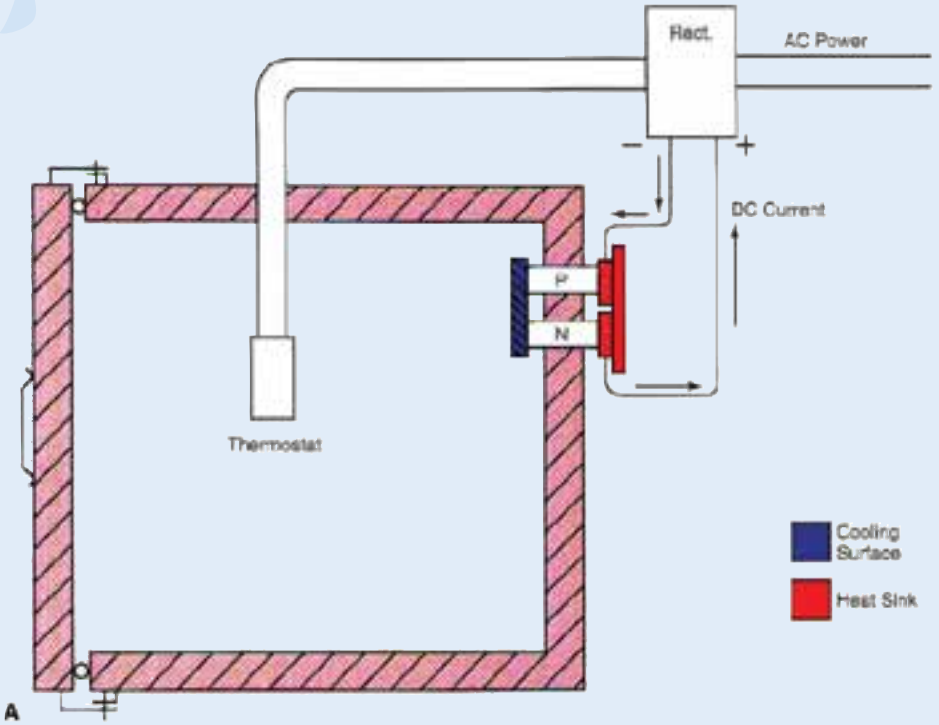
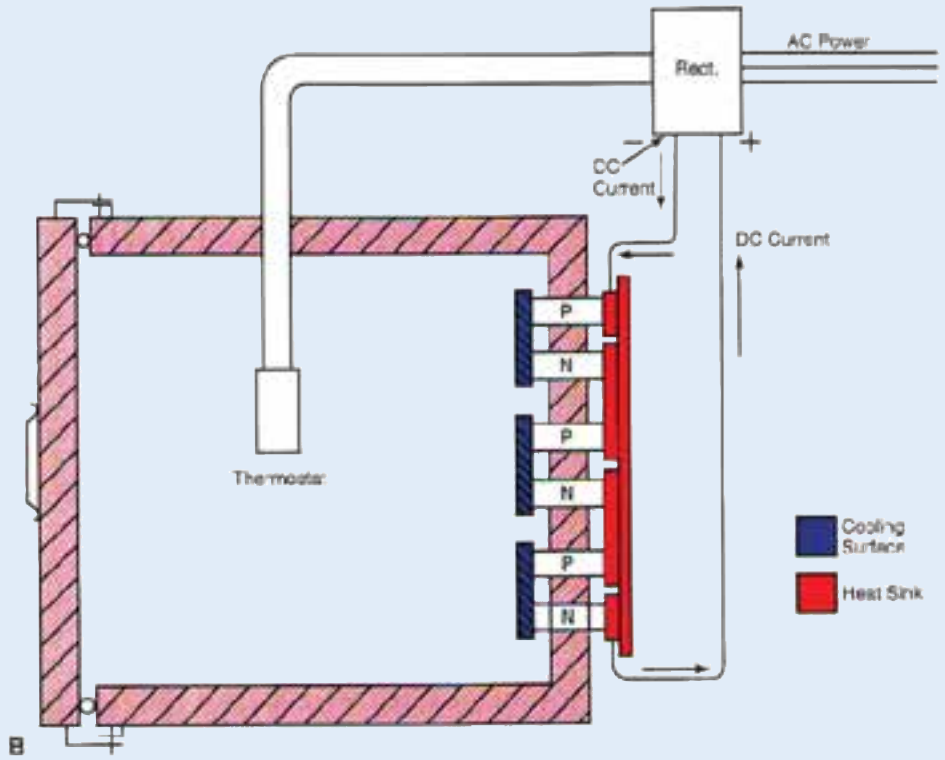
فصل دوازدهم


Rect.
AC Power
DC Current
P
N
Thermostat
Cooling Surface
Heat Sink
A


Rect.
AC Power
CC Current
DC Current
P
N
P
N
P
N
Thermostat
Cooling Surface
Heat Sink
B

فصل دوازدهم

سیستم‌های دیگر تبرید

پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ سیستم تبرید جذبی را تشریح نماید.

۲ــ یخچال جذبی و اصول کار آن‌را توضیح دهد.

۳ــ سیستم تبرید پاششی با مواد مبرد مصرف شدنی را توضیح دهد.

۴ــ سیستم تبرید ترموالکتریک را توضیح دهد.

۱۲ــ سیستم های دیگر تبرید

آن‌چه در فصل های گذشته مورد بحث و بررسی قرار گرفته است مربوط به دستگاه‌هایی است که براساس سیستم تبرید تراکمی کار می‌کنند که در آن‌ها برای گردش ماده سرمازا از کمپرسور استفاده می‌شود و اغلب دستگاه های سردکننده به‌خصوص دستگاه‌های سردکننده خانگی و تجاری براساس سیستم تبرید تراکمی کار می‌کنند. سیستم‌هایی که اجزای اصلی تشکیل‌دهندهٔ آنها حداقل دارای یک کمپرسور، یک کندانسر، یک شیر انبساط و یک اواپراتور می‌باشد.

سیستم‌های دیگر سردکننده سیستم‌هایی هستند که اصول کار آنها با اصول کار سیستم تبرید تراکمی یکی نیست. سیستم‌های تبرید جذبی کریر، سیستم تبرید جذبی سرول (یخچال نفتی)، سیستم تبرید پاششی و سیستم تبرید ترموالکتریک از جمله سیستم‌هایی هستند که در این فصل مورد بررسی و بحث قرار گرفته‌اند.

۱ــ۱۲ــ سیستم تبرید جذبی کریر

سیستم تبرید جذبی از نظر تقطیر ماده سرمازا در فشار و دمای بالا و تبخیر آن در فشار و دمای کم و گرفتن گرما از ماده‌ای که باید سرد شود شبیه سیکل تبرید تراکمی است.

تفاوت عمده و اصلی بین سیستم تبرید جذبی و سیستم تبرید تراکمی در چگونگی انتقال مادهٔ سرمازا از سمت فشار کم به سمت فشار زیاد سیستم است. در سیستم تبرید تراکمی برای این منظور از کمپرسور استفاده می‌شود درحالی که در سیستم تبرید جذبی برای انتقال بخار کم دما و کم‌فشار از یک فرآیند شیمیایی استفاده می‌شود. دومین تفاوت عمده بین سیستم تبرید جذبی و سیستم تبرید تراکمی در نوع ماده سرمازا می‌باشد. ماده سرمازای مورد استفاده در سیستم‌های تراکمی هالوکربن‌ها در انواع مختلف می‌باشد. در حالی که ماده سرمازای مورد استفاده در سیستم جذبی کریر آب است.

به‌کارگیری و استفاده از این سیستم‌ها در شرایط زیر توصیه می‌شود.

۱ــ وقتی که انرژی الکتریکی گران بوده و سوخت ارزان مانند گاز طبیعی در اختیار باشد.

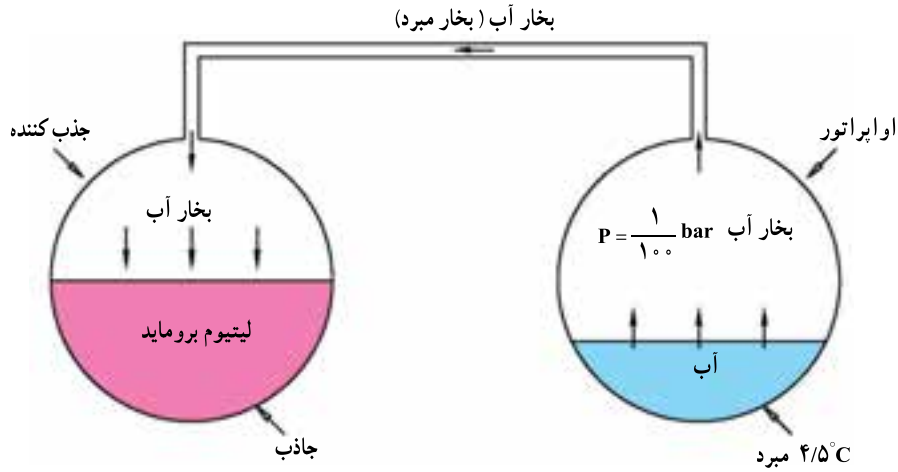
۲ــ وقتی که در تابستان دیگ‌های بخار بلااستفاده باشند.

۱ــ۱ــ۱۲ــ اصول کار سیستم های جذبی : در چیلر جذبی، مایع مبرد آب می‌باشد. می‌دانید که آب در شرایط استاندارد (فشار یک اتمسفر) در $100^{\circ}C$ به‌جوش می‌آید و در فشار یک‌دهم ($\frac{1}{10}$) اتمسفر آب در دمای $43^{\circ}C$ تبخیر می‌شود و در فشار یک صدم ($\frac{1}{100}$) اتمسفر آب در دمای $4/5^{\circ}C$ تبخیر می‌شود.

در این سیستم‌ها از یک مایع دیگری به‌نام لیتیوم بروماید به‌عنوان جاذب استفاده می‌شود تا بخار آب را جذب نماید. انتخاب لیتیوم بروماید به‌عنوان جاذب به‌دلیل داشتن قدرت جذب عالی بخار آب، غیرسمی بودن، غیرقابل انفجار بودن و نداشتن ترکیبات مضر می‌باشد.

برای درک بهتر، سیکل تبرید جذبی را مرحله به مرحله بررسی می‌کنیم.

درشکل ۱ــ۱۲ دو ظرف نشان داده شده است. یکی از ظرف‌ها (اواپراتور) محتوی آب و ظرف دیگر (جذب‌کننده) محتوی لیتیوم بروماید است. اگر بتوانیم هوای داخل دو ظرف را خالی کرده تا حدود $\frac{1}{100}$ اتمسفر (تقریباً خلأ کامل) برسانیم آب داخل اواپراتور در $4/5^{\circ}C$ تبخیر می‌شود (عمل تبخیر گرماگیر است) با تبخیر قسمتی از آب، بقیهٔ آب داخل اواپراتور تا کمتر از $4/5^{\circ}C$ سرد می‌شود.



شکل ۱ــ۱۲ــ مجاورت بخار آب و لیتیوم بروماید در فشار کم باعث جذب بخار آب توسط لیتیوم می‌شود.

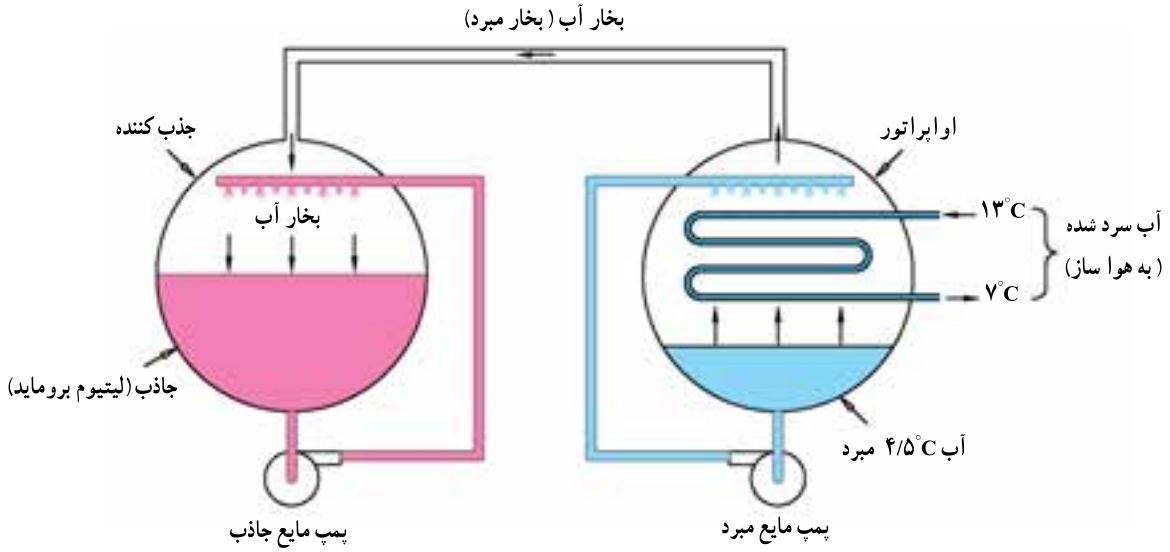
بخار تولید شده در اواپراتور به سمت جذب‌کننده رفته و به‌وسیله محلول لیتیوم بروماید جذب می‌شود. برای استفاده از سرمای تولید شده در اواپراتور می‌توان یک کویل در داخل آن نصب کرد (شکل ۲ــ۱۲).

برای بالا بردن راندمان، دو عدد پمپ به‌عنوان پمپ مایع سرمازا و پمپ مایع جاذب به سیستم اضافه می‌شود. پمپ مایع سرمازا آب سرد را روی کویل ریخته و شدت تبخیر را افزایش می‌دهد و پمپ جاذب، محلول لیتیوم‌بروماید را به‌صورت اسپری در ظرف لیتیوم‌بروماید می‌پاشد، درنتیجه قدرت جذب بخار آب را بیشتر می‌کند. سیستم فوق دارای دو اشکال عمده بوده که بایستی برطرف گردد.

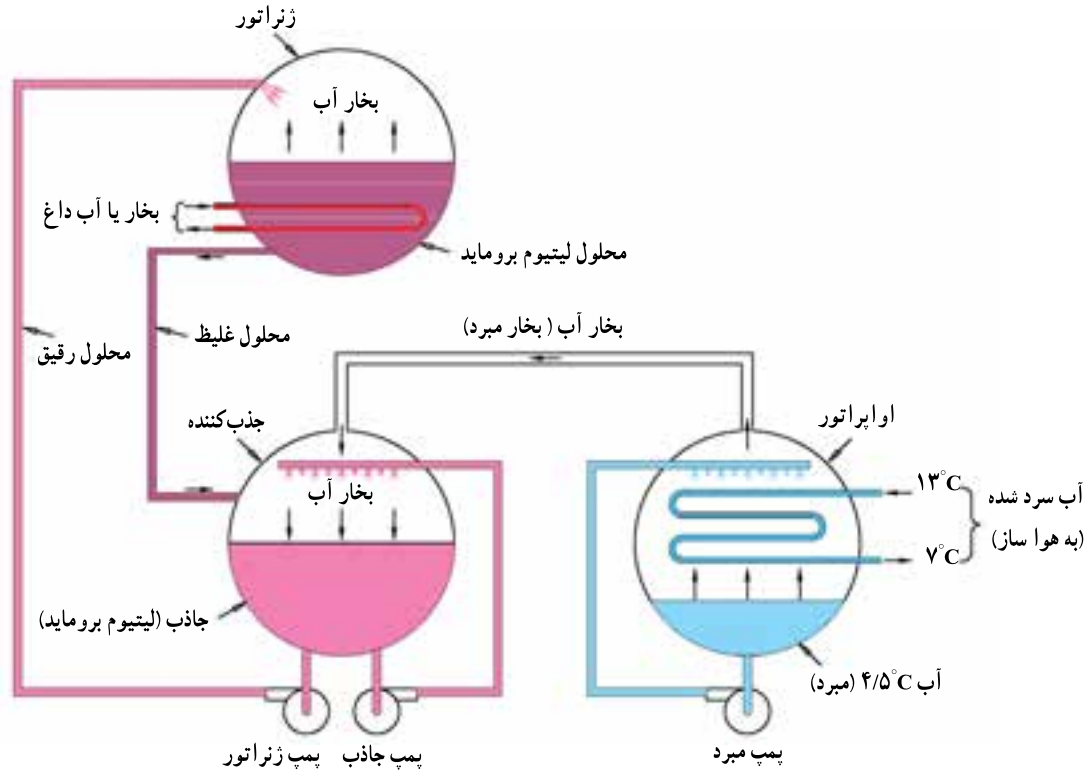
اول این‌که محلول لیتیوم بروماید مرتباً بخار آب را جذب کرده و رقیق می‌شود و نهایتاً پس از مدتی قدرت جذب آب را از دست خواهد داد.

دوم این‌که مایع مبرد (آب) موجود در اواپراتور مرتباً تبخیر شده و کم می‌شود و بالاخره تمام خواهد شد.

برای رفع مشکل اول به سیستم یک دستگاه ژنراتور اضافه می‌کنیم (شکل ۳ــ۱۲) تا محلول رقیق لیتیوم‌بروماید توسط یک پمپ به ژنراتور فرستاده شود و به‌وسیله بخار یا آب داغ به‌صورت غیرمستقیم گرما داده می‌شود. در اثر گرما محلول لیتیوم‌بروماید جوشیده و بخار آب از آن جدا می‌شود. بنابراین محلول باقی‌مانده در ژنراتور محلولی است غلیظ که به سمت جذب‌کننده هدایت می‌شود تا مجدداً بتواند بخار آب بیشتری را جذب نماید.



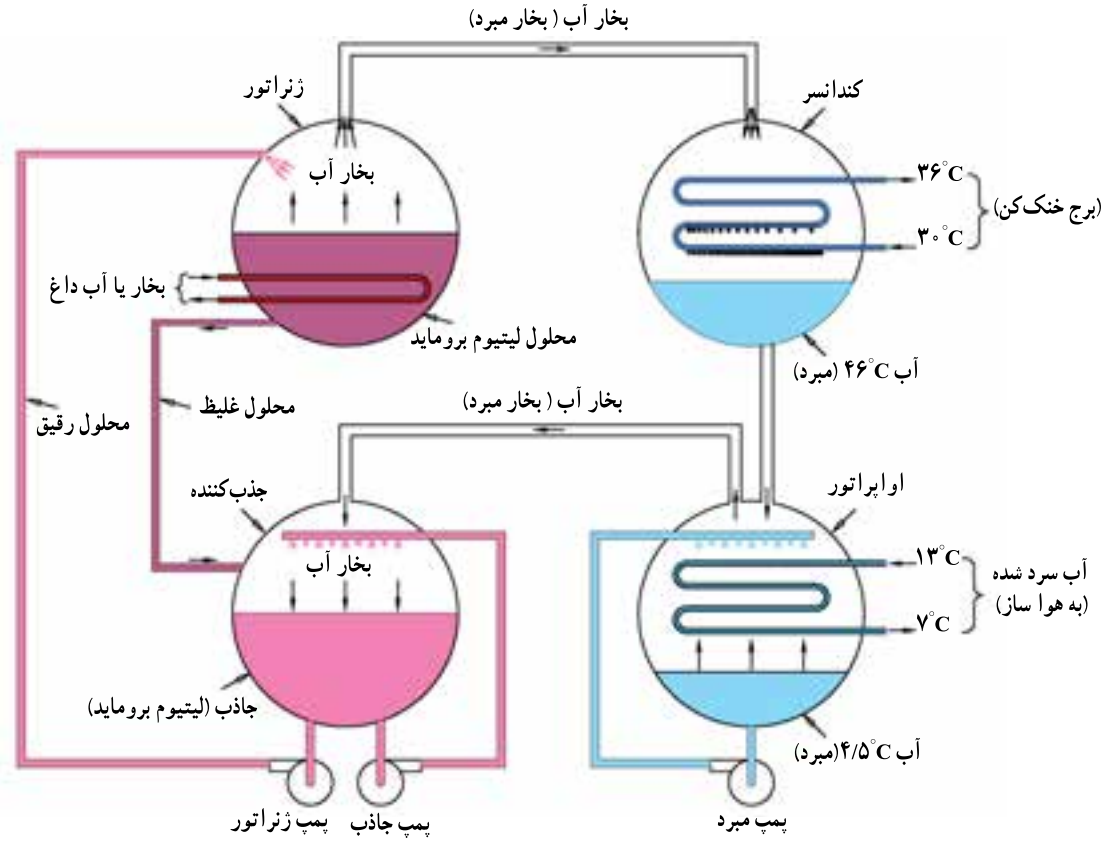
شکل ۲ــ۱۲ــ با نصب دو عدد پمپ برای اواپراتور و جذب‌کننده راندمان بیشتر می‌شود.



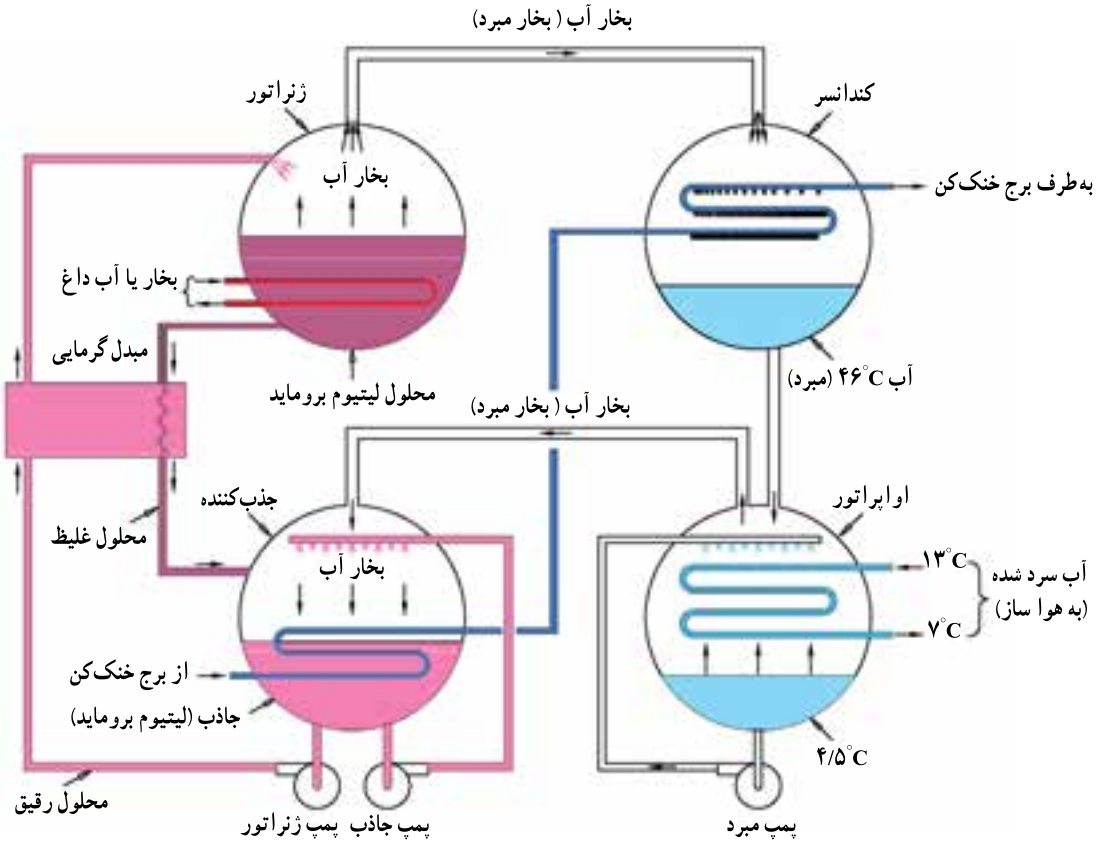
شکل ۳ــ۱۲ــ برای رفع مشکل اول به سیستم یک ژنراتور اضافه می‌کنیم.

برای رفع مشکل دوم به سیستم فوق یک دستگاه کندانسر (تقطیرکننده) اضافه می‌کنیم (شکل ۴ــ۱۲). تا این‌که بخار آب خارج‌شده در ژنراتور بتواند وارد کندانسر شده تقطیر شود و مجدداً به اواپراتور برگردد درنتیجه یک سیکل بسته تشکیل می‌شود.

شکل ۵ــ۱۲ سیکل کامل یک سیستم تبرید جذبی را نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۱۲ــ با اضافه کردن یک دستگاه کندانسر و تقطیر مجدد بخارات آب سیکل بسته تشکیل می‌شود.



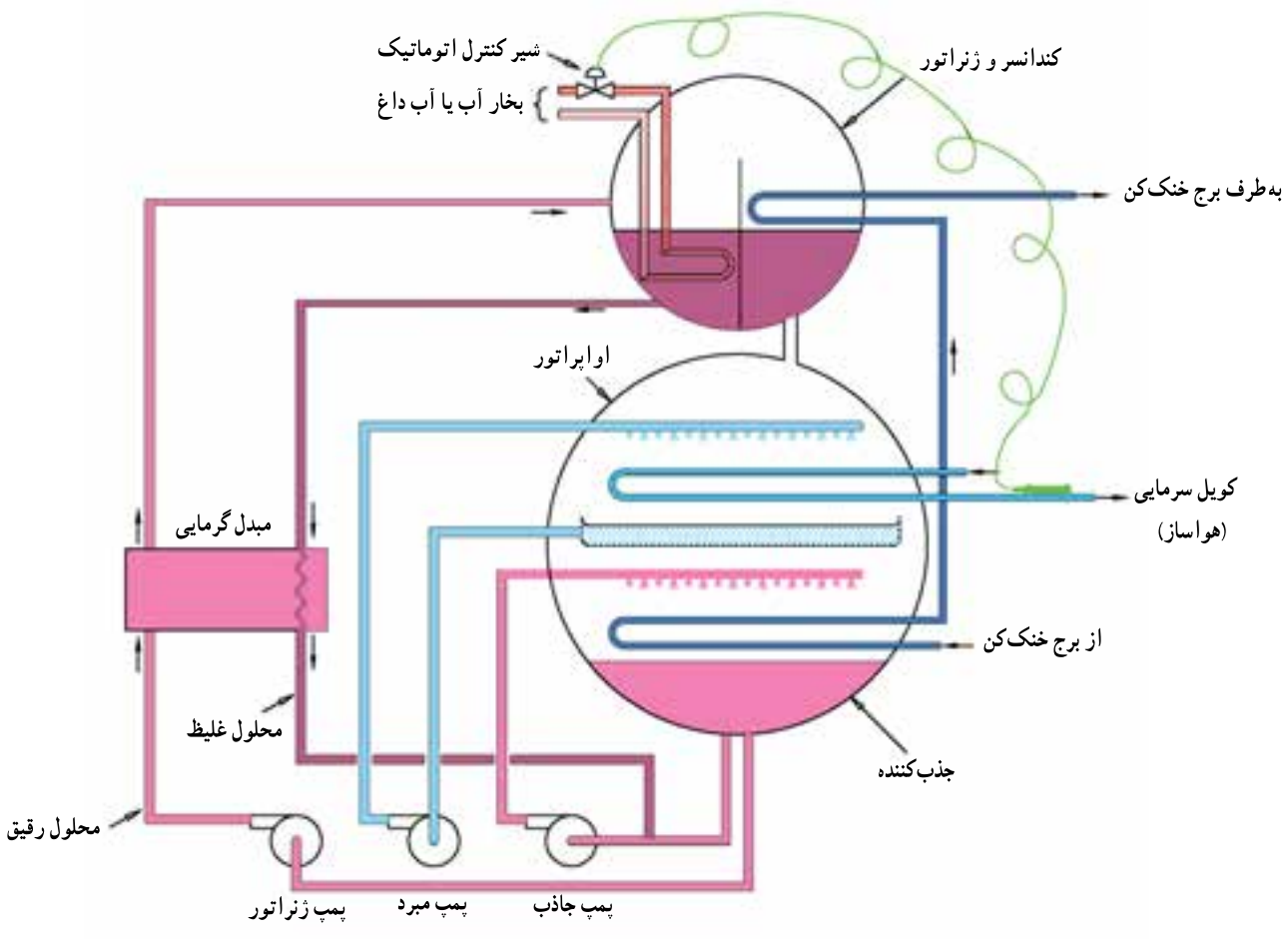
شکل ۵ــ۱۲ــ سیکل کامل یک سیستم تبرید جذبی

برای بالا بردن راندمان اولاً یک مبدل گرمایی بین ژنراتور و ابزوربر (جذب‌کننده) قرار می‌دهند تا از طرفی محلول رقیق را که از جذب‌کننده به ژنراتور می‌رود را گرم کند و از طرف دیگر محلول غلیظ را که از ژنراتور به جذب‌کننده می‌رود سرد کند. ثانیاً یک کویل در جذب‌کننده قرار می‌دهند و از داخل آن آب برج خنک‌کن را می‌گذرانند تا گرمای حاصل از حل شدن آب در لیتیوم‌بروماید را بگیرند (هر اندازه محلول لیتیوم‌بروماید سردتر و غلیظ‌تر شود قدرت جذب بخار آب بیشتری را پیدا می‌کند.)

به لحاظ این‌که فشار مطلق کندانسر و ژنراتور تقریباً با هم برابر بوده (یک دهم اتمسفر) و فشار مطلق اواپراتور و جذب‌کننده نیز با هم برابر بوده (یک صدم اتمسفر) لذا کندانسر و ژنراتور را در یک پوسته، اواپراتور و جذب‌کننده را در یک پوسته دیگر قرار می‌دهند. توجه داشته باشید که در فشار یک‌صدم اتمسفر آب در $4/5^{\circ}C$ می‌جوشد درنتیجه می‌تواند دمای آب سرد را (آب هواساز) تا $6/5^{\circ}C$ پایین بیاورد. درشکل ۶ــ۱۲ یک عدد شیر کنترل بخار در مسیر ورود بخار به ژنراتور نصب شده است.

سنسور شیر از دمای آب کویل هواساز متأثر می‌شود. با کاهش دمای آب داخل کویل در قسمت خروجی اواپراتور، مقدار بخار ورودی به ژنراتور کسر می‌شود و برعکس.

با توجه به توضیحات بیان شده مسیر حرکت مبرد و جاذب در سیکل بسته به شرح زیر است. مسیر مبرد (آب) از کندانسر به اواپراتور، به جذب‌کننده و به ژنراتور سپس مجدداً به کندانسر می‌باشد و مسیر ماده جاذب (لیتیوم‌بروماید) از جذب‌کننده به ژنراتور و مجدداً به جذب‌کننده می‌باشد.



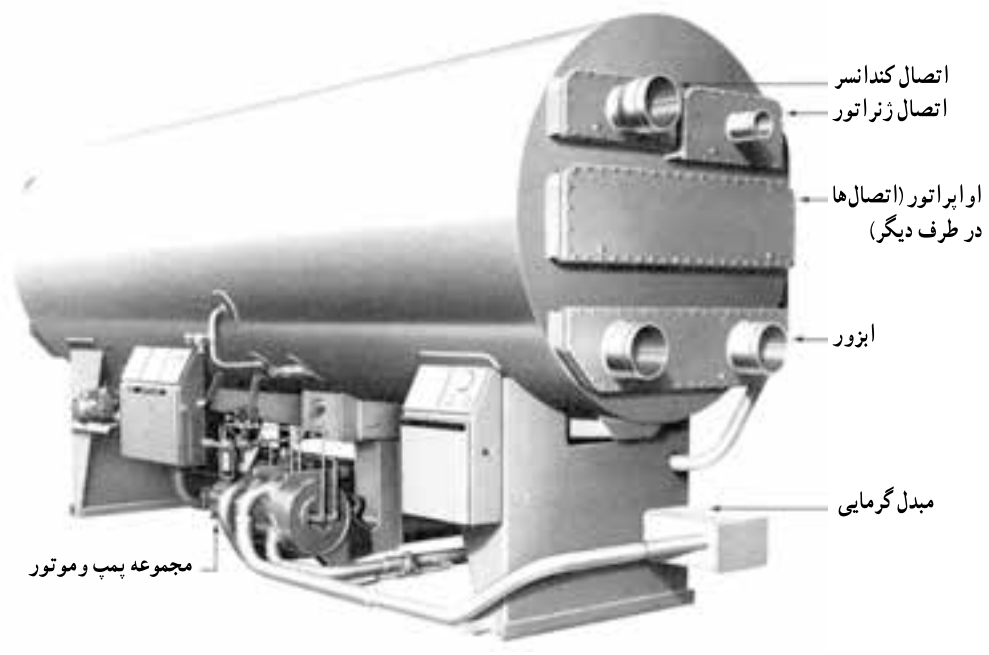
شکل ۶ــ۱۲ــ سیکل کامل تبرید جذبی با تجهیزات اضافی

سیستم‌های جذبی دارای مشکلاتی به قرار زیر هستند.

۱ــ فشار خیلی پایین : نگهداری مطمئن اواپراتور در فشار خیلی پایین دشوار است به‌طوری که آب بتواند در دمای $4/5^{\circ}C$ بجوشد. کمترین و کوچک‌ترین نشتی باعث کاهش ظرفیت سیستم می‌شود.

۲ــ خوردگی : محلول لیتیوم بروماید یک نوع آب نمک است اگر هوا به داخل سیستم نفوذ کند لیتیوم‌بروماید باعث خوردگی قسمت‌های فولادی می‌گردد به تعبیری سیستم غیرقابل استفاده می‌شود.

۳ــ کریستالیزاسیون : عمل تغییر حالت محلول از مایع به جامد است که باعث گرفتگی مسیر جریان محلول می‌شود. برای برطرف کردن آن بایستی لولهٔ گرفته شده را گرما داده تا مسیر باز شود. سیستم‌های جذبی در تأسیسات تهویه مطبوع مراکز مسکونی و تجاری به کار برده می‌شوند. شکل ۷ــ۱۲ یک دستگاه چیلر جذبی را نشان می‌دهد.



شکل ۷ــ۱۲ــ یک نمونه چیلر جذبی با ظرفیت ۱۵۰ــ۱۰۰ تن سرمایی

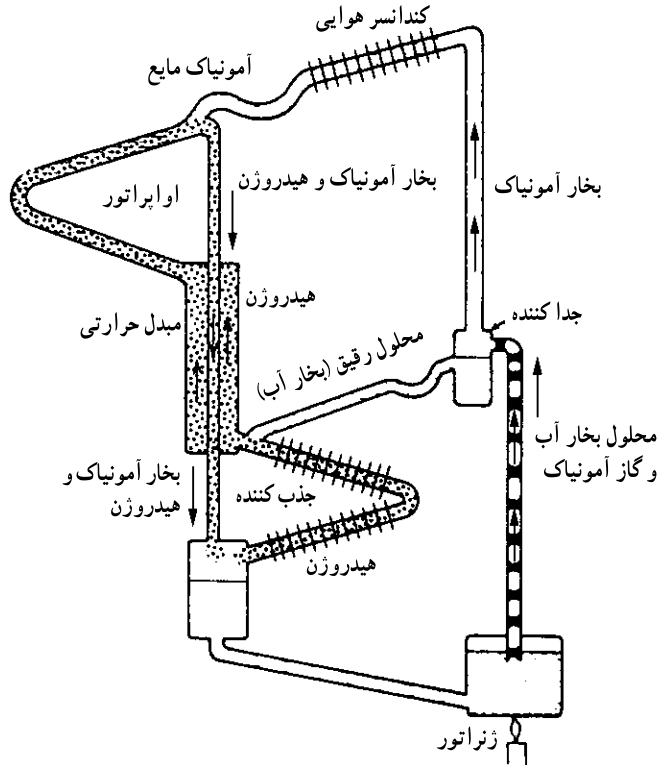
۲ــ۱۲ــ یخچال جذبی

در این سیستم از آب به‌عنوان جاذب و از آمونیاک به‌عنوان مبرد استفاده شده است. زیرا که آب مقدار زیادی گاز آمونیاک را به خود جذب می‌کند، یخچال جذبی را در گذشته به‌نام یخچال نفتی می‌شناختند.

شکل ۸ــ۱۲ یک سیکل ساده یخچال نفتی را نشان می‌دهد وقتی گرما از طریق ژنراتور به محلول می‌رسد، گاز آمونیاک با مقداری بخار آب از محلول جدا شده از طریق لوله‌ای وارد جداکننده می‌شود و در محل جداکننده، بخار آب در اثر نیروی وزن از طریق تله مایع U شکل به جذب‌کننده هوایی می‌رود درحالی که بخار آمونیاک مستقیماً به کندانسر هوایی می‌رود که در آن‌جا تقطیر شود. سپس آمونیاک مایع در اثر نیروی وزن خود از طریق لوله U شکل از کندانسر به اواپراتور می‌ریزد و در اواپراتور با جذب گرما از فضای داخل کابین تبخیر می‌شود. بخار آمونیاک همراه با مقداری گاز هیدروژن از اواپراتور به جذب‌کننده می‌رود. در جذب‌کننده بخار آمونیاک در آب حل می‌شود. درحالی که گاز هیدروژن که میل ترکیبی با آب (جاذب) ندارد از جذب‌کننده گذشته به اواپراتور برمی‌گردد. علت استفاده از گاز هیدروژن

کاهش فشار بخار آمونیاک در اواپراتور و فراهم کردن امکان تبخیر مایع آمونیاک است.[1]

هدف از نصب دو عدد تله مایع به شکل U این است که مانع از خارج شدن گاز هیدروژن از اواپراتور و جذب‌کننده شویم. سیکل نشان داده شده مربوط به یخچال سرول است. سایر یخچال‌های نفتی مانند الکترولوکس و سوپرفیکس و... نیز شبیه یخچال سرول کار می‌کنند. لازم به تذکر است که به‌جای شعله چراغ نفتی می‌توان از شعله گاز یا گرمکن الکتریکی استفاده کرد.



شکل ۸ــ۱۲ــ سیکل یخچال جذبی سرول

۳ــ۱۲ــ سیستم تبرید پاششی با مواد مبرد مصرف‌شدنی

استفاده از ازت و اکسیدکربن مایع، برای سرد کردن وسایل نقلیه مثل کامیون‌های حامل مواد غذایی، متداول است.

اصول اساسی سیستم‌هایی که از مایعات غیرسمی به‌عنوان سیال واسطه سردکنندگی استفاده می‌کنند عیناً مثل سایر سیستم‌های تبرید است منتها این سیستم‌ها فاقد دستگاه تراکم مثل کمپرسور می‌باشند. البته به علت ارزان بودن قیمت این نوع گازها، می‌توان به‌عنوان واسطهٔ تبرید فقط یک‌بار از آن‌ها استفاده کرد. از این سیستم‌های سردکننده در واگن قطارهای باری حامل مواد غذایی، و برای سرد نگه‌داشتن آن‌ها نیز می‌توان استفاده کرد. طرز عمل این نوع دستگاه‌ها دو گونه است :

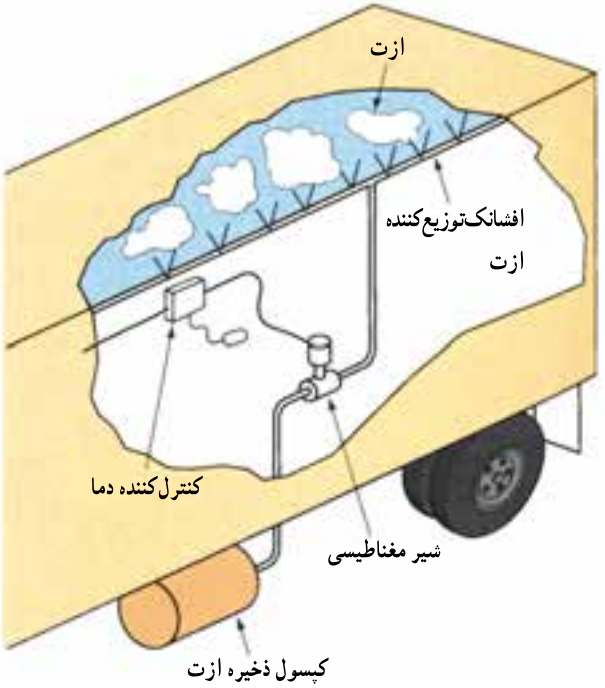
۱ــ گذراندن ازت مایع از داخل صفحه تبرید و تبخیر آن در هوا.

۱ــ سیکل جذبی یخچال‌های نفتی در اصل براساس قانون دالتون کار می‌کند که بیان می‌دارد فشار کلی هر مخلوط گاز یا بخار، مجموع فشارهای جزئی وارده توسط هر گاز یا بخار موجود در مخلوط است در این سیستم فشار کلی وارده توسط گاز و بخار واقعاً در تمام قسمت‌های سیکل یکسان است ولی به علت حضور هیدروژن و فشار جزیی که به‌طرف کم فشار سیستم (اوپراتور و جذب‌کننده) وارد می‌شود فشار جزیی وارده توسط بخار آمونیاک در این قسمت‌ها کمتر از آن مقداری خواهد بود که بخار آمونیاک در ژنراتور و کندانسر در غیاب هیدروژن وارد می‌کند درنتیجه آمونیاک می‌تواند در دما و فشاری پایین در اواپراتور تبخیر شود و در عین حال در فشار و دمای بالا در کندانسر تقطیر یابد.

۲ــ پاشش ازت مایع به‌وسیله یک افشانک به محیطی که باید سرد شود.

معمول‌ترین ماده مصرفی در این سیستم‌ها ازت مایع بوده و مایع اکسیدکربن نیز گاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در این سیستم‌ها ازت مایع به‌وسیله پمپ به کپسول‌های ذخیره تلمبه می‌شود بعضی کامیون‌ها دارای ۲ یا ۳ کپسول ازت می‌باشند که این کپسول‌ها به‌طور متوالی پر می‌شوند یعنی اوّل کپسول اولی پر شده و بعد کپسول دوّمی از راه کپسول اوّل پر می‌شود و الی آخر. وقتی که کپسول‌ها یا محفظه مایع ازت شارژ شدند و فضای مواد غذایی نیز در کامیون بارگیری شد، درجه حرارت کابین انتخاب و به‌وسیله ترموستات تنظیم می‌شود. ترموستات یا وسیله کنترل دما، از تغییرات دمای کابین متأثر شده و زمانی که دما افزایش یابد کنترل‌کننده درجه حرارت، شیر مغناطیسی لوله حامل ازت مایع را باز کرده و ازت مایع با فشار زیاد به طرف افشانک حرکت و به‌وسیله آن به داخل فضای بار کامیون پاشیده می‌شود. ازت مایع در موقع پاشش به‌صورت بخار درآمده و حرارت لازم برای تبخیر شدن را از محیط داخلی کامیون گرفته و آن‌جا را سرد می‌کند. به شکل ۹ــ۱۲ توجه کنید.

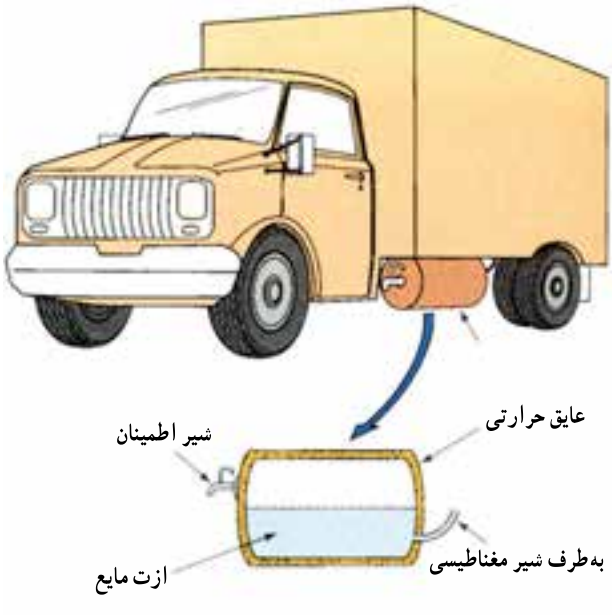


شکل ۹ــ۱۲ــ سیستم تبرید پاششی با ازت

سیستم‌های تبرید پاششی که ازت یا اکسیدکربن مصرف می‌کنند امکان ایجاد برودت با درجات حرارت دلخواه را دارند و برای میوه‌جات و سبزیجات و انواع مواد گوشتی چه در حالت انبار ثابت و چه در حالت سردخانه سیّار بسیار مناسب و مفید می‌باشند.

برای حفاظت سیستم معمولاً بر روی کپسول ذخیره ازت مایع شیر اطمینان نصب می‌شود.

درشکل ۱۰ــ۱۲ کپسول ذخیره ازت مایع و محل نصب آن در کامیون نشان داده شده است.



شکل ۱۰ــ۱۲ــ جزئیات مخزن ذخیره ازت مایع

اتاق بار کامیون نیز دریچه اطمینان دارد به‌طوری که هرگاه فشار داخلی کامیون از فشار جو بیشتر شود، دریچه اطمینان به‌طور خودکار باز شده و اضافه فشار محیط بار را تخلیه می‌کند. ضمناً درهای ورودی کامیون نیز کلید اطمینانی دارند که با باز شدن در و قبل از وارد شدن شخص به داخل محیط سرد، جریان پاشش ازت را قطع می‌کند.

۴ــ۱۲ــ سیستم سردساز ترموالکتریک

یکی از روش‌های ایجاد سرما است به این معنی که به‌جای ماده مبرد، از انرژی الکتریکی به‌عنوان حامل گرما استفاده می‌شود و گرما را از قسمتی جذب و به قسمت دیگر منتقل می‌نمایند. با

این روش بدون این که از وسایل معمولی مثل کمپرسور و کندانسر و اواپراتور و غیره استفاده شود سرما تولید می‌گردد.

ازویژگی‌های دستگاه‌های سردکننده ترموالکتریک نداشتن قطعات متحرک، نداشتن صدا، یک‌پارچه بودن، عدم احتیاج به سرویس و تعمیر آنها می‌توان نام برد.

از مزایای دیگر این سیستم این است که چون فقط جریان الکتریکی است که ایجاد برودت می‌کند و در این سیستم لوله‌کشی و هدایت گاز و غیره وجود ندارد لذا به‌سادگی می‌توان از یک منبع انرژی استفاده کرده و چندین دستگاه را یک‌جا به‌کار انداخت.

این دستگاه‌ها در هر حالتی قادر به کار هستند حتی زمانی که درحال نقل و انتقال باشند. اگر از لحاظ حجمی، دستگاه‌های ترموالکتریکی را با دستگاه‌های سردکننده تراکمی مقایسه کنیم با ظرفیت سرمایی مساوی، دستگاه‌های ترموالکتریکی دارای حجم کوچکتری خواهند بود.

۱ــ۴ــ۱۲ــ اصول کار سردساز ترموالکتریک: آیا می‌توان در یک سردساز با به‌کارگیری انرژی الکتریکی مستقیماً سرما ایجاد کرد و از هزینه کمپرسور، تبخیرکننده و لوله‌های رابط جلوگیری کرد.

اصل فیزیکی که تبرید ترموالکتریک[1] بر پایه آن قرار گرفته است از سال ۱۸۳۴ شناخته شده است. تبرید ترموالکتریک در انتقال گرما از یک جا به جای دیگر الکترون‌ها را به‌کار می‌گیرد که سریع‌تر از مواد سرمازا هستند.

شکل ۱۱ــ۱۲ الف یک زوج ترموالکتریک ساده را نشان می‌دهد. زوج ترموالکتریک گرما را از درون یک فضای گرمابند شده به مبدل گرمایی حرکت می‌دهد. مبدل گرمایی در بیرون قرار گرفته است. الکترون‌ها گرما را سریع‌تر از مواد سرمازا حمل می‌کنند.

پره‌های[2] روی اواپراتور (آبی تیره) جریان گرمایی را افزایش می‌دهند. پره‌های روی مبدل گرمایی بیرون (قرمز تیره) به انتقال گرما به هوای محیط بیرون کمک می‌کنند.

نیمه هادی‌ها[3] موادی هستند که الکتریسیته را هدایت می‌کنند. ولی هدایت آنها درست مانند فلزات نیست. آنها موادی هستند که از عناصری مانند سلیکون، ژرمانیم یا ترکیبی از عناصر ساخته می‌شوند. نیمه هادی‌ها یا از نوع «نیمه هادی نوع N[4]» می‌باشند که بوسیله بارهای منفی (الکترون‌ها) الکتریسیته را هدایت می‌کنند. یا از نوعی هستند که «نیمه هادی‌های نوع P[5]» نامیده می‌شود که الکتریسیته را به‌وسیله بارهای مثبت هدایت می‌کنند که اغلب «حفره‌ها» یا «حفره‌های الکترونی» نامیده می‌شوند.

شکل ۱۱ــ۱۲ ب جریان ایجاد شده از مواد نوع P به مواد نوع N را نشان می‌دهد. جایی که N و P به هم متصل شده‌اند گرما را جذب می‌کند. سرهای مقابل آنها داغ می‌شوند و گرما را پس می‌دهند. یک اتصال ساده یک اثر سرمایی کوچک دارد. بنابراین چندین نقطه اتصال دوتایی P ــ N که به‌طور سری با هم متصل شوند سرمای قابل توجهی را تولید می‌کنند. شکل ۱۱ــ۱۲ ب را ببینید. گروه‌هایی از قطعات کوچک (مدول‌ها[6]) به روش موازی با هم متصل می‌شوند تا ظرفیت را بالا برند.

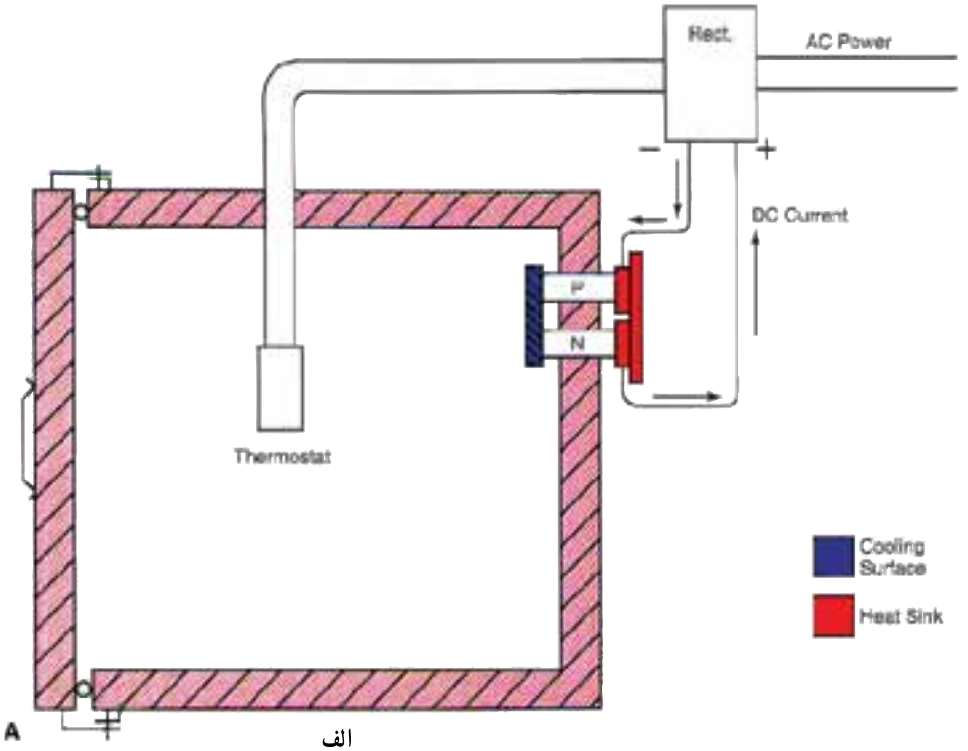
ترموستاتی در درون فضای سردشده جریان الکتریکی در یک سوکننده (رکتیفایر) را کنترل می‌کند. رکتیفایر جریان مستقیم dc قطعات کوچک (مدول‌ها) را تأمین می‌کند. بدین ترتیب دمای درون یخچال نیز کنترل می‌شود.

در تبرید ترموالکتریک قطعات متحرک وجود ندارد. گذشته از ساختمان مدول‌ها، که کاملاً ساده هستند. راندمان گرمایی پایین است. مقدار اثر سرمایی بدست آمده با انرژی الکتریکی کمتر از سیستم تبرید معمول تراکمی است.

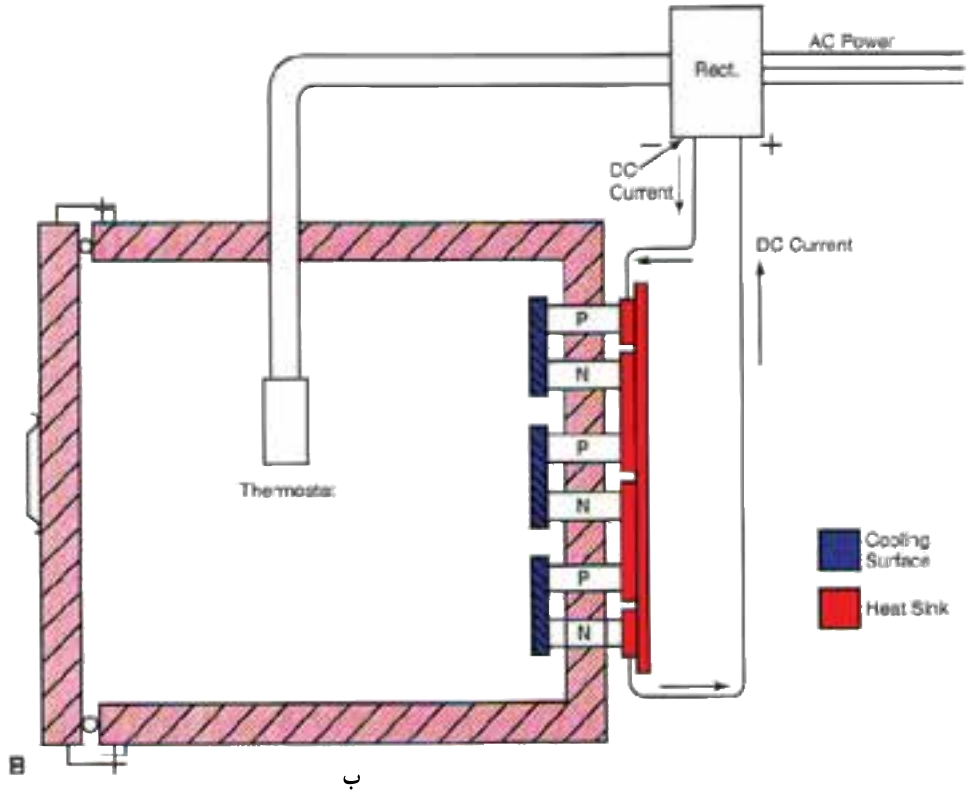
معکوس کردن جهت جریان در وسایل ترموالکتریک سطوح سرد و داغ را تعویض می‌کند. بدین ترتیب از همان وسیله‌ها برای گرم کردن و سرد کردن فضای گرمابند شده می‌توان استفاده کرد.

از وسیله ترموالکتریک هم‌چنین در کنترل دمای تجهیزات الکترونیک (کامپیوتر، وسایل هوا فضا و غیره) استفاده می‌شود.

۱ــ Thermoelectric
۲ــ Fins
۳ــ Semi conductors
۴ــ N type Semi conductors
۵ــ P type semiconductors
۶ــ Modules



الف

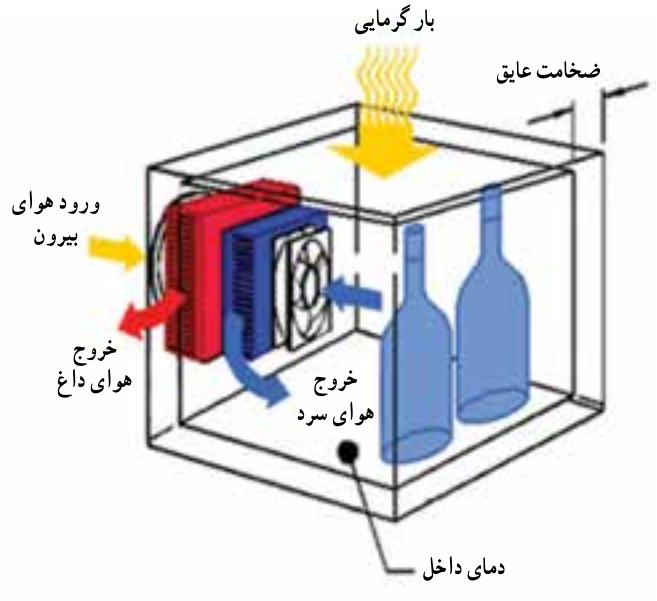


ب

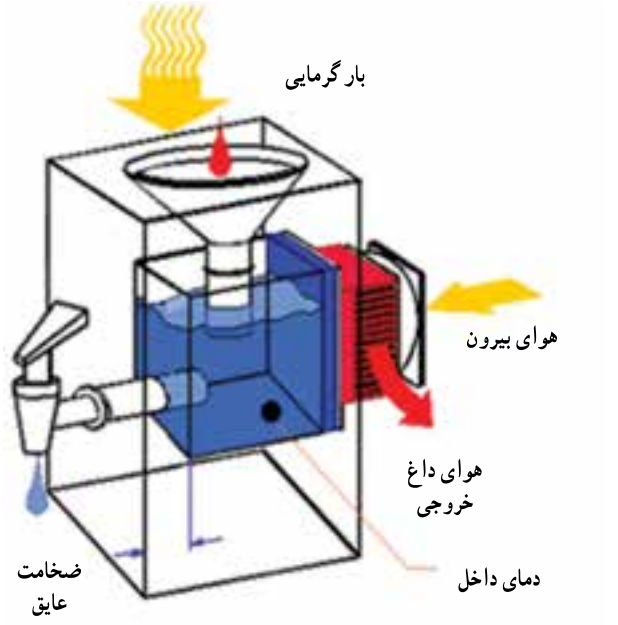
شکل ۱۱ــ۱۲ــ الف) نمودار زوج ترموالکتریک ساده، که برای سرد کردن فضای عایق شده به‌کار می‌رود. گرمای جذب شده توسط زوج ترموالکتریک توسط سطح گرمایی پره‌دار به هوایی بیرون داده می‌شود. ب) یک سردکننده ترموالکتریک ــ سه زوج به‌طور سری بهم بسته شده‌اند تا اثر جذب گرما افزایش یابد.

۲ــ۴ــ۱۲ــ کاربردهای تبرید ترموالکتریک : چند نمونه از کاربردهای تبرید ترموالکتریک در شکل‌های ۱۲ــ۱۲ تا ۱۷ــ۱۲ نشان داده شده است.

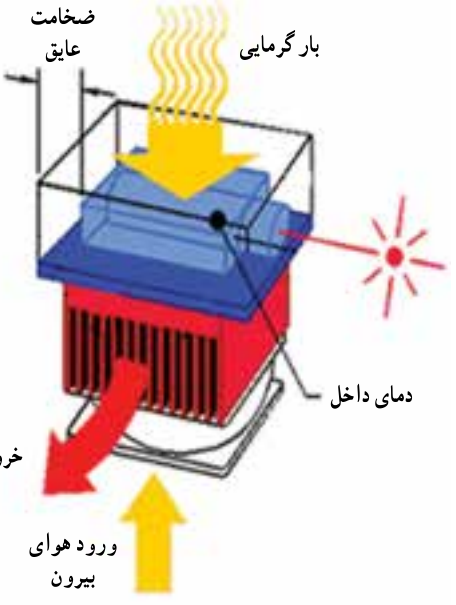
سردکن‌های مایع برای سرد کردن مایعات در حال گردش و همچنین مکان‌هایی که امکان نصب مجموعه تجهیزات برودتی وجود نداشته باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد. اساس کار این دستگاه بسیار ساده می‌باشد. سیالی که قرار است خنک شود از یک طرف لوله وارد و از طرف دیگر لوله خارج می‌گردد. در صورت نیاز از یک پمپ سیرکولاتور کوچک که با برق ۱۲DC کار می‌کند استفاده می‌کنیم. اگر دمای سیال از دمای محیط کم‌تر باشد بایستی لوله‌های حامل مایع عایق کاری گردند. درصورتی که سیال مورد نظر آب باشد حداکثر دبی که در کارخانه سازنده برای پمپ تنظیم شده است معادل ۱/۶لیتر در دقیقه می‌باشد.



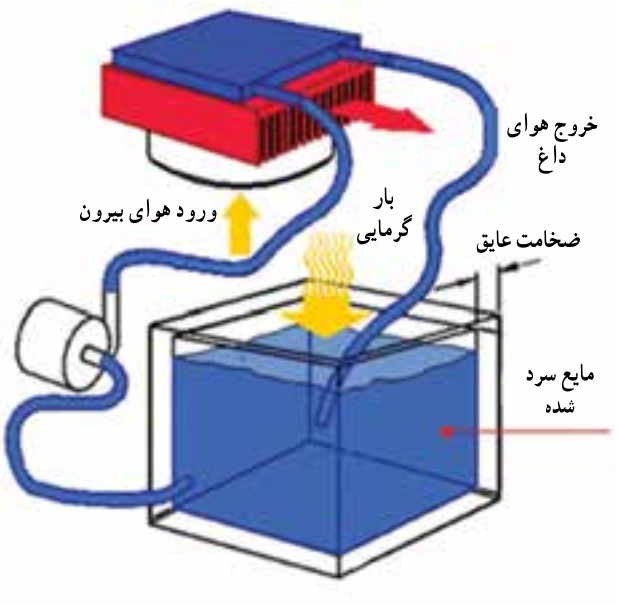
شکل ۱۲ــ۱۲ــ وجود مایع در مجاورت سطح سرد باعث سرد شدن آن می‌شود.



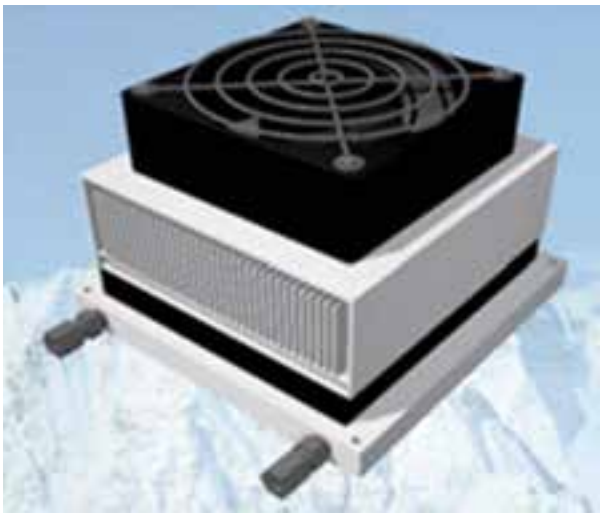
شکل ۱۳ــ۱۲ــ دمای هوای داخل کابین در اثر عبور از روی سطح سرد، پایین می‌آید.



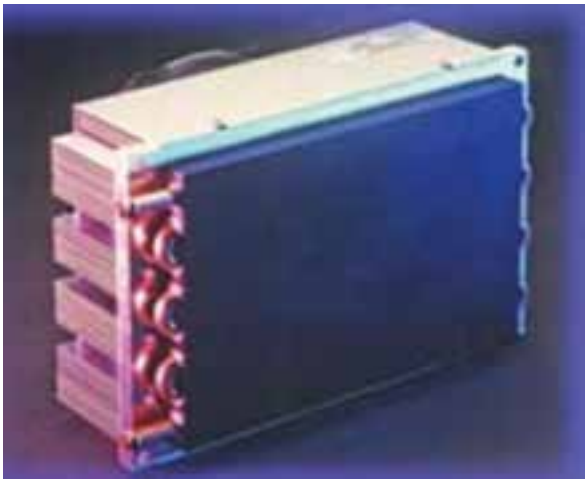
شکل ۱۴ــ۱۲ــ سرمایش از طریق قرار گرفتن جسم جامد روی سطح سرد



شکل ۱۵ــ۱۲ــ سیرکوله مایع از روی سطح سرد باعث سرمایش آن می‌شود.



شکل ۱۶ــ۱۲ــ سیستم تبرید ترموالکتریک برای خنک کردن هوا



شکل ۱۷ــ۱۲ــ سیستم تبرید ترموالکتریک برای خنک کردن مایعات

۵ــ۱۲ــ پرسش و تمرین

پرسش‌های چندگزینه‌ای

۱ــ کدام یک قدرت جذب عالی بخار آب را دارند؟ (امتحان نهایی ــ خرداد ۹۱)

الف) جیوه　　ب) فریون

ج) لیتیوم بروماید　　د) الکل

۲ــ در چیلر جذبی مایع مبرد کدام است؟

الف)آمونیاک　　ب) آب

ج) ازت　　د) اکسید کربن مایع

۳ــ شیر کنترل بخار در سیستم جذبی در کدام محل زیر نصب می‌شود؟ (امتحان نهایی ــ خرداد ۹۱)

الف) ورودی بخار به ژنراتور　　ب) ورودی بخار به کندانسر

ج) خروجی بخار اواپراتور　　د) خروجی بخار از ژنراتور

۴ــ کدام مورد از مشکلات سیستم جذبی کریر است؟ (امتحان نهایی ــ خرداد ۹۰)

الف) فشار بالا　　ب) مصرف برق زیاد

ج) سروصدای زیاد　　د) خوردگی

۵ــ هدف از نصب تله مایع در یخچال جذبی جلوگیری از خارج شدن ..... است.

الف) آمونیاک از کندانسر　　ب) آمونیاک از ژنراتور

ج) هیدروژن از ژنراتور　　د) هیدروژن از اواپراتور

پرسش‌های کامل کردنی

۶ــ تفاوت عمدهٔ بین سیستم تبرید تراکمی و سیستم تبرید جذبی ..... و ..... می‌باشد.

۷ــ سنسور شیر بخار نصب شده بر روی لولهٔ بخار ورودی به ژنراتور از ..... فرمان می‌گیرد.

۸ــ مادهٔ جاذب یخچال‌های جذبی ..... است. (امتحان نهایی ــ خرداد ۹۰)

۹ــ در سیستم ..... برای ایجاد سرما به جای ماده مبرد از انرژی الکتریکی به‌عنوان حامل گرما استفاده می‌شود.

۱۰ــ در سیستم تبرید ترموالکتریک جابجا کردن گرما توسط ..... انجام می‌گیرد.

پرسش‌های درست و نادرست

۱۱ــ مبدل گرمایی در سیستم های جذبی بین ژنراتور و اواپراتور قرار می‌گیرند. (امتحان نهایی ــ شهریور ۹۰)

☐ درست　　☐ نادرست

۱۲ــ ماده جاذب در یخچال‌های نفتی لیتیوم بروماید است. (امتحان نهایی ــ شهریور ۹۰)

☐ درست　　☐ نادرست

۱۳ــ استفاده از ازت و هیدروژن برای سردکردن کامیون‌های مواد غذایی متداول است.

☐ درست ☐ نادرست

۱۴ــ در ظرفیت‌های سرمایی مساوی، دستگاه‌های ترموالکتریک از نظر حجمی بزرگتر از دستگاه‌های تراکمی می‌باشند.

☐ درست ☐ نادرست

۱۵ــ جریان برق دستگاه‌های ترموالکتریک توسط رکتیفایر تأمین می‌شود.

☐ درست ☐ نادرست

واژه‌های مناسب را در جای خالی بنویسید.

«دمای ــ اواپراتور ــ فشار مطلق ــ اثر سرمایی ــ ژنراتور ــ معکوس نمودن ــ فرایند شیمیایی»

۱۶ــ در سیستم تبرید جذبی برای انتقال مادهٔ سرمازا از ..... استفاده می‌شود.

۱۷ــ در چیلر جذبی به‌دلیل اینکه ..... کندانسر و ژنراتور با هم برابرند آنها را در یک پوسته قرار می دهند.

۱۸ــ بخار آب جذب شده توسط لیتیوم بروماید در ..... از آن جدا می‌شود.

۱۹ــ در وسایل ترموالکتریک با ..... جهت جریان، سطوح سرد و داغ تعویض می‌شوند.

۲۰ــ مقدار ..... بدست آمده در سیستم ترموالکتریک از سیستم تراکمی کمتر است.

پرسش‌های تشریحی

۲۱ــ به‌کارگیری و استفاده از سیستم جذبی کریر در چه شرایطی توصیه می‌شود؟ (امتحان نهایی ــ شهریور ۸۹)

۲۲ــ علت عبور آب برج خنک‌کن از جذب کننده را بیان کنید.

۲۳ــ قسمت‌های اصلی سیستم جذبی کریر را نام ببرید. (امتحان نهایی ــ شهریور ۹۰)

۲۴ــ سیستم جذبی دارای چه مشکلاتی هستند؟ نام ببرید. (امتحان نهایی ــ دی ماه ۸۹)

۲۵ــ طرز کار سیستم جذبی را مرحله به مرحله شرح دهید.

۲۶ــ کنترل ظرفیت سیستم جذبی کریر چگونه انجام می‌شود؟

۲۷ــ طرز کار یخچال نفتی را شرح دهید.

۲۸ــ سیستم تبرید پاششی با مواد مصرف شدنی را شرح دهید.

۲۹ــ در کدام سیستم تبرید ماده مبرد وجود ندارد؟ (امتحان نهایی ــ دی ماه ۸۹)

۳۰ــ مزایای سیستم سردسازی ترموالکتریک را بنویسید.

۳۱ــ اصول کار سردسازی ترموالکتریک را شرح دهید.

واژه نامه تأسیسات (انگلیسی ــ فارسی)

British Thermal Unit (Btu)	واحد گرما در سیستم انگلیسی (بی‌تی‌یو)
Burner	مشعل
Bypass	بای پاس (مسیر کنار گذر)
Cad Cell or Cadmium Cell	فتوسل یا چشم الکتریکی
Cable	کابل
Calorie	کالری (واحد گرما در سیستم متریک)
Capacitor	خازن
Capacitor ــ Start motor	خازن راه انداز موتور
Capacity	ظرفیت
Capillary tube	لوله مویین
Carbon Dioxide (co_2)	دی‌اکسید کربن
Carbon monoxide	منواکسید کربن
Cathode	کاتد
Cathodic Protection	محافظت کاتدی کنترل خوردگی
Cavitation	کاویتاسیون (هوا گرفتن پمپ)
Ceiling	سقف
Celsius	سلسیوس (واحد دما در سیستم متریک)
Center	مرکز
Centigrade Scale	مقیاس سانتی‌گراد
Centimeter	سانتی‌متر
Central heating	گرمایش مرکزی
Central cooling	سرمایش مرکزی
Centrifugal compressor	کمپرسور گریز از مرکز
Centrifugal pump	پمپ گریز از مرکز
Centrifugal switch	کلید گریز از مرکز
cfm (cubic feet per minute)	فوت مکعب در دقیقه

Chapter	بخش ــ فصل
Change of state	تغییر حالت
Charging cylinder	سیلندر شارژ
Chart	نمودار
Check valve	شیر یک سویه
Chilled Water	آب سرد شده
Circuit	مدار
Circuit breaker	قطع کننده مدار (کلید مینیاتوری)
Circulating pump	پمپ سیرکولاسیون
Cleanout	دریچه‌ای برای تخلیه سیستم
Closed cycle	مدار بسته
Coil	کویل
Cold Junction	اتصال سرد
Cold water	آب سرد
Common Neutral	اتصال مشترک زمین (نول)
Cooling Coil	کویل سرمایی
Cooling Tower	برج خنک‌کن
Collector	جمع کننده
Combustion	احتراق
Combustion Air	هوای احتراق
Combustion Chamber	محفظه احتراق
Combustion Products	محصولات احتراق کامل
Commercial Building	ساختمان تجاری
Compound Gauge	گیج مرکب
Compressor	کمپرسور
Compressor Efficiency	راندمان کمپرسور
Compressor Open Type	کمپرسور نوع باز
Compressor Seal	سیل کمپرسور وسیله گاز بند که در کمپرسورهای باز می‌باشد
Condensate	بخار تقطیر شده
Condense	تقطیر
Condenser	کندانسر (تقطیر کننده)
Condensing Pressure	فشار تقطیر
Condensing Temperature	دمای تقطیر

Condensing Unit	واحد تقطیر یا کندانسینگ یونیت
Contactor	کنتاکتور (کلید مغناطیسی)
Control Valve	شیر اتوماتیک
Control Voltage	ولتاژ کنترل
Connecting Rod	شاتون (قطعه‌ای که پیستون را به میل‌لنگ وصل می‌کند.)
Convection	جابجایی، وزش یا کنوکسیون
Cooling Tower	برج خنک‌کن
Crankshaft	میل لنگ
Current	جریان الکتریکی
Current Relay	رله جریان
Cut in	نقطه وصل
Cut out	نقطه قطع
Cylinder	سیلندر
Cylinder head	سرسیلندر
Damper	دمپر (وسیله کنترل مقدار هوا)
dc (direct current)	جریان مستقیم
Degree	درجه
Dehumidifier	رطوبت‌گیر
Dehumidification	رطوبت‌گیری
Density	دانسیته ــ چگالی
Design pressure	فشار طراحی
Design temperature	دمای طراحی
Dew Point	نقطه شبنم
Diameter	قطر
Diaphragm	دیافراگم (صفحه قابل انعطاف)
Dielectric	دی‌الکتریک
Differential	دیفرانشیل (اختلاف بین نقطه وصل و نقطه قطع در کلیدهای اتوماتیک)
Diffuser	دریچه هوا
Diode	دیود
Direct	مستقیم
Direct connected	اتصال مستقیم
Direct Expansion Evaporator	اواپراتور انبساط مستقیم
Discharge	تخلیه (محل خروج گاز داغ از کمپرسور)

Disconnect	جدا کردن
Drip pan	تشتک زیر اواپراتور
Drier	رطوبت‌گیر ــ خشک‌کن
Dry Bulb Temperature	دمای حباب خشک
Dry Ice	یخ خشک (کربن دی‌اکسید جامد)
Duct	داکت (کانال)
Eccentric	خارج از مرکز
Efficiency	راندمان
Electric Defrost	دیفراست الکتریکی
Electric Heater	گرمکن الکتریکی
Electronics	الکترونیک (علم نیمه هادی‌ها)
Electronic Leak Detector	نشت یاب الکترونیکی (یک وسیله جهت نشت یابی مبرد از سیستم تبرید)
Energy	انرژی
Energy label	برچسب انرژی
Engineer	مهندس
Enthalpy	انتالپی (گرما)
Epoxy	رنگ ضد رطوبت
Equalizer Tube	لوله متعادل کننده
Equipment	تجهیزات
Equipment Grounding Conductor (E)	سیم اتصال به زمین
Evacuation	وکیوم یا تخلیه هوا
Evaporation	تبخیر
Evaporative condenser	کندانسر تبخیری
Evaporator	اواپراتور (تبخیر کننده)
Evaporator Coil	کویل اواپراتور
Evaporator Dry Type	اواپراتور نوع خشک
Evaporator Fan	فن اواپراتور
Evaporative cooler	سردکن تبخیری نظیر کولرهای آبی
Exhaust Opening	بازشو تخلیه
Expansion Joint	اتصال انبساطی
Expansion Loop	حلقه انبساطی
Expansion Valve	شیر انبساط
Expansion Tank	مخزن انبساط

External Equalizer	متعادل کننده خارجی
Fahrenheit	فارنهایت
Fan	فن (پروانه)
Fan Coil	فن کویل
Farad	فاراد (واحد سنجش ظرفیت خازن)
Fault	خرابی
Filter	فیلتر
Fin	فین (پره)
Finned Tubes	لوله‌های پره‌دار
Fire Damper	دمپر آتش
Flammability	قابلیت اشتعال
Flare	لاله سرلوله
Float Valve	شیر شناور
Flooded Evaporator	اواپراتور پر
Flue Gas	محصولات احتراق که از دودکش خارج می‌شوند.
fpm (feet per minute)	اف‌پی‌ام (فوت در دقیقه)
Freezing	انجماد
Frequency	فرکانس
Freon	فریون (مواد مبرد هالو کربنی)
Fresh air	هوای تازه
Friction	اصطکاک ــ مالش
Fundamental	اساسی ــ اصلی
Furnace	کوره هوای گرم
Fuse	فیوز (وسیلهٔ حفاظتی الکتریکی)
Fusible plug	درپوش ذوب شونده
Gage Vacuum	گیج وکیوم (وسیله‌ای جهت اندازه‌گیری فشارهای کمتر از فشار اتمسفر)
Gage port	گیج پورت (محل نصب گیج)
Gage pressure	فشار گیج یا فشار نسبی
Galvanizing	گالوانیزه کردن
gpm (Gallons per minute)	جی‌پی‌ام (گالن در دقیقه)
Gas	گاز
Gas ــ Noncondensible	گاز غیر قابل تقطیر
Gas pressure switch	کلید فشار گاز

Gat valve	شیر کشویی
Glass wool	پشم شیشه
Grain	گرین (یکی از واحدهای وزن است. هر ۷۰۰۰ گرین معادل یک پوند می‌باشد.)
Grille	دریچه بدون دمپر
Ground	اتصال زمین در مدارهای الکتریکی
Ground wire	سیم اتصال زمین یا سیم ارت
Halide torch	مشعل هالاید (وسیلهٔ تشخیص نشت در سیستم‌های تبرید با مبردهای هالوکربی)
Hand hole	هند هول (محفظه‌ای برای دسترسی دست به‌داخل مخازن و منابع می‌باشد.)
Head pressure	فشار رانش (فشار خروجی کمپرسور)
Heat	گرما
Heat exchanger	مبدل گرمایی
Heat load	بار گرمایی
Heat loss	افت گرما
Heat of Fusion	گرمای ذوب (نهان)
Heat pump	پمپ حرارتی
Heat transfer	انتقال حرارت
Heating	گرمایی
Heating coil	کویل گرمایی
Heating load	بار گرمایی
Heating out put	توان گرمایی خروجی (مفید)
Heating surface	سطح حرارتی
Heating value	ارزش گرمایی
Height	ارتفاع
Hermetic compressor	کمپرسور بسته
Hertz	هرتز (واحد فرکانس)
High pressure cut out	کلید قطع در فشار بالا
High side	سمت بالا
Horsepower	اسب بخار
Hot Gas	گاز داغ
Hot Gas Bypass	بای پاس گاز داغ
Hot Gas Defrost	برفک‌زدایی به‌طریق گاز داغ
Humidifier	رطوبت زن
Humidistat	کنترل کننده رطوبت

Humidity	رطوبت
Hydrocarbons	هیدروکربن‌ها
Hydronic	هیدرونیک (سیستمی که سیال واسطه در آن،آب می‌باشد.)
Ignition Transformer	ترانس جرقه
International Organization for Standardization (ISO)	سازمان بین المللی استانداردسازی (ایزو)
Kelvin Scale	مقیاس کلوین (دمای مطلق)
Kilowatt (kw)	کیلو وات
Kilowatt Hour (kwh)	کیلو وات ساعت واحد انرژی الکتریکی
Latent Heat	گرمای نهان
Latent Heat of Condensation	گرمای نهان تقطیر
Latent Heat of Fusion	گرمای نهان ذوب
Latent Heat of Melting	گرمای نهان ذوب
Latent Heat of Vaporization	گرمای نهان تبخیر
Limit Control	کنترل حد
Limit Switch	کلید حد
Line	خط
LineVoltage Thermostat	ترموستات خط ولتاژ
Liquid line	خط مایع
Liter	لیتر
Load	بار
Low pressure Cutout	کنترل فشار کم
Low side Pressure	سمت کم فشار
Manhole	منهول (دریچه آدم‌رو)
Manifold Gauges	منیفولد گیج (گیج چندراهه)
Manometer	مانومتر یا فشار سنج مورد استفاده در فشارهای کم
Mass	جرم
Mechanichal Room	موتورخانه
Mechanichal Engineer	مهندس مکانیک
Microfarad	میکروفاراد
Micron	میکرون معادل یک هزارم میلی‌متر
Micron Gauge	میکرون گیج (فشار سنجی که برای اندازه‌گیری فشارهای خیلی پایین (وکیوم) به‌کار برده می‌شود.)
Minute	دقیقه

Miscibility	قابلیت مخلوط دو مایع با یکدیگر
Mixed air	مخلوط هوا
Moisture Indicator	نشان دهنده رطوبت
Molecule	مولکول
Motor	موتور
Motor Starter	راه انداز موتور
Natural convection	کنوکسیون طبیعی
Natural gas	گاز طبیعی
No ـ Frost Freezer	فریزر بدون برفک
Nominal	نامی ـ اسمی
Noncondensible	غیر قابل تقطیر
Normally closed	معمولا بسته
Normally open	معمولا باز
Nozzle	نازل
Ohm	اهم واحد سنجش مقاومت الکتریکی می‌باشد.
Ohms Law	قانون اهم
Oil pump	پمپ روغن
Oil Rings	رینگ روغن
Oil separator	جداکن روغن
Operating pressure	فشار کاری، فشار داخل سیستم در زمان کارکرد عادی دستگاه می‌باشد.
Orifice	اوریفیس سوراخ کوچک
Outside Air	هوای بیرون
Overload	اورلود
Overload Protector	محافظ اضافه بار
Ozone	ازُن
Packaged	پکیج بسته سرمایی یا گرمایی و یا هر دو
Packing	وسیله گازبند
Parallel Circuit	مدار موازی
Pascal	پاسکال
Piston	پیستون کمپرسور
Piston Pin	گژیین پین (پیستون را به شاتون وصل می‌کند.)
Piston Displacement	جابجایی پیستون
Pneumatic	پنوماتیک

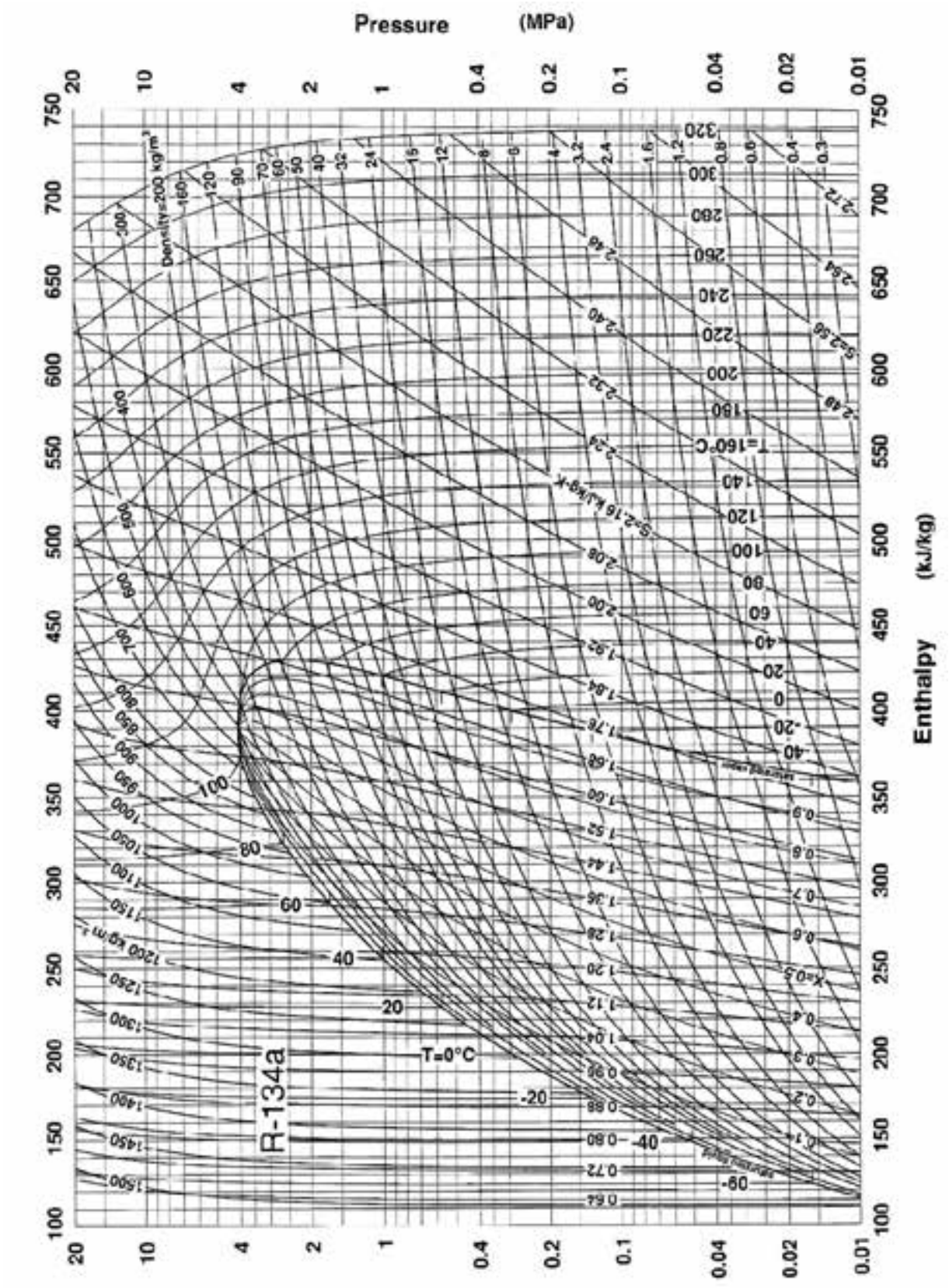
Potential Relay	رله پتانسیل ــ رله ولتاژ
Pound per square inch pressure (psi)	پوند بر اینچ مربع واحد اندازه گیری فشار
Power	قدرت (توان)
Power Factor	ضریب قدرت
Pressure	فشار
Pressure Drop	افت فشار
Pressure Regulator	رگلاتور فشار
Primary Air	هوای اولیه
Psi	پی اس آی پوند بر اینچ مربع (واحد فشار)
Psia	پوند بر اینچ مربع (مطلق)
psig	پوند بر اینچ مربع (فشار نسبی)
Pump Down	پمپ دان
Purging	خالی کردن بخارهای ناخواسته از داخل سیستم یا فضای مورد نظر
Rankine	رانکین (درجه‌بندی مطلق دما در سیستم انگلیسی)
Receiver	رسیور (مخزن مایع سرمازا)
Reciprocating	رفت و برگشتی
Refrigerant	مبرد (ماده سرمازا)
Relative Humidity	رطوبت نسبی
Relief Valve	شیر اطمینان
Regulator	رگلاتور (کاهنده فشار)
Repair	تعمیر
Reset	شروع به‌کار مجدد
Resistance	مقاومت
Return Air	هوای برگشتی هوایی که از اتاق وارد هواساز می‌شود.
Reversed	معکوس شده
Reversing valve	شیر معکوس کننده (شیر چهار راهه)
Riser	رایزر (لوله‌های بالا رونده که در داکت‌ها انجام می‌شود.)
Riser Diagram	رایزر دیاگرام
Roof	پشت بام
Roof Drain	تخلیه پشت بامی (کف شوی پشت بام)
Room Thermostat	ترموستات اتاقی
Rotary Compressor	کمپرسور دورانی
Rotor	روتور (قسمت گردنه موتور)

Run Winding	سیم‌پیچ کار، سیم‌پیچ اصلی
Safety Control	کنترل ایمنی
Safety Valve	شیر اطمینان ــ شیر ایمنی
Saturated Air	هوای اشباع شده
Saturation Temperature	دمای اشباع
Schrader Valve	شیر شریدر
Second	دومی ــ ثانیه
Secondary Air	هوای ثانویه
Secondary Voltage	ولتاژ خروجی در یک ترانسفورماتور
Semihermetic Compressor	کمپرسور نیمه بسته
Sensible Heat	گرمای محسوس
Service Valve	شیر سرویس
Serviceable Hermetic Compressor	یک کمپرسور بسته قابل تعمیر
Sensor	حس کننده ــ حس‌گر
Shell	پوسته
Shut Down	خاموش کردن
Shaft Seal	سیل شفت ــ وسله گاز بند دور محور
Sight glass	سایت گلاس ــ شیشه دید
Silver brazing	لحیم کاری با سیم نقره
Solenoid valve	شیر برقی
Solid	جامد
Specific gravity	وزن مخصوص
Specific heat	گرمای ویژه
Specific volume	حجم مخصوص
Split system	سیستم دوتکه
Start Winding	سیم‌پیچ استارت یا راه انداز
Starting Relay	رله استارت
Stator	استاتور ــ قسمت ساکن موتور
Steam Trap	تله بخار
Subcooled	ساب کولد ــ بیش سرد شده
Suction Line	خط مکش
Supply Air	هوای ورودی
Superheat	سوپر هیت ــ بیش گرم

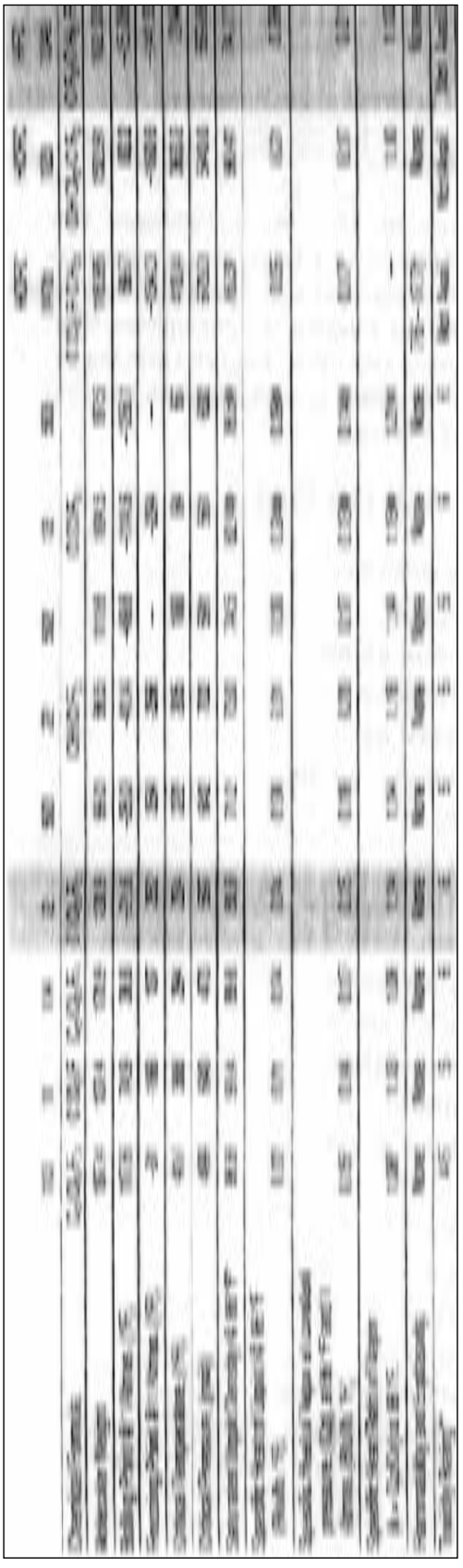
Temperature Drop	افت دما
Temperature Rise	افزایش دما
Thermister	ترمیستور
Thermocouple	ترموکوپل
Thermodynamics	ترمودینامیک
Thermostat	ترموستات
Thermostatic Expansion Valve	شیر انبساط ترموستاتیک
Three ـ Way Valve	شیر سه راهه
Ton of Refrigeration	تن تبرید
Torque	گشتاور یا نیروی چرخاننده
Transformer	ترانسفورماتور (مبدل ولتاژ و جریان)
Vacuum	وکیوم
Valve	شیر
Valve plate	صفحه سوپاپ
Vapor	بخار
Vapor Line	خط بخار
Vapor Pressure	فشار بخار
Velocity	سرعت
Vent	ونت
Ventilation	تهویه (فرآیند تامین هوای تازه یا بیرون راندن هوا از فضای بسته)
Ventilator	ونتیلاتور یا دمنده
Viscosity	ویسکوزیته
Volt	ولت (واحد پتانسیل الکتریکی)
Voltage	ولتاژ ـ فشار الکتریکی
Voltage relay	رله ولتاژ
Volume	حجم
Warm	گرم
Water column	ستون آب
Water Cooler	آب سردکن
Water heater	آب گرم‌کن
Water meter	کنتور آب (شمارنده دبی عبوری)
Water proof	ضد آب
Watt	وات (واحد توان الکتریکی می‌باشد.)

Weight	وزن یا سنگینی
Welded	جوش داده شده
Wet bulb	دمای حباب مرطوب
Width	پهنا
Winter	زمستان
Wire	سیم
Work	کار
Work shop	تعمیرگاه
Working pressure	فشار کاری
Zero	صفر
Zone	منطقه

پیوست ۱


Pressure (MPa)
Enthalpy (kJ/kg)
R-134a
T=0°C
T=160°C
Density=200 kg/m³

پیوست ۲



پیوست ۳

جدول تبدیل درجه حرارت سانتی‌گراد و فارنهایت

Temperature			Temperature			Temperature			Temperature		
Celsius	C or F	Fahr	Celsius	C or F	Fahr	Celsius	C or F	Fahr	Celsius	C or F	Fahr
−40.0	**−40**	−40.0	−6.7	**+20**	+68.0	+26.7	**+80**	+176.0	+60.0	**+140**	+284.0
−39.4	**−39**	−38.2	−6.1	**+21**	+69.8	+27.2	**+81**	+177.8	+60.6	**+141**	+285.8
−38.9	**−38**	−36.4	−5.5	**+22**	+71.6	+27.8	**+82**	+179.6	+61.1	**+142**	+287.6
−38.3	**−37**	−34.6	−5.0	**+23**	+73.4	+28.3	**+83**	+181.4	+61.7	**+143**	+289.4
−37.8	**−36**	−32.8	−4.4	**+24**	+75.2	+28.9	**+84**	+183.2	+62.2	**+144**	+291.2
−37.2	**−35**	−31.0	−3.9	**+25**	+77.0	+29.4	**+85**	+185.0	+62.8	**+145**	+293.0
−36.7	**−34**	−29.2	−3.3	**+26**	+78.8	+30.0	**+86**	+186.8	+63.3	**+146**	+294.8
−36.1	**−33**	−27.4	−2.8	**+27**	+80.6	+30.6	**+87**	+188.6	+63.9	**+147**	+296.6
−35.6	**−32**	−25.6	−2.2	**+28**	+82.4	+31.1	**+88**	+190.4	+64.4	**+148**	+298.4
−35.0	**−31**	−23.8	−1.7	**+29**	+84.2	+31.7	**+89**	+192.2	+65.0	**+149**	+300.2
−34.4	**−30**	−22.0	−1.1	**+30**	+86.0	+32.2	**+90**	+194.0	+65.6	**+150**	+302.0
−33.9	**−29**	−20.2	−0.6	**+31**	+87.8	+32.8	**+91**	+195.8	+66.1	**+151**	+303.8
−33.3	**−28**	−18.4	0	**+32**	+89.6	+33.3	**+92**	+197.6	+66.7	**+152**	+305.6
−32.8	**−27**	−16.6	+0.6	**+33**	+91.4	+33.9	**+93**	+199.4	+67.2	**+153**	+307.4
−32.2	**−26**	−14.8	+1.1	**+34**	+93.2	+34.4	**+94**	+201.2	+67.8	**+154**	+309.2
−31.7	**−25**	−13.0	+1.7	**+35**	+95.0	+35.0	**+95**	+203.0	+68.3	**+155**	+311.0
−31.1	**−24**	−11.2	+2.2	**+36**	+96.8	+35.6	**+96**	+204.8	+68.9	**+156**	+312.8
−30.6	**−23**	−9.4	+2.8	**+37**	+98.6	+36.1	**+97**	+206.6	+69.4	**+157**	+314.6
−30.0	**−22**	−7.6	+3.3	**+38**	+100.4	+36.7	**+98**	+208.4	+70.0	**+158**	+316.4
−29.4	**−21**	−5.8	+3.9	**+39**	+102.2	+37.2	**+99**	+210.2	+70.6	**+159**	+318.2
−28.9	**−20**	−4.0	+4.4	**+40**	+104.0	+37.8	**+100**	+212.0	+71.1	**+160**	+320.0
−28.3	**−19**	−2.2	+5.0	**+41**	+105.8	+38.3	**+101**	+213.8	+71.7	**+161**	+321.8
−27.8	**−18**	−0.4	+5.5	**+42**	+107.6	+38.9	**+102**	+315.6	+72.2	**+162**	+323.6
−27.2	**−17**	+1.4	+6.1	**+43**	+109.4	+39.4	**+103**	+217.4	+72.8	**+163**	+325.4
−26.7	**−16**	+3.2	+6.7	**+44**	+111.2	+40.0	**+104**	+219.2	+73.3	**+164**	+327.2
−26.1	**−15**	+5.0	+7.2	**+45**	+113.0	+40.6	**+105**	+221.0	+73.9	**+165**	+329.0
−25.6	**−14**	+6.8	+7.8	**+46**	+114.8	+41.1	**+106**	+222.8	+74.4	**+166**	+330.8
−25.0	**−13**	+8.6	+8.3	**+47**	+116.6	+41.7	**+107**	+224.6	+75.0	**+167**	+332.6
−24.4	**−12**	+10.4	+8.9	**+48**	+118.4	+42.2	**+108**	+226.4	+75.6	**+168**	+334.4
−23.9	**−11**	+12.2	+9.4	**+49**	+120.2	+42.8	**+109**	+228.2	+76.1	**+169**	+336.2
−23.3	**−10**	+14.0	+10.0	**+50**	+122.0	+43.3	**+110**	+230.0	+76.7	**+170**	+338.0
−22.8	**−9**	+15.8	+10.6	**+51**	+123.8	+43.9	**+111**	+231.8	+77.2	**+171**	+339.8
−22.2	**−8**	+17.6	+11.1	**+52**	+125.6	+44.4	**+112**	+233.6	+77.8	**+172**	+341.6
−21.7	**−7**	+19.4	+11.7	**+53**	+127.4	+45.0	**+113**	+235.4	+78.3	**+173**	+343.4
−21.1	**−6**	+21.2	+12.2	**+54**	+129.2	+45.6	**+114**	+237.2	+78.9	**+174**	+345.2
−20.6	**−5**	+23.0	+12.8	**+55**	+131.0	+46.1	**+115**	+239.0	+79.4	**+175**	+347.0
−20.0	**−4**	+24.8	+13.3	**+56**	+132.8	+46.7	**+116**	+240.8	+80.0	**+176**	+348.8
−19.4	**−3**	+26.6	+13.9	**+57**	+134.6	+47.2	**+117**	+242.6	+80.6	**+177**	+350.6
−18.9	**−2**	+28.4	+14.4	**+58**	+136.4	+47.8	**+118**	+244.4	+81.1	**+178**	+352.4
−18.3	**−1**	+30.2	+15.0	**+59**	+138.2	+48.3	**+119**	+246.2	+81.7	**+179**	+354.2
−17.8	**0**	+32.0	+15.6	**+60**	+140.0	+48.9	**+120**	+248.0	+82.2	**+180**	+356.0
−17.2	**+1**	+33.8	+16.1	**+61**	+141.8	+49.4	**+121**	+249.8	+82.8	**+181**	+357.8
−16.7	**+2**	+35.6	+16.7	**+62**	+143.6	+50.0	**+122**	+251.6	+83.3	**+182**	+359.6
−16.1	**+3**	+37.4	+17.2	**+63**	+145.4	+50.6	**+123**	+253.4	+83.9	**+183**	+361.4
−15.6	**+4**	+39.2	+17.8	**+64**	+147.2	+51.1	**+124**	+255.2	+84.4	**+184**	+363.2
−15.0	**+5**	+41.0	+18.3	**+65**	+149.0	+51.7	**+125**	+257.0	+85.0	**+185**	+365.0
−14.4	**+6**	+42.8	+18.9	**+66**	+150.8	+52.2	**+126**	+258.8	+85.6	**+186**	+366.8
−13.9	**+7**	+44.6	+19.4	**+67**	+152.6	+52.8	**+127**	+260.6	+86.1	**+187**	+368.6
−13.3	**+8**	+46.4	+20.0	**+68**	+154.4	+53.3	**+128**	+262.4	+86.7	**+188**	+370.4
−12.8	**+9**	+48.2	+20.6	**+69**	+156.2	+53.9	**+129**	+264.2	+87.2	**+189**	+372.2
−12.2	**+10**	+50.0	+21.1	**+70**	+158.0	+54.4	**+130**	+266.0	+87.8	**+190**	+374.0
−11.7	**+11**	+51.8	+21.7	**+71**	+159.8	+55.0	**+131**	+267.8	+88.3	**+191**	+375.8
−11.1	**+12**	+53.6	+22.2	**+72**	+161.6	+55.6	**+132**	+269.6	+88.9	**+192**	+377.6
−10.6	**+13**	+55.4	+22.8	**+73**	+163.4	+56.1	**+133**	+271.4	+89.4	**+193**	+379.4
−10.0	**+14**	+57.2	+23.3	**+74**	+165.2	+56.7	**+134**	+273.2	+90.0	**+194**	+381.2
−9.4	**+15**	+59.0	+23.9	**+75**	+167.0	+57.2	**+135**	+275.0	+90.6	**+195**	+383.0
−8.9	**+16**	+60.8	+24.4	**+76**	+168.8	+57.8	**+136**	+276.8	+91.1	**+196**	+384.8
−8.3	**+17**	+62.6	+25.0	**+77**	+170.6	+58.3	**+137**	+278.6	+91.7	**+197**	+386.6
−7.8	**+18**	+64.4	+25.6	**+78**	+172.4	+58.9	**+138**	+280.4	+92.2	**+198**	+388.4
−7.2	**+19**	+66.2	+26.1	**+79**	+174.2	+59.4	**+139**	+282.2	+92.8	**+199**	+390.2

The numbers in boldface in the center column refer to the temperature, either in Celsius or Fahrenheit which is to be converted to the other scale. If converting Fahrenheit to Celsius the equivalent temperature will be found in the left column. If converting Celsius to Fahrenheit, the equivalent temperature will be found in the column on the right.

پیوست ۴

تبدیل بین واحدهای فشار در سیستم SI و سیستم انگلیسی

	pascal	atm	bar	kg/cm^2	psi	mmHg	inHg	$dyne/cm^2$
pascal	1	9.8692×10^{-6}	10^{-5}	1.0192×10^{-5}	1.45038×10^{-4}	0.00750	2.953×10^{-4}	10
atm	101.325	1	1.01325	1.03323	14.6960	760.0	29.921	1013.250
bar	10^5	0.98692	1	1.01972	14.5038	750.062	29.530	10^6
kg/cm^2	98.066	0.96784	0.98066	1	14.223	735.559	28.959	980.665
psi	6894.8	0.068046	0.068948	0.07030696	1	51.715	2.0360	33.864
mmHg	133.32	0.00131579	0.0013332	0.0013595	0.0193368	1	0.03937	1333.2
inHg	3386.4	0.033421	0.033864	0.034532	0.491154	25.400	1	33.864
$dyne/cm^2$	0.100	9.8692×10^{-7}	10^{-6}	1.01972×10^{-6}	1.45038×10^{-5}	0.000750	2.953×10^{-5}	1

منابع و مآخذ

ـ حاج سقطی، اصغر، تأسیسات برودتی کد ۴۹۵/۸

ـ حاج سقطی، اصغر، اصول تبرید (ترجمه) دانشگاه علم و صنعت ایران

ـ زمانی پرویز، سلیمانی سپانوس، اصول نوین سردکننده‌ها (ترجمه) دانشگاه خواجه نصیر طوسی

ـ قدیری مقدم اصغر و دیگران، تأسیسات حرارتی کد ۴۹۴/۶

ـ کاظمی مازیار، برهانی صفا، اصول ترمودینامیک کلاسیک (ترجمه) انتشارات شهراب

۱ـ Robert Chatenever, Air conditioning and Refrigeration for Professional

۲ـ Whitman. Johnson, tomczyk Refrigeration and Air Conditioning

۳ـ Norman C.Harris, Moder Air conditioning Practice McGraw.Hill

۴ـ ARI, Refrigeration and Air Conditioning

۵ـ Jan F. Kreider Ph.D,PC

Peter S. Curtiss, Ph.D

Ari Rabl, PhD

Heating and cooling of Bulding

۶ـ Wilbert F.Stoecker / Jerold W. Jones Refrigeration and Conditioning