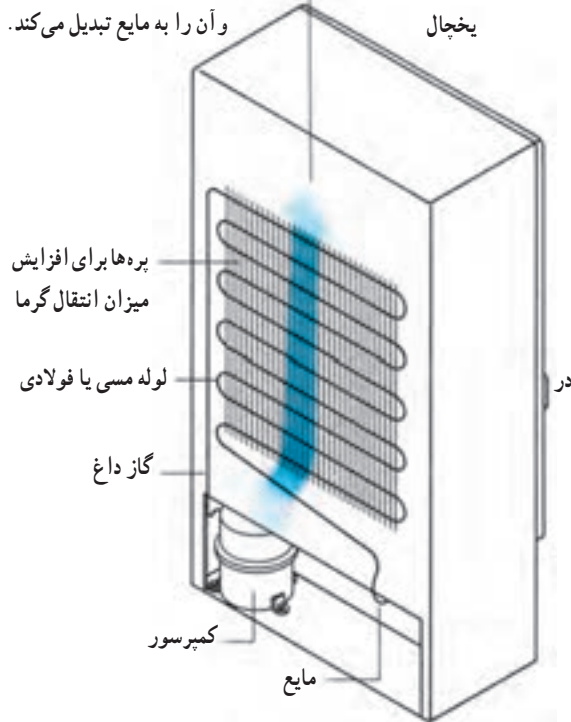
۴-۳- کندانسره‌های هوایی

در کندانسره‌های هوایی برای تقطیر گاز مبرد از هوا استفاده می‌کنند. دو نوع کندانسره هوایی وجود دارد که عبارت است از: ۱- کندانسره هوایی با جریان طبیعی ۲- کندانسره هوایی با جریان اجباری.

در کندانسره با جریان طبیعی هوا، دفع گرما از مبرد به نحوه جابه‌جایی و جریان طبیعی هوا بستگی دارد. این کندانسرها به علت داشتن ساختمان ساده و نداشتن قطعه متحرک، کم هزینه بوده و بسیار مطمئن عمل می‌کنند. ولی به لحاظ محدود بودن سرعت جریان هوا نیاز به یک سطح بزرگ‌تری دارند. لذا به طور معمول از کندانسره‌های نوع طبیعی در یخچال و فریزرهای خانگی استفاده می‌شود. شکل ۴-۳ کندانسره طبیعی نصب شده پشت یخچال از نوع میله و لوله بوده و گاهی این کندانسرها به شکل صفحه و لوله نیز ساخته می‌شوند.

در کندانسره‌های نوع اجباری هوا را توسط فن از میان کوئل کندانسره عبور می‌دهند. شکل ۴-۴ یک نوع کندانسره جریان

هوا به طور طبیعی در کندانسره جریان دارد گرمای ماده سرمازا را جذب کرده و آن را به مایع تبدیل می‌کند.

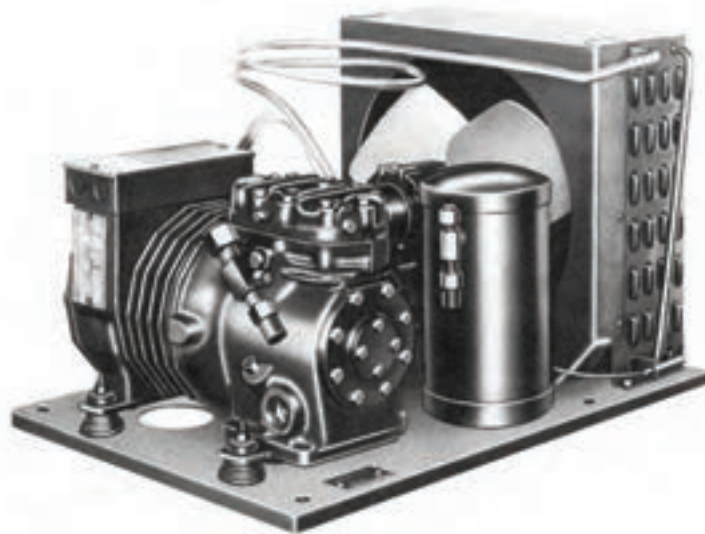


شکل ۴-۳- کندانسره یخچال خانگی

اجباری را در یک مجموعه نشان می‌دهد. این مجموعه را که در آن کمپرسور، کندانسره به همراه کنترل‌های الکتریکی روی یک شاسی سوار شده است، واحد تقطیر یا کندانسینگ یونیت می‌گویند. کندانسینگ یونیت‌ها برای انواع اتاقک‌های برودتی دستگاه یخ‌ساز، فریزرها و سایر تأسیساتی که ظرفیتشان از ۳ton (تن تبرید) تجاوز نکند به کار برده می‌شود. کندانسره‌های هوایی مورد استفاده برای سیستم‌های تا ۱۲۰ton مطابق شکل ۴-۵ به صورت یک واحد مستقل ساخته و به کار برده می‌شوند. در این نوع کندانسرها از چندین فن جهت عبور دادن هوا از روی کوئل استفاده می‌کنند. این کندانسرها برای نصب در هوای آزاد طراحی شده‌اند.

تذکر: دمای تقطیر در کندانسره هوایی ۱۵ تا ۲۰ درجه سلسیوس بیشتر از دمای هوای ورودی به کندانسره است.

۱- coefficient of performance



شکل ۴-۴- کندانسینگ یونیت کوچک



شکل ۴-۵- کندانسینگ یونیت بزرگ

۴-۴- کندانسره‌های آبی

در کندانسره‌های آبی از آب 15°C تا 32°C به عنوان واسطه انتقال گرما استفاده می‌شود. انواع کندانسره‌های آبی عبارت‌اند از:

۱- پوسته و لوله

۲- پوسته و کویل

۳- لوله داخل لوله (دو لوله‌ای) که در شکل‌های ۴-۶ و

۴-۷ انواع کندانسر آبی نشان داده شده است.

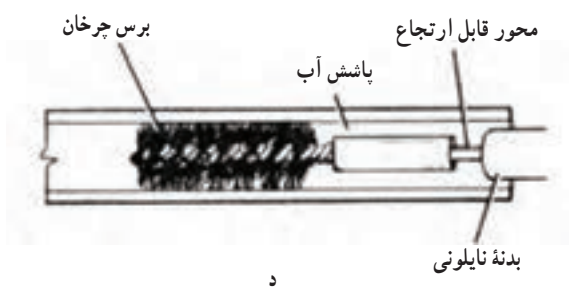
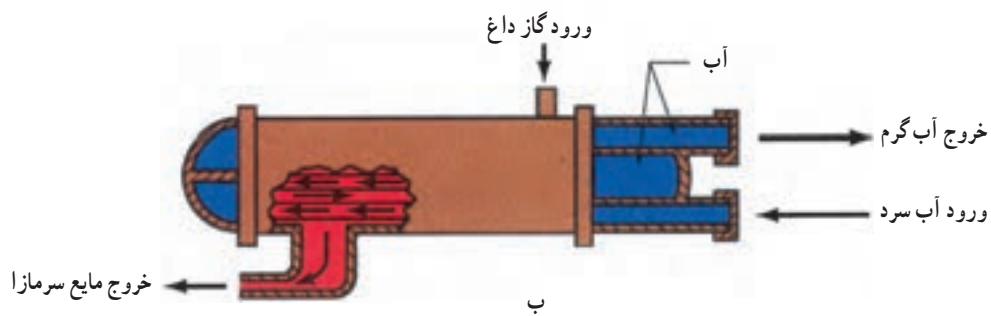
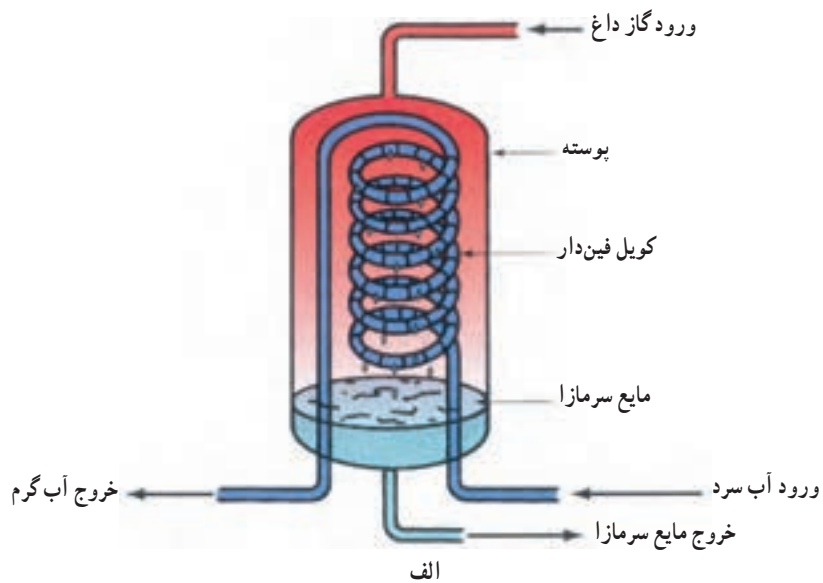
در کندانسره‌های آبی آب وارد لوله یا کویل می‌شود و گاز

داغ از سمت مخالف ورود آب، وارد پوسته می‌گردد. گرمای گاز داغ، انتقال یافته در نتیجه آب گرم‌تر می‌شود و گاز داغ، خنک شده و تقطیر می‌شود. در کندانسره‌های دو لوله‌ای آب وارد لوله داخلی می‌شود.

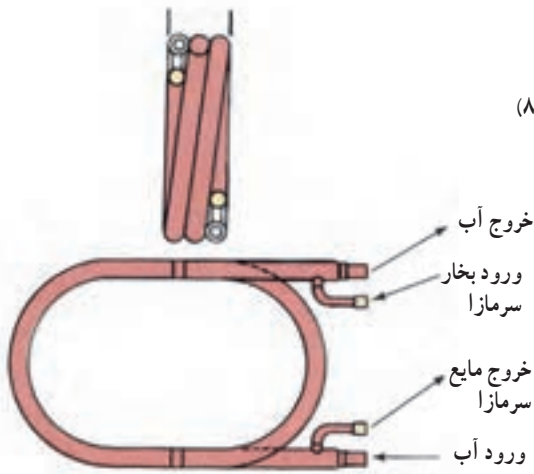
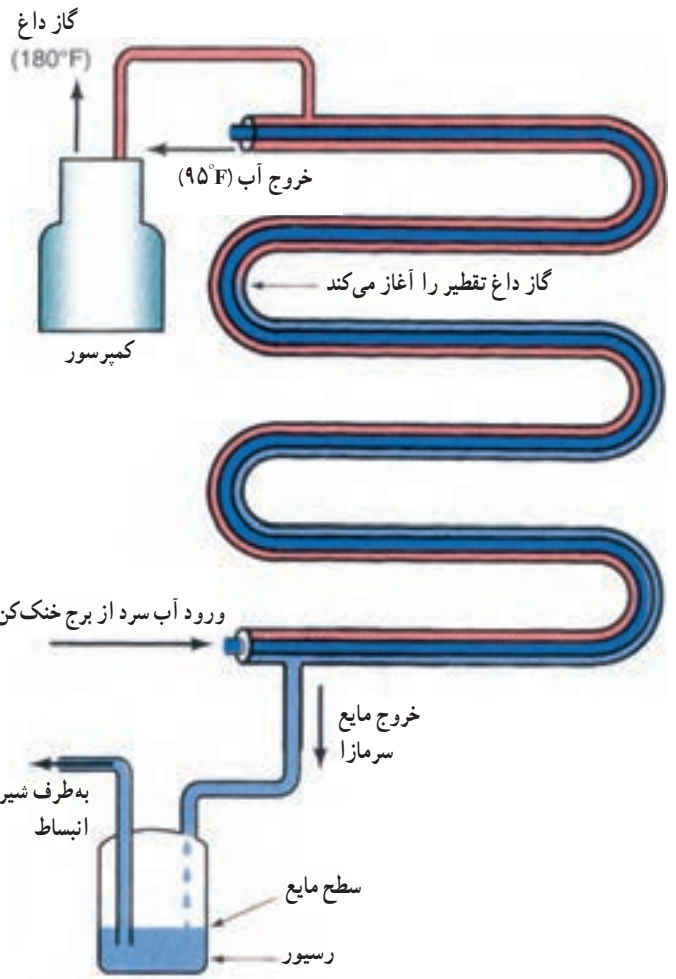
یک نکته عملی و تجربی این است که دمای تقطیر در حدود

16°C بالاتر از دمای آب خروجی از کندانسر و دمای آب خروجی

۱- در کتاب اصلی 1°F آمده است که معادل $5/6^{\circ}\text{C}$ است.



شکل ۶-۴ الف) کندانسر پوسته و کوئل ب) کندانسر پوسته و لوله ج) تمیز کردن لوله‌های کندانسر پوسته و لوله د) برس مخصوص تمیز کردن لوله‌های کندانسر



شکل ۴-۷- کندانسرها در لوله

$$= 63 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$$

$$= 63 \frac{\text{L}}{\text{hr}}$$

مثال: ظرفیت سرمایی یک چیلر ۷ تن است چنانچه از کندانسرها می استفاده شود مقدار جریان آب چند لیتر در ساعت است؟

$$Q = 7 \times 600 \frac{\text{L}}{\text{hr}} = 4200 \frac{\text{L}}{\text{hr}}$$

جریان آب در داخل کندانسرها می تواند مطابق شکل ۸-۴ باشد. آب ورودی می تواند آب شهر، آب رودخانه یا آب چاه باشد. به طور معمول آب خروجی توسط دستگاهی به نام برج خنک کن دوباره مورد استفاده قرار می گیرد.

از کندانسرها حدود 6°C بالاتر از دمای آب ورودی به کندانسرها خواهد بود.

بدین ترتیب به ازاء یک تن سرمایی حدود ۶۰۰ لیتر در ساعت آب لازم است، زیرا

$$Q = mc(t_2 - t_1)$$

$$Q = 1 \text{ تن سرمایی} = 12000 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} = 3516 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

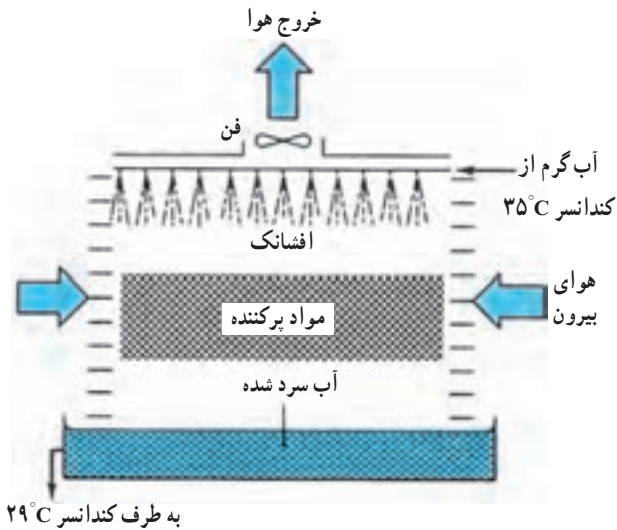
$$15000 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} \approx 4396 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

$$C = 4196 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

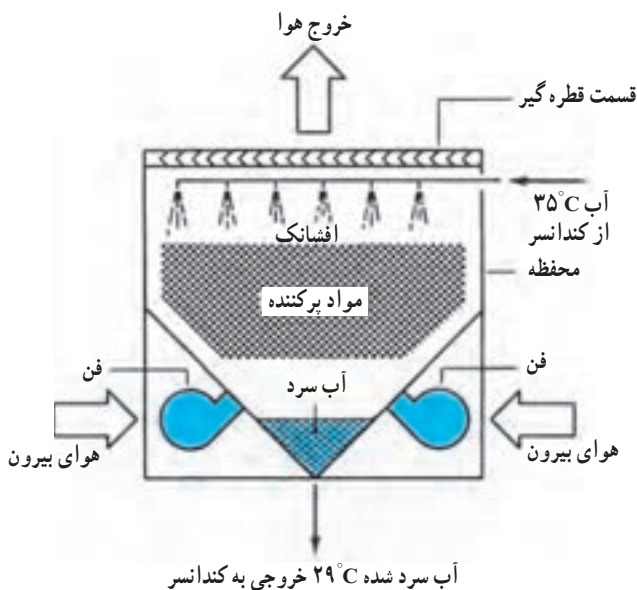
$$m = \frac{Q}{c(t_2 - t_1)} = \frac{4396}{4196 \times 6} = 0.175 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$= 0.175 \times 3600$$

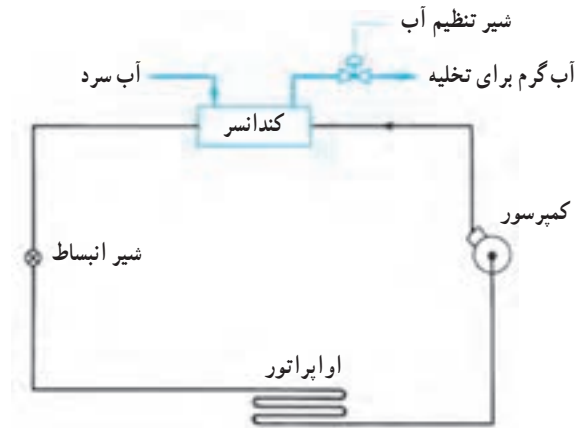
قسمتی از قطرات ریزی که از افشانک‌ها خارج می‌شوند در اثر تماس با هوا به آسانی تبخیر می‌شوند. گرمای لازم برای تبخیر از قسمت تبخیر نشده قطرات گرفته می‌شود و آنها را خنک می‌کند. آب خنک شده در تشتک برج جمع می‌شود و به داخل کندانسر برای استفاده مجدد هدایت می‌شود (شکل‌های ۴-۱۰ و ۴-۱۱). برج خنک‌کن مطابق شکل ۴-۱۲ نیاز به تغذیه تأمین آب تلف شده دارد زیرا در اثر تبخیر^۱، پرتاب به بیرون^۲ و تخلیه اجباری^۳،



شکل ۴-۱۰- برج خنک‌کن با جریان هوای مکشی



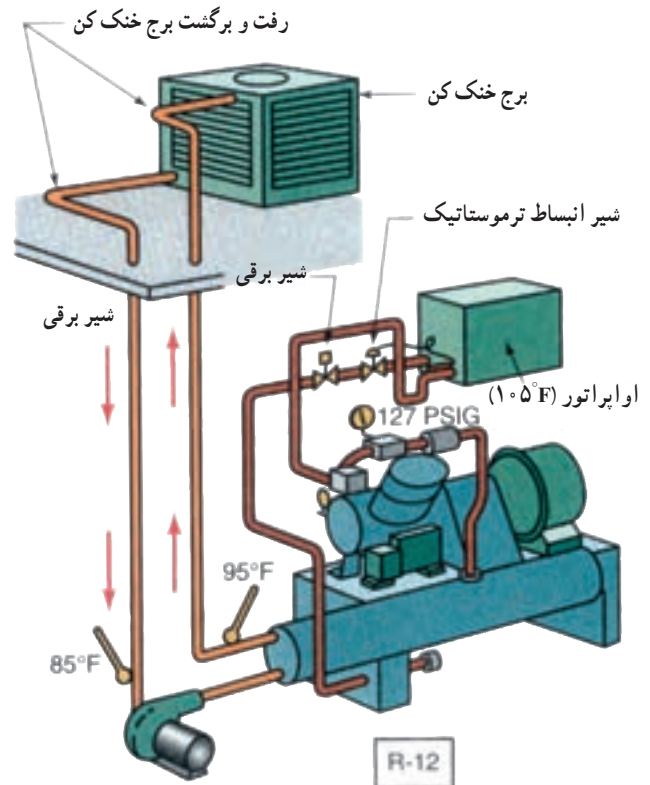
شکل ۴-۱۱- برج خنک‌کن با جریان هوای وزشی



شکل ۴-۸- سیستم تبرید با کندانسر آبی با یک بار مصرف آب

۴-۵- برج خنک‌کن

برج خنک‌کن آب گرم خروجی از کندانسر را خنک می‌کند تا مجدداً در کندانسر مورد استفاده قرار گیرد (شکل ۴-۹). در برج خنک‌کن آب گرم خروجی از کندانسر به افشانک‌ها پمپ می‌شود.



شکل ۴-۹- ارتباط برج خنک‌کن با کندانسینگ یونیت



شکل ۱۲-۴

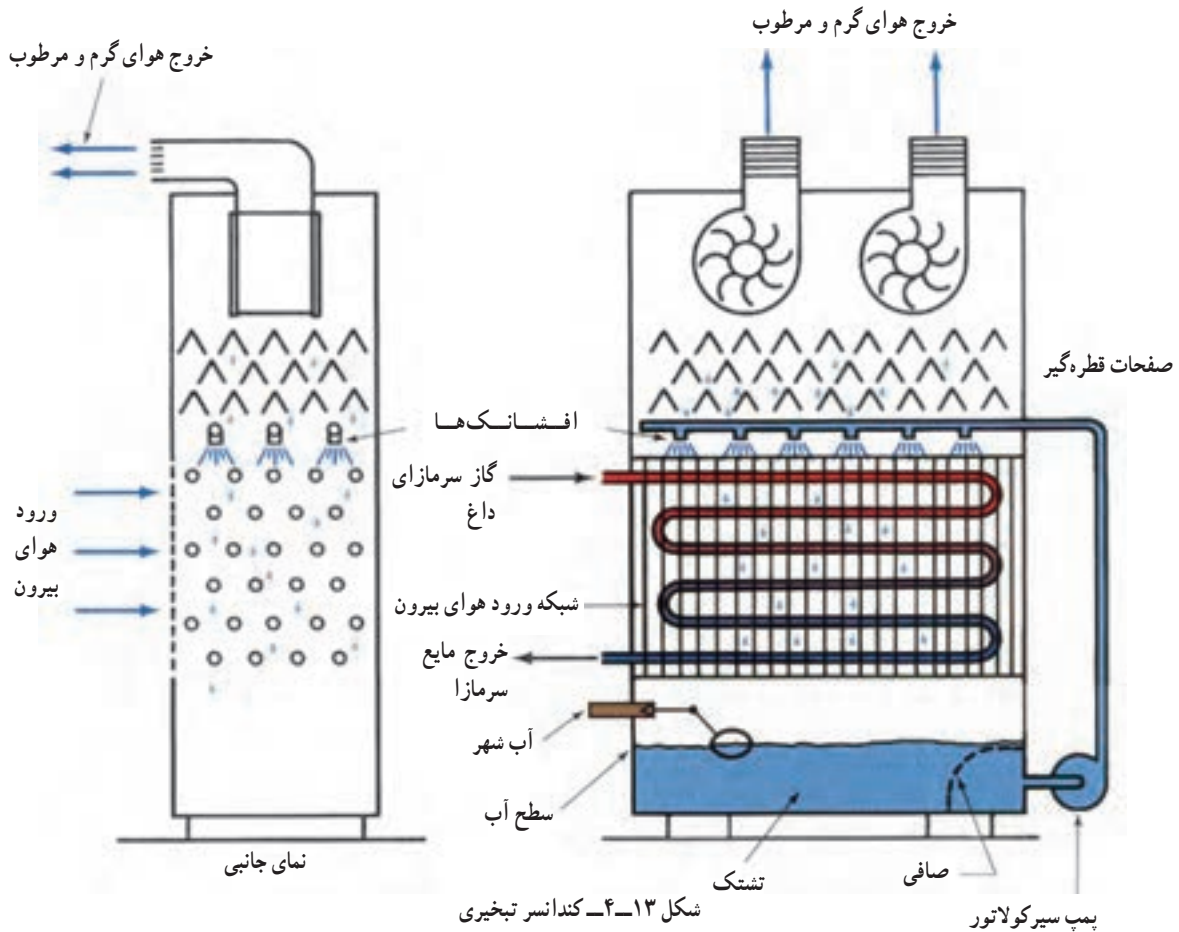
آب برج کم می‌شود و باید جبران شود. فن برج‌های خنک‌کن به دو دسته با جریان هوای مکشی (شکل ۱۰-۴) و جریان هوای وزشی (شکل ۱۱-۴) تقسیم می‌شوند.

در مورد تخلیه اجباری لازم به توضیح است که در اثر تبخیر آب و باقی ماندن املاح در آن غلظت آب زیاد می‌شود و رسوب‌گرفتنی کندانسر بیشتر می‌شود. برای کاهش غلظت آب و نگه داشتن آن در حد قابل قبولی قسمتی از آب تشنگ (۱۰ تا ۲۰ درصد) را تخلیه می‌نمایند.

۴-۶- کندانسر تبخیری^۱

کندانسر تبخیری را می‌توان ترکیبی از برج خنک‌کن و کندانسر در نظر گرفت. در سیستم‌های بزرگ که محدودیت مصرف در برج خنک‌کن وجود دارد و در سیستم کوچک که امکان استفاده از برج خنک‌کن نیست، کندانسر مناسبی است (شکل ۱۳-۴).

در برج‌های خنک‌کن از فن برای عبور دادن هوا از روی مواد پرکننده (مانند چوب) استفاده می‌شود. براساس محل قرارگیری



شکل ۱۳-۴- کندانسر تبخیری

پمپ سیرکولاتور

۱- Evaporative condensers

۷-۴- انتخاب کندانسینگ یونیت (واحد تقطیر)

کندانسرها همراه کمپرسور روی یک شاسی سوار شده به نام کندانسینگ یونیت یا واحد تقطیر خوانده می شوند بنابراین علاوه بر اینکه کندانسرها و کمپرسورها را به طور جداگانه می توان انتخاب نمود بیشتر این دو دستگاه یک جا انتخاب می شود.

برای انتخاب واحد تقطیر در سیستم Si جدول ۱۴-۴ تهیه و تنظیم شده است. در این جدول ظرفیت واحد تقطیر بر حسب کیلووات (kW) داده شده است و مقادیر جدول براساس فرضیات زیر می باشد.

در صورتی که کندانسر هوایی باشد درجه حرارت محیط 32°C فرض شده است.

برای کندانسرها یی دمای آب ورودی 24°C و دمای تقطیر 38°C فرض شده است.

همان طور که در شکل ۱۳-۴ مشاهده می شود توسط یک یا دو بادزن که در بالای محفظه کندانسر نصب شده اند هوا از پایین به بالا کشیده می شود و از لابه لای کویل های کندانسر عبور می کند. گاز سرمازا از بالا وارد کویل کندانسر شده از پایین خارج می شود. همزمان یک پمپ جریانی آب را از تشتک گرفته به افشانک هایی که در بالای کندانسر قرار گرفته است می رساند تا به صورت قطرات ریز بر روی سطح کویل پاشیده شوند. حرکت رو به بالای هوا موجب تبخیر بر روی سطح کویل می شود. عمل تبخیر موجب می شود که گرمای به مراتب بیشتری از ماده سرمازای داخل کویل گرفته شود. و توان دفع گرمای کویل را نسبت به حالتی که فقط هوا از روی آنها جریان یابد بیشتر می کند. علاوه بر این ها پره دار بودن کویل کمک بیشتری به دفع گرما می نماید.

جدول ۱۴-۴ ظرفیت واحد تقطیر بر حسب (kW)

Model Number	Saturated Suction Temperature ($^{\circ}\text{C}$)											
	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	5.50		
TC-1000/AL-502				23.09	20.68	18.57	16.57	12.75	9.36	6.52		
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	3.17
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	5.28
TC-1000/WL-502						25.06	22.04	19.62	17.21	12.83	9.21	6.34

مکش در حالت اشباع می باشد که H به معنی حد بالا (بین 5°C تا 16°C) و L تا 5°C و M یعنی حد متوسط (بین 5°C تا 16°C) می باشند.

۵- اعداد سمت راست (۱۲ و ۲۲ و ۵۰۲) مشخص کننده نوع مبرد به کار برده شده در سیستم می باشد که به ترتیب فریون ۱۲ و فریون ۲۲ و فریون ۵۰۲ را نشان می دهند.

مثال: در صورتی که دمای اشباع گاز مبرد در قسمت مکش کمپرسور 5°C و ظرفیت واحد تقطیر 2 kW باشد مدل واحد تقطیر را تعیین نمایید.

حل: از جدول ۱۴-۴ با توجه به دمای مکش و ظرفیت واحد تقطیر، مدل دستگاه عبارت است (TC-1000/AL-502).

مثال: در صورتی که بخواهیم در سردخانه ای گوشت مرغ منجمد را در 18°C نگهداری نماییم و ظرفیت واحد تقطیر 1 kW محاسبه شده باشد مدل دستگاه واحد تقطیر را تعیین نمایید. با علم بر این که سردخانه در منطقه ای با آب و هوای مرطوب نصب گردیده و اختلاف دمای ماده مبرد جریان با هوای سردخانه 8°C است.

حل: از جدول ۱۴-۴ با داشتن دمای سالن 18°C و $\text{TD} = 8^{\circ}\text{C}$ ، دمای اشباع ماده مبرد در مکش 26°C انتخاب و با توجه به ظرفیت دستگاه از مقادیر متن جدول دو مدل TC750/WL-502 و TC750/AL-502 را می توانیم انتخاب نماییم ولی به لحاظ اینکه سردخانه در منطقه ای با آب و هوای مرطوب نصب شده مدل هوایی TC750/AL-502 را انتخاب می نماییم.

در جدول ۱۴-۴ یازده مقیاس مختلف دمای مکش در حالت اشباع داده شده و ۳۳ مدل TC ارائه گردیده است که با داشتن بار سرمایی سیستم و انتخاب یک دمای مناسب برای گاز سرد اشباع ورودی به کمپرسور می توان مدل و مشخصات مناسبی برای واحد تقطیر انتخاب نمود.

برای انتخاب دمای مناسب برای گاز ورودی به کمپرسور با توجه به نوع محصول از جدول مشخصات گوشت، میوه و سبزی رطوبت نسبتی پیشنهادی را برداشت و مشخص نموده و با معلوم بودن نوع جریان هوا (طبیعی یا اجباری) از روی کویل اوپراتور مقدار TD (اختلاف دمای سالن و ماده مبرد جریانی) را تعیین و از دمای سالن کم می کنیم تا دمای اشباع معلوم گردد. همچنین از جدول بخار اشباع ماده مبرد مورد استفاده می توان فشار خط مکش را نیز به دست آورد.

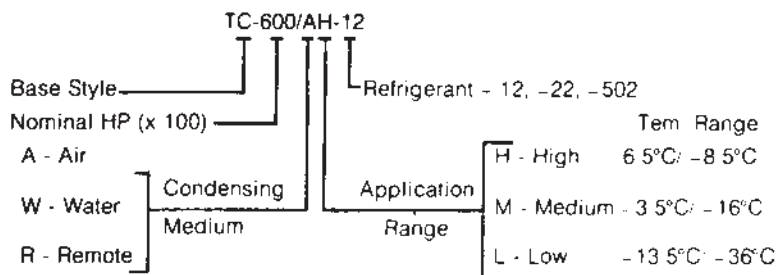
شکل ۱۵-۴ کد راهنمای مدل های واحد تقطیر به عنوان تعیین مشخصات با استفاده از شماره ویا حروف به ترتیب زیر می باشد:

۱- TC نوع مدل واحد تقطیر را نشان می دهد که از طرف کارخانه سازنده تعیین می شود.

۲- سه رقم شماره بعدی حاصل ضرب قدرت اسمی برحسب اسب بخار در عدد ۱۰۰ می باشد $(100 \times \text{HP})$ قدرت اسمی)

۳- حرف A و یا W بعد از اعداد سه رقمی معرف هوا یا آبی است که کندانسر را خنک می کند و R یعنی کندانسر هوایی جدا.

۴- حرف H یا M یا L به ترتیب شاخص حدود درجات



شکل ۱۵-۴ راهنمای کد مدل های واحد تقطیر



۸-۴- پرسش و تمرین

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

- ۱- ورود گاز به کندانسر از کدام قسمت آن می‌باشد؟ (امتحان نهایی - خرداد ۹۱)
- الف) بالا
ب) پایین
ج) وسط
د) بالا یا پایین
- ۲- کدام مورد از انواع کندانسر نمی‌باشد؟
- الف) آبی
ب) هوایی
ج) تراکمی
د) تبخیری
- ۳- کدام مورد از انواع کندانسر هوایی با جریان طبیعی است؟
- الف) صفحه و لوله - پوسته و لوله
ب) صفحه و لوله - پوسته و کویل
ج) میله و لوله - پوسته و لوله
د) میله و لوله - صفحه و لوله
- ۴- با وجود کدام دستگاه می‌توان از آب مصرف شده در کندانسرهای آبی مجدداً استفاده کرد؟ (امتحان نهایی - شهریور ۹۰)

- الف) سختی گیر
ب) صافی
- ج) سختی گیر و صافی
د) برج خنک کن
- ۵- علت تخلیه اجباری آب برج خنک کن چیست؟ (امتحان نهایی - خرداد ۹۰)
- الف) دمای خیلی زیاد یا خیلی کم آب برج
ب) بالا بودن غلظت آب در برج
- ج) دمای خیلی کم آب برج
د) دمای خیلی زیاد آب برج

پرسش‌های درست و نادرست

- ۶- ضریب عملکرد عبارت است از نسبت سرمای ایجاد شده در اواپراتور به گرمای دفع شده در کندانسر.
 درست
 نادرست
- ۷- کندانسرهای هوایی در دو نوع جریان طبیعی و جریان اجباری ساخته می‌شوند.
 درست
 نادرست
- ۸- نصب کندانسینگ یونیت برای فریزرهای تا ظرفیت ۳ton مجاز می‌باشد.
 درست
 نادرست
- ۹- دبی آب مورد نیاز برای کندانسر آبی یک چیلر ۵ تنی برابر با ۲۰۰۰ لیتر در ساعت می‌باشد.
 درست
 نادرست
- ۱۰- برج‌های خنک کن بر اساس محل قرارگیری فن برج به دو دسته جریان هوای مکشی و وزشی تقسیم می‌شوند.
 درست
 نادرست

پرسش‌های کامل کردنی

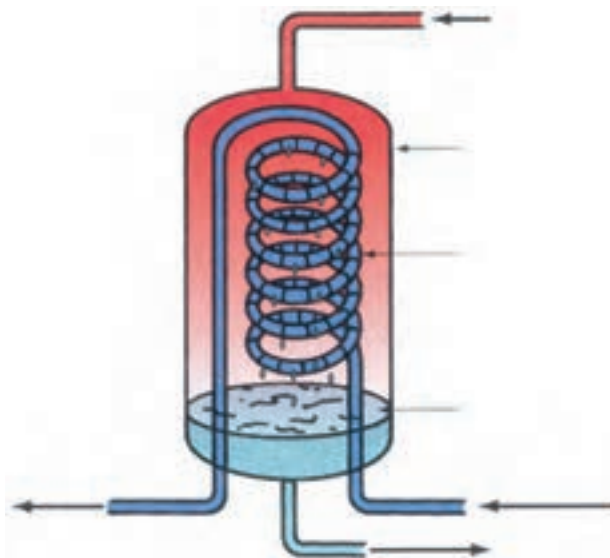
- ۱۱- گرمای دفع شده در کندانسر معادل مجموع گرمای و گرمای است.
- ۱۲- اگر دمای هوای ورودی به کندانسر 32°C باشد دمای تقطیر در کندانسر تا درجه سانتی‌گراد می‌باشد.
- ۱۳- در کندانسرهای آبی از آب با دمای درجه سانتی‌گراد به‌عنوان واسطه استفاده می‌شود.
- ۱۴- برای کاهش غلظت آب در برج خنک‌کن درصد آب برج را تخلیه می‌کنند.
- ۱۵- اگر دمای آب ورودی به کندانسر 3° درجه سانتی‌گراد باشد دمای تقطیر درجه سانتی‌گراد است.

واژه‌های مناسب را در جای خالی بنویسید.

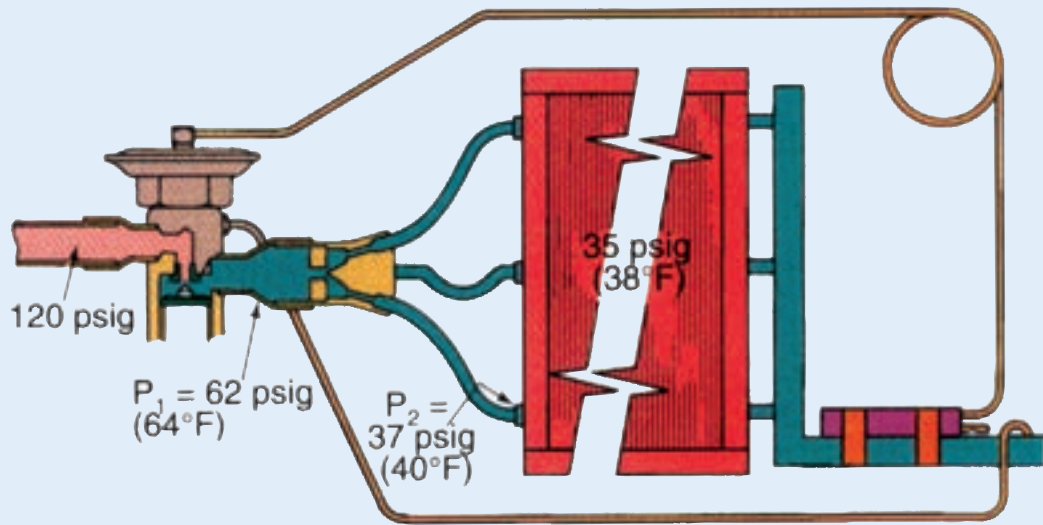
- «قطعه متحرک - ساب کولد - کندانسر - مکشی - اشباع - دو لوله‌ای»
- ۱۶- گاز داغ ابتدا در کویل‌های اولیه کندانسر تا دمای خنک و سپس در دمای ثابت به حالت مایع درمی‌آیند.
 - ۱۷- کندانسرهای هوایی به‌علت نداشتن بسیار مطمئن عمل می‌کنند.
 - ۱۸- کندانسر تبخیری ترکیبی از برج خنک‌کن و می‌باشد.
 - ۱۹- یکی از انواع کندانسرهای آبی، کندانسر می‌باشد.

پرسش‌های تشریحی

- ۲۰- کندانسینگ یونیت را شرح دهید.
- ۲۱- انواع کندانسرهای آبی را نام ببرید.
- ۲۲- شکل زیر کدام نوع کندانسر را نشان می‌دهد؟ با توجه به فلش‌های روی شکل نوع سیال ورودی یا خروجی در هر قسمت را مشخص نمایید.



- ۲۳- طرز کار برج خنک کن را شرح دهید.
- ۲۴- طرز کار کندانسر تبخیری را شرح دهید.



کنترل کننده‌های مایع مبرد

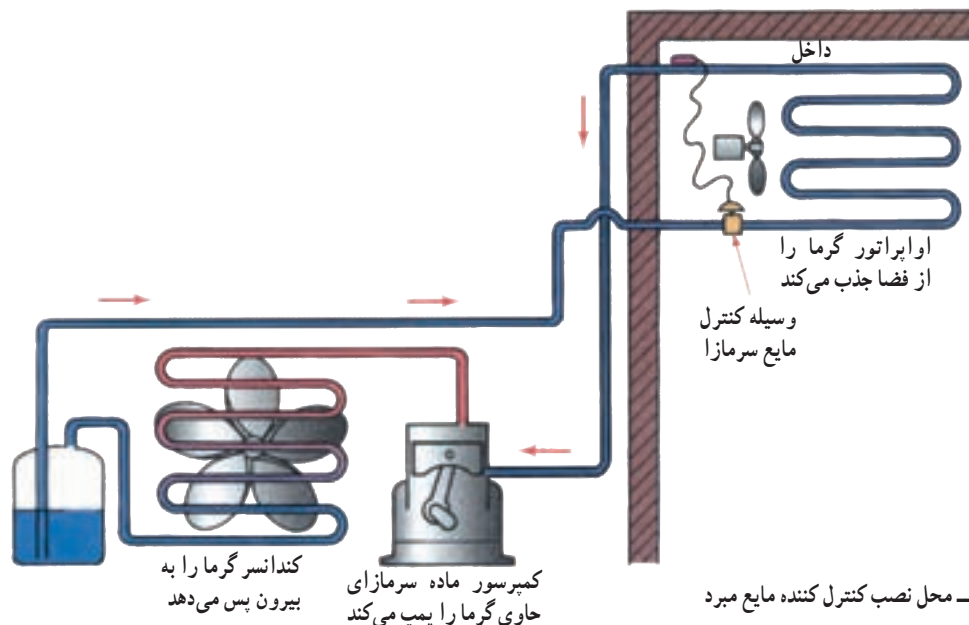
پس از پایان آموزش این فصل از هنرجو انتظار می‌رود بتواند:

- ۱- لوله موئین را شرح دهد.
- ۲- شیر انبساط خودکار را توضیح دهد.
- ۳- شیر انبساط ترموستاتیک را شرح دهد.
- ۴- شیر انبساط الکترونیک را شرح دهد.
- ۵- روش انتخاب شیر انبساط را توضیح دهد.
- ۶- روش انتخاب لوله موئین را شرح دهد.

۵- کنترل کننده‌های مایع مبرد^۱

در مسیر عبور مایع از کندانسرها به اوپراتور از وسایلی به نام کنترل کننده مایع مبرد استفاده می‌شود. وظیفه این وسایل ایجاد افت فشار در مسیر می‌باشد. (شکل ۵-۱)

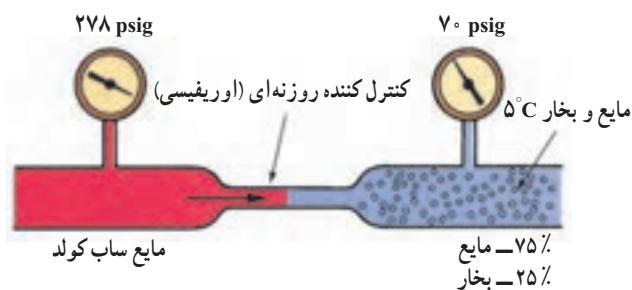
ساده‌ترین کنترل مایع مبرد یک روزنه یا اوریفیس^۲ است.



شکل ۵-۱- محل نصب کنترل کننده مایع مبرد

وجود اوریفیس در مسیر مایع مبرد موجب وقفه در عبور تمام جریان می شود و این اوریفیس نقطه ای است که بخش فشار بالای سیستم را از بخش فشار پایین سیستم جدا می کند.

در شکل ۲-۵ مایع ورودی به اوریفیس دارای فشار ۲۷۸ psig و دمای 11°F است. در حالی که مایع خروجی از آن دارای دمای 41°F می باشد که ۲۵٪ آن به صورت بخار درآمده و ۷۵٪ آن به صورت مایع است. بخار شدن ۲۵٪ از مایع عبوری باعث افت دمای مایع شده و دمای آن را به 41°F می رساند.



شکل ۲-۵- با کم کردن مقطع عبور افت فشار حاصل می شود.

متداول ترین وسایل کنترل مایع مبرد عبارت اند از:

۱- لوله موین^۱

۲- شیر انبساط خودکار^۲

۳- شیر انبساط ترموستاتیک^۳

۴- شیر انبساط الکترونیک^۴ که در شکل ۳-۵ نشان داده

شده اند.

۱- ۵- لوله موین

لوله های موین ساده ترین کنترل کننده مایع مبرد می باشند. که شامل یک لوله با طول معین و قطر کم است که در ورودی او پراتور نصب می شود. چون لوله موین و کمپرسور به طور سری در سیستم بسته شده اند بنابراین ظرفیت جریان در لوله الزاماً برابر ظرفیت تخلیه کمپرسور است. در نتیجه برای کار مؤثر سیستم، طول و قطر لوله موین باید متناسب با ظرفیت تخلیه کمپرسور باشد.

انتخاب صحیح لوله موین بستگی به دو عامل طول لوله و قطر لوله دارد. همان کاری که یک لوله موین کوتاه با قطر کم می تواند انجام دهد لوله موین بلند با قطر بزرگ تر نیز انجام می دهد. لوله با قطر بزرگ تر ترجیح داده می شود زیرا احتمال گرفتگی لوله موین کمتر است.

یکی از مزایای لوله موین این است که به هنگام خاموشی کمپرسور، جریان مبرد از سمت فشار زیاد سیستم به سمت فشار کم



ج



ب



الف

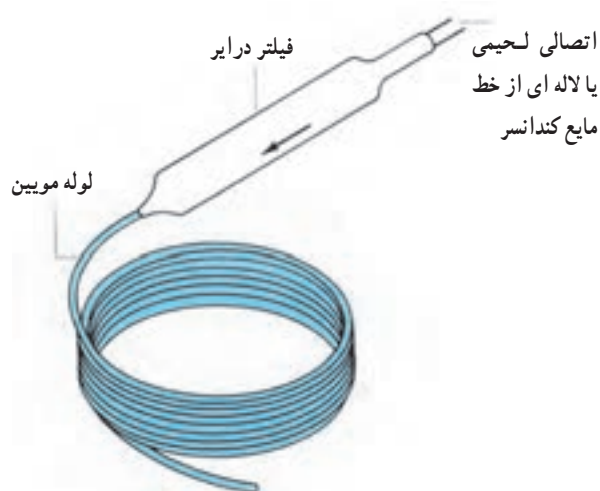
شکل ۳-۵- الف) شیر انبساط خودکار (ب) شیر انبساط ترموستاتیک (ج) شیر انبساط الکترونیک

۱- Capillary tube

۲- Automatic Expansion valve

۳- Thermostatic Expansion valve

۴- solid state controlled Expansion valve



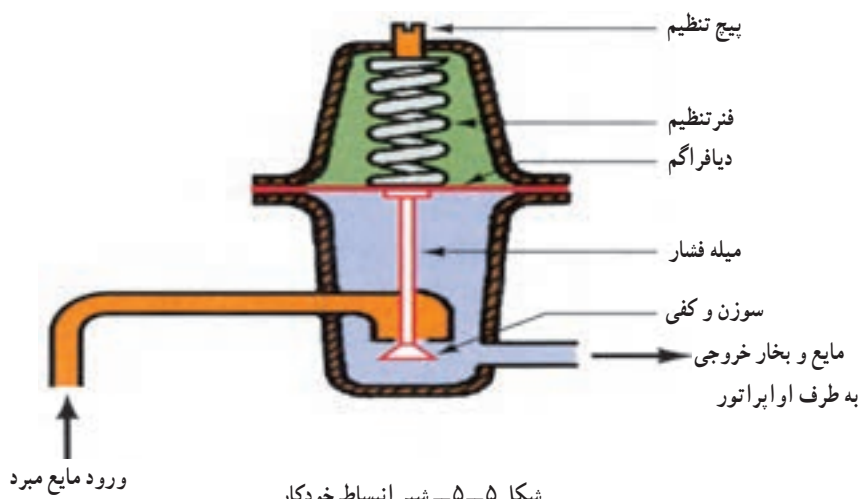
شکل ۴-۵- لوله مویین به همراه فیلتر درایر (برای محافظت در برابر گرفتگی)

ادامه می‌یابد تا تعادل فشار در سیستم برقرار شود. بنابراین کمپرسور بی‌بار راه اندازی می‌شود.

لوله مویین به طور معمول در سیستم‌های تبرید کوچک (در یخچال‌ها، فریزرها و کولرگازی) به کار می‌رود. در شکل ۴-۵ لوله مویین متصل به فیلتر درایر نشان داده شده است.

۲-۵- شیر انبساط خودکار

کار شیر انبساط خودکار حس کردن فشار داخلی اوپراتور و باز و بسته کردن مسیر جریان برای ایجاد یک فشار ثابت در اوپراتور است. فشار خروجی شیر انبساط (همان فشار ورودی اوپراتور) به زیر دیافراگم وارد می‌شود و شیر را در جهت بسته شدن حرکت می‌دهد. و فشار فنر از بالا بر دیافراگم وارد می‌شود و در جهت باز شدن شیر عمل می‌کند. شکل ۵-۵ شماتیک یک شیر انبساط خودکار را نشان می‌دهد.



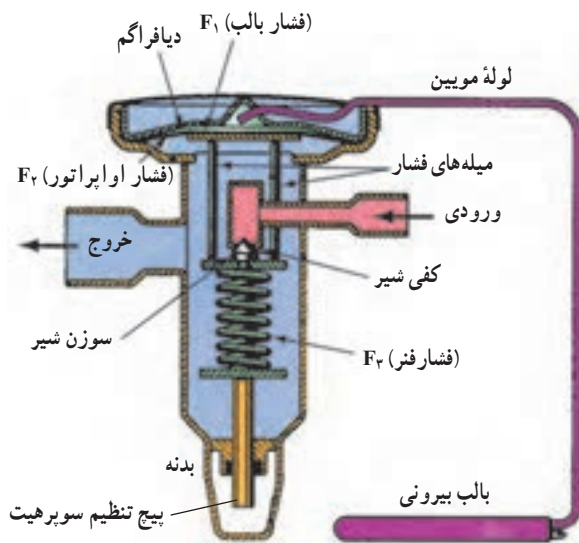
شکل ۵-۵- شیر انبساط خودکار

می‌باشد که این کار با حس کردن دما در قسمت خروجی اوپراتور و در نتیجه افزایش فشار سیال داخل بالب و لوله مویین ممکن می‌شود. شیر انبساط ترموستاتیک براساس سه نیروی حاصل از فشار بالب، فشار اوپراتور و فشار فنر عمل می‌کند. بالب شیر انبساط که خود حاوی همان مبرد داخل سیستم می‌باشد از دمای مبرد خروجی از اوپراتور متأثر می‌شود. فشار به وجود آمده از داخل بالب به قسمت بالای دیافراگم شیر منتقل می‌شود. فشار

این نوع شیر انبساط در تجهیزات کوچک برودتی که بار نسبتاً ثابت دارند استفاده می‌شود و عملکرد آن طوری است که وقتی کمپرسور خاموش می‌شود شیر انبساط بسته شده و تا کمپرسور مجدداً شروع به کار کند، بسته می‌ماند.

۳-۵- شیر انبساط ترموستاتیک

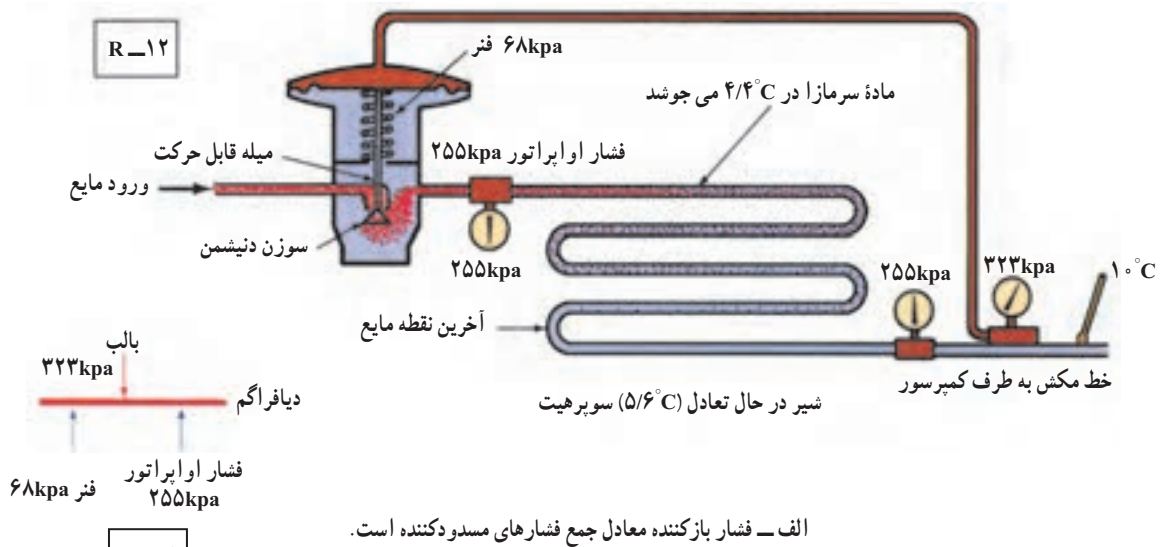
شیر انبساط ترموستاتیک مناسب‌ترین وسیله کنترل مایع مبرد



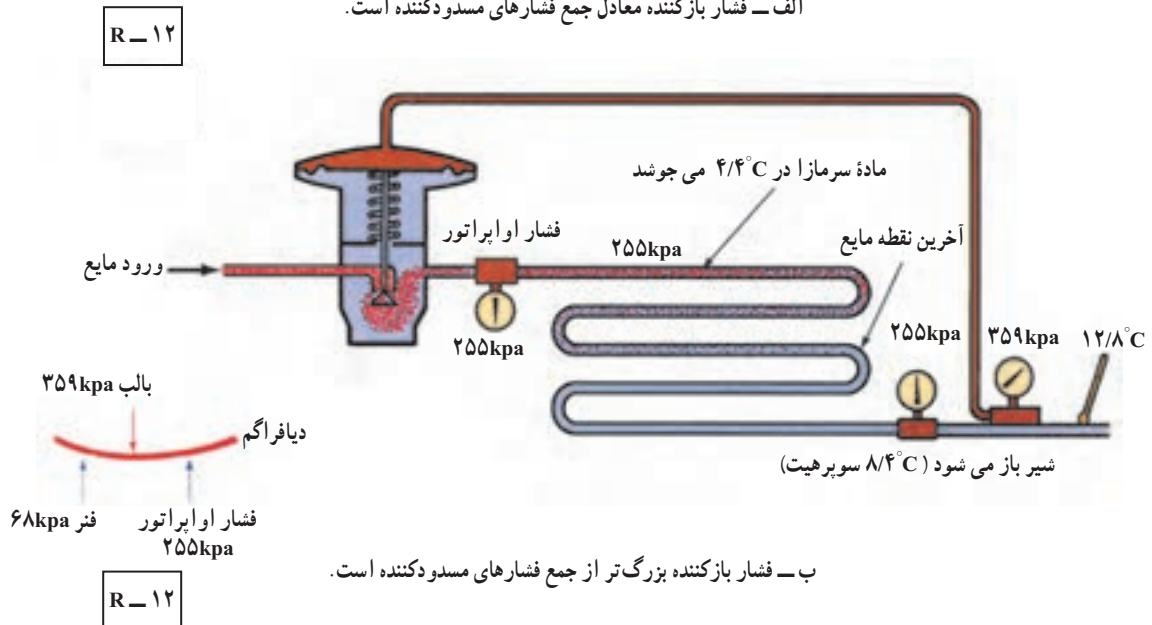
شکل ۵-۶ سه نیروی وارد بر دیافراگم شیر انبساط ترموستاتیک

اوپراتور به زیر دیافراگم منتقل می شود و فشار سوم به وسیله فنر ایجاد می شود که به زیر دیافراگم اعمال می شود. شکل ۵-۶ سه فشار متفاوت وارد شده به دیافراگم شیر انبساط ترموستاتیک را نشان می دهد.

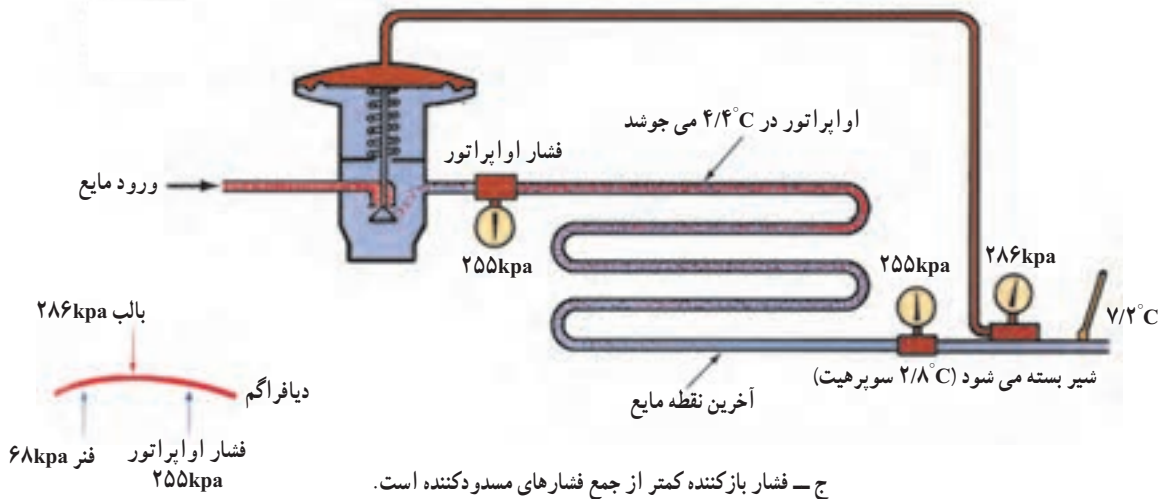
شکل های ۵-۷ سوپرهیت شدن بیشتر و کمتر را نشان می دهد. در تمام موارد مقدار سوپرهیت لازم به فشار فنر بستگی دارد. به این دلیل پیچ تنظیم فنر را «پیچ تنظیم سوپرهیت» می گویند.



الف - فشار بازکننده معادل جمع فشارهای مسدودکننده است.



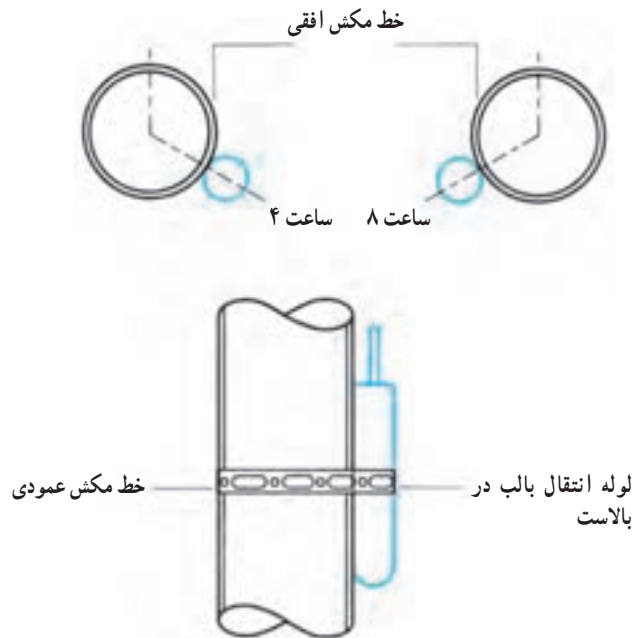
ب - فشار بازکننده بزرگ تر از جمع فشارهای مسدودکننده است.

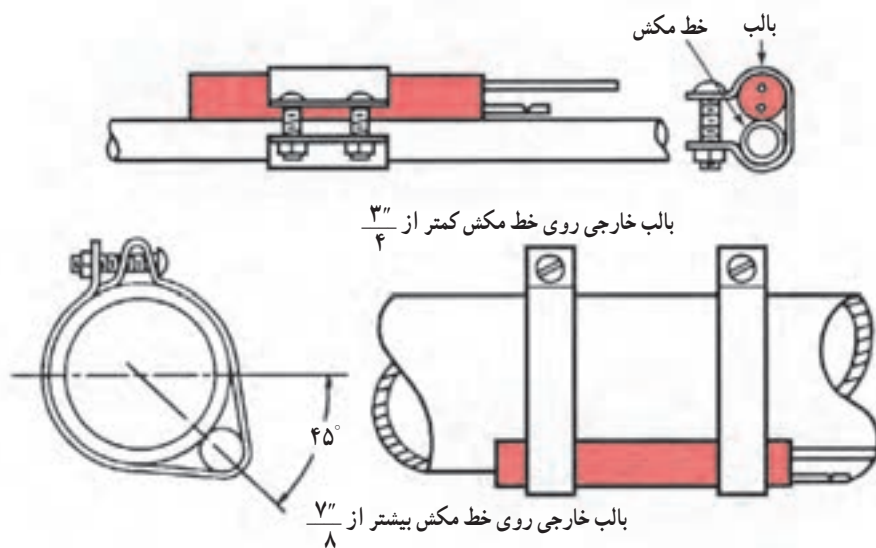


شکل ۷-۵ - چگونگی تنظیم سوپرهیت مبرد در خروج از اواپراتور

کم کند. قبل از نصب بالب حتماً محل آن را روی لوله از هرگونه گرد و غبار و چربی تمیز کنید و با کمر بند مخصوص محکم روی لوله ببندید و به طور مناسب از هوای محیط اطراف ایزوله کنید تا هیچ گونه تأثیری غیر از دمای لوله مکش روی آن اثر نکند. در لوله های مکش عمودی، بالب شیرطوری نصب می شود که لوله انتقال فشار در بالای بالب قرار گیرد.

محل نصب بالب حس کننده دما روی لوله در کارکرد صحیح شیر انبساط ترموستاتیک خیلی اهمیت دارد. موقعیت بالب بر روی لوله افقی مطابق شکل ۸-۵ در موقعیت ساعت ۴ یا ۸ است تا الزاماً به هر اندازه مایع مبرد کم دمایی را که از اواپراتور خارج می شود حس کند. دقت کنید که بالب حس کننده در قسمت زیر لوله موقعیت ساعت ۶ نصب نشود زیرا ممکن است یک لایه نازکی از روغن از داخل لوله به عنوان عایق عمل کند و حساسیت شیر را



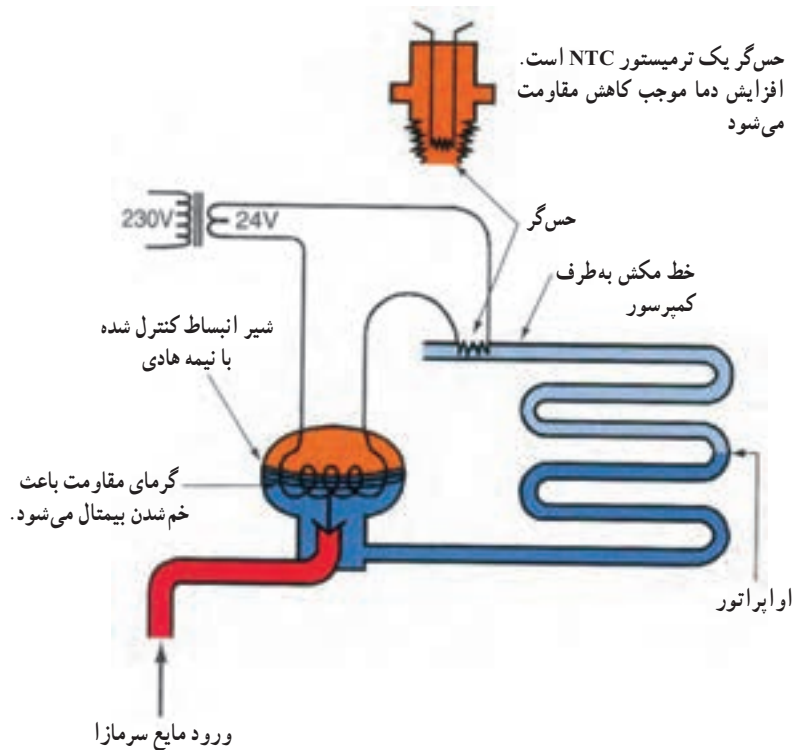


شکل ۸-۵- موقعیت پیشنهادی قرارگیری بالب حس کننده

ترمیستور کم می شود در نتیجه شدت جریان گذرنده از گرم کن بیشتر می شود و گرمای بیشتری توسط هیتر تولید شده و بیمتال شیر را در جهت باز شدن حرکت می دهد تا مایع بیشتری وارد اواپراتور شود. (شکل ۹-۵)

۴-۵- شیر انبساط الکترونیک

در این نوع شیر از یک ترمیستور به عنوان حس گر استفاده شده است وقتی دمای گاز خروجی از اواپراتور بالا رود مقاومت

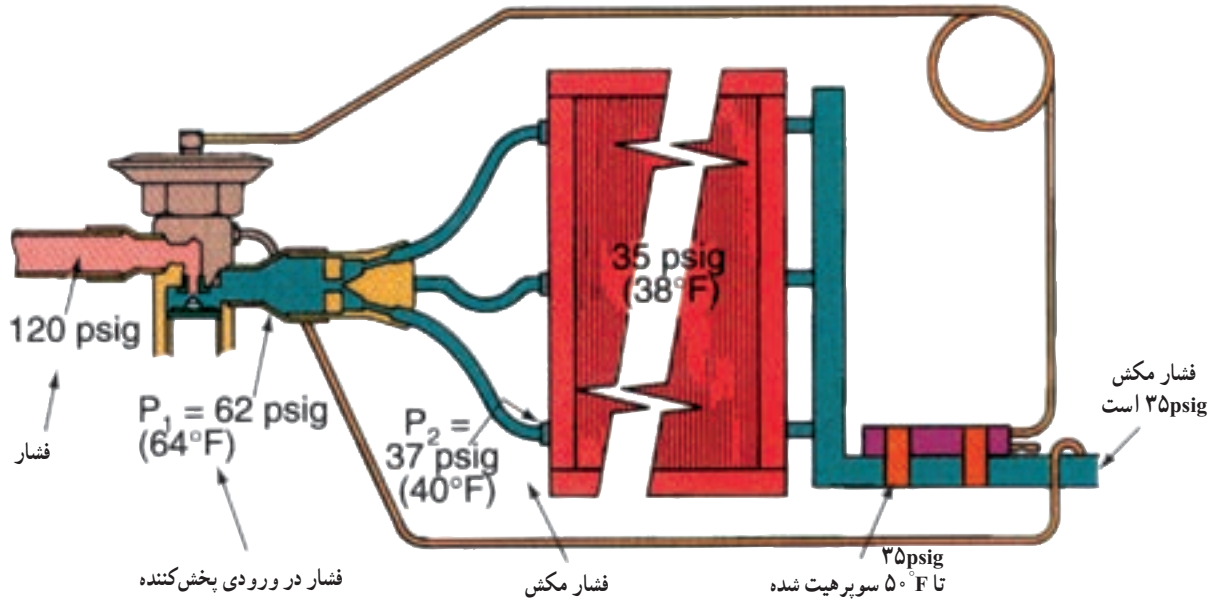


شکل ۹-۵- نحوه عملکرد شیر انبساط الکترونیک

۵-۵- انتخاب شیر انبساط

برای انتخاب شیر انبساط ترموستاتیک باید ظرفیت سرمایی و شرایط کار سیستم معلوم باشد. برای مثال با استفاده کاتالوگ سازنده در شکل ۱۱-۵ می‌بینیم شیر با ظرفیت نامی ۱ تن سرمایی در دمای اواپراتور 2°F هنگامی دارای ظرفیت ۱ تن است که افت فشار در

شیر انبساط ۶۰ psi باشد. اگر دمای محیط 7°F باشد و انتظار رود که افت فشار در شیر در طول سال ۱۲۵ psi باشد قدرت سرمایی شیر $1/3$ تن می‌شود. اگر این شیر در محیطی گرم‌تر قرار گیرد فشار ورودی افزایش یابد همان شیر دارای ظرفیت $1/6$ تن می‌شود زیرا بالارفتن فشار ورودی افت فشار را افزایش می‌دهد. (شکل ۱-۵)



شکل ۱-۵- فشارهای واقعی که در سیستم وجود دارد. افت فشار در شیر انبساط لزوماً برابر با فشار رانش منهای فشار مکش نیست بلکه افت فشار در پخش‌کننده که مقدار قابل توجهی است باید مورد توجه قرار گیرد.

		EVAPORATOR TEMPERATURE ($^{\circ}\text{F}$)															
		+50								+40							
		PRESSURE DROP ACROSS VALVE (psi)															
Model	Nominal Capacity (tons)	40	60	80	100	125	150	175	200	40	60	80	100	125	150	175	200
128	1/4	0.32	0.38	0.43	0.48	0.55	0.60	0.65	0.72	0.30	0.34	0.38	0.43	0.49	0.53	0.55	0.57
223	1/2	0.50	0.67	0.79	0.86	0.95	1.2	1.3	1.4	0.45	0.65	0.75	0.84	0.90	1.0	1.1	1.3
226	1	0.95	1.1	1.2	1.5	1.7	1.8	2.1	2.3	0.90	1.0	1.2	1.4	1.6	1.7	2.0	2.2
228	1-1/2	1.5	1.6	1.9	2.1	2.4	2.5	2.6	2.7	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4
326	2	2.0	2.3	2.6	2.9	3.3	3.4	3.5	3.6	1.9	2.2	2.4	2.6	3.0	3.1	3.2	3.3
328	3	3.1	3.5	4.0	4.5	4.9	5.0	5.1	5.2	3.0	3.4	3.7	3.9	4.0	4.2	4.3	4.4
	4	4.0	5.0	5.9	6.8	8.0	8.5	9.4	10.0	3.5	4.5	5.2	6.0	6.6	7.4	8.0	8.5
426/428	5	4.6	5.7	6.5	7.3	8.5	9.3	10.1	10.8	4.4	5.0	5.3	6.5	7.1	7.9	8.6	9.5
407	7-1/2	7.4	9.1	10.5	11.7	13.0	13.5	14.0	14.4	7.0	8.0	9.3	10.3	11.5	11.7	12.0	12.4
	10	9.4	11.5	13.3	14.8	16.6	17.0	17.6	17.9	9.0	10.2	11.8	13.2	14.6	14.9	15.3	15.6
419	12-1/2	10.0	12.3	14.1	15.8	17.6	18.4	19.0	19.5	10.0	10.8	12.5	14.0	15.6	17.1	18.2	19.3
420	16	13.8	15.7	18.1	20.2	22.6	23.1	24.2	25.0	13.0	13.9	16.0	17.9	20.0	21.9	22.9	24.3
	19	16.2	18.6	21.5	23.9	26.6	27.3	28.4	29.3	15.9	16.5	19.0	21.2	23.6	24.5	25.6	27.5
	25	22.0	24.5	28.3	31.5	34.8	35.5	36.7	37.4	21.0	21.7	25.0	28.0	30.9	31.9	33.7	34.9

Model	Nominal Capacity (tons)	EVAPORATOR TEMPERATURE (°F)															
		CONDITION 1 +20								CONDITION 2 0							
		PRESSURE DROP ACROSS VALVE (psi)															
		60	80	100	125	150	175	200	225	60	80	100	125	150	175	200	225
128	1/4	0.24	0.28	0.31	0.34	0.39	0.44	0.50	0.53	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34	0.36	0.39	0.40
223	1/2	0.50	0.63	0.70	0.79	0.92	1.0	1.2	1.3	0.48	0.55	0.63	0.70	0.88	0.97	1.1	1.2
226	1	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.9	0.89	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8
228	1-1/2	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	2.1	2.2	2.4	1.3	1.4	1.5	1.7	1.9	2.0	2.1	2.2
326	2	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.0	3.2	1.7	2.0	2.1	2.3	2.5	2.6	2.7	3.1
328	3	3.0	3.3	3.5	3.7	3.9	4.0	4.2	4.4	2.8	2.9	3.0	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6
	4	3.2	4.0	4.5	5.6	6.3	7.0	7.6	8.2	3.0	3.5	4.0	4.8	5.9	6.6	7.0	7.8
426/428	5	3.7	4.2	4.7	6.0	7.1	7.6	8.2	8.6	3.5	4.0	4.3	5.2	6.3	7.0	7.5	8.0
407	7-1/2	5.9	6.8	7.6	8.4	9.3	9.6	9.9	10.1	4.6	5.0	5.4	6.0	6.6	7.2	7.8	8.4
	10	7.5	8.6	9.6	10.7	11.6	12.1	12.4	12.7	5.8	6.3	6.9	7.7	8.4	9.2	9.9	10.3
419	12-1/2	7.9	9.2	10.2	11.6	12.4	13.1	14.0	14.9	6.0	6.6	7.3	8.2	9.0	9.7	10.5	11.2
420	16	10.1	11.7	13.1	14.7	16.0	17.2	18.1	19.3	7.9	8.4	9.4	10.5	11.5	12.4	13.1	14.2
	19	12.0	13.9	15.6	17.6	19.0	20.5	21.8	23.0	9.4	10.0	11.1	12.4	13.6	14.7	15.3	16.4
	25	15.9	18.3	20.5	23.0	25.0	26.3	27.7	29.1	12.2	13.0	14.6	16.4	17.9	19.4	20.6	22.0

شکل ۱۱-۵- ظرفیت شیر برای افت فشارهای متفاوت.

حل : با توجه به داده‌های مثال و با مراجعه به نمودار مربوطه انتخاب لوله موین می‌تواند یکی از حالت‌زیر باشد :

لوله موین با قطر داخلی "۵۹" به طول "۵۴"

لوله موین با قطر داخلی "۶۴" به طول "۹۰"

لوله موین به قطر داخلی "۷۰" به طول "۱۲۷"

برای تعویض لوله موین با لوله موین اصلی در صورت نبودن لوله موین اصلی می‌توان از جدول ۱۳-۵ استفاده نمود.

مثال : قطر لوله موین اصلی دستگاه سردکننده "۵۸" و طول برابر "۷۰" است. اگر بخواهیم لوله موین اصلی را با لوله موین با قطرهای داخلی "۵۰"، "۵۵"، "۵۹" عوض کنیم در طول آن چه تغییری حاصل می‌شود؟

حل : با مراجعه به جدول ضریب تعویض را پیدا می‌کنیم.

برای تعویض با قطر "۵۰" طول لوله موین را در ضریب "۵۱" ضرب می‌کنیم.

مثال : اگر ظرفیت سرمایی سیستم ۲ تن سرمایی و دمای اوپراتور 2°F باشد مدل شیر انبساط را با توجه به شکل ۱۱-۵ تعیین کنید. اگر افت فشار در شیر انبساط ۱۷۵psi باشد.

حل : با توجه به شکل در دمای اوپراتور 2°F در ستون مربوط به افت فشار ۱۷۵psi نزدیک‌ترین قدرت سرمایی (۲/۱ تن) را پیدا می‌کنیم. مدل شیر در خط افقی را می‌خوانیم. شیر انبساط مدل ۲۲۸ و ظرفیت نامی $\frac{1}{3}$ تن را انتخاب می‌کنیم.

۶-۵- انتخاب لوله موین

برای انتخاب لوله موین می‌توان از نموداری مانند شکل ۱۲-۵ استفاده کرد.

مثال : برای یک دستگاه برودتی یا ماده سرمایی 5°R دمای مکش $18/3^{\circ}\text{C}$ و سوپر هیت 0°C لوله موین مناسب انتخاب کنید. اگر قدرت سرمایی کمپرسور $\frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$ ۶۰۰۰ فرض شود.

برای تعویض با قطر ۰/۵۹٪ بایستی طول لوله موین را در

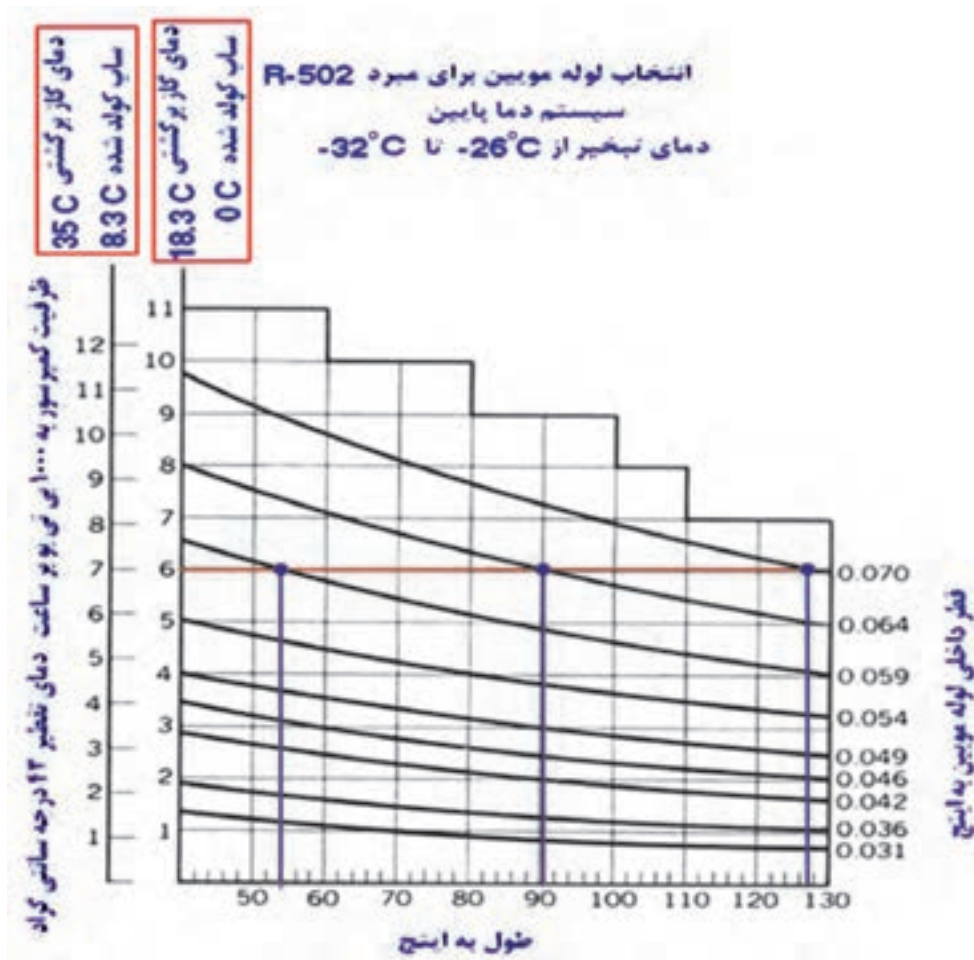
$$۷۰'' \times ۰/۵۱ = ۳۵/۷''$$

برای تعویض با قطر ۰/۵۵٪ بایستی طول لوله موین را در ۱/۵ ضرب کنیم.

$$۷۰'' \times ۱/۵ = ۱۰۵''$$

ضریب ۰/۸۰ ضرب کنیم.

$$۷۰'' \times ۰/۸۰ = ۵۶''$$



شکل ۱۲-۵- انتخاب لوله موین با توجه به ظرفیت سرمایی کمپرسور

جدول ۱۳-۵- 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						



۷-۵- پرسش و تمرین

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

- ۱- کدام مورد حالت میرد خروجی از اوریفیس را بیان می‌کند؟
 الف) ۱۵٪ مایع
 ب) ۶۰٪ مایع
 ج) ۷۵٪ بخار
 د) ۲۵٪ بخار
- ۲- انتخاب صحیح کدام یک از وسایل کنترل کننده میرد به طول و قطر آن بستگی دارد؟ (امتحان نهایی - خرداد ۹۱)

- الف) لوله موین
 ب) شیر انبساط ترموستاتیک و لوله موین
- ج) شیر انبساط الکترونیک و شیر انبساط ترموستاتیک
 د) شیر انبساط الکترونیک
- ۳- شیر انبساط ترموستاتیک در کدام قسمت سیکل تبرید نصب می‌شود؟
 الف) قبل از کمپرسور
 ب) بعد از کمپرسور
 ج) قبل از اواپراتور
 د) بعد از اواپراتور

پرسش‌های درست و نادرست

- ۴- وظیفه کنترل کننده مایع میرد ایجاد افت فشار در مسیر می‌باشد.
 درست
 نادرست
- ۵- لوله موین در یخچال و فریزر و کولر گازی به کار برده می‌شود.
 درست
 نادرست
- ۶- بالب حس کننده شیر انبساط ترموستاتیک در موقعیت ساعت ۲ یا ۵ نصب می‌شود.
 درست
 نادرست

پرسش‌های کامل کردنی

- ۷- ساده‌ترین کنترل کننده مایع میرد می‌باشد.
- ۸- یکی از مزایای استفاده از لوله موین این است که به هنگام خاموشی کمپرسور در سیستم برقرار می‌شود.
- ۹- شیر انبساط خودکار در تجهیزات کوچک برودتی که بار دارند استفاده می‌شود.

پرسش‌های تشریحی

- ۱۰- انواع متداول وسایل کنترل کننده مایع میرد را نام ببرید.
- ۱۱- طرز کار شیر انبساط خودکار را شرح دهید.
- ۱۲- طرز کار شیر انبساط ترموستاتیک را شرح دهید.
- ۱۳- طرز کار شیر انبساط الکترونیک را شرح دهید.